



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ (UFPI)  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO (PRPG)  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL (PPCA)  
CENTRO DE CIÊNCIA AGRÁRIAS (CCA)

**ANÁLISE ZOOTÉCNICA, COMPORTAMENTAL E AMBIENTAL DA  
INCLUSÃO DE SUBSTRATO COM PERIFÍTON NO CULTIVO DE  
JUVENIS DE *Pangasius hypophthalmus* SOB CONDIÇÃO TROPICAL**

**GABRIELA CAROLINE COELHO SILVA**

TERESINA – PI

2024

GABRIELA CAROLINE COELHO SILVA

**ANÁLISE ZOOTÉCNICA, COMPORTAMENTAL E AMBIENTAL DA  
INCLUSÃO DE SUBSTRATO COM PERIFÍTON NO CULTIVO DE  
JUVENIS DE *Pangasius hypophthalmus* SOB CONDIÇÃO TROPICAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, na área de Produção Animal, como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

**Área de Concentração:** Produção Animal

**Orientador:** Dr. Severino Cavalcante de Sousa Junior

TERESINA – PI

2024

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Setorial CCA  
Serviço de Representação da Informação

S586a Silva, Gabriela Carolina Coelho.  
Análise zootécnica, comportamental e ambiental da inclusão de substrato com perifiton no cultivo de juvenis de *pangasius hypophthalmus* sob condição tropical. / Gabriela Carolina Coelho Silva. -- 2024.

91 f.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2024.

“Orientador: Prof. Dr. Severiano Cavalcante de Sousa Junior.”

1. Emergia. 2. Perifiton. 3. Piscicultura. 4. Pangasius hypophthalmus. I. Sousa Junior, Severiano Cavalcante de. II. Título.

CDD 639.3


Bibliotecário: Rafael Gomes de Sousa - CRB3/1163

**ANÁLISE ZOOTECNICA, COMPORTAMENTAL E AMBIENTAL DA  
INCLUSÃO DE SUBSTRATO COM PERIFÍTON NO CULTIVO DE JUVENIS DE  
PANGASIU HYPOPHthalmus SOB CONDIÇÃO TROPICAL**

**GABRIELA CAROLINE COELHO SILVA**


**Tese aprovada em: 27/09/2024**

**Banca Examinadora:**

Documento assinado digitalmente  
 **SEVERINO CAVALCANTE DE SOUSA JUNIOR**  
Data: 27/09/2024 08:36:45-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

**Prof. Dr. Severino Cavalcante de Sousa Júnior (Presidente) / UFDF**

Documento assinado digitalmente  
 **LUIS RICARDO ROMERO ARAUCO**  
Data: 01/10/2024 14:43:44-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

**Prof. Dr. Luis Ricardo Romero Arauco (Interno) / ZOO/CCA/UFPI**

Documento assinado digitalmente  
 **STELLA REGINA ARCANJO MEDEIROS**  
Data: 02/10/2024 21:20:16-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

**Profa. Dra. Stella Regina Arcanjo Medeiros (Interna) / CSHNB/UFPI**

Documento assinado digitalmente  
 **CARLA SUZY FREIRE DE BRITO**  
Data: 03/10/2024 16:43:10-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profa. Dra. Carla Suzy Freire de Brito (Externa) / UFDF**

Documento assinado digitalmente  
 **FABIANA GARCIA SCALOPPI**  
Data: 27/09/2024 15:37:00-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profa. Dra. Fabiana Garcia Scaloppi (Externa) / (IP/APTA/SAA)**

Dedico

À Deus, por que tudo é Dele e para Ele.

Aos meus pais Juci Assunção da Silva e Lucimary Coelho Silva, esposo Luciano Sousa de Brito e filhas Pérola Caroline Coelho Brito e Cristal Coelho Brito por ter feito que essa jornada fosse mais leve.

## AGRADECIMENTOS

O primeiro ato de agradecimento é a Deus, por entregar essa vitória para mim.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal (PPGCA/UFPI), por proporcionar a concretização do doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao meu orientador Prof<sup>o</sup>. Dr. Severino Cavalcante de Sousa Junior pelo apoio e compreensão para a realização desse trabalho.

A todos os professores do pós-graduação, em especial Dra. Arnaud Azevedo Alves e Dra. Maria Christina Sanches Muratori pelo auxílio nas atividades desse projeto.

Ao pesquisador Luiz David pelo auxílio nas análises emergéticas desse trabalho.

Ao aluno de iniciação científica Marcos Lenin dos Santos, João Gilberto, Alair Alves, Joicy Garcês, Airton Menezes e Thais Látia pelo auxílio com o experimento no campo e no laboratório.

A meu esposo Luciano Sousa de Brito pelo apoio emocional e nas tarefas diárias do experimento.

As minhas filhas Pérola Caroline Coelho Brito e Cristal Coelho Brito pelas alegrias diárias.

A todos que de alguma forma contribuíram direta ou indiretamente com essa conquista.

## Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo e quantificar o impacto econômico e ambiental da inclusão de perifíton em sistema de cultivo de *P. hypophthalmus* sob condição tropical. Para isso, foram realizados dois experimentos um com substrato de tela e o outro com bambu. O delineamento experimental utilizado para cada experimento foi inteiramente casualizado - DIC (3 tratamentos x 6 repetições), com um total de 18 unidades experimentais. Os tratamentos foram: T1 (100) - 100% da ração diária recomendada, sem substratos, controle; T2 (50CS) - 50% da ração diária recomendada, com substrato; T3 (25CS) - 25% da ração diária recomendada, com substrato. Os parâmetros zootécnicos avaliados foram: Ganho de peso diário (kg), sobrevivência (%), conversão alimentar, o índice viscerossomático (VSI) e o hepatossomático (HSI). A análise dos parâmetros físico-químicos do perifíton foi de acordo com a AOAC (2016). Para a análise físico-químicas do filé *P. hypophthalmus* foi considerada a umidade, proteínas, lipídeos e cinzas. A análise sensorial foi realizada no IFPI, com estudantes e servidores, avaliando os atributos: aparência, cor, aroma, textura, sabor, sabor do peixe e qualidade geral, além da intenção de compra. O comportamento alimentar foi caracterizado pelo tempo médio de reação ao momento do fornecimento da ração e o tempo médio total para o consumo, como também observação de imagem de vídeos. Para contabilidade emergética foi considerada a taxa de renovabilidade, taxa de transformidade, relação de rendimento emergético, relação de carga ambiental, relação de troca emergética e o índice de sustentabilidade emergética. As análises dos dados foram obtidas pelo software SAS 9.0 com testes de médias (Kruskal wallis 5%). Conclui-se que a aplicação da restrição alimentar de 50% com adição de substrato tanto de bambu na alimentação de juvenis de *Pangasius hypophthalmus* proporciona resultados zootécnicos não distante do manejo alimentar tradicional. Em termos de avaliação sensorial e aceitação, a substituição da ração de peixe por perifíton na alimentação de *P. hypophthalmus* alterar a qualidade organolépticas do pescado, nesse caso ocorreu a rejeição pelo consumidor final do filé desse pescado. De acordo com a síntese em emergia, esse sistema não obteve bons resultados zootécnicos. Observou-se também, o aumento da dependência por recursos da economia com a introdução do perifíton produzido, do modo que os indicadores emergéticos exibiram a insustentabilidade dessas alternativas de produção de panga com o passar do tempo.

**Palavras Chaves:** Emergia; Perifíton; Piscicultura; *Pangasius hypophthalmus*.

## Abstrat

This research aimed to evaluate the productive performance and quantify the economic and environmental impact of the inclusion of periphyton in a *P. hypophthalmus* cultivation system under tropical conditions. For this purpose, an experiment was carried out with a screen and bamboo substrate. The experimental design used for each substrate was completely randomized - DIC (3 treatments x 6 replicates), with a total of 18 experimental units. The treatments were: 1 - 100% of the recommended daily ration, without substrates, control; 2 - 50% of the recommended daily ration, with substrate; 3 - 25% of the recommended daily ration, with substrate. For emergy accounting, the renewability rate, transformity rate, emergy yield ratio, environmental load ratio, emergy exchange ratio and the emergy sustainability index were considered. The analysis of the physicochemical parameters of periphyton was in accordance with the AOAC (2016). The zootechnical parameters evaluated were: daily weight gain (kg), survival (%), feed conversion, viscerosomatic index (VSI) and hepatosomatic index (HSI). Moisture, proteins, lipids and ash were considered for the physicochemical analysis of the *P. hypophthalmus* fillet. The sensory analysis was performed at IFPI, with students and staff, evaluating the following attributes: appearance, color, aroma, texture, flavor, fish flavor and general quality, in addition to purchase intention. The feeding behavior was characterized by the average reaction time to the moment of supplying the feed and the average total time for consumption. Data analyses were obtained by the SAS 9.0 softwares with mean tests (Kruskal wallis 5%). It is concluded that the application of a 50% feed restriction with the addition of either bamboo or mesh substrate in the feeding of juvenile *Pangasius hypophthalmus* provides zootechnical results not far from traditional feeding management. In terms of sensory evaluation and acceptance, replacing fish feed with periphyton is not possible in the feeding of *P. hypophthalmus* without altering the organoleptic quality of the fish, in which case the final consumer rejected the fillet of this fish. According to the emergy data, this system did not obtain good zootechnical results. It was also observed that the dependence on economic resources increased with the introduction of the produced periphyton, so that the emergy indicators showed the unsustainability of these alternatives for panga production over time.

Keywords: Emergy analysis; Periphyton; Pisciculture; *Pangasius hypophthalmus*.

## Sumário

1. Introdução .....	10
2. Revisão da literatura .....	12
2. 1 Aquicultura mundial, brasileira e piauiense.....	12
2. 2 <i>Pangasius hypophthalmus</i> .....	16
2. 3 Composição do pescado e análise sensorial.....	17
2. 4 Perifíton.....	20
2. 5 Análise emergética na aquicultura .....	23
2. 6 Comportamento alimentar .....	25
3.0 Referências.....	27
4. CAPÍTULO I: .....	39
Normas da Revista Holos ISSN: 1807-1600 (online) Qualis A1 (ZOOTECNIA / RECURSOS PESQUEIROS) .....	39
COMPORTAMENTO ALIMENTAR E DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DE <i>Pangasius hypophthalmus</i> SOB RESTRIÇÃO ALIMENTAR COM ADIÇÃO DE DIFERENTES ESTRUTURAS COM PERIFÍTON .....	39
5. CAPÍTULO II: .....	55
Normas da Revista Holos ISSN: 1807-1600 (online) Qualis A1 (ZOOTECNIA / RECURSOS PESQUEIROS) .....	55
ANÁLISE SENSORIAL DE FILÉS DE <i>Pangasius hypophthalmus</i> SOB RESTRIÇÃO ALIMENTAR COM OFERTA DE PERIFÍTON FIXADOS EM BAMBU .....	55
6. CAPÍTULO III:.....	65
Normas da Revista Holos ISSN: 1807-1600 (online) Qualis A1 (ZOOTECNIA / RECURSOS PESQUEIROS) .....	65
ANÁLISE EMERGÉTICA DA INCLUSÃO DO PERIFÍTON NO CULTIVO DE JUVENIS DE <i>Pangasius hypophthalmus</i> SOB RESTRIÇÃO ALIMENTAR EM CONDIÇÃO TROPICAL .....	65

## LISTA DE FIGURAS

### Artigo 1

Figura 1: A- Substrato de tela; B- Substrato de bambu .....42

### Artigo 2

Figura 1: Notas atribuídas em porcentagem (%) quanto a escala hedônica de 9- pontos sendo 1 desgostei muitíssimo a 9 gostei muitíssimo de filés de panga considerando os seguintes grupos filé do supermercado e do filé do perifiton .....59

Figura 2: Notas atribuídas em porcentagem (%) quanto a Intenção de compras do filé de panga considerando os seguintes grupos filé do supermercado e do filé de CRCPB, sendo referentes a 5- certamente compraria, 4- provavelmente compraria, 3- talvez comprasse/talvez não, 2- provavelmente não compraria e 1- certamente não compraria, Estado de Piauí, Brasil, setembro de 2023..... 60

### Artigo 3

Figura 1- Diagrama da energia do sistema da produção de *Pangasius hypophthalmus* com substratos de bambu com perifiton .....69

## LISTA DE TABELAS

### Artigo 1

Tabela 1- Metodologias para determinação de parâmetros físico-químicos da água .....	43
Tabela 2- Equações para cálculo dos parâmetros zootécnicos .....	44
Tabela 3- Composição centesimal do perifíton presente nos substratos.....	45
Tabela 4- Desempenho de crescimento de juvenis de <i>Pangasius hypophthalmus</i> em tanques com substratos de bambu e tela submetidos aos tratamentos: Controle (100% da ração diária sem substrato), T2 (50% da ração diária com substrato) e T3 (25% da ração diária com substrato) .....	46
Tabela 5- Valores médios da variável Índice hepatossomático - IHS (%) e viscerossomático - IVS (%) do panga ( <i>Pangasius hypophthalmus</i> ) submetida aos tratamentos Controle (100% da ração diária sem substrato), T2 (50% da ração diária com substrato) e T3 (25% da ração diária com substrato).....	47
Tabela 6- Valores médios da variável do tempo de consumo total da ração fornecida TCT e tempo de reação ao fornecimento da ração – TRF, do panga ( <i>Pangasius hypophthalmus</i> ) submetida aos tratamentos Controle (100% da ração diária sem substrato), T2 (50% da ração diária com substrato).....	47

### Artigo 2

Tabela 1- Composição centesimal de filés de diferentes espécies de peixes.....	58
Tabela 2- Avaliação do Índice de Aceitabilidade (IA) para os atributos referentes do filé de <i>P. hypophthalmus</i> .....	60

### Artigo 3

Tabela 1- Desempenho zootécnico do sistema de produção de <i>Pangasius hipophthalmus</i> .....	69
Tabela 2- Cálculos de energia a serem adotados na avaliação .....	70
Tabela 3- Contabilidade emergética do cultivo de panga em sistema de recirculação adotando 100% da ração diária recomendada e sem substratos com perifíton .....	71
Tabela 4- Contabilidade emergética do cultivo de panga em sistema de recirculação adotando 50% da ração diária recomendada e com substratos de perifíton .....	71
Tabela 5- Contabilidade emergética do cultivo de panga em sistema de recirculação adotando 25 % da ração diária recomendada e com substratos de perifíton .....	72
Tabela 6- Contabil	

idade emergética da produção de perifíton .....	72
Tabela 7- Índices de energia para todos os tratamentos .....	73

## 1. Introdução

Aquacultura é uma atividade voltada para atender as necessidades alimentares do homem, que foca na produção e industrialização de pescados, sem afetar os estoques naturais (DE AGUIAR et al., 2023). A piscicultura é uma das atividades de produção de alimentos dentro dessa agroindústria que mais desenvolve em escala mundial (PINTO; GALVÃO, 2023).

A produção total de pescado no mundo, em 2022, foi de 223,3 milhões de toneladas, das quais 130,9 milhões de toneladas foram provenientes da aquicultura (FAO, 2024). Segundo o FAO (2022), o Brasil, nesse mesmo ano, apresentou uma produção total 630 toneladas/ano, ocupando a décima terceira colocação, entre os maiores países produtores aquícolas de pescado do mundo.

O *Pangasius hypophthalmus* é um peixe que se destaca na piscicultura, em oitavo lugar entre as principais espécies da aquicultura mundial com uma produção de 2.520,4 toneladas/ano, principalmente, pela característica do filé de cor branca, o qual o torna atrativo para à importação por diversos países do mundo (FAO, 2022). O cultivo do *P. hypophthalmus* iniciou no Vietnã, no término do ano 2008, sendo até hoje o país maior produtor desse pescado no mundo (YOĞURTÇUOĞLU, 2018). A demanda do mercado e o desempenho zootécnico da espécie (1,2 kg em 7 meses e conversão alimentar de 1,6:1) são particularidades desse produto que despertou o interesse dos empresários aquícolas brasileiros. A piscicultura do peixe Panga BR, como é conhecido no Brasil, tem como objetivo o estabelecimento no mercado nacional, colaborando para o retorno financeiro do pequeno ao grande empreendedor de pescados (BROLL, 2018).

A intensidade do desenvolvimento do comércio de filés de panga destaca-se entre os demais pescados, assim expõem a demanda por um sistema de cultivo sustentável (SATTANG, et al., 2021). A diversidade alimentar desse pescado que tem como característica a ingestão de algas, plantas, zooplânctons, frutas, crustáceos e peixes (RAINBOTH, 1996; KOTTELAT, 2000), promove à probabilidade de aceitação de dietas alternativas com menor grau de degradação ambiental.

O perifíton, utilizado na piscicultura como fonte de alimento, é composto por grupos de fitoplâncton, zooplâncton, algas filamentosas, bactérias e vários invertebrados que aderem aos substratos inseridos nos corpos d'água. Sistemas com esse manejo alimentar têm como característica ser de baixo nível trófico, por substituí a ração total ou parcialmente, como também as estruturas utilizadas servem de proteção e diminuem o estresse dos animais

cultivados. Essas particularidades resultam no crescimento da produtividade, baixo o custo dos insumos e aproveitamento de recursos naturais (RUBY, 2018; DAVID et al., 2018).

A piscicultura, igualmente a outro processo produtivo, necessita de fontes energéticas internas e externas, renováveis ou não renováveis, impulsionando a necessidade de um aumento sustentável na produção (SATTANG et al., 2021). A síntese em emergia é ferramenta utilizada na piscicultura que possibilita quantificar os elementos naturais que integram os sistemas de produção no produto final. Essa metodologia coopera para entendimento do processo produtivo e as suas conjunturas com os sistemas econômicos, ambiental e social. Também, possibilita comparar a eficiência entre processos de produção intensivos e os agroecológicos, através das tarifas das atividades ambientais utilizados no cultivo, identificando qual dentre estes tem o máximo desempenho emergético (ODUM, 1995).

Diversas pesquisas foram realizadas sobre o tema análise emergética e piscicultura (VALENTI et al., 2018). Verifica-se, contudo, que não estudaram a análise emergética do cultivo de *P. hypophthalmus* com o uso de perifíton sob condição tropical. A avaliação emergética desse sistema é importante para o setor, haja vista que proporcionará o uso adequado dos recursos naturais e a rastreabilidade unidade de produção de pescado da região.

## **2. Revisão da literatura**

### **2.1 Aquicultura mundial, brasileira e piauiense**

A produção de pescado no mundo, em 2022, foi de 223,3 milhões de toneladas, com o valor aproximando em US\$ 472 bilhões, desse total, 89,00% foram destinados como alimento para o consumo humano e 11,00% como insumo para o setor de produção de ração (farinha e óleo de peixe). A aquicultura contribuiu nesse setor com o fornecimento 130,9 milhões de toneladas/ano de pescado para a população, o que expressa 57,00% do total, sendo 81,94 milhões de toneladas/ano proveniente da aquicultura docícua e 48,96 milhões de toneladas/ano da aquicultura marinha, movimentando US\$ 312,8 bilhões (FAO, 2024). Cada continente tem participação na produção aquícola mundial, sendo a Ásia com 34%, seguida pelas Américas 14%, Europa 10%, África 7% e Oceania 1%, com destaque com a contribuição de 34% da China o maior país produtor de pescado do mundo. Com esses números, tornou-se um importante instrumento da economia mundial alimentícia para suprir as necessidades nutricionais da população (BECKER et al, 2015). É o setor de produção de alimentos que mais cresce, com uma realidade de ultrapassa a produção da pesca extrativa (FAO, 2022).

A demanda mundial para a aquisição de alimentos cresce, proporcionalmente, ao aumento populacional. Aquicultura para atender esse consumo, evidencia uma significativa participação no fornecimento de alimentos, nutrição e emprego, contribuindo para a segurança da alimentação global com sua produção crescendo 7,5 por cento ao ano desde 1970 (FAO, 2020). Américo et al (2013) destacam que a aquicultura é uma atividade relevante para todos os segmentos da cadeia produtiva de alimentos e atender à demanda desse setor, enquanto a pesca extrativista encontra-se estagnada.

A média mundial de consumo de pescados cresceu cerca de 3,1% a cada ano de 1961 a 2017 que passou de 9,0 kg em 1961 para 20,5 kg em 2018, esse dado é aproximadamente o dobro do aumento da média mundial populacional (1,6 por cento no ano) para o mesmo intervalo de tempo, e superior a todas as outras fontes de proteína animal (carne, laticínios, leite, etc.), que foi de 2,1% ao ano (BRASIL, 2010). O aumento do consumo de pescado impulsionou o desenvolvimento da aquicultura, por meio de investimentos em tecnologia para ampliar a produção (BRASIL, 2010). A ONU - Organização das Nações Unidas justificou por ser um alimento completo, rico em proteínas de alta qualidade, que dispõe dos aminoácidos essenciais, gorduras essenciais (ácidos graxos ômega 3 de cadeia longa), vitaminas (D, A e B), minerais (cálcio, iodo, zinco, ferro e selênio), especialmente, se consumido inteiro.

O Brasil não acompanhou a tendência dos países industrializados no consumo de pescados, de 26,4 Kg/per capita/ano. No entanto, em 2014, atingiu a marca de 12,0 kg/per capita/ano, recomendada pela Organização Mundial de Saúde (IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2014). Em 2018, a produção aquícola brasileira foi de 887,029 mil toneladas, esse número demonstra sua baixa evidência no setor de proteínas animal, tal como a de frangos de corte, com 13 milhões de toneladas (BRASIL, 2018). Apesar do baixo consumo, o Brasil é um dos poucos países do mundo que reúne condições favoráveis à aquicultura, tais como, água de fácil acesso e de boa qualidade, clima favorável, relevo adequado, mão de obra relativamente barata, potencial de crescimento do mercado interno, uma produção de grãos expressiva e uma importante diversidade de espécies de peixes nativos, com alto potencial de mercado (ex: pirarucu, tambaqui), além das políticas governamentais de incentivo (BRASIL, 2010). Esses fomentos possibilitam a implantação de novos empreendimentos aquícolas, que são alternativas de renda, dentre as atividades agrícolas (BARROS et al, 2018).

O corpo humano não consegue gerar os aminoácidos essenciais que são necessários para o funcionamento saudável do corpo humano, uma das características da proteína dos pescados é a presença desses aminoácidos. Esses aminoácidos geram vários benefícios à saúde, dentre os quais a recuperação de tecidos, homeostase, sistematização de múltiplos processos celulares,

como precursores de hormônios e bases nitrogenadas e evolução do ser humano em todas as faixas etárias, fora que são proteínas de fácil digestibilidade (OLUWANIYI et al., 2010; WU, 2009). Além disso, os ácidos graxos ômega-3 poliinsaturados de cadeia longa, que são os ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosahexaenóico (DHA) presente na gordura do peixe tem potencial do redução de vários doenças, principalmente em doenças do coração (SIDHU, 2003), diminuindo o risco de arritmias cardíacas, alteração de triglicerídeos, agregação plaquetária (FUNG et al., 2003), aterosclerose, hipertensão, hiperlipidemia, alergias, artrite, doenças autoimunes e até câncer (CALDER, 2004; MNARI et al., 2007; VON SCHACKY, 2003).

Além de suas propriedades positivas para a saúde do ser humano, também participam de um pequeno número de alimentos que causam menos impacto sobre o ambiente natural. Essas qualidades, necessitam ser melhor estimadas na garantia alimentar nacional, regional e global, somadas a um planejamento nutricional para colaborar com o desenvolvimento sucessivo dos sistemas alimentares, para assim resultar na extinção da fome e da desnutrição (FAO, 2020).

A aquicultura é uma atividade econômica com maior potencial de crescimento, mas na mesma proporção de intensificar a produção desse processo de aumento enfrentará vários obstáculos, devido as reivindicações mundial de técnicas de desenvolvimento por uma aquicultura sustentável (FAO, 2020). Esses novos processos precisam aproveitar as tecnologias disponíveis no mercado, como alimentos adequados, seleção genética, biossegurança (controle de doenças) e inovação digital, também acompanhar modelos de evolução do investimento de negócios e do comércio (FAO, 2020). Os desenvolvimentos científicos dos últimos 50 anos levaram a uma compreensão muito melhor o funcionamento dos ecossistemas aquáticos e consciência global da necessidade de gerenciá-los de forma sustentável (FAO, 2020).

O investimento em tecnologia para o crescimento da aquicultura brasileira é realizado sem a devida atenção a sustentabilidade dos processos de produção, com destaque para a inserção de espécies exóticas, manejos inadequados das águas, os usos das áreas de mangues, como também atingem a sociedade com ideias neoliberais, que induz o comércio e a expropriação (MORENO, 2023). Como resultado dessas novas tendências de crescimento, intensificaram a produção de produtos com alto valor agregado, dentre os quais destaca-se os setores de nutrição e saúde animal, com uma variedade de oferta de insumos (SOARES et al., 2022).

A aquicultura brasileira possui diversos segmentos, como: carcinicultura (cultivo de camarão, em água doce e marinha); piscicultura (cultivo de peixes, em água doce e marinha); malacocultura (cultivo de moluscos); algicultura (cultivo de algas); ranicultura (cultivo de rãs)

(HASHIMOTO et al., 2012). Dentre essas atividades, a piscicultura destaca-se com a produção de espécies exóticas e nativas, mas somente 1% da diversidade aquática do país é adaptada para o cultivo em cativeiro (HASHIMOTO et al., 2012). Deste percentual, uma parcela substancial é representada pelos híbridos, por apresentar bom desenvolvimento no setor de engorda, comercialização em larga escala e competitividade com outras espécies (HASHIMOTO et al., 2012).

No Piauí, a cadeia produtiva da piscicultura é completa, desde o setor de reprodução, alevinagem, engorda, beneficiamento até a comercialização. O Estado possui seis estações produtoras de alevinos em funcionamento, sendo três de iniciativa privada e três públicas (DNOCS- Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, SDR- Secretaria de Desenvolvimento Rural do Piauí e CHESF- Companhia Hidrelétrica do São Francisco), que são insuficientes para atender a demanda do setor de engorda (SDR-PI, 2016). Apesar que segundo o IBGE (2022) a produção de pescado do estado, no período de 2021 e 2022, diminuiu 732.000 toneladas.

No Piauí, existe diversas região com grande potencial para implantação de empresas aquícolas. A área do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), abrange 33 municípios do Piauí, em quatro microrregiões (Alto Parnaíba Piauiense, Bertolínia, Alto Médio Gurguéia, Chapadas do Extremo Sul Piauiense), com uma área total de 8,2 milhões de hectares, oportuno, tanto para a piscicultura, como para agropecuária (SDR-PI, 2016). Nesse Estado, a produção de pescado, atualmente, gira em torno de 7 a 8 t/ha (sem uso de tecnologia). O direcionamento de 0,05% da área no MATOPIBA para a piscicultura, poderia gerar um aumento exponencial de 30.000 t/ano de pescados (SDR-PI, 2016).

A aquicultura, assim, pode servir de fonte de renda e subsistência para milhares de pessoas (FAO, 2016), principalmente, no estado do Piauí, onde são necessárias alternativas de atividade produtora de alimento, especialmente, nas regiões carentes. Essa atividade é considerada uma ponte para o avanço social e econômico, pois propicia a exploração dos diversos recursos pesqueiros presentes na natureza e uma alternativa para o sustento de comunidades em diferentes regiões brasileiras, que dependem das atividades tradicionais de produção de alimentos para sobreviver (NETO et al., 2016; ARAÚJO; PEREIRA DE SÁ, 2008; SATOLANI et al., 2015). Somadas a esses fatores, os manejos empregados nas pequenas produções de pescado são considerados menos agressivo ao meio ambiente. Contudo, a ausência de projetos de extensão, empecilhos na negociação, decisões tomadas sem a opinião das comunidades e a aplicação de tecnologias longe das realidades desses produtores resultam na limitação dessa produção, tornando-as impróprias para algumas regiões (MACIEL et al.,

2022). O cultivo de peixe em comunidades é fixado e apontado para substituição ou suplemento dos setores exauridos, da pesca e da agricultura (ARAÚJO; PEREIRA DE SÁ, 2008). Enquanto o modelo industrial ou também conhecido como empresarial, bem como outros processos produtivos e atividade intensiva, degradam o meio ambiente e causam confrontos sociais (MORENO, 2023).

## 2. 2 *Pangasius hypophthalmus*

O mercado aquícola atualmente é disputado por duas espécies, a tilápia (*Oreochromis niloticus*), que lidera a produção brasileira e o panga (*Pangasius hypophthalmus*), destaque global (SOUZA et al., 2020). O peixe panga é largamente disseminada, sendo importado por mais de 100 países em todo o mundo (GUIMARÃES et al., 2016). *P. hipofthalmo* destaca-se no mercado consumidor por seu sabor. Esse pescado é encontrado de várias formas, como inteiros, congelados sem cabeça, sem cauda, filés sem pele, filés com pele e filés empanados (SUDIRMAN et al., 2018).

A Índia destaca-se com um dos maiores países produtores de *P. hypthalmus*, como essa atividade está presente em cerca de 40 países, sendo a principal característica de adaptação desta espécie é ser de águas docículas, como rios, lagos e canais (REDDY et al., 2023). A predominância de cultivo de *Pangasius* em países do oriente, sendo esse realizado de forma simples, no geral em duas etapas integradas. A primeira ocorre o cultivo de alevinos e a segunda esses animais são transferidos para tanques de engorda (HOQUE et al., 2021). Como também, destaca-se no Vietnã a indústria de processamento de panga (*Pangasius hypophthalmus*), que contribuiu para o crescimento do PIB desse país (HUY et al., 2021).

O panga desenvolve-se de maneira exponencial em ambiente de água doce (NAGESWARI et al., 2020). Essa espécie é destaque na aquicultura, pelo o domínio da técnica de reprodução artificial, com a prole numerosa, filé branco, facilidade de aceitação da ração, hábito alimentar onívoro, desenvolvimento acelerado, suporta ambiente de baixo oxigênio dissolvido, alta demanda de mercado e o bom retorno financeiro (ALI et al., 2005).

O setor de piscicultura do Brasil objetiva investir no cultivo de panga, devido as facilidades de manejo e um resultado significativo de custo-benefício da produção, além de ser um pescado de boa aceitabilidade do mercado consumidor em todo o mundo (BROL, 2018). As características sensoriais do filé do panga, como sabor agradável, carne branca e sem espinhas conquistam os consumidores de pescados (PHAN et al., 2009), semelhantes às características encontradas no filé de tilápia.

## 2. 3 Composição do pescado e análise sensorial

Os pescados são ricos em proteínas, minerais e gordura, que servem de suprimentos para alimentação humana (SUGATA et al., 2019). Os ácidos graxos saturados (15–45%), ácidos graxos monoinsaturados (1–25%) e ácidos graxos poliinsaturados (15–55%) estão presentes na gordura do peixe (SUGATA et al., 2019). Esses ácidos graxos insaturados resultam em benefícios à saúde humana, como redução de aparecimento de tumores malignos, problemas do coração e artrite (DE FREITAS NETA et al., 2020). Nas crianças esses nutrientes podem aumentar a imunidade, promove o crescimento do corpo e o desenvolvimento cerebral (STARLING et al., 2014).

A classificação do pescado é realizada de acordo com a composição química, como a determinação da quantidade de água, lipídios, proteínas e minerais. De acordo com a quantidade de cada nutriente possibilita a construção de um padrão de qualidade do pescado. Essas informações são importantes pois possibilitam a melhor escolha do pescado e o crescimento do consumo, assim como serve de marketing de exposição uma alternativa de proteína em relação as demais fontes largamente consumidas (GONÇALVES, 2011).

Dentro da mesma espécie e entre as espécies de peixe a composição nutricional e bioquímica é bastante diversificada (SHAIKH e LOHAR, 2011). Os hábitos alimentares, a diferença entre machos e fêmeas, e as variações das estações durante o ano são os principais fatores que conseguem determinar o conjunto de substância dos pescados (SHAIKH e LOHAR, 2011). Azam et al. (2003) informaram que é necessária a utilização de testes bioquímicos para a caracterização adequada dos filés de peixes, pois descrevem a quantidade de nutrientes, concomitantemente, podem indicar os benefícios para a saúde. Um exemplo é o filé de pescado da espécie conhecida como cavala é impactado pela espécie, estação do ano, local de pesca, nível nutricional, a forma de captura, manipulação e acondicionamento (HUANG et al., 2021).

Um estudo avaliou o emprego de ração na atuação no crescimento, análise sensorial, composição centesimal e de ácidos graxos de tilápias geneticamente melhoradas (GIFT) cultivadas em viveiro escavado e em tanque-rede (ZIN et al., 2020). Os resultados das tilápias do tanque-rede foram significativamente maiores em relação ao peso corporal final, ganho de peso, taxa de crescimento diário e índices viscerossomáticos e hepatossomáticos, como também teores mais elevados de ácidos graxos, enquanto a taxa de sobrevivência significativamente maior da GIFT cultivada no viveiro (ZIN et al., 2020). Em ambos os sistemas de cultivo da tilápia foram observadas boa aceitação dos filés pelo consumidor final (ZIN et al., 2020).

*Pangasius hypophthalmus* é um pescado com alta proporção de proteína, torna-se então uma fonte adequada desse nutriente para a população (GUIMARÃES et al., 2016). O panga também possui abundância de ácido graxo alto insaturado (HO e PAUL, 2009). Um estudo com uso de probióticos na produção de alevinos de panga demonstrou crescimento da porcentagem de sobrevivência, assim como a de crescimento do peso final desse pescado (HAQUE et al., 2021). Do mesmo modo como afetou positivamente os parâmetros hematológicos, incluindo hemoglobina, glóbulos vermelhos e leucócitos, a composição da microbiota intestinal e as disposições morfológicas intestinais do pangasius (HAQUE et al., 2021).

Uma pesquisa realizada com pangasius identificou uma variação de aminoácidos essenciais e ácidos graxos balanceados entre o pangasius capturado na natureza e o pangasius de viveiros, sendo o primeiro citado com maior qualidade nutricional em relação a estes nutrientes (CHAKMA, 2022). Nesse mesmo estudo, informaram quais as possíveis melhorias da saúde do ser humano com o consumo de pangasius selvagem e de cativeiro, que disponibilizam diferentes ofertas nutricionais da relação  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 (CHAKMA, 2022).

A cor do filé do pescado varia entre branco, creme, amarelo ou rosa de acordo com ração, preparação, situação dos manejos e ambiente (SAHU et al., 2013). Uma característica de padronização e qualidade do filé de pescado para exportação é a coloração da carne, principalmente o bagre Pangasius, restringindo a entrada desse pescado em diferentes países (SAHU et al., 2013). Os consumidores apresentam maior aceitabilidade por filés com coloração branco-rosa e rejeitar os filés amarelados, apesar que a cor não provoca nenhuma perda nutricional (LOVELL, MIYAZAKI e RABEGNATOR, 1984).

Os filés de pangasius esbranquiçados são comercializados em comércios internacionais com maior valor agregado, enquanto os filés amarelos são vendidos no comércio interno com menor valor agregado (DOAN et al., 2008). Essa pesquisa indica que o cultivo de panga em altas densidade populacional, a falta de troca regular de água, o acúmulo de matéria orgânica na água, o crescimento de cianobactérias com carotenoides, os pigmentos artificiais e naturais das rações e a falta de um beneficiamento adequado dos peixes são os aspectos contribuintes para a essa coloração do filé do pangasius (HOQUE et al., 2021).

Não distante desses dados na anteriormente citado, resultados positivos do preço e o rendimento foram verificados com uma realização de renovação constante da água, que significa que as boas práticas de aquicultura podem melhorar a cor do filé desse pescado, aumentar a eficiência de valor da indústria de beneficiamento, baixou o custo de investimento e assim diminuem os custos (HOQUE et al., 2021).

A análise sensorial é uma alternativa importante de instrumento de avaliação do filé de pescado, pois procura determinar a aceitação do alimento através dos retornos e especificações dos consumidores (ABBAS et al., 2008). Um exemplo foi estudo realizado de análise sensorial de tilápia alimentadas com quatro concentrações de farinha de algas vermelhas, farinha de *Gracilaria changii*, a 15% e substituição gradual da dose de FM por *G. changi* a 4,5% (GC4.5), 7,5% (GC7,5), 10,5% (GC10,5) e 15% (GC15), em substituição a farinha de peixe, e a escolha dos consumidores fundamentada no sabor e na aceitabilidade geral foi preferencialmente o filé de peixe GC15 em relação a outras amostras alimentares (MUIN et al., 2023).

Uma pesquisa avaliou o valor nutricional e as propriedades sensoriais da carne de carpa comum (*Cyprinus carpio L.*), submetidas a dois tipos de ração, a controle com 5% de farinha de peixe e óleos vegetais (colza e soja) e a ração do experimento 50% da farinha de peixe foi substituída por uma mistura de microalgas (*Spirulina sp.*, *Chlorella sp.*), macroalgas (*Laminaria digitata*) e óleo vegetal foi trocado por óleo de salmão (SOBCZAK et al., 2021). Os filés de carpa alimentados com dieta experimental apresentaram maior teor de proteína, menor teor de gordura e valor energético, com destaque para a qualidade da gordura intramuscular dos peixes alimentados com a ração do experimento (SOBCZAK et al., 2021). A proteína do filé dos pescados dos dois grupos apresentou uma propriedade superior ao padrão proteico, enquanto os consumidores finais na análise sensorial apontaram preferência pelos pescados alimentados com a dieta do experimento (SOBCZAK et al., 2021).

A alimentação animal adequada é composta por nutrientes balanceados e com adição de suplementos que previnam as intercorrências com doenças durante o processo produtivo. Uma dieta baseada apenas na ração que consiste em um único ingrediente não resulta em um desenvolvimento e crescimento adequado da espécie, diante disso os animais são nutridos com rações formuladas de acordo com as exigências nutricionais (SOARES et al., 2022).

As vitaminas e minerais são indispensáveis para a otimização dos crescimentos dos peixes, formação de estruturas e funcionamento fisiológicos e metabólicos equilibrados. Os probióticos é um aditivo alimentar, usado de forma preventiva pois promovem alteração dos microorganismos presente no intestino do hospedeiro, reduzindo a proliferação de bactérias causadoras de doenças, assim como atua no aumento de enzimas digestivas, resultando em uma melhoria da absorção de nutriente e minerais existentes no alimento (SOARES et al., 2022).

Um estudo com *Seriola dumerili* avaliou o uso de fontes alternativas de proteína em a substituição de farinha de peixe, os peixes com a alimentação de 66% não apresentaram alterações no crescimento, nos parâmetros nutricionais e na composição de ácidos graxos (MONGE-ORTIZ et al., 2020). Enquanto ocorreu diferenças na análise sensorial no pH e na

cor, e textura entre a alimentação de 33% e as outras duas dietas, mas não relacionadas ao sabor (MONGE-ORTIZ et al., 2020).

Uma análise sensorial realizada com filé de truta arco-íris, com diferentes dietas alimentares uma com 100% da ração de mercado e a outra com 50% da ração de mercado e 50% uma mistura feita de *Rhodotorula glutinis*, *Cryptocodinium cohnii* e *Arthrospira sp.* não apresentaram diferenças significativas em relação ao odor, textura e sabor, assim como não observou alteração nos resultados do crescimento e nos parâmetros de carcaça (SCHAFBERG et al., 2021).

A truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) foi alimentada em substituição ao óleo de peixe por dietas que incluíam óleo de semente de papoula (PSO; 0%, 50% e 100%) (ÖRNEK et al., 2021). De acordo com a adição de PSO ocorreu o crescimento dos ácidos graxos insaturados e diminuição os ácidos graxos saturados na composição de ácidos graxos dos filés, o que reflete a alteração desses componentes de acordo com alimentação e a tipo de óleo (ÖRNEK et al., 2021). Nesse estudo observou-se a possibilidade do uso do tratamento de 50% de óleo de peixe e 50% de óleo de papoula sem danos ao resultado de crescimento e qualidade de filé, mas ocorreu que os avaliadores sensoriais rejeitaram os peixes alimentado com óleo de semente de papoula (ÖRNEK et al., 2021).

O perifíton são utilizados como matérias-primas alternativas na alimentação de peixes em sistema de cultivo fechado, sendo que podem alterar os valores nutricionais e os aspectos sensoriais do produto final (DELGADO, 2020). Essa fonte alimentar é importante no ecossistema aquático por realizar várias funções ecológicas, como participar da produção primária, cadeias alimentares e renovação de nutrientes e matéria, sendo essas indispensáveis para esses ambientes (MOHAPATRA et al., 2016). O entendimento desses processos naturais que resulta no aumento da produtividade devido a interação de níveis tróficos é possível através de estudos realizados com essas comunidades limnológicas (SAIKIA; DAS, 2009). Na piscicultura é uma fonte de alimentação alternativas e são usadas para reduzir o custo da produção, que chega a representar a 50%-60% dos custos do ciclo (GARCIA et al., 2013).

#### 2. 4 Perifíton

Uma produção em cativeiro de pescado realizado de forma limpa, sustentável e ecologicamente correta , com resultados controlados e eficazes estão sendo as requisições do mercado consumidor (ZIMMERMANN et al., 2023). Essa atividade sendo realizada de forma

contínua sem grandes mudanças, estão conduzindo a uma série de alterações estruturais no processo produtivo (ZIMMERMANN et al., 2023).

A aplicação de tecnologias de recirculação, com reaproveitamento de água e efluentes ricos em nutrientes como o bioflocos (BFT), sistemas de aquicultura de recirculação (RASs), bio-RAS, sistemas de aquicultura particionados (PASs com lagoas divididas, SPs; e sistema de recirculação em lagoas, IPRS) e aquicultura multitrófica integrada (IMTA) estão sendo utilizadas como alternativas para um processo de produção de pescado que afete o menos possível o meio ambiente (ZIMMERMANN et al., 2023). Principalmente, quando ocorre insuficiência do fornecimento de água, devido direcionamento para várias atividades; como também, a alteração da qualidade das águas subterrâneas e da superfície, que ressalta um ultimato à sustentabilidade da aquicultura (VERMA et al., 2014; VERMA et al., 2010).

A principal responsável pela baixa sustentabilidade da aquicultura é a ração e compõem cerca de 70% do custo total de produção intensivas (AYROZA et al., 2011, DAVID et al., 2020). Sendo que, menos que 20% da alimentação é absorvida pelos animais, o que produz efluentes ricos em nitrogênio e fósforo (RODRIGUEZ et al., 2019). Em caso de manejo de produção inadequado, esses elementos são liberados em corpos de água, provocando eutrofização de corpos hídricos e prejuízo da diversidade desses ecossistemas (VALENTI et al., 2018).

Assim como, a aquicultura causa danos as riquezas naturais do mar com extração de pescado para retirada da farinha de peixe utilizada na fabricação de ração (SAVONITTO et al., 2021). As proteínas são substituídas nas rações ofertadas para o pescados, em destaque para as fontes desses nutrientes que são descartado de outros processos, como também podem ser produzidos no próprio sistema de cultivo para a remoção do excesso de nutrientes nos efluentes, nesse sentido destaca-se uma fonte alternativa de proteína os perifíton (SAVONITTO et al., 2021). Em sistemas de produção com perifítons, esses nutrientes podem ser reciclados e utilizados como alimento natural para os peixes em substituição a ração, tornando-se assim um manejo alimentar de baixo custo e oportuno para pequenos produtores (DAVID et al., 2022).

Com o objetivo de aumentar a eficiência ecológica da aquicultura, a produção torna-se eficiente, através do aumento da fixação de nutrientes nos produtos. Uma das soluções é integrar sistemas de intensivos e extensivos de piscicultura, utilizando a energia e os nutrientes residuais provenientes da parte intensiva na parte extensiva. Para isso, um circuito de substrato de perifíton, promove a fixação de cerca de 75% de carbono orgânico, 50% de azoto e 75% de fósforo inseridos no viveiro com água ou resto de ração. Concomitantemente, na biomassa dos

peixes podem ser retidos, respectivamente, 8, 19 e 10% dos nutrientes citados acima (KNÖSCHE et al., 2000, POP et al., 2010).

Os perifíton é agregação variada de vida aquática, formados por macro e microalgas, bactérias, fungos, invertebrados aquáticos e protozoários que se desenvolvem anexados em um substrato dentro da água (WEITZEL, 1979). Vale et al. (2023) acrescentaram que essa comunidade é heterogênia e variável, formada por seres vivos fototróficos e heterotróficos. Esses substratos podem ser orgânicos ou inorgânicos, como o bambu referente ao primeiro tipo de material, e o vidro, folha de plástico, tubo de cloreto de polivinila (PVC), purificador fibroso, azulejo de cerâmica e entre outros, indicativos ao segundo material (GANGADHARA; KESHAVANATH, 2008). Essa comunidade perifítica modifica a diversidade biológica e a composição química dos ecossistemas aquáticos. Essas trocas entre microalgas e bactérias são alvo de estudo e podem resultar vários aproveitamentos biotecnológicos (como o controle da proliferação de microalgas, sistema de produção de peixes, biorrefinaria e tratamentos de efluentes) (VALE et al., 2023).

O desenvolvimento da comunidade perifítica demanda oxigênio, controle da relação Carbono/Nitrogênio e a retenção dos substratos na camada da água onde há incidência solar (AZIM, 2001). Esse processo de crescimento é iniciado pelo acúmulo de cargas eletrostáticas de compostos orgânicos dissolvidos, que atraem os microrganismos por reação hidrofóbica e se aderem com de fios mucilaginosos (AZIM, 2001).

O uso do perifíton é considerado uma nova tecnologia, que têm sido empregados para os sistemas de cultivo de peixes na alimentação (fonte de alimento), que aumentar a produção e diminui a taxa da conversão, como também no equilíbrio da qualidade da água circulante no cultivo e as descartadas (absorve o excesso de nutrientes como nitrogênio (KOLEK et al., 2019).

O uso do perifíton na aquicultura pode ser produzido artificialmente ou naturalmente na água, é empregado em cultivo de peixes, camarões e em outros invertebrados, que herbívoros ou onívoros em relação ao seu hábito alimentar (SINGH, 2023). É um sistema de cultivo que tem como base o alimento natural, que requer o mínimo recursos naturais e pode ser realizado com material de baixo custo. Esse tipo de produção é uma alternativa do sistema sustentável de alimentos e renda, principalmente, para pequenos produtores, frente as demais tecnologias aplicadas na aquicultura (SINGH, 2023).

Uma pesquisa com o uso do perifíton como substituto da farinha de peixes na alimentação da dourada (*Sparus aurata*) observou que a troca de 50% da farinha de peixe por resíduos de perifíton diminuiu a taxa de conversão alimentar em 12% sem depreciar o

desempenho zootécnico do sistema, como reduziu o custo da produção da ração em 30% (SAVONITTO et al., 2021).

David et al. (2022) afirmaram que o de crescimento dos tilápias com 50% e 33% de restrição alimentar de ração foi baixo com referência ao controle de 100%, devido à pouca disponibilidade de matéria seca do perifíton, mas não teve diferença significativa quanto a sobrevivência e a conversão alimentar. Estes justificaram a falta de perifíton adequada à baixa relação N: P da água e à sua modificação durante o andamento do experimento (DAVID et al., 2022).

Da Silva et al. (2021) em seu estudo com o cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em tanques com o uso de substrato de perifíton, verificou a conservação da qualidade da água de cultivo com redução de 30% de amônia, a diminuição de patógenos como *Aeromonas* e o desenvolvimento do desempenho zootécnico dos peixes com peso final de 2,4 vezes maior, além de aumento de 59,19% na sua produtividade.

No sistema de carcinicultura o uso das comunidades perifíticas tem potencial de redução de problema causados pelas alta densidade de estocagem, com resultados positivos na conversão alimentar e na produção de biomassa, conservando o tamanho de despesas dos animais (KRING et al., 2023).

## 2. 5 Síntese em emergia na aquicultura

O avanço de novas instalações referentes a aquicultura que aumenta a produção de pescado é devido a distribuição e aplicação das últimas tecnologias do mercado, adesão de rações formuladas, inserção de novas espécies, aplicação de metodologias científicas de gestão, assim como a descomplicação de leis em relação a aquisição de terra e do uso da água, liberdade de preços e mercado que provoca maior retorno financeiro em relação a outros cultivos (RAHMAN et al., 2020; HERNANDEZ et al., 2018 ; PRODHAN e KHAN, 2018; SHAWON et al., 2018; DEY et al., 2013; DEY et al., 2010).

Aktar et al. (2018) verificaram que explorações de grandes áreas aquícolas obtém maior retorno financeiro, fluência de gestão e comercialização, conseqüentemente, cresce a produtividade e a eficiência do sistema produtivo do que as atividades de pequeno porte. No primeiro caso citado, destaca-se o uso da ração com resultados positivos na produtividade, enquanto o maior gasto foi com a mão-de-obra.

Com a expansão da aquicultura os sistemas de produção intensivos demanda maior gasto de energia, e as principais fontes desse elemento são as não renováveis (KIM; ZHANG, 2018).

A uma intensa discussão sobre a sustentabilidade dessa atividade (NAYLOR et al., 2021), para que diminua ou extinga os impactos ambientais negativos é necessário o uso equilibrado dos recursos naturais e mão-de-obra (DIANA et al., 2013). Como qualquer outra atividade, a produção de pescados causa danos ao meio ambiente e, sem devida manutenção dos ecossistemas naturais, resulta em desequilíbrios ecológicos e proliferação de doenças no sistema de cultivo, conseqüentemente, redução dos lucros (MAVRAGANIS et al., 2020).

A análise de emergia é uma ferramenta utilizada para tratar estas inquietações acima citadas, este procedimento está baseado no levantamento dos recursos renováveis e não-renováveis, mão-de-obra do homem e atividades ecológicas da natureza que não são calculados por outras metodologias, resultados que ajudam em decisões correspondentes à sustentabilidade da atividade (HOUSHYAR et al., 2018).

Mais adiante disso, a análise emergética adota o uso de uma mesma unidade para diversos tipos de energia, materiais, bens e serviços, que proporciona a comparação direta, adição e subtração de números antes diferentes. Esse tipo de análise permite a comparação entre diferentes sistema de produção, isolando a parcialidade e o impasse de outros métodos, como por ex. Intensidade Energética Cumulativa (CEI) e Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (KIM e ZHANG, 2018; ULGIATI e BROWN, 2009). A avaliação do aumento procedimentos de industriais locais, fabricação de energia e manejos de agriculturas de diferentes escalas são largamente realizados pela análise emergética (DAVID et al., 2021).

Para que a produção de uma atividade tenha o crescimento sustentável e mantenha a conservação dos ecossistemas, é necessário que haja maior emprego de recursos renováveis e os resultados financeiros sejam positivos, à vista disso, o cálculo emergético é complicado, parecido com à cotação do consumo cumulativo de energia (STANEK, 2009).

A energia solar disponível é a base utilizada pela emergia para a fabricação de mercadorias primárias de origem agrícola, pecuária, mineral e ambiental, serviços ou produtos. A quantificação da emergia é em joules solares, abreviados como j (ODUM et al., 2000). Essa quantificação está baseada na conversão dos fluxos, reservas naturais e fontes econômicas em joules solares para o cálculo dos índices ELR, EYR e REN (AMIRI et al., 2019).

O Índice de Carga Ambiental (ELR) quantifica o impacto ambiental de uma atividade, informa a utilização dos recursos naturais por uma produção, apontando o quanto de encargo ao meio ambiente, como também, é a comparação da emergia total com os recursos não renováveis e os recursos renováveis, o  $ELR > 1$  indica dano ao meio ambiente (KUCZUK et al., 2023). O Emergy Yield Ratio (EYR) calcula a capitação pelo processo produtivo ou de serviços dos insumos locais disponíveis, exhibe a troca entre as entradas externas e a saída de

uma produção, o ideal é que EYR seja alto pois demonstra a eficiência do uso dos subsídios energéticos dos recursos locais para o sistema (KUCZUK et al., 2023). O indicador de renovabilidade (REN) afere a conexão entre a energia de fontes renováveis e a energia total consumida durante a produção, quanto maior o uso dos recursos naturais renováveis da região maior será o valor do REN (KUCZUK et al., 2023).

Enayat et al. 2024 verificaram através da análise energética que a produção de peixes de uma piscicultura não afeta negativamente o meio ambiente e grande parte dos recursos naturais utilizados foram os renováveis. Cavalett et al. (2006) utilizando a metodologia energética avaliaram que os aspectos ambientais de sistemas integrados de produção de grãos, suínos e peixes em pequenas propriedades rurais da região Sul possuem melhores eficiência dos usos dos recursos naturais, em relação a outras atividades baseada em um único produto, sendo assim causa menos dano ao meio ambiente. Os dados resultantes desse trabalho serão favoráveis a criação de políticas públicas, como também, indicar práticas sustentável de manejo.

A falta de recursos e insumos indispensáveis para sustentar as atividades agrícolas, a demanda por alimento no mundo e exploração inadequada dos recursos naturais pela indústria agrícola ressaltam a necessidade de estudos que englobam todos os possíveis fatores de sustentabilidade de um processo produtivo. Os dados desses estudos permitam a melhor tomada de decisão para a população e o meio ambiente (AMIRI et al., 2019).

## 2. 6 Comportamento alimentar

Aspectos como hábito alimentar, tempo de reação à oferta de alimento, volume de alimento, constância alimentar, ecossistema na qual está inserido e fatores ambientais como temperatura, fotoperíodo e salinidade podem interferir nos resultados zootécnicos de produção e comportamento alimentar de peixes (VOLKOFF e PETER, 2006).

Atualmente, várias pesquisas têm sido direcionadas para estudar a diversidade do comportamento dos pescados, com o foco em descrever o nível de interações que possam afetar essa interatividade alimentar dos peixes (MARUSOV e KASUMYAN, 2017). Somados aos fatores ambientais, os fatores hormonais centrais, periféricos de metabólitos também interferem nesses hábitos dos pescados. Várias metodologias têm sido aplicadas para observar o comportamento dos peixes, como estudos de campo, observações de animais de vida livre e experimentos de laboratório, pois a natureza aquática desses animais dificultam esses estudos (VOLKOFF e PETER, 2006).

A adição de estruturas nos tanques de cultivo de peixes, também conhecida como enriquecimento ambiental, com a intenção de proporcionar um ambiente natural e desenvolver o bem-estar desses animais afeta o seu comportamento social, alimentar, cognitivo, estrutural e físico (BRYDGES et al., 2009, NASLUND et al., 2016; ARECHAVALA-LOPEZ et al., 2021).

OJELADE et al., (2022) afirmaram que em seu estudo com *Clarias gariepinus* a taxa de sobrevivência e o ganho de peso médio foram significativamente positivas quando submetidas ao enriquecimento com substrato (SE). A duração da resposta alimentar foi menor em SE, mas não houve diferença significativa em relação ao tratamento com planta (PE) e tratamento com substrato e com planta (PSE) e em todos esses tratamentos houve a mesma frequência de atos agressivos. Os peixes sem enriquecimento ambiental tiveram a menor duração do período de cardume. Finalizando, que cultivos com adição de substrato (SE) resultaram na melhoria taxa de sobrevivência, ganho médio de peso, fator de condição, resposta comportamental e fisiológica de *C. gariepinus* em condições de laboratório.

O enriquecimento ambiental é uma ferramenta utilizada para oferecer o bem-estar dos peixes durante o processo produtivo, no entanto, pouco estudos são direcionados para a quantificação desses instrumentos nos cultivos, sendo observadas diferentes resultados quanto ao comportamento e fisiologia dos peixes (ZHANG et al., 2020). O estudo realizado com *Sebastes schlegelii* verificou que o tipo e o nível de enriquecimento afetam significativamente o crescimento, a fisiologia relacionada ao estresse e a agressão, que o nível ideal é de aproximadamente 50% de cobertura da área basal (ZHANG et al., 2020).

Assim como, a variação da busca por alimento, também conhecido como forrageamento, está relacionada a interações do habitat, áreas de alimentação, tipos de alimento e ameaça de outros animais ou até da mesma espécie (WARBURTON, 2003). O volume e o tipo alimento no trato digestivo atuam no forrageamento. Um estudo realizado com Carpas comum (*Cyprinus carpio*) demonstrou um atraso da busca novamente por alimento quando oferece dietas baseado em carboidratos, em relação àquelas com dietas baseada em proteína (KUZ'MINA, 2009).

O comportamento de forrageamento tem um componente genético, mas também depende da interação com o ambiente (WARBURTON, 2003). Sendo o ato de busca por alimento modificado por motivações externas (BRAITHWAITE; SALVANES, 2005). Assim quanto mais complexo o ambiente maior a alteração comportamental dos peixes (ODLING – SMEE; BRAITHWAITE, 2003). O que demonstra melhor adaptação comportamental dos peixes, conseqüentemente aumentam a sobrevivência em diferentes ambientes (ODLING-SMEE; BRAITHWAITE 2003; SALVANES; BRAITHWAITE, 2005). Em uma pesquisa de tanques com estruturas submersa, alteração de velocidade e direção da água, profundidade e

logo dissipação da distribuição da ração, peixes criados anteriormente nesse ambiente indicou taxas de alimentação mais altas, e peixes de retirada da natureza começaram a forragear mais cedo o alimento natural (RODEWALD et al., 2011).

Outro comportamento é a restrição alimentar dos peixes, comum nos corpos aquáticos naturais, principalmente em algumas épocas do ano e período reprodutivo (HERNÁNDEZ et al., 2019; MARQUEZE et al., 2017). Processos produtivos com restrição alimentar são utilizados para diminuir custos do cultivo, que pode representar 38% em *Ictalurus punctatus* (REIGH et al., 2006) e 40% em *Brycon amazonicus* (URBINATI et al., 2014) e como também economiza com mão-de-obra (EROLDOGAN et al., 2006; ROA et al., 2019). Prontamente, agenciam o crescimento produtivo, como também recupera a qualidade da água (NEBO et al., 2018).

### 3.0 Referências

Depletion of stored nutrients during fasting in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles **J. App. Aquacult.**, 30, p. 157-173, 2018.

ABBAS, K. A.; MOHAMED, A.; JAMILAH, B.; EBRAHIMIAN, M. A review on correlations between fish freshness and pH during cold storage. **American Journal of Biochemistry and Biotechnology**, v.4, p.416-421, 2008.

ABNT- Associação brasileira de normas técnicas. NBR 12772:1992- **Determinação do fósforo**.1992.

AKTAR, S. S.; KHAN, M. A.; PRODHAN, M. M. H.; MUKTA, M. A. Farm size, productivity and efficiency nexus: the case of pangas fish farming in Bangladesh. **Journal of the Bangladesh Agricultural University**, v. 16, n. 3, p. 513-522, 2018.

ALI, M.Z.; HAQUE, M.K.I.; PARVEEN, R.; HUSSAI, M.G.; MAZID, M.A.; PORTELLA, M.C. Growth and reduction of cost of production of *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage, 1878) with alternate feeding schedules. **Indian Journal of Fisheries**, v. 52, n. 4, p. 397-404, 2005.

AMÉRICO, J. H. P. et al. Piscicultura em tanques-rede: impactos e consequências na qualidade da água. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 6, n. 7, 2013.

AMIRI, Zahra et al. A sustainability analysis of two rapeseed farming ecosystems in Khorramabad, Iran, based on emergy and economic analyses. **Journal of Cleaner Production**, v. 226, p. 1051-1066, 2019.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. Assoc. of Off. Anal. Chem. Inc., Arlington, USA, p. 684, 2016.

APHA- American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington DC: Edição 21, 2005.

ARAÚJO, J. S.; PEREIRA DE SÁ, M. F. Sustentabilidade da piscicultura no baixo São Francisco alagoano: condicionantes socioeconômicos. *Ambiente & Sociedade*, v. 11, n. 2, p. 405-424, 2008

ARECHAVALA-LOPEZ P.; CABRERA-ALVAREZ M. J.; MAIA C. M.; SARAIVA J. L. Environmental enrichment in fish aquaculture: a review of fundamental and practical aspects. *Rev Aquacult*, 14, 704–28, 2021.

AYROZA, Luiz Marques da Silva et al. Custos e rentabilidade da produção de juvenis de tilápia-do-nilo em tanques-rede utilizando-se diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 231-239, 2011.

AZAM, K.; ALI, M.Y.; ASADUZZAMAN, M.; BASHER, M.Z.; HOSSAIN, M.M. BIOCHEMICAL Assessment of Selected Fresh Fish. **J. Biol. Sci.**, 4, 9–10, 2003.

AZIM, M. E. The potential of periphyton-based aquaculture production systems. PhD thesis. Wageningen, the Netherlands, 2001.

BARROS, Ana Maria Taddei Cardoso; DA SILVA PINTO, Sandro. OS DESAFIOS DA AQUICULTURA SUSTENTÁVEL: PRODUÇÃO DE ALIMENTOS, CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E O BEM ESTAR SOCIAL. **Ciência Alimentando o Brasil**, p. 103, 2018.

BATTOCHIO, J. R. et al. Perfil sensorial de pão de forma integral. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2 , p. 428-433, 2006.

BECKER, Evandro et al. Análise do processo de produção de filés de tilápia por meio de simulação: um estudo de caso (analysis of the process of tilapia fillets production by means of simulation: a case study). **Engevista**, v. 17, n. 4, p. 531-539, 2015.

BICUDO, C. E.; CASTRO, A. A. J. **Desmidióflórula paulista IV: gêneros Closterium, Spinoclosterium**. Gebruder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, 1994.

BRAITHWAITE, V.A.; SALVANES, A.G.V. Environmental variability in the early rearing environment generates behaviourally flexible cod: implications for rehabilitating wild populations. **Proceedings of the Royal Society. Biological Sciences**, 272, 1107–1113, 2005.

BROLL, J. **A nova aposta da aquicultura brasileira: Muito prazer, Panga BR** (10ª edição).

BROWN, M. T.; CAMPBELL, D. E.; DE VILBISS, C.; ULGIATI, S. The geobiosphere emery baseline: a synthesis. **Ecological Modelling**, v. 339, p. 92-95, 2016.

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Assessing the global environmental sources driving the geobiosphere: A revised emery baseline. **Ecological Modelling**, v. 339, p. 126-132, 2016.

BRYDGES, N. M., BRAITHWAITE V. A. Does environmental enrichment affect the behaviour of fish commonly used in laboratory work?. *Appl Anim Behav Sci*, 118, 137–143, 2009.

- CALDER, P.C. n-3 Fatty acids and cardiovascular disease: Evidence explained and mechanisms explored. **Clin. Sci.** 107, 1–11, 2004.
- CAMPBELL, D. E. Emery baseline for the Earth: a historical review of the science and a new calculation. **Ecological Modelling**, v. 339, p. 96-125, 2016.
- CAMPBELL, D. E.; BRANDT-WILLIAMS, S. L.; CAI, T. Current technical problems in emery analysis. **Emery synthesis**, v. 3, p. 652, 2005.
- CAVALETT, O.; DE QUEIROZ, J. F.; ORTEGA, E. Emery assessment of integrated production systems of grains, pig and fish in small farms in South Brazil. **Ecological Modelling**, 193, 3-4, p. 205-224, 2006.
- CHAKMA, Suprakash et al. Nutritional Profiling of Wild (*Pangasius pangasius*) and Farmed (*Pangasius hypophthalmus*) *Pangasius* Catfish with Implications to Human Health. **Fishes**, v. 7, n. 6, p. 309, 2022.
- COMAR, M. V. **Valoração ambiental pela metodologia emergética - Subsídios às Políticas Públicas no Brasil**. p. 101, 2017.
- CROASDALE, H.; FLINT, E. A., RACINE, M. M. Flora of New Zealand: Freshwater algae, Chlorophyta, desmids: With ecological comments on their habitats. Vol. 3. *Staurodesmus*, *Staurastrum* and the filamentous desmids. **Nordic Journal of Botany**, v. 15, n. 6, p. 624-624, 1994.
- DA SILVA MACIEL, Elayna Cristina; DA ROCHA, Tatiana Cristina; DE ALMEIDA, Rodrigo Lopes. An overview of family fish farming: social, politics and food security implications. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, p. e14011124602-e14011124602, 2022.
- DAVID, L. H. C.; PINHO, S. M.; GARCIA, F. Improving the sustainability of tilapia cage farming in Brazil: An emery approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 201, p. 1012-1018, 2018.
- DAVID, L. H. et al. Emery synthesis for aquaculture: A review on its constraints and potentials. **Reviews in Aquaculture**, v. 13, n. 2, p. 1119-1138, 2021.
- DE FREITAS NETA, M. S. B. et al. Ácidos graxos ômega-3 na diminuição do risco cardiovascular: uma revisão integrativa da literatura. **Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia**, v. 9, n. 1, p. 936-947, 2020.
- DELGADO, D. L. C.; RUBIO, C. A.; QUIROZ, V. A. C. Proximal and sensory analysis of red tilapia (*Oreochromis* sp.) fed with fish tanks sediments from a Biofloc culture. **Food Science and Technology**, v. 41, p. 870-876, 2020.
- DEY, M. M.; KUMAR, P.; PARAGUAS, F.J.; LI, C. O.; KHAN, M. A.; NARTAYA SRICHANTUK, N. Performance and nature genetically improved carp strains in Asian countries. **Aquac. Econ. Manag.**, 14, 1, p. 3-29, 2010

DEY, M.M.; KUMAR, P.; CHEN, O.L.; KHAN, M.A.; BARIK, N.K.; LI, L.;NISSAPA, A.; PHAM, N.S. Potential impact of genetically improved carp strains in Asia. **Food Policy**,43, p.306-320, 2013.

DIANA, J. S.; EGNA, H. S.; CHOPIN, T.; PETERSON, M. S.; CAO, L.; POMEROY, R., ...; CABELLO, F. Responsible aquaculture in 2050: valuing local conditions and human innovations will be key to success. **BioScience**, v. 63, n. 4, p. 255-262, 2013.

DILLARD, E. G. **Freshwater Algae of the Southeastern United States. Part 4. Chlorophyceae: Zygnematales: Desmidiaceae (Section 2)**. J. Cramer, Stuttgart (Bibliotheca Phycologica, Band 89), p. 205, 1991.

DOAN, K. Le Nguyen; WIJNGAARD, J.; LUTZ, C. H. M. Farming system practices of seafood production in Vietnam: the case study of Pangasius small-scale farming in the Mekong River Delta. 2008.

ENAYAT, F. F.; ASGHARIPOUR, M. R. Towards more efficient fish farming systems in the Sistan region of Iran: An emergy-based analysis. **Aquaculture**, v. 578, p. 740106, 2024.

EROLDOGAN, O.T.; KUMLU, M.; KIRIS, G.A.; SEZER , B. Compensatory growth response of *Sparus aurata* following different starvation and refeeding protocols. **Aquac. Nutr.**, 12, p.203-210, 2006.

FAO, Food and Agriculture Organization Publications. **The State of World Fisheries and Aquaculture**, Rome, p. 244, 2020.

FUNES-MONZOTE, F. R. et al. Evaluación inicial de sistemas integrados para la producción de alimentos y energía en Cuba. *Pastos y Forrajes*,v. 34, n. 4, p.445- 462, 2011.

FUNG, T.T.; REXRODE, K.M.; MANTZOROS, C.S.; MANSON, J.E.; WILLETT, W.C.; HU, F.B. Mediterranean diet and incidence of and mortality from coronary heart disease and stroke in women. **Circulation**, 119, 1093–1100, 2009.

FURUYA, W. M. et al. **Tabela de brasileira para a nutrição de tilapia**, p. 100, 2010.

GANGADHARA, B.; KESHAVANATH, P. Planktonic and biochemical composition of periphyton grown on some biodegradable and non-degradable substrates. **Journal of Applied Aquaculture**, 20, 3, p.213-232, 2008.

Garcia, F., Romera, D.M., Gozi, K.S., Onaka, E.M., Fonseca, F.S., Schalch, S.H.C., Candeira, P.G., Guerra, L.O.M., Carmo, F.J., Carneiro, D.J., Inez, M., Martins, E.G., Célia, M., Stocking density of Nile tilapia in cages placed in a hydroelectric reservoir. **Aquaculture**, 410–411, 51–56, 2013.

GARG, S. K. Impacts of grazing by milkfish (*Chanos chanos* Forsskal) on periphyton growth and its nutritional quality in inland saline ground water: fish growth and pond ecology. **Ecol Evol Biol**, v. 1, p. 41-52, 2016.

- GOMES, V. D. S. et al. Suplementação enzimática sobre o desempenho e taxa de excreção de amônia em tilápias do Nilo. **Arquivo de Ciência Veterinária e Zootecnia**. v. 22, n. 1, p. 13-20, 2019.
- GONÇALVES, A. A. Ciência, tecnologia, inovação e legislação. **São Paulo: Atheneu**, 2011.
- GUIMARÃES, C. F. M. MÁRSICO, E. T., MONTEIRO, M. L. G., LEMOS, M., MANO, S. B.,; CONTE JUNIOR, C. A. The chemical quality of frozen Vietnamese *Pangasius hypophthalmus* fillets. **Food science & nutrition**, v. 4, n. 3, p. 398-408, 2016.
- HAQUE, Mohammad Mahfujul et al. Assessing the impacts of in-feed probiotic on the growth performance and health condition of pangasius (*Pangasianodon hypophthalmus*) in a farm trial. **Aquaculture reports**, v. 20, p. 100699, 2021.
- HASHIMOTO, D. T.; SENHORINI, J. A.; FORESTI, F.; PORTO-FORESTI, F. Interspecific fish hybrids in Brazil: management of genetic resources for sustainable use. *Reviews in Aquaculture*, v. 4, n. 2, p. 108-118, 2012.
- HENKEN AM, L. H.; TIJSSSEN P.; MACHIELS M. A comparison between methods used to determine the energy content of feed, fish and faeces samples. **Aquaculture**, v. 58, p. 195-201, 1986.
- HERNÁNDEZ, C.; HURTADO-OLIVA, M. A.; PEÑA, E. Effect of short-term starvation on hematological and blood biochemical parameters in juvenile spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869). **Lat. Am. J. Aquat. Res.**,47, p.9-17, 2019.
- HERNANDEZ, R.; BELTON, B.; REARDON, T.; HU, H.; ZHANG, X.; AHMED, A. The “quiet revolution” in the aquaculture value chain in Bangladesh. **Aquaculture**., 493, p.456-468, 2018.
- HO, B. T.; PAUL, D. R. Fatty acid profile of tra catfish (*Pangasius hypophthalmus*) compared to Atlantic salmon (*Salmo solar*) and Asian seabass (*Lates calcarifer*). **International Food Research Journal**, v. 16, n. 4, p. 501-506, 2009.
- HOQUE, Md Sazedul et al. Effects of Pangasius (*Pangasius hypophthalmus*) and Skipjack Tuna (*Sarda orientalis*) mince blend on the quality of fish products: Ways to utilize resources and nutrition in Bangladesh. **Food Science & Nutrition**, v. 9, n. 12, p. 6642-6652, 2021.
- HUANG, Y. Z.; LIU, Y.; JIN, Z.; CHENG, Q.; QIAN, M.; ZHU, B. W.; DONG, X. P. Sensory evaluation of fresh/frozen mackerel products: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 20, n. 4, p. 3504-3530, 2021.
- HUY, Dinh Tran Ngoc et al. A review and further analysis on seafood processing and the development of the fish Pangasius from the food industry perspective. **Food Science and Technology**, v. 42, p. e76421, 2021.
- KIM, Y.; ZHANG, Q. Economic and environmental life cycle assessments of solar water heaters applied to aquaculture in the US. **Aquaculture**, v. 495, p. 44-54, 2018.

- KNÖSCHE, R. et al. Balances of phosphorus and nitrogen in carp ponds. **Fisheries Management and Ecology**, v. 7, n. 1-2, p. 15-22, 2000.
- KOLEK, L.; PILARCZYK, M.; INGLOT, M.; STONAWSKI, B.; SZCZYGIE, J. Observations of carbon-nitrogen manipulation and periphyton growth stimulation on fish farming in an integrated intensive-extensive aquaculture system. **Fisheries & Aquatic Life**, v.27, p.169-177, 2019.
- KRING, N. A.; FLECKENSTEIN, L. J.; TIERNEY, T. W.; FISK, J. C.; LAWSON, B. C.; RAY, A. J. The effects of stocking density and artificial substrate on production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* and water quality dynamics in greenhouse-based biofloc systems. **Aquacultural Engineering**, v. 101, p. 102322, 2023.
- KUBITZA, F. O mar está prá peixe. prá peixe cultivado. **Revista Panorama da Aquicultura**. v. 17, n. 100, p. 14- 23, 2007.
- KUCZUK, A.; POSPOLITA, J.; PIECZONKA, J. Emery analysis of pond fish farming—a case study for a large fish farm in Poland. **Economics and Environment**, v. 85, n. 2, p. 369-394, 2023.
- KUZ'MINA, V. V. Influence of feeding regime and of food biochemical composition upon feeding behavior in common carp (*Cyprinus carpio*). **Journal of Ichthyology**, v. 49, p. 105-110, 2009.
- LENZENWEGER, R. **Desmidiaceenflora von Österreich, Teil 1**. J. Cramer Verl., Berlin, p. 162, 1996.
- LIMA, J. D. F.; TAVARES-DIAS, M.; YOSHIOKA, E.; dos SANTOS, E. F.; DUARTE, S.; BASTOS, A.; MONTAGNER, D. **Sistema fechado simples de recirculação para recria de peixes ou camarões de água-doce**. Embrapa Amapá-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2015.
- LITTLE, D. C.; BUSH, S. R.; BELTON, B.; PHUONG, N. T.; YOUNG, J. A.; MURRAY, F. J. Whitefish wars: Pangasius, politics and consumer confusion in Europe. **Marine Policy**, v.36, n.3, p. 738-745, 2012.
- LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. **Rev. Biol. Mar.**, v. 22, n. 1, p. 1-29, 1986.
- LOVELL, R. T.; MIYAZAKI, T.; RABEGNATOR, S. Requirement for  $\alpha$ -tocopherol by channel catfish fed diets low in polyunsaturated triglycerides. **The Journal of nutrition**, v. 114, n. 5, p. 894-901, 1984.
- MARGALEF, R. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. In: A.A. Buzzati-Traverso (ed.). Perspectives in marine biology. **University of California Press**, Berkeley, p. 323-349, 1958.

MARQUEZE, A. et al. Protein and lipid metabolism adjustments in silver catfish (*Rhamdia quelen*) during different periods of fasting and refeeding. **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, p. 464-471, 2017.

MARUSOV, E. A.; KASUMYAN, A. O. Feeding behavior and responsivity to food odors in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) after chronic polisensory deprivation. **Journal of Ichthyology**, v. 57, p. 747-752, 2017.

MATTEUCCI, S. D.; COLMA, A. **Metodologia para el estudio de la vegetación**. Washington: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos – Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, p. 169, 1982.

MAVRAGANIS, T.; CONSTANTINA, C.; KOLYGAS, M.; VIDALIS, K.; NATHANAILIDES, C. Environmental issues of Aquaculture development. **Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries**, v. 24, n. 2, p. 441-450, 2020.

MININ, V. P. R. Análise sensorial estudos com consumidores. Editora UFV, 2ªEd, Viçosa/MG, 2010.

MNARI, A.; BOUHLEL, I.; CHRAIEF, I.; HAMMAMI, M.; ROMDHANE, M.S.; EL CAFSI, M.; CHAOUCH, A. Fatty acids in muscles and liver of Tunisian wild and farmed gilthead sea bream, *Sparus aurata*. **Food Chem.** **2007**, *100*, 1393–1397.

MNARI, A.; BOUHLEL, I.; CHRAIEF, I.; HAMMAMI, M.; ROMDHANE, M.S.; EL CAFSI, M.; CHAOUCH, A. Fatty acids in muscles and liver of Tunisian wild and farmed gilthead sea bream, *Sparus aurata*. **Food Chem.** *100*, 1393–1397, 2007.

MOHAPATRA, Dipti Prakash et al. Application of wastewater and biosolids in soil: occurrence and fate of emerging contaminants. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 227, p. 1-14, 2016.

MONGE-ORTIZ, R. et al. Growth, sensory and chemical characterization of Mediterranean yellowtail (*Seriola dumerili*) fed diets with partial replacement of fish meal by other protein sources. **Aquaculture Reports**, v. 18, p. 100466, 2020.

MOREIRA, C. V. Da S. Hambúrguer de peixe voador (*Hirundichthys affinis*): Influência do alecrim (*Rosmarinus officianalis*) do perfil sensorial e características físico-químicas. UFRN, Natal/RN, 2016.

MORENO, Larissa Tavares. O aquanegócio dos pescados no Brasil e os reflexos para as comunidades pesqueiras tradicionais. **AMBIENTES: Revista de Geografia e Ecologia Política**, v. 5, n. 1, 2023.

MUIN, H et al. Supplementation of red seaweed (*Gracilaria changii*) in black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae-based diet for red hybrid tilapia: Effects on growth performance, fillet quality, sensory analysis, haematological indices, and antioxidant enzyme activities. **Journal of Applied Phycology**, v. 35, n. 5, p. 2495-2509, 2023.

NAGESWARI, A.K. P VERMA, S. GUPTA, A. Jeyakumari Finger millet as a carbon source for biofloc, improved growth performance of *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) fingerlings Indian J. **Fish.**, *67*, 4, p. 56-61, 2020.

NASLUND J.; JOHNSON J. I. Environmental enrichment for fish in captive environments: effects of physical structures and substrates. *Fish Fisheries*, 1–30, 2016.

NAYLOR, R. L.; KISHORE, A.; SUMAILA, U. R. ISSIFU, I.; HUNTER, B. P.; BELTON, B.; ...; CRONA, B. Blue food demand across geographic and temporal scales. **Nature communications**, v. 12, n. 1, p. 5413, 2021.

NEBO, C.; GIMBO, R.Y.; KOJIMA, J.T.; OVERTURF, K.; DAL-PAI-SILVA, M. NETO, T. F. R.; DA SILVA, A. H. G.; GUIMARÃES, I. M.; GOMES, M. V. T. Piscicultura familiar extensiva no baixo são francisco no estado de sergipe. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, v. 4, n. 1, p. 62-69, 2016.

NIELSEN, S. V.; FRAUSING, M.; HENRIKSEN, P. G.; BEEDHOLM, K.; BAATRUP, E. The psychoactive drug escitalopram affects foraging behavior in zebrafish (*Danio rerio*) ( *Danio rerio* ) . **Ecotoxicology**, v. 27, p. 485 – 497, 2018.

ODLING-SMEE, L.; BRAITHWAITE, V.A. The influence of habitat stability on landmark use during spatial learning in the three-spined stickleback. **Animal Behaviour**, 65, 701–707, 2003.

ODUM, H.T. **Environmental accounting, emergy and decision making**. New York: John Wiley, p. 370, 1996.

OJELADE, O. C.; DUROSARO, S. O.; AKINDE, A. O.; ABDULRAHEEM, I.; OLADEPO, M. B., SOPEIN, C. A.; ...; OLATEJU, M. Environmental enrichment improves the growth rate, behavioral and physiological response of juveniles of *Clarias gariepinus* under laboratory conditions **Frontiers in Veterinary Science**, v. 9, p. 1566, 2022.

OLIVEIRA, R. C. O panorama da aquicultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade. **Revista INTERTOX de toxicologia, risco ambiental e sociedade**, v. 2, n. 1, 2015.

OLUWANIYI, O.O.; DOSUMU, O.O.; AWOLOLA, G.V. Effect of local processing methods (boiling, frying and roasting) on the amino acid composition of four marine fishes commonly consumed in Nigeria. **Food Chem.** 123, 1000–1006, 2010.

ÖRNEK, Eda; ACAR, Ümit; ÖĞÜTCÜ, Mustafa. Effects of dietary fish oil replacement by poppy seed oil on growth performance and fillet quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture Research**, v. 52, n. 7, p. 3026-3037, 2021.

ØVERLI, Ø.; POTTINGER, T. G.; CARRICK, T. R.; ØVERLI, E.; WINBERG, S. Differences in behaviour between rainbow trout selected for high-and low-stress responsiveness. **Journal of Experimental Biology**, v. 205, n. 3, p. 391-395, 2002.

PHAN, Lam T. et al. Current status of farming practices of striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus* in the Mekong Delta, Vietnam. **Aquaculture**, v. 296, n. 3-4, p. 227-236, 2009.

PIELOU, E.C. **Mathematical ecology**. New York, Wiley, 1977.

- POP, A. et al. Modular recirculating aquatic system for super-intensive fish breeding. **INMATEH-Agricultural Engineering**, v. 30, n. 1, p. 13-18, 2010.
- PRESCOTT, G.W.; CROASDALE, H.T.; VINYARD, W.C. **North American Flora. Desmidiaceae. Part I. Saccodermatae, Mesotaeniaceae**. Series II, part 6. New York Botanical Garden, New York, p. 82, 1972.
- PRODHAN, M.M.H.; KHAN, M.A. Management practice adoption and productivity of commercial aquaculture farms in selected areas of Bangladesh. **J. Bangladesh Agricu. Univ.**, 16, 1, p. 111-116, 2018.
- QUADROS, D. A. **Desenvolvimento de alimento a base de pescado com teor reduzido de sal e qualidade sensorial para a alimentação escolar**. UNICAMP, Campinas/SP, 2015.
- RAHMAN, M.T.; NIELSEN, R., KHAN, M.A.; YEBOAH, I.A. Impact of management practices and managerial ability on the financial performance of aquaculture farms in Bangladesh. **Aquac. Econ. Manag.**, 24, 1, p.79-101, 2020.
- REDDY, C. P. K.; MANIKANDAVELU, D.; ARISEKAR, U.; ALBESHR, M. F.; ALREFAEI, A. F. SUDHAKAR, O.; ...; PACKIALAKSHMI, J. S. Toxicological effect of endocrine disrupting heavy metal (Pb) on Mekong silurid *Pangasius catfish*, *Pangasius hypophthalmus*. **Environmental Research**, v. 231, p. 116033, 2023.
- REIGH, R.C.; WILLIAMS, M.B.; JACOB, B.J. Influence of repetitive periods of fasting and satiation feeding on growth and production characteristics of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture**, 254, p.506-516, 2006.
- ROA, F. G. B.; SILVA, S. S.; HOSHIBA, M. A.; SILVA, L. K. S. ; BARROS, A. F.; ABREU, J. S. Production performance of tambaqui juveniles subjected to short feed-deprivation and refeeding cycles. **Bol. Inst. Pesca**, 45, p. 1-9, 2019.
- RODEWALD, P.; HYVÄRINEN, P.; HIRVONEN, H. Wild origin and enriched environment promote foraging rate and learning to forage on natural prey of captive reared Atlantic salmon parr. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 20, n. 4, p. 569-579, 2011.
- RODRIGUEZ, Patricia A. et al. Systems biology of plant-microbiome interactions. **Molecular plant**, v. 12, n. 6, p. 804-821, 2019.
- RUBY, P.; AHILAN, B.; PRABU, E. Periphyton based aquaculture: a review. **Journal of Aquaculture in the Tropics**, v. 33, n. 1, p. 35-48, 2018.
- RŮŽIČKA, J. **Die Desmidiaceen Mitteleuropas, Band 1, 1**. Lieferung. E. Schweizerbart'sche Verl., Stuttgart, p. 291, 1977.
- RŮŽIČKA, J. **Die Desmidiaceen Mitteleuropas, Band 1, 2**. Lieferung. E. Schweizerbart'sche Verl., Stuttgart, p. 736, 1981.
- SAHU, B. B. et al. Carcass traits of two marketable size classes of *Pangasius pangasius* (Hamilton, 1822). **Journal of Applied Ichthyology**, v. 29, n. 1, p. 226-229, 2013.

- SAIKIA, S. K.; DAS, D. N. Feeding ecology of common carp (*Cyprinus carpio* L.) in a rice–fish culture system of the Apatani plateau (Arunachal Pradesh, India). **Aquatic Ecology**, v. 43, p. 559-568, 2009.
- SALVANES, A.G.V.; BRAITHWAITE, V.A. Exposure to variable spatial information in the early rearing environment generates asymmetries in social interactions in cod (*Gadus morhua*). **Behavioural Ecology and Sociobiology**, **59**, 250–257, 2005.
- STARLING, P. et al. Fish intake during pregnancy and foetal neurodevelopment—a systematic review of the evidence. **Nutrients**, v. 7, n. 3, p. 2001-2014, 2015.
- SATTANG, S. et al. Effect of freshwater fish oil feed supplementation on the reproductive condition and production parameters of hybrid catfish (*Pangasius larnaudii* x *Pangasianodon hypophthalmus*, Sauvage, 1878) broodstock. **Aquaculture Reports**, v. 20, p. 100-598, 2021.
- SATOLANI, M. F.; CORRÊA, C. C.; FAGUNDES, M. B. B. Análise do ambiente institucional e organizacional da piscicultura no estado do mato grosso do sul. *Revista de Economia e Agronegócio–REA*, v. 6, n. 2, p. 215-234, 2015.
- SAVONITTO, G.; BARKAN, R.; HARPAZ, S.; NEORI, A.; CHERNOVA, H.; TERLIZZI, A.; GUTTMAN, L. Fishmeal replacement by periphyton reduces the fish in fish out ratio and alimentation cost in gilthead sea bream *Sparus aurata*. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 20990, 2021.
- SCHAFBERG, M. et al. Pike-perch (*Sander lucioperca*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with an alternative microorganism mix for reducing fish meal and oil—fishes’ growth performances and quality traits. **Foods**, v. 10, n. 8, p. 1799, 2021.
- SCIUBBA, E.; ULGIATI, S. Emergy and exergy analyses: complementary methods or irreducible ideological options?. **Energy**, v. 30, n. 10, p. 1953-1988, 2005.
- SHAIKH, A.S.; LOHAR, P.S. Biochemical Composition and Gonadosomatic Index of Three Major Carps in Hatnoor Reservoir, Maharashtra, India. **J. Ecobiotechno**, **3**, 1–4, **2011**.
- SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. **Bulletin of System Tecnology Journal**, v. 27, p. 379-423, 1948.
- SHAWON, N.; PRODHAN, M.M.H.; KHAN, M. A.; MITRA, S. Financial profitability of small scale shrimp farming in a coastal area of Bangladesh. **J. Bangladesh Agric. Univ.**, **16**, 1, p.104-110, 2018.
- SIDHU, K.S. Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil. **Regul. Toxicol. Pharmacol**, **38**, 336–344, **2003**.
- SINGH, S. K. Periphyton-based aquaculture system. **J. Exp. Zool**, v. 26, n. 2, p. 0000-0000, 2023.
- SOARES, M.; EVANGELISTA, D. K. R.; DE SOUSA, D. N. Prospecção de tecnologias para a aquicultura em feiras virtuais. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, 2022

- SOUZA, Joice Teixeira et al. Comparação físico-química e sensorial de filés congelados de *Oreochromis niloticus* e *Pangasius hypophthalmus*. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e3489108583-e3489108583, 2020.
- SUDIRMAN, S.; HERPANDI, L. S. D.; ANDAYANI, W. Effect of weight and body parts of siamese catfish (*Pangasius hypophthalmus*) on the nutritional content. **Food Res**, v. 2, n. 4, p. 307-313, 2018.
- SUGATA, M.; WIRIADI, P. F.; LUCY, J.; JAN, T. T. Total lipid and omega-3 content in *Pangasius catfish (Pangasius pangasius)* and milkfish (*Chanos chanos*) from Indonesia. **Malaysian journal of nutrition**, v. 25, n. 1, p. 163-170, 2019.
- URBINATI, E.C.; SARMIENTO, S. J.; TAKAHASHI, L.S. Short-term cycles of feed deprivation and refeeding promote full compensatory growth in the Amazon fish matrinxã (*Brycon amazonicus*). **Aquaculture**, 433, p.430-433, 2014.
- VALE, F.; SOUSA, C. A.; SOUSA, H.; SIMÕES, L. C.; MCBAIN, A. J.; SIMÕES, M. Bacteria and microalgae associations in periphyton—mechanisms and biotechnological opportunities. **Microbiology Reviews**, 47, 4, 2023.
- VALENTI, W. C.; KIMPORA, J. M.; PRETO, B. D. L.; MORAES-VALENTI, P. Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. **Ecological Indicators**, v. 88, p. 402-413, 2018.
- VALENTIN, J.L; MACEDO-SAIDAH, F.E; TENENBAUM, D.R; SEIVA, N.L.A. Diversidade específica para análise das sucessões fitoplanctônicas. Aplicações ao ecossistema de ressurgência de Cabo Frio (RJ). Nerítica. **Portal do Sul**; v.6, n.1/2, p. 7-26, 1991.
- VERMA, A. K.; GUPTA, S. K.; ISAAC, R. K. Long-term use of saline drainage waters for irrigation in subsurface drained lands: simulation modelling with SWAP. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 47, n. 3, p. 15-23, 2010.
- VERMA, A. K.; GUPTA, S. K.; ISAAC, R. K. Calibration and validation of SWAP to simulate conjunctive use of fresh and saline irrigation waters in semi-arid regions. **Environmental Modeling & Assessment**, v. 19, p. 45-55, 2014.
- VOLKOFF, H.; PETER, R. E. Feeding behavior of fish and its control. **Zebrafish**, v. 3, n. 2, p. 131-140, 2006.
- VON SCHACKY, C. The role of omega-3 fatty acids in cardiovascular disease. **Curr. Atheroscler. Rep.** 5, 139–145, 2003.
- WARBURTON, K. Aprendizagem de habilidades de coleta de alimentos pelos peixes. **Peixes e Pesca**, v.4,p.203–215, 2003.
- WEITZEL, R. L. Periphyton measurements and applications. **Methods and measurements of periphyton communities: A Review. ASTM STP**, v. 690, p. 3-33, 1979.
- WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. **Limnological analyses**. Springer-Verlag, New York, 1991.

WU, G. Amino acids: Metabolism, functions, and nutrition. **Amino Acids**, 37, 1–17, 2009.

YOĞURTÇUOĞLU, B.; EKMEKÇI, F.; GÜLER. First record of the giant pangasius, pangasius sanitwongsei (actinopterygii: siluriformes: pangasiidae), from central anatolia, turkey. **Acta Ichthyologica et Piscatoria**, v. 48, n. 3, 2018.

ZHANG, Z. et al. Effects of environmental enrichment on the welfare of juvenile black rockfish *Sebastes schlegelii*: Growth, behavior and physiology. **Aquaculture**, v. 518, p. 734782, 2020.

ZIMMERMANN, S.; KIESSLING, A.; ZHANG, J. The future of intensive tilapia production and the circular bioeconomy without effluents: Biofloc technology, recirculation aquaculture systems, bio-RAS, partitioned aquaculture systems and integrated multitrophic aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, v. 15, p. 22-31, 2023.

ZIN, FARAH FARHANIM MOHD et al. Growth performance and post-harvest quality of gift tilapia reared in two different culture systems. **Malaysian Applied Biology**, v. 49, n. 1, p. 183-192, 2020.

#### **4. CAPÍTULO I:**

Normas da **Revista Holos** ISSN: 1807-1600 (online) Qualis A1 (ZOOTECNIA / RECURSOS PESQUEIROS)

### **COMPORTAMENTO ALIMENTAR E DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DE *Pangasius hypophthalmus* SOB RESTRIÇÃO ALIMENTAR COM ADIÇÃO DE DIFERENTES ESTRUTURAS COM PERIFÍTON**

# COMPORTAMENTO ALIMENTAR E DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DE *Pangasius hypophthalmus* SOB RESTRIÇÃO ALIMENTAR COM ADIÇÃO DE DIFERENTES ESTRUTURAS COM PERIFÍTON

Mrs. Gabriela Caroline Coelho Silva; Dr. Severino Cavalcante de Sousa Junior; Mrs. Luciano Sousa de Brito

## Resumo

O bem-estar na aquicultura é um assunto que requer urgência. A adição de estruturas é uma das principais providências para diminuir o estresse dos peixes em confinamento. Nesse setor, adição do perifíton fixado em estruturas é considerado uma proteção e fonte alimentar complementar. Esta pesquisa tem como objetivo uma avaliação da resposta comportamental e zootécnica de *P. hypophthalmus* em sistema de cultivo sob restrição alimentar com inclusão de estruturas com perifíton. Para isso, foram realizados dois experimentos, um com substrato de tela e o outro com substrato de bambu. O delineamento experimental utilizado de cada experimento foi inteiramente casualizado - DIC (3 tratamentos x 6 repetições), com um total de 18 unidades experimentais. Os tratamentos foram: T1 (100) - 100% da ração diária recomendada, sem substratos de tela para perifíton, controle; T2 (50sub) - 50% da ração diária recomendada, com substratos de tela para perifíton; T3 - (25sub)- 25% da ração diária recomendada, com substratos para perifíton T1 (100) - 100% da ração diária recomendada, sem substratos de bambu para perifíton, controle; T2 (50sub)- 50% da ração diária recomendada, com substratos de bambu para perifíton; T3 (25sub)- 25% da ração diária recomendada, com substratos de bambu para perifíton. Foi realizado a análise dos parâmetros físico-químicos do perifíton. Os parâmetros zootécnicos avaliados foram: ganho de peso diário (kg), sobrevivência (%), conversão alimentar, fator de condição, o índice viscerossomático (VSI) e o hepatossomático (HSI). O comportamento alimentar foi caracterizado pelo Tempo médio de reação ao momento do fornecimento da ração e o Tempo médio total de consumo e/ou saciedade total da ração fornecida, como pela observação do comportamento durante o registro de imagem. A análise dos dados obtidos foi realizada pelo software SAS 9.0 com testes de médias (Kruskal wallis 5%). A restrição alimentar de 50% com a inclusão dos substratos bambu em sistema de produção de juvenis de panga resultaram na diminuição da taxa de conversão alimentar e bem-estar animal.

**Palavras Chaves:** Piscicultura; *Pangasius hypophthalmus*

## 1. Introdução

A aquicultura é uma atividade voltado para a produção de pescados em um ambiente confinado (AFEWERKI et al., 2023). Essa área de empreendimento destaca-se em escala mundial na produção de alimentos (NAYLOR et al. 2023). Cerca de 130,6 milhões de toneladas de pescados produzidos no mundo foram provenientes da aquicultura (FAO, 2024). Segundo a FAO (2024), o Brasil apresentou um aumento 14,9% de 2021 para 2022, quase 90 mil toneladas de pescado a mais, proveniente desse setor.

Um pescado que tem se destacado na piscicultura no mundo é *Pangasius hypophthalmus*, conhecido como panga, por atrair maior número de consumidores em vários países, devido ao seu menor valor de mercado em relação aos demais pescados capturados na natureza (FAO, 2024). Outro fator da alta demanda desse peixe é por possui filé branco (Tarsabo et al., 2024). O maior produtor do *P. hypophthalmus* é o Vietnã (THONG et al., 2020). Essa comercialização é possível devido os resultados eficientes dentro do processo produtivo, na taxa de sobrevivência, quantidade total de ração fornecida, taxa de crescimento relativa e eficiência de conversão alimentar em diferentes manejos (OKTAVIA et al., 2021). O mercado de países em desenvolvimento como Brasil está investindo na produção desse pescado com a finalidade de aumentar a lucratividade das pisciculturas (BROLL, 2018).

A ração representa cerca de 70% dos custos de produção, a redução desse insumo é essencial para a eficiência da piscicultura (TROMBETA et al., 2020). A restrição alimentar parcial é uma estratégia alimentar utilizada para abater esses custos, pois possibilita o desenvolvimento zootécnico adequado dos pescados (OLIVEIRA et al., 2020). Ao adotar esse manejo alimentar pode-se verificar benefícios econômicos e estabelecimento da qualidade da água, o que resulta condições ambientais favoráveis a saúde e bem-estar desses animais (OLIVEIRA et al., 2020).

Vários fatores interferem no consumo de ração pelos peixes, tais como: volume de alimento, comportamento alimentar, meio-ambiente, composição da dieta, estágio de vida dos animais, frequência alimentar, situação fisiológico e saúde (VOLKOFF et al., 2020). O estudo do comportamento alimentar é complexo, devido à grande variedade de pescados e agentes que afetam esse comportamento (CYRINO et al., 2010). Os padrões e o comportamento em relação à alimentação variam em função da espécie e sofrem, ainda, influência direta do hábito alimentar, tipo de dieta, sensibilidade a detecção do alimento, disponibilidade de alimento, qualidade da ração e fatores ambientais (qualidade de água, temperatura, fotoperíodo, dentre outros) (LALL et al., 2021; KONG, 2020;).

À procura por alimento alternativo para substituir a ração de forma total ou parcial em sistemas aquícolas tem sido aplicado o uso de substrato com o perifíton, que é formado por uma comunidade biótica de fitoplâncton, zooplâncton, algas filamentosas e bactérias, rica em nutrientes (DAVID et al., 2018). Outro benefício desse manejo é proporcionar o bem está animal através dessas estruturas de proteção nos tanques de cultivo (NÄSLUND et al., 2016). Essas particularidades resultam no crescimento da produtividade, baixo o custo dos insumos, aproveitamento de recursos naturais, conseqüentemente, mais sustentável (RUBY, 2018).

Pesquisas direcionadas para os benefícios do uso dos perifíton na piscicultura são comuns. Observa-se a falta de dados científicos do comportamento e potencial zootécnico do cultivo de *P. hypophthalmus* com o uso de perifíton sob condição tropical. Essas informações permitirá a visualização da viabilidade desse sistema de produção de pescado na região.

## **2. Metodologia**

### **2.1. Descrições do estudo**

O estudo foi conduzido em dois experimentos no Biotério de Piscicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, em Teresina-PI, latitude 5° 04' 14" S, longitude 42° 78' 34" W, durante 140 dias. De acordo com os protocolos éticos estabelecidos para prática da pesquisa, seguindo a Resolução N° 879/08 do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) segundo o parecer registrado com o nº 793/2023 e aprovado pelo Comitê de Ética e Experimentação Animal da UFPI (CEEA-UFPI).

Em um viveiro escavado reservado, com adoção do sistema semi-intensivo, foi realizada a produção do perifíton em 3 lotes de 24 substratos (área de cada módulo: 0,18 m<sup>2</sup>), cada lote passava 20 dias nesse viveiro para adesão das comunidades perifíticas. A preparação desse viveiro foi realizada com profilaxia (secagem, exposição ao sol durante 15 dias e

aplicação de cal), em seguida abastecimento de água, com adição de fertilizante orgânico (farelo de soja e excreto de animal) e inoculação de água rica em diversidade planctônica proveniente de outro viveiro com peixes com uma bomba submersa Silver 900, capacidade de 1500l/h, durante 7 dias por 12 horas (GARG, 2016).

Foram utilizados juvenis de *Pangasius hypophthalmus*, com peso inicial de  $38,09 \pm 12,33$  g, provenientes da Estação de Piscicultura Francisca Trindade – Secretaria de Estado da Agricultura Familiar do Estado do Piauí - SAF– Unidade Nazária, PI. Ao chegarem ao Biotério, os juvenis passaram por um período de adaptação de 15 dias em tanques de quarentena. Decorrido esse tempo, foram transferidos para os caixas da água com volume de  $1 \text{ m}^3$  cada, na densidade de 10 peixes/ $\text{m}^3$  e mantidos com sistema de baixa recirculação da água, composto por um ponto de abastecimento e de drenagem de água (LIMA et al., 2015). Nas caixas dos tratamentos com o uso do perifiton, foram instalados dois módulos de substratos. Os módulos de bambu foram confeccionados com hastes cortadas longitudinalmente em metades, essas eram fixadas na vertical um a outro com linha encerada 100% poliéster em suas bordas, de acordo com a figura 1 - B. Os módulos de tela eram dispostos em um quadrado com quatro hastes de bambu com esse material fixados com grampos, de acordo com a figura 1 - A.



Figura 1: A- Substrato de tela; B- Substrato de bambu

A quantidade de ração fornecida diariamente foi de acordo com cada tratamento, estimada em 3,5 % da biomassa total de cada tanque de peixes. A ração utilizada foi uma marca comercial com pellets de 3 a 5 mm de tamanho, contendo de 32% de proteína bruta estando de acordo com as exigências proteica dos peixes onívoros para cada fase de desenvolvimento de acordo com Furuya et al. (2010). Os demais nutrientes como extrato etéreo 8%, fibra bruta 6%, matéria mineral 13%, cálcio (máximo) 1,5%, fósforo (máximo) 0,5%, além de premix vitamínico e mineral utilizados estarão de acordo com as exigências para crescimento de peixes onívoros conforme determinado por (NRC, 1993).

O delineamento experimental utilizado para cada experimento foi inteiramente casualizado - DIC (3 tratamentos x 6 repetições), com um total de 18 unidades experimentais.

O experimento com o substrato de tela, tratamentos: T1 (100) - 100% da ração diária recomendada, sem substratos com perifíton; T2 (50sub) - 50% da ração diária recomendada, com substratos com perifíton; T3 (25sub)- 25% da ração diária recomendada, com substratos com perifíton. O experimento com o substrato de bambu, tratamentos: T1 (100)- 100% da ração diária recomendada, sem substratos com perifíton; T2 (50sub)- 50% da ração diária recomendada, com substratos com perifíton; T3 (25sub)- 25% da ração diária recomendada, com substratos com perifíton. Os animais foram arraçoados duas vezes ao dia (8h00 e 16h00).

O modelo estatístico utilizado para análise das variáveis estudadas foi: Experimento 1 e 2:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Onde:

$Y_{ij}$ = valor observado para a variável em estudo referente ao tratamento  $i$  e a repetição  $j$ ;

$\mu$ = efeito geral da média inerente a cada unidade experimental;

$T_i$  = efeito do tratamento  $i$ ;

$e_{ij}$ = erro aleatório na unidade experimental  $i, j$ .

Para o abate os animais foram insensibilizados com gelo, realizado em caixas isotérmicas com gelo triturado e água na proporção 1:1 e realizado a sangria, após perderem as respostas corporais.

## 2.2 Qualidade da água

A água utilizada nas caixas foi captada de poço tubular instalado próximo ao Biotério de Piscicultura da UFPI. Ess foi direcionada para as caixas no sistema de recirculação, em que após a captação e abastecimento dos tanques, a água passava por sistema de drenagem e retornava por gravidade. O sistema de drenagem consistia em um tanque de decantação, motor bomba, filtro de partículas, filtro ultravioleta e filtro biológico. Os parâmetros físico-químicos da água foram acompanhados a cada 15 dias e conhecidos conforme metodologias apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1- Metodologias para determinação de parâmetros físico-químicos da água**

Parâmetro	Unidade	Metodologia	Fonte
Temperatura	(°C)	Termômetro	APHA (2005)
Oxigênio dissolvido	(mg.L <sup>-1</sup> )	Winckler	APHA (2005)
pH	-	pHmetro	APHA (2005)
Amônia	(mg.L <sup>-1</sup> )	Colorímetro	APHA (2005)

## 2.3 Perifíton

### 2.3.1 Determinação da biomassa e composição proximal de perifíton

As composições foram serão obtidas pelos métodos padrão da AOAC (2016). Para conhecimento da composição proximal, amostras de perifíton foram raspadas dos substratos de bambu e da tela e analisadas de acordo com AOAC (2016). O valor energético do perifíton

será determinado por fatores de conversão calórica médios de 0,3954, 0,1715 e 0,2364 kJ/g para lipídios, carboidratos e proteínas, respectivamente (HENKEN et al., 1986).

## 2.4 Desempenho zootécnico

Os parâmetros zootécnicos foram obtidos em duas biometrias, uma no início e outra no final do experimento. Quanto às biometrias (contagem e pesagem), os peixes foram mantidos em jejum por 24 horas. Os parâmetros zootécnicos foram obtidos conforme fórmulas apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2- Equações para cálculo dos parâmetros zootécnicos**

Parâmetros	Fórmulas
Ganho em peso (GPT)	peso final - peso inicial
Ganho em peso diário (GPD)	peso final - peso inicial / tempo
Conversão alimentar (CA)	consumo de alimento / ganho em peso total
Sobrevivência (S)	n° inicial – n° final de peixes
Taxa de crescimento específica (TCE)	$TCE = 100[(\ln \text{ peso final médio} - \ln \text{ peso inicial médio})/\text{tempo}]$ .

No desempenho zootécnico, para avaliação do peso e comprimento total do peixe, foi definido o índice viscerossomático (VSI) e o hepatossomático (HSI). Para isso foram coletados aleatoriamente três peixes de cada parcela, no final do experimento o VSI foi calculado a partir do peso total das vísceras (vísceras + fígado) com a seguinte fórmula:  $VSI = [(\text{peso das vísceras} / \text{peso corporal}) \times 100]$ , enquanto para o HSI foi considerado o peso do fígado, com a seguinte fórmula  $HSI = [(\text{peso do fígado} / \text{peso corporal}) \times 100]$  (GOMES et al., 2019). Como também se verificou o fator de condição relativo por meio da equação  $Kn = W.W'^{-1}$ , onde Kn é o fator de condição relativo, W é o peso observado e W' é o peso médio estimado para o comprimento com base na relação peso-comprimento ( $W = aL^b$ ) (GOMIERO; BRAGA, 2005).

## 2.5 Comportamento alimentar

Para se descrever o comportamento alimentar dos peixes, foram utilizadas as metodologias adotadas por Overli et al. (2002) e Zhang et al. (2020). O comportamento alimentar foi caracterizado por: 1 - Tempo médio de reação ao momento do fornecimento da ração (segundos) - TRF, 2 - Tempo médio total de consumo e/ou saciedade total da ração fornecida - TCT (segundos). Esses comportamentos foram acompanhados durante 10 dias finais de cada experimento, por registro de vídeos durante a oferta de ração em cada tanque. Assim, adotando-se a metodologia adaptada de Nielsen et al. (2018), com o auxílio de câmeras, foi possível detalhar o comportamento da natação durante a oferta de alimento.

## 2.6 Análise estatística

As análises dos dados obtidos foram realizadas pelo software SAS 9.0 ("Statistical Analysis System"), com aplicação do procedimento geral de homogeneidade de variância (Bartlett) e normalidade (Shapiro-Wilks), após o teste de médias para amostra não-paramétrica (Kruskal Wallis de 5% de significância).

### 3.0 Resultados

Os experimentos com substrato de bambu e tela iniciaram nos meses de setembro e outubro, com média da temperatura da água era de 27,8 °C e 26,8 °C e o teor de oxigênio dissolvido de 5,5 mg/L e 5,4 mg/L, respectivamente. Esses estudos finalizaram nos meses de novembro e dezembro, a temperatura média de aproximadamente 28 °C e 27,5 °C e oxigênio dissolvido abaixo de 5 mg/L e 4,8 mg/L, respectivamente.

As informações de composição centesimal do perifiton presente nos substratos tela e bambu estão apresentadas na tabela 3. O perifiton presente no substrato tela apresentou menor valor somente para cinzas, enquanto o mesmo exibiu maior teor de gordura, proteína e umidade em relação ao presente no substrato de bambu.

**Tabela 3-Composição centesimal do perifiton (mg) presente nos substratos**

Variáveis	Substrato	
	Tela	Bambu
Umidade (%)	86,86	78,58
Proteína bruta (%)	10,41	7,36
Lipídeos (%)	6,67	1,75
Cinzas (%)	12,35	12,31

No experimento com substrato de bambu, o tratamento controle apresentou ganho de peso semelhante apenas ao tratamento T1(100) ( $p>0,05$ ). No experimento com substrato de tela, o tratamento Controle expôs diferença significativa de ganho de peso aos tratamentos T1 (50sub) e T2 (25sub) ( $p<0,05$ ), enquanto esses dois últimos apresentaram semelhança entre si ( $p>0,05$ ). Em ambos os experimentos, os tratamentos que receberam 100% da ração diária tiveram ganho de peso maior que aqueles alimentados com 50% e 25% da ração diária (Tabela 4).

O desempenho avaliado nesses estudos através do ganho de peso diário e taxa de crescimento específico para verificar a capacidade do *Pangasius hypophthalmus* de consumir alimentos naturais do substrato de bambu e tela. Peixes alimentados com 100% da ração diária nos taques sem substrato tiveram maior desempenho em relação essas duas variáveis anteriormente citadas, seguido pelos grupos alimentados com 50% e 25% da ração diária com substratos de bambu e tela (Tabela 4). Em ambos os experimento com substrato de bambu e tela, o ganho de peso diário observou-se diferença significativa do tratamento T1 (100) em relação ao T2 (50sub) e T3 (25sub) ( $p<0,05$ ). Enquanto, no experimento com substrato bambu e tela observou-se semelhança significativa para ganho de peso diário e taxa de crescimento específico entre T2 (50sub) e T3 (25sub) ( $p>0,05$ ).

Quanto a conversão alimentar no experimento com substrato de bambu observou-se semelhança significativa somente entre os tratamentos T1 (100) e T2 (50sub) ( $p>0,05$ ).

Enquanto no substrato tela verificou-se semelhança significativa apenas nos tratamentos T2 (50sub) e T3 (25sub). A maior taxa de conversão alimentar observada no experimento com substrato bambu foi no tratamento T3 (25sub) com 6,34, no experimento com substrato tela foi no tratamento T2 (50sub) com 3,99.

Para a variável fator de condição (Kn) não houve diferença significativa nos tratamentos com substrato de bambu e tela ( $P > 0,05$ ) e as médias variaram de 0,99 a 1,00 (Tabela 4).

**Tabela 4-Desempenho de crescimento de juvenis de *Pangasius hypophthalmus* em tanques com substratos de bambu e tela submetidos aos tratamentos: T1 (100) (100% da ração diária sem substrato), T2 (50sub) (50% da ração diária com substrato) e T3 (25sub) (25% da ração diária com substrato)**

SUBSTRATO	PARÂMETRO ZOOTÉCNICO	UNIDADE	T1 (100)	T2 (50sub)	T3 (25sub)
Bambu	Peso do peixe	g	46,50±14,42 <sup>ab</sup>	51,06±11,50 <sup>a</sup>	41,84± 7,70 <sup>b</sup>
	Ganho de peso	g	13,42 ± 3,39	9,28 ± 3,60	2,42± 2,06
	Sobrevivência	(%)	100	100	100
	Ganho de peso diário	g/ dia/tanque	0,18 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,13 ± 0,05 <sup>b</sup>	0,03 ± 0,03 <sup>b</sup>
	Taxa de crescimento específica	%/dia	17,89 ± 4,53 <sup>a</sup>	12,37 ± 4,79 <sup>b</sup>	3,22 ± 1,57 <sup>b</sup>
	Taxa de conversão alimentar		5,79 ± 1,32 <sup>a</sup>	5,74 ± 2,03 <sup>ab</sup>	6,38 ± 5,67 <sup>b</sup>
	Fator de condição		1,00± 0,04 <sup>a</sup>	0,99± 0,05 <sup>a</sup>	1,00± 0,07 <sup>a</sup>
	Ciclo produtivo	dias	75	75	75
Tela	Peso do peixe	g	52,90±10,54 <sup>a</sup>	43,68 ± 6,02 <sup>b</sup>	41,38 ± 5,58 <sup>b</sup>
	Ganho de peso	g	20,65 ± 5,15	11,32 ± 5,86	8,82 ± 0,95
	Sobrevivência	(%)	100	100	100
	Ganho de peso diário	g/ dia/tanque	0,30 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,16 ± 0,08 <sup>b</sup>	0,13 ± 0,01 <sup>b</sup>
	Taxa de crescimento específica	%/dia	29,5±7,36 <sup>a</sup>	16,5 ± 8,37 <sup>ab</sup>	12,60 ± 1,35 <sup>b</sup>
	Taxa de conversão alimentar		3,46±0,84 <sup>a</sup>	3,99±2,41 <sup>b</sup>	1,99±0,25 <sup>b</sup>
	Fator de condição		1,00±0,08 <sup>a</sup>	0,99±0,07 <sup>a</sup>	1,00±0,07 <sup>a</sup>
	Ciclo produtivo	dias	70	70	70

\* Valores médios seguidas da mesma letra minúscula nas linhas, não apresentaram diferença significativa pelo teste de Kruskal Wallis a 5% de probabilidade.

No índice viscerossomático - IVS (%) no substrato de bambu houve semelhança significativa entre os tratamentos T1 (100) com T2 (50sub) e o T1 (100) com T3 (25sub) ( $p > 0,05$ ). Com o substrato de tela, esse mesmo índice, apresentou diferença significativa dos tratamentos T2 (50sub) e T3 (25sub) em relação ao T1 (100) ( $p < 0,05$ ) (Tabela 5). Observou-se uma diminuição dessa variável de acordo com aumento da restrição alimentar apenas no substrato de tela.

Com relação ao índice hepatossomático - IHS (%) no substrato de bambu foi constatado semelhança significativa entre os tratamentos T1 (100) com T2 (50sub) e T2 (50sub) com T3 (25sub) ( $p > 0,05$ ). No substrato tela ocorreu semelhança significativa entre os tratamentos T2 (50sub) com T3 (25sub) ( $p > 0,05$ ) (Tabela 5). Verificou-se maiores valores médios desse índice no tratamento T2 (50sub), tanto no experimento com substrato tela como de bambu.

**Tabela 5- Valores médios da variável Índice hepatossomático - IHS (%) e viscerossomático - IVS (%) do panga (*Pangasius hypophthalmus*) submetida aos tratamentos T1 (100) (100% da ração diária sem substrato), T2 (50sub) (50% da ração diária com substrato) e T3 (25sub) (25% da ração diária com substrato)**

SUBSTRATO	VARIÁVEIS	T1 (100)	T2 (50sub)	T3 (25sub)
Bambu	IVS	2,15±0,98 <sup>ab</sup>	2,21±1,45 <sup>a</sup>	1,49±0,76 <sup>b</sup>
	IHS	0,39±0,19 <sup>a</sup>	0,49±0,30 <sup>ab</sup>	0,42±0,31 <sup>b</sup>
Tela	IVS	2,32±0,43 <sup>a</sup>	1,50 ±0,53 <sup>b</sup>	1,39 ±0,18 <sup>b</sup>
	IHS	0,43 ±0,03 <sup>a</sup>	0,49 ±0,19 <sup>b</sup>	0,35 ±0,06 <sup>b</sup>

\* Valores médios seguidas da mesma letra minúscula nas linhas, não apresentaram diferença significativa pelo teste de Kruskal Wallis a 5% de probabilidade.

Enquanto a variável tempo de reação ao fornecimento da ração fornecida (TRF) com substrato de bambu verificou-se semelhança significativa entre todos os tratamentos ( $p>0,05$ ). Nesse substrato o tratamento que apresentou o melhor resultado foi o T3 (25sub) com 34,60 segundoS. Para a essa mesma variável no substrato de tela verificou-se semelhança significativa de T2 (50sub) com o T1(100) e com T3 (25sub) ( $p>0,05$ ). Desdobrando essa semelhança significativa, o tratamento que apresentou o melhor resultado foi o T1 (100) com 30,00 segundoS (Tabela 6).

Para a variável tempo de consumo total da ração fornecida (TCT) com substrato de bambu verificou-se semelhança significativa do T3(25sub) com o T1 (100) e com o T2 (50sub) ( $p>0,05$ ). Desdobrando essa semelhança significativa, o tratamento que apresentou o melhor resultado foi o T2 (50sub), com 91,80 segundo. Para a essa mesma variável com substrato de tela verificou-se semelhança significativa apenas entre os tratamentos T1 (100) e T2 (50sub) ( $p>0,05$ ). Desdobrando essa semelhança significativa, o tratamento que apresentou o melhor resultado foi o T3 (25sub) com 69,40 segundo (Tabela 6).

**Tabela 6-Valores médios da variável do tempo de consumo total da ração fornecida TCT e tempo de reação ao fornecimento da ração – TRF, do panga (*Pangasius hypophthalmus*) submetida aos tratamentos T1 (100) (100% da ração diária sem substrato), T2 (50sub) (50% da ração diária com substrato) e T3 (25sub) (25% da ração diária com substrato)**

SUBSTRATO	VARIÁVEIS DE COMPORTAMENTO	UNIDADE	T1 (100)	T2 (50sub)	T3 (25sub)
Bambu	TRF	s	49,60 ±32,78 <sup>a</sup>	55,60±34,86 <sup>a</sup>	34,60 ±36,94 <sup>a</sup>
	TCT	s	210,40 ±139,01 <sup>a</sup>	91,80±32,05 <sup>b</sup>	95,20 ±66,2 <sup>ab</sup>
Tela	TRF	s	30,00±34,86 <sup>a</sup>	42,80 ±21,98 <sup>ab</sup>	52,80 ±5,08 <sup>b</sup>
	TCT	s	183,60 ±32,05 <sup>a</sup>	162,80±30,89 <sup>a</sup>	69,40 ±20,98 <sup>c</sup>

\* Valores médios seguidas da mesma letra minúscula nas linhas, não apresentaram diferença significativa pelo teste de Kruskal Wallis a 5% de probabilidade.

#### 4.0 Discussão

As variáveis de qualidade de água nos tanques não apresentaram grande variação no período de 75 e 70 dias dos ensaios do experimento com substrato de bambu e tela, respectivamente, isso ocorreu por ser um sistema de recirculação da água, o que colabora para a manutenção da qualidade da água durante os experimentos realizados. Em sistemas de piscicultura é essencial a permanência da qualidade da água para garantir uma produtividade

eficiente, caso ocorra queda do oxigênio dissolvido e deposição dos compostos nitrogenados podem afetar os resultados finais do ciclo produtivo (SANTOS et al., 2021).

Os sistemas de aquicultura que adotam a adição de substrato com perifiton alcançam maior produção que os tradicionais (VAN DAM et al., 2002). Substrato de elementos naturais (galhos de árvores e bambu) tem um aumento maior da produtividade do que com elementos artificiais (plástico e PVC) (VAN DAM et al., 2002). Nessa pesquisa, a composição centesimal do perifiton encontrada no substrato de tela (artificial) e bambu (natural) são diferentes entre si e menores que aos relatados por outros estudos referentes a esse alimento, sendo os valores de umidade 86,86% e 78,58%, proteína 10,41% e 7,36%, lipídios 6,67% e 1,75% e cinzas 12,35% e 12,31%, respectivamente. Tammam, et al. (2020) verificaram uma média de 15,22%, 11,98%, 3,24%, 25,75%, 4,54%, 1,59%, matéria seca, cinza, matéria seca sem cinzas, proteína, lipídios e fibras, respectivamente, em diferentes densidades de estocagem de peixes e áreas de superfície de substrato de perifiton (70 peixes.m<sup>-3</sup> + 2PS; 90 peixes.m<sup>-3</sup> + 3PS). Os valores médios do peso seco observados do perifiton foi de 1,81±0,78 mg/cm<sup>2</sup>, 1,65±0,70 mg/cm<sup>2</sup>, 1,29±0,56 mg/cm<sup>2</sup>, 1,32±0,57 mg/cm<sup>2</sup>, e 0,78±0,45 mg/cm<sup>2</sup> para substratos de varas de bambu divididas, tela de sombra verde, folhas de polietileno de alta densidade, folhas de polietileno de baixa densidade e tubos de cloreto de polivinila, respectivamente, em águas subterrâneas com baixa salinidade (5 ppt) (AMIRTHARAJ, et al., 2022).

Nesse presente estudo apresentou que a composição proximal do perifiton tem baixo teor de proteína em relação a outras pesquisas, que pode estar relacionado com os componentes utilizados na preparação do viveiro, como também, a fatores ligado ao ambiente de cultivo como região, solo, água e temperatura. Enquanto, Kunjwal et al. (2020) verificaram um teor de proteína do periphiton de 61,2%, em relação a 25,8% encontrada na ração habitual. Na proporção que nesse mesmo trabalho, esse alimento natural apresentou menor teor de gordura de 4,8%, do que 6,2% no caso da dieta habitual. Observou-se uma variação do teor de proteína entre 16% e 26% no sistema de cultivo do camarão de perna branca (*Litopenaeus vannamei*) com a adição de amido de milho em comparação com a adição de melão (TINH, et al. 2021).

Nessa pesquisa, realizado com juvenis de *Pangasius hypophthalmus*, uma fase de desenvolvimento dos peixes que apresenta alta taxa de crescimento, a privação alimentar diária de 50% e 25% obteve resultados negativos, refletindo na redução da capacidade de crescimento e ganho de peso dos peixes, assim como observado em tilápia híbrida (WANG et al., 2000). Para Metcalfe e Monaghan (2001), os organismos aquáticos perdem a capacidade de crescimento devido a aplicação da restrição de alimento na fase inicial de vida pois diminui a oferta nutricional.

Assim como, essa pesquisa apontou que o sistema de produção com melhores resultados em relação a oferta de 100% da ração diária foi a sob restrição alimentar de 50% com substrato de bambu. Como também, a redução da oferta de ração diária pode ser utilizada para diminuir o excesso de nutrientes do tanque. Um estudo com a aplicação de oferta de ração de cinco dias seguidos de dois dias de restrição de alimento (5A/2R) expôs peso final de 7,8 e 9,2g, ganho de peso de 6,4 e 7,8g e taxa de crescimento específico de 2,7 e 3,0 %.<sup>dia</sup><sup>-1</sup>, equivalentes ao tratamento controle, aceitando uma redução de 22,5% da ração,

e não influenciou a qualidade de água, o fator de condição e a conversão alimentar de juvenis de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* da linhagem GIFT (PALMA et al., 2010).

Quanto a taxa de crescimento específico os maiores valores foram observados nos tratamentos sem perifiton, tanto no experimento com substrato de bambu e tela. Em um experimento efetuado no Bangladesh as taxas de crescimento específicas relatadas de rohu e catla foram superiores nos tratamentos com substrato de perifiton e do que as dietas tradicionais da piscicultura, assim como, com valores de 1.226 kg.ha<sup>-1</sup>, 1.960 kg.ha<sup>-1</sup>, 2.098 kg.ha<sup>-1</sup>, 2.048 kg.ha<sup>-1</sup> e 2.032 kg.ha<sup>-1</sup>, destacando os ganhos ecológicos e econômico dos sistemas baseados em substrato de perifiton (AZIM et al., 2002). Uma pesquisa realizada com aplicação da tecnologia de perifiton no sistema de cultivo de tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) apresentaram taxa de crescimento específico (2,75 ± 0,01) significativamente maior do que os tratamentos controle (2,29 ± 0,00) (MUTHOKA et al., 2021).

Nesse presente estudo, a taxa de conversão alimentar dos peixes que receberam 50% da dose diária a ração foi superior à dos peixes que se alimentavam 100% da ração diária, devido as consequências negativas da restrição alimentar com menor ganho de peso. Os mesmos efeitos foram observados em um estudo com diferentes manejos alimentares de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) (SIGNOR et al, 2020). Enquanto, Savonitto et al. (2021) evidenciaram em sua pesquisa uma diminuição da taxa de conversão alimentar de 0,15 em relação a dieta controle, sem afetar o crescimento dos peixes, com adoção da troca de 50% da farinha de peixe por resíduos de perifiton.

Em relação o fator de condição, em ambos os experimentos com substrato de bambu e tela às médias apresentaram-se com valores próximos de 1,00, o mesmo pode-se observar com o estudo de tilápia de Brum et al. (2019). O fator de condição propicia aferir e comparar o teor de gordura, a condição dos pescados e o bem-estar (Vazzoler, 1996). Acessibilidade alimentar, ambiente externo e a presença de patógenos afetam os resultados deste indicador (Gouveia et al., 2020). SCHRODER ROSA et al. (2022) no seu trabalho com alevinos de tilápia-do-nilo submetidos a alimentação com diferentes substratos de perifiton demonstraram maiores valores de fator de condição. Diante desses resultados, essa presente pesquisa indicou a viabilidade do manejo com e sem para o desenvolvimento zootécnico adequado para os juvenis da espécie *Pangasius hypophthalmus*.

Um índice usado para identificar o estado nutricional do pescado é o hepatossomático (HSI), sobretudo, em relação aos órgãos (NARRA et al., 2015). Quando se observa valores acima da média do índice hepatossomático significam hipertrofia hepática por causa do aumento do esforço para o funcionamento (BAGHEL et al., 2022). Um estudo realizado com matrizes fêmeas de Tortamboide trocando óleo de peixe (FO) por óleo de milho (CO) na relação de 1:0, 1:1 e 0:1, não apresentou diferenças significativas no índice hepatossomático ( $p > 0,05$ ) (ABDUH et al., 2021). Uma pesquisa com a espécies Clariidae, no sudoeste da Nigéria, o índice viscerossomático indicou que havia maior rendimento de carcaça do que vísceras, concluindo aceitável o valor nutricional e adequada a conversão alimentar (IGEJONGBO et al., 2022). O estudo realizado com *Clarias gariepinus* com 100% de inclusão de Lemna minor apresentou um resultado eficiente, com aumento do peso do VSI e HSI, de 22,77g e 2,90g, respectivamente (BABALOLA et al., 2022). Assim, no presente trabalho observou-se aumento do índice hepatossomático com redução de 50% da ração diária com

adição de substratos de perifiton, pode-se inferir que ocorreu o crescimento da reserva de energia no fígado.

Uma medida adotada na aquicultura para atender as necessidades comportamentais é enriquecimento ambiental (EE) pois promove atividades sensoriais e motoras que atendem as exigências fisiológicas, morfológicas e psicológicas, amortizando o stress e a constância de comportamentos incomuns. O manejo diário desse processo produtivo é estressante para os animais, a adoção de EE promove o bem-estar geral (ARECHAVALA-LOPEZ et al., 2022). Um estudo realizado de proteção total, destacaram pontos positivos expressivos no bem-estar e no equilíbrio dos ecossistemas principalmente com espécies de alto valor comercial e locomobilidade reduzida, como a garoupa (BAN et al., 2017).

Nesse presente estudo observou-se que as variáveis com menores tempo em relação comportamento tempo de consumo total da ração (TCT) e tempo de reação ao fornecimento da ração (TRF) foi com substratos tela. Através das imagens capturadas durante a pesquisa pode se verificar que os tratamentos com substratos os peixes executavam um deslocamento para a superfície, e nesta permaneciam se alimentando até a saciedade, enquanto os sem substrato realizavam movimentos verticais constante do fundo para a superfície, afim de capturar a ração, e voltavam algumas vezes sem êxito, o que demandava maior tempo de consumo total da ração (TCT). Esses resultados demonstram que a presença de substrato no ambiente de criação do panga alterou o comportamento alimentar desse pescado, assim como pode ter promovido bem-estar animal.

Embora não tenha sido objetivo deste trabalho avaliar a redução dos custos de produção, um produtor optando pela estratégia de restrição alimentar de 50% poderá ter uma redução na quantidade de ração ofertada, que representa cerca de 70% dos gastos de um ciclo produtivo (GARCIA et al., 2017). Os criadores de tilápia do Nilo em tanque-rede, no Estado de São Paulo, Brasil, ratificaram uma produtividade eficiente, devido a menores gastos com ração (Sabbag e Costa, 2015). Outro estudo com redução de 50% da ração baseada na adição de perifiton não expôs diferença significativa entre os tratamentos, assim como não afetou o ganho nutricional dos peixes, assim como abateu os gastos com ração (HLONGWANE et al., 2024).

## 5.0 Conclusão

Conclui-se que a aplicação da restrição alimentar de 50% com adição de substrato tanto de bambu na alimentação de juvenis de *Pangasius hypophthalmus* proporciona resultados zootécnicos não distante do manejo alimentar tradicional. Portanto, a redução de 50% da ração comercial com adição de substrato de bambu com perifiton permite otimizar a produção com redução de custos e inserção de insumos, como também, promove o bem-estar animal através do enriquecimento ambiental.

## 6.0 Referências

ABDUH, Muhammad Yazed et al. Effects of dietary fish oil and corn oil on gonadosomatic and hepatosomatic index, gonadal histology, 17 $\beta$ -oestradiol level and fatty acids profile of

mahseer (*Tor tambroides*) broodstock in captivity. *Aquaculture Nutrition*, v. 27, n. 5, p. 1448-1459, 2021.

AFEWERKI, Sansão et al. Inovação na indústria da aquicultura norueguesa. *Resenhas em Aquicultura*, v. 15, n. 2, pág. 759-771, 2023.

AMIRTHARAJ, K. S. et al. Effects of different substrates on the growth and composition of periphyton in the low saline groundwater system. *ScienceAsia*, v. 48, n. 1, 2022.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis*. Assoc. of Off. Anal. Chem. Inc., Arlington, USA, p. 684, 2016.

APHA- American Public Health Association. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington DC: Edição 21, 2005.

ARECHAVALA-LOPEZ, Pablo et al. Environmental enrichment in fish aquaculture: A review of fundamental and practical aspects. *Reviews in Aquaculture*, v. 14, n. 2, p. 704-728, 2022.

AZIM, M. E. et al. A comparison of fertilization, feeding and three periphyton substrates for increasing fish production in freshwater pond aquaculture in Bangladesh. *Aquaculture*, v. 212, n. 1-4, p. 227-243, 2002.

BABALOLA, O. A.; SUNNUVU, T. F.; FAKUNMOJU, F. A. Viscerosomatic and hepatosomatic indices of *Clarias gariepinus* juvenile fed with *Lemna minor* leaf meal. *Int J Sci Environ Technol*, v. 11, p. 94-104, 2022.

BAGHEL, Meeru; REDDY, P. B. Alterations in Hepatosomatic Index (HSI) and Condition Factor (CF) in *Labeo rohita* from Anthropogenically Polluted River. *Liver*, v. 100, p. 17, 2022.

BAN, Natalie C. et al. Eficácia social e ecológica de grandes áreas marinhas protegidas. *Mudança Ambiental Global*, v. 82-91, 2017.

BESSON, Mathieu et al. Environmental impacts of genetic improvement of growth rate and feed conversion ratio in fish farming under rearing density and nitrogen output limitations. *Journal of Cleaner production*, v. 116, p. 100-109, 2016.

BROLL, J. A nova aposta da aquicultura brasileira: Muito prazer, Panga BR (10ª edição).

BRUM, A. et al. Condition factor and hematology of Nile tilapia from polyculture with shrimp in brackish water. *Archivos de zootecnia*, v. 68, n. 262, 2019.

CYRINO, J.E.P., BICUDO, A.D.A., SADO, R.Y., BORGHESI, R., DAIRIKI, J.K. A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, p. 68-87, 2010.

DA SILVA, R. F., KITAGAWA, A. e SÁNCHEZ VÁZQUEZ, F. J. Auto-seleção dietética em peixes: uma nova abordagem para estudar a nutrição e o comportamento alimentar dos peixes. *Rev Fish Biol Fisheries* 26, 39–51, 2016.

DAVID, L. H. C.; PINHO, S. M.; GARCIA, F. Improving the sustainability of tilapia cage farming in Brazil: An emergy approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 201, p. 1012-1018, 2018.

FAO, Food and Agriculture Organization Publications. *The State of World Fisheries and Aquaculture*, Rome, p. 244, 2020.

FURUYA, W. M. et al. Tabela de brasileira para a nutrição de tilapia, p. 100, 2010.

GARCIA, F., ROMERA, D.M., GOZI, K.S., ONAKA, E.M., FONSECA, F.S., SCHALCH, S.H.C., CANDEIRA, P.G., GUERRA, L.O.M., CARMO, F.J., CARNEIRO, D.J., INEZ, M., MARTINS, E.G., CÉLIA, M., 2013. Stocking density of Nile tilapia in cages placed in a hydroelectric reservoir. *Aquaculture* 410–411, 51–56.

GOMES, V. D. S. et al. Suplementação enzimática sobre o desempenho e taxa de excreção de amônia em tilápias do Nilo. *Arquivo de Ciência Veterinária e Zootecnia*. v. 22, n. 1, p. 13-20, 2019.

GOUVEIA, E.J.; CAVALCANTI, L.D.; RUSSO, M.R., 2020. Echinorhynchus gomesi Machado Filho, 1948 infecting the Patinga hybrid (♀ Piaractus mesopotamicus x ♂ Piaractus brachypomus) in fish farms in Mato Grosso do Sul, Brazil. *Aquaculture Research*, v. 51, (12), 5118-5124.

HENKEN AM, L. H.; TIJSEN P.; MACHIELS M. A comparison between methods used to determine the energy content of feed, fish and faeces samples. *Aquaculture*, v. 58, p. 195-201, 1986.

HLONGWANE, K. C.; MOYO, Ngonidzashe AG; RAPATSA-MALATJI, M. M. Consumption of periphyton and bioeston by Mozambique tilapia in aqua dams with three different substrates. *Aquaculture Environment Interactions*, v. 16, p. 91-102, 2024.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 1ª ed. digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IGEJONGBO, T. F.; ESTHER, O. Gut Content and Viscerosomatic Index Analysis of Family Clariidae in the Riverine Area of South Western Nigeria. *East African Scholars Journal of Agriculture and Life Sciences*, v. 5, p. 53-59, 2022.

KONG, W. et al. Fish feed quality is a key factor in impacting aquaculture water environment: evidence from incubator experiments. *Scientific reports*, v. 10, n. 1, p. 187, 2020.

KUBITZA, F. Tanques rede em açudes particulares: oportunidade e atenções especiais. *Revista Panorama da Aquicultura*, v. 2, p. 14-21, 2007.

KUNJWAL, S. S. et al. STUDIES ON THE FEEDING OF SNOW TROUT, SCHIZOTHORAX RICHARDSONII (GRAY) BASED ON NATURAL AND ARTIFICIAL DIET. *J. Mountain Res.* P-ISSN: 0974-3030, E-ISSN: 2582-5011 Vol. 15, (2020), 151-157.

LALL, S. P.; KAUSHIK, S. J. Nutrition and metabolism of minerals in fish. *Animals*, v. 11, n. 09, p. 2711, 2021.

LI, D. et al. Automatic recognition methods of fish feeding behavior in aquaculture: A review. *Aquaculture*, v. 528, p. 735508, 2020.

LIMA, J. D. F.; TAVARES-DIAS, M.; YOSHIOKA, E.; dos SANTOS, E. F.; DUARTE, S.; BASTOS, A.; MONTAGNER, D. Sistema fechado simples de recirculação para recria de peixes ou camarões de água-doce. *Embrapa Amapá-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*, 2015.

METCALFE, N. B.; MONAGHAN, P. Compensation for a bad start: grow now, pay later?. *Trends in ecology & evolution*, v. 16, n. 5, p. 254-260, 2001.

MUTHOKA, M. et al. A tecnologia Periphyton melhora o desempenho do crescimento e retarda a reprodução prolífica de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). *Ciência Pesqueira Asiática*, v. 2, pág. 290-300, 2021.

NARRA, M.R., RAJENDER, K., REDDY, R.R., RAO, J.V. AND BEGUM, G. The role of vitamin C as antioxidant in protection of biochemical and hematological stress induced by chlorpyrifos in freshwater fish *Clarias batrachus*. *Chemosphere*, 132, (2015): pp.172-178.

NÄSLUND, J.; JOHNSON, J. I. Environmental enrichment for fish in captive environments: effects of physical structures and substrates. **Fish and Fisheries**, v. 17, n. 1, p. 1-30, 2016.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of warmwater, fishes and shellfishes: nutrient requirements of domestic animals Washington, D.C.: 1993. 114p.

NAYLOR, R.; FANG, S.; FANZO, J. Uma visão global da política da aquicultura. *Política Alimentar*, v. 116, pág. 102422, 2023.

NIELSEN, S. V.; FRAUSING, M.; HENRIKSEN, P. G.; BEEDHOLM, K.; BAATRUP, E. The psychoactive drug escitalopram affects foraging behavior in zebrafish (*Danio rerio*) (*Danio rerio*). *Ecotoxicology*, v. 27, p. 485 – 497, 2018.

OKTAVIA, A. N., HASTUTI, S., HARWANTO, Dicky. The role of filter with different media compositions on water quality and survival of *Pangasius* (*Pangasius* sp.) in recirculation aquaculture system. **Omni-Akuatika**, v. 17, n. 1, p. 8-18, 2021.

OVERLI, Ø., KOTZIAN, S., E WINBERG, S. Effects of cortisol on aggression and locomotor activity in rainbow trout. *Hormones and Behavior*, 42, 53–61, 2002.

PALMA, E. H. da et al. Estratégia alimentar com ciclos de restrição e realimentação no desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo da linhagem GIFT. *Ciência Rural*, v. 40, p. 391-396, 2010.

RAINBOTH, W. J. *Fishes of the cambodian mekong*. Food & Agriculture Org., 1996.

RUBY, P.; AHILAN, B.; PRABU, E. Periphyton based aquaculture: a review. *Journal of Aquaculture in the Tropics*, v. 33, n. 1, p. 35-48, 2018.

SABBAG, O. J.; COSTA, Silvia, M. A. L. Eficiência técnica da produção de tilápias em Ilha Solteira, SP: uma análise não paramétrica. *Boletim de Indústria Animal*, v. 72, n. 2, p. 155-162, 2015.

SANTOS, D. K. M. et al. Farming tambaqui (*Colossoma macropomum*) in static clear water versus a biofloc system with or without *Bacillus subtilis* supplementation. *Aquaculture International*, v. 29, n. 1, p. 207–218, 2021.

SAVONITTO, G. et al. Fishmeal replacement by periphyton reduces the fish in fish out ratio and alimentation cost in gilthead sea bream *Sparus aurata*. *Scientific Reports*, v. 11, n. 1, p. 20990, 2021.

SCHRODER ROSA, Y. P. et al. Contributions of the periphyton to the growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings on different fixation substrates: an ecological approach. 2022.

SIGNOR, A. A. et al. Manejo alimentar de juvenis de jundia (*Rhamdia quelen*) cultivado em tanques-rede: tipos de rações, taxas de arraçoamento e estratégia alimentar. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 7, p. 48531-48546, 2020.

TAMMAM, M. S. et al. Combined effects of surface area of periphyton substrates and stocking density on growth performance, health status, and immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) produced in cages. *Journal of Applied Phycology*, v. 32, p. 3419-3428, 2020.

THONG, N. T. et al. Price transmission in the pangasius value chain from Vietnam to Germany. **Aquaculture Reports**, v. 16, p. 100266, 2020.

TINH, T. H. et al. Efeitos de fontes de carboidratos em um sistema de viveiro de bioflocos para camarão de perna branca (*Litopenaeus vannamei*). *Aquicultura*, v. 531, pág. 735795, 2021.

TORSABO, D. et al. Optimizing reproductive performance in pangasius catfish broodstock: A review of dietary and molecular strategies. **Veterinary and Animal Science**, p. 100375, 2024

TROMBETA, T. D. et al. Caracterização produtiva e análise do ambiente institucional da piscicultura em Monte Alegre–Pará. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 2, p. 5473-5497, 2020.

VAN DAM, A. A. et al. The potential of fish production based on periphyton. *Reviews in fish biology and fisheries*, v. 12, p. 1-31, 2002.

VAZZOLER, A. E. A. M. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Eduem, Maringá, 169 pp, 1996.

VOLKOFF, H.; RØNNESTAD, I. Effects of temperature on feeding and digestive processes in fish. *Temperature*, v. 7, n. 4, p. 307-320, 2020.

WANG, R; WONG, M.; WANG, W. Mercury exposure in the freshwater tilapia *Oreochromis niloticus*. *Environmental Pollution*, v. 158, n. 8, p. 2694-2701, 2010.

ZHANG, Z. et al. Effects of environmental enrichment on the welfare of juvenile black rockfish *Sebastes schlegelii*: Growth, behavior and physiology. *Aquaculture*, v. 518, p. 734782, 2020.

## **5. CAPÍTULO II:**

Normas da **Revista Holos** ISSN: 1807-1600 (online) Qualis A1 (ZOOTECNIA / RECURSOS PESQUEIROS)

### **ANÁLISE SENSORIAL DE FILÉS DE *Pangasius hypophthalmus* SOB RESTRIÇÃO ALIMENTAR COM OFERTA DE PERIFÍTON FIXADOS EM BAMBU**

# ANÁLISE SENSORIAL DE FILÉS DE *Pangasius hypophthalmus* SOB RESTRIÇÃO ALIMENTAR COM OFERTA DE PERIFÍTON FIXADOS EM BAMBU

Gabriela Caroline Coelho Silva; Severino Cavalcante de Sousa Junior; Stella Regina Arcanjo Medeiros; Luciano Sousa de Brito

## RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo caracterizar os aspectos sensoriais e centesimal do filé de *P. hypophthalmus* sob restrição alimentar com inclusão de perifíton no cultivo. O delineamento experimental foi utilizado um total de 2 unidades experimentais. Os tratamentos foram: 1 - Amostra padrão de filé de *P. hypophthalmus*, encontrada à venda em supermercados; 2 – Amostra de filé de *P. hypophthalmus* submetido a restrição de 50% da ração diária recomendada, com oferta de perifíton fixados nos substratos de bambu. A análise sensorial foi realizada por 103 avaliadores não treinados de ambos os sexos de 18 a 64 anos, sendo estudantes e servidores do IFPI, para determinar as diferenças quanto aos atributos: aparência, cor, aroma, textura, sabor e qualidade geral, além da intenção de compra. Os filés preparados de *P. hypophthalmus* com inclusão de perifíton no cultivo receberam escores sensoriais de para visão geral menores ( $5,15 \pm 0,1$ ) do que os filés de *P. hypophthalmus* dos supermercados ( $6,34 \pm 0,1$ ).

**Palavras Chaves:** Perifíton; Piscicultura; *Pangasius hypophthalmus*; Análise sensorial.

## 1. Introdução

O consumo de pescado é indicado pelo valor nutricional elevado, essencial para atender as necessidades humana quanto ao crescimento e desenvolvimento (Maulu et al., 2021). A piscicultura é uma das atividades de produção de alimentos do setor da agroindústria que mais cresce em escala mundial (Naylor et al. 2023). A produção total de pescado no mundo desse setor, em 2022, foi de 61,6 milhões de toneladas, cerca de 65,2% da aquicultura mundial (FAO, 2022).

Na piscicultura destaca-se o cultivo de *Pangasius hypophthalmus*, um pescado comercializado em todo o mundo, devido à qualidade do filé (Hai et al. 2023). Os resultados zootécnicos eficientes (1,2 kg em 7 meses e conversão alimentar de 1,6:1) e a falta desse produto para o mercado consumidor atraíram investimentos dos produtores rurais desse setor (Broll, 2018).

A escolha do método de cultivo, principalmente, a dieta a ser ofertada, podem alterar os valores nutricionais e os aspectos sensoriais do produto final (Delgado, 2020). Um alimento alternativo natural e com elevado valor nutricional utilizado na piscicultura que substitui a ração total ou parcialmente é o perifíton (Ruby, 2018; David et al., 2018). Essa dieta resulta no crescimento da produtividade, baixo o custo dos insumos e o aproveitamento dos recursos naturais (Ruby, 2018; David et al., 2018). Das et al., (2021) observaram que é primordial a aplicação de manejo sustentável nessa atividade para atender a demanda crescente do consumidor final, pois oferece maior segurança alimentar para as gerações futuras.

A realização de análise sensorial de filés de pescados proveniente da piscicultura é tema recorrente de vários estudos do setor de piscicultura (Rucinke et al., 2021). Observa-se, a falta da análise sensorial do filé de pescado proveniente do cultivo de *P. hypophthalmus* com o uso de perifíton sob condição tropical. Esta pesquisa teve como objetivo caracterizar

os aspectos sensoriais e centesimal do filé de *P. hypophthalmus* com inclusão de perifíton no cultivo.

## 2. Metodologia

### 2.1. Descrições do estudo

Oitenta *Pangasius hypophthalmus* forão doados pelo Biotério de Piscicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, em Teresina-PI, latitude 5° 04' 14" S, longitude 42° 78' 34" W, Brasil. Esses peixes foram resultado do projeto de Análise emergética da inclusão do perifíton no cultivo de juvenis de *Pangasius hypophthalmus* sob condição tropical, descrito com restrição de 50% da ração diária recomendada, com adição de substratos de bambu para perifíton (CRCPB-50).

Essas amostras foram mantidas congeladas a -18 °C até o momento das análises. Antes de cada análise, as amostras congeladas foram descongeladas em refrigerador a 5 °C, por 24 horas. Para manusear as amostras, todos os utensílios utilizados foram higienizados, incluindo as mãos dos manipuladores, assim como serão utilizados luvas e avental, evitando-se o contato direto das mãos com os alimentos (FOGAÇA, 2009).

O delineamento experimental foi de 2 unidades experimentais. Os tratamentos foram: 1 - Amostra padrão de filé de *P. hypophthalmus*, encontrada à venda em supermercados; 2 – Amostra de filé de *P. hypophthalmus* submetido a restrição de 50% da ração diária recomendada, com oferta de perifíton fixados nos substratos de bambu. O modelo estatístico utilizado para análise das variáveis estudadas foi:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Onde:

$Y_{ij}$  = valor observado para a variável em estudo referente ao tratamento  $i$  e a repetição  $j$ ;

$\mu$  = efeito geral da média inerente a cada unidade experimental;

$T_i$  = efeito do tratamento  $i$ ;

$e_{ij}$  = erro aleatório na unidade experimental  $i, j$ .

### 2.2 Análise centesimal e sensorial do filé do *P. hypophthalmus*

Para a análise centesimal foram verificados o teor de umidade, cinzas e proteína bruta pela metodologia de micro-Kjeldahl (N x 6,25), de acordo com os procedimentos indicados pela AOAC (1995).

O teste análise sensorial foi aplicado para analisar a aceitação do filé de *P. hypophthalmus* cultivado com a inclusão do perifíton (perifíton), este produto foi submetido a teste de aceitação sensorial e intenção de compras juntamente com a amostra padrão de filé de *P. hypophthalmus*, encontrada à venda em supermercados, de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

Para o teste de aceitação, os exemplares foram dispostos em cabines individuais, em cenário ideal de iluminação, dentro de copos plásticos de 50 ml, com codificação numérica de

três dígitos aleatórios no laboratório do IFPI. Foi oferecida água mineral sem gás para higiene do paladar entre as análises das amostras. Os filés foram cozidos em forno de micro-ondas (porções de 10 g por 1 min) e avaliados por avaliadores não treinados (Rucinke et al., 2021). A aceitação dos avaliadores foi realizada utilizando-se uma escala hedônica estruturada de 9 pontos, sendo 1 (desgostei muitíssimo) a 9 (gostei muitíssimo). Avaliando os atributos: aroma; cor; sabor; textura e aparência, como também intenção de compras. No teste de intenção de compras, os julgadores informarão designando de 1 (certamente compraria) a 5 (certamente não compraria) (Dutcosky, 1996). Os julgadores responderam a ficha de recrutamento de provadores e perfil do consumidor necessárias para caracterizar o consumidor e conhecer o seu consumo dos alimentos em estudo, e a ficha de avaliação sensorial contendo questionário com perguntas, presentes no APÊNDICE A.

Para isso, foram selecionados 103 julgadores, universitários e servidores do Instituto Federal do Piauí campus Teresina (IFPI) prédio central, não treinados, dos dois sexos, com idade a partir dos 18 anos (Dutcosky, 1996). A atividade foi iniciada com a assinatura termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) aos degustadores, para que confirmem a participação do estudo.

Para obtenção de resultado do Índice de Aceitabilidade (IA) do filé de *P. hypophthalmus*, será adotada a equação:  $IA (\%) = A \times 100 / B$ , em que A atribui uma nota média referente ao produto e B à nota máxima conferida, sendo que o IA com boa repercussão tem sido considerado  $\geq 70\%$  (DUTCOSKY, 1996).

A análise sensorial dessa pesquisa foi aprovada pelo Comitê HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ - HUUFPI, sob número de protocolo 6.154.050.

### 2.3 Análise estatística

As análises dos dados obtidos foram realizadas pelo software SAS 9.0 ("Statistical Analysis System"), com aplicação do procedimento geral de modelos lineares (PROC GLM), análise de variância (ANOVA), testes de médias (Tukey 5%).

## 3. Resultados da análise centesimal e sensorial

As informações de composição centesimal dos filés estão apresentadas na tabela 1. Os filés de panga padrão apresentaram menores valores de proteína bruta e cinzas, enquanto o mesmo exibiu maior teor de gordura e umidade em relação ao filé de panga com o uso do perifiton.

**Tabela 1-Composição centesimal de filés de diferentes espécies de peixes**

Variáveis	<i>P. hypophthalmus</i> padrão	<i>P. hypophthalmus</i> com perifiton
Umidade (%)	92,45	90,55
Proteína bruta (%)	19,15	22,41
Lipídeos (%)	22,76	4,49
Cinzas na matéria seca (%)	53,09	67,67

Todos os parâmetros avaliados do filé de *P. hypophthalmus* cultivado com a inclusão do perifiton (perifiton) e a amostra padrão de filé de *P. hypophthalmus*, encontrada à venda em supermercados estão demonstrados na Figura 1.

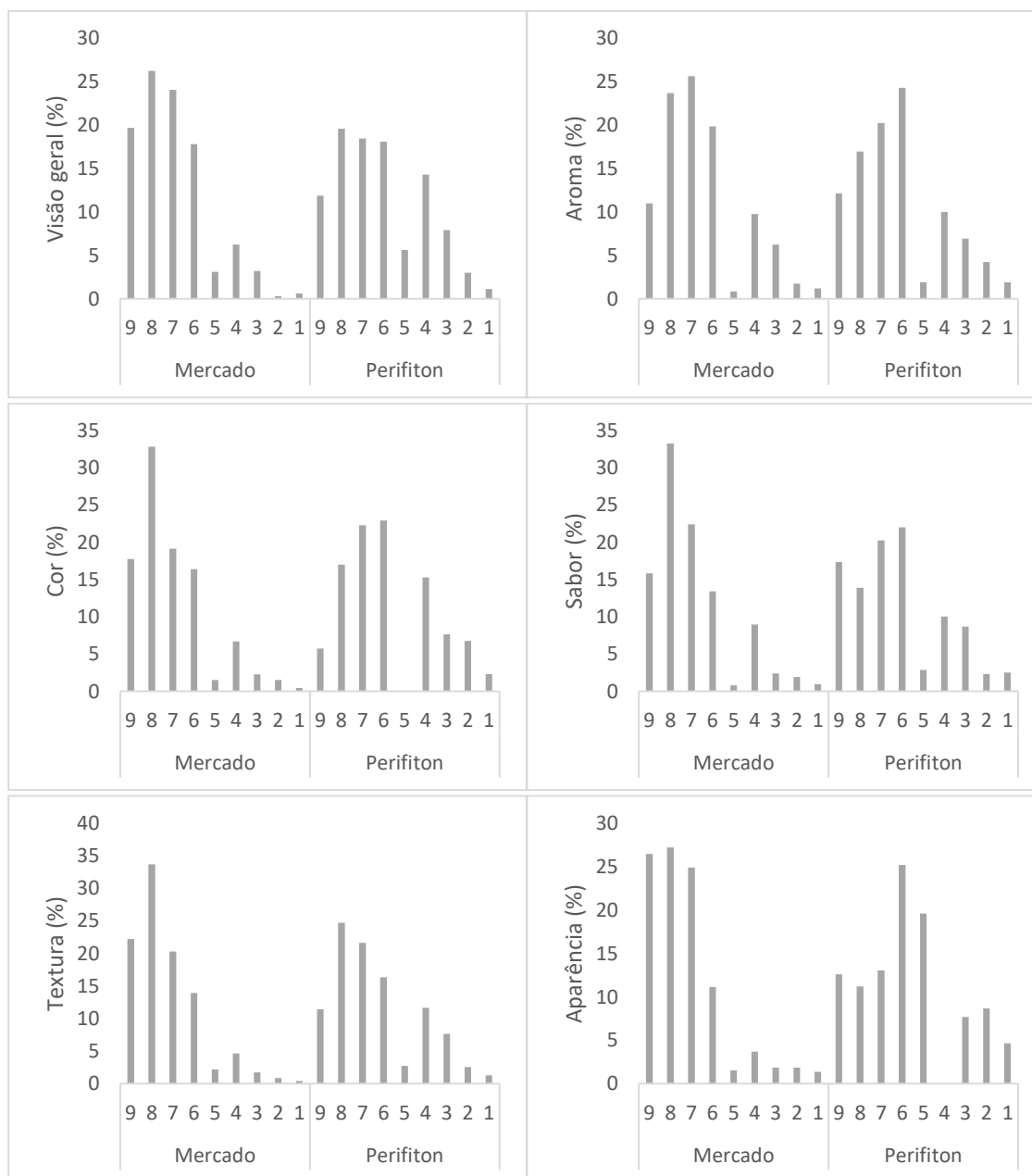


Figura 1: Notas atribuídas em porcentagem (%) quanto a escala hedônica de 9- pontos sendo 1 desgostei muitíssimo a 9 gostei muitíssimo de filés de panga considerando os seguintes grupos filé do supermercado e do filé do perifiton

Os filés de *P. hypophthalmus* adquiridos dos mercados recebeu pontuações sensoriais mais altas em todos os atributos da análise sensorial, com resultados para visão geral ( $6,34 \pm 0,1$ ), aroma ( $5,57 \pm 0,1$ ), cor ( $6,38 \pm 0,1$ ), sabor ( $6,07 \pm 0,1$ ), textura ( $6,67 \pm 0,1$ ) e aparência ( $6,28 \pm 0,1$ ), do que os filés com perifiton que obteve para visão geral ( $5,15 \pm 0,1$ ), aroma ( $5,03$

$\pm 0,1$ ), cor ( $4,57 \pm 0,1$ ), sabor ( $5,02 \pm 0,1$ ), textura ( $5,34 \pm 0,1$ ) e aparência ( $4,16 \pm 0,1$ ). Apenas o aroma dos filés de *P. hypophthalmus* adquiridos dos mercados obteve uma pontuação média referente a escala hedônica indiferente, quanto a visão geral, cor, sabor, textura e aparência resultaram na escala hedônica gostei ligeiramente. Enquanto os filés de perifiton apresentaram para visão geral, aroma e textura apresentaram características indiferente na escala hedônica, como as demais observações foram desgostei ligeiramente na escala hedônica. Nos resultados obtidos somente não foram observadas diferenças significativas entre as duas amostras para o aroma ( $p > 0,05$ ).

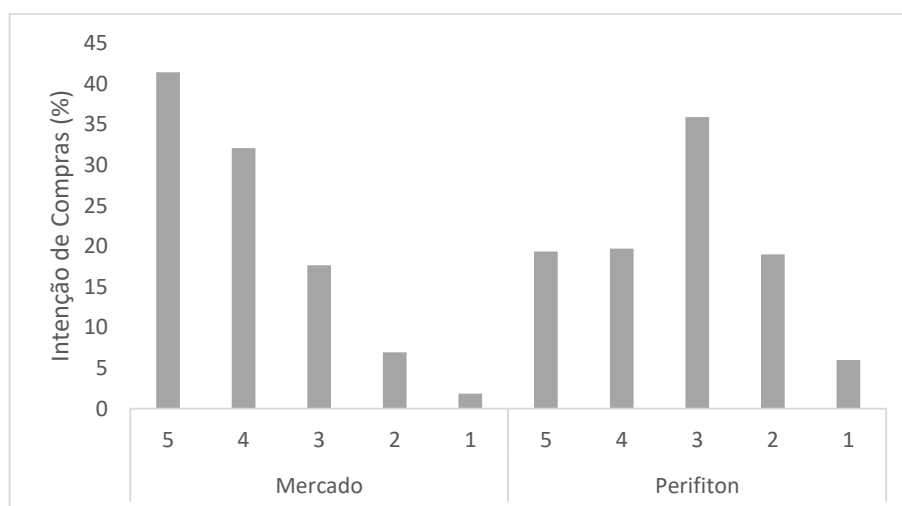


Figura 2: Notas atribuídas em porcentagem (%) quanto a Intenção de compras do filé de panga considerando os seguintes grupos filé do supermercado e do filé de CRCPB, sendo referentes a 5- certamente compraria, 4- provavelmente compraria, 3- talvez comprasse/talvez não, 2- provavelmente não compraria e 1- certamente não compraria, Estado de Piauí, Brasil, setembro de 2023.

Quanto a intenção de compras os filés de *P. hypophthalmus* adquiridos dos mercados obteve resultado maior ( $3,63 \pm 0,1$ ) que do que os filés de perifiton ( $2,77 \pm 0,1$ ), com referência para talvez comprasse/talvez não e provavelmente não compraria, respectivamente. Nesse caso foi observada diferença significativa entre as duas amostras ( $p < 0,05$ ).

Tabela 2- Avaliação do Índice de Aceitabilidade (IA) para os atributos referentes do filé de *P. hypophthalmus*

Amostras	Atributos	Média e desvio padrão	IA (%)
Mercado	Visão geral	6,35 $\pm$ 2,07	70,55
	Aroma	5,57 $\pm$ 2,32	61,92
	Cor	6,39 $\pm$ 2,16	70,98
	Sabor	6,07 $\pm$ 2,35	67,42
	Textura	6,69 $\pm$ 2,05	74,33
	Aparência	6,28 $\pm$ 2,53	69,80
	Intenção de compras	3,63 $\pm$ 1,22	72,62
	Perifiton	Visão geral	5,16 $\pm$ 2,30
Aroma		5,04 $\pm$ 2,46	55,99
Cor		4,57 $\pm$ 2,39	50,81
Sabor		5,03 $\pm$ 2,53	55,88
Textura		5,34 $\pm$ 2,39	59,33
Aparência		4,17 $\pm$ 2,49	46,28

	Intenção de compras	2,76±1,20	55,15
--	---------------------	-----------	-------

Verificou-se que os atributos sabor, textura, cor, assim como visão geral e intenção de compras (Tabela 2) apresentaram boa pontuação e aceitabilidade para a amostra do mercado. O maior e menor índice de aceitabilidade para essa amostra foram verificados no quesito textura (74,33%) e aroma (61,92%), respectivamente, com a média variando próximo 6,69±2,05 e 5,57±2,32. Enquanto para a amostra do filé de perifiton não apresentou bom índice de aceitabilidade, sendo os maiores índices verificados foram para textura (59,33%) e visão geral (57,28%).

#### 4. Discussão

A aquicultura é essencial para a indústria de produção de alimentos pois colabora para o fornecimento de pescado e para o crescimento econômico global. Os últimos estudos relacionados a alteração nos métodos de produtividade, principalmente aos direcionados para a modificação alimentar e nutricional, resultaram em transformação das características finais dos produtos de origem animal, incluindo os pescados (Calanche, 2020). Assim como, esses podem interferir na composição corporal e nas propriedades organolépticas do pescado.

Comumente, são usados como fundamento para a direcionamento de determinação de produtos alimentício na indústria os dados sensoriais e de consumo (Cejudo-Bastante et al. 2013). Esses dados coletados junto ao cliente final através de uma ficha de avaliação proporcionarão informações sobre a aceitabilidade dos alimentos, resultando em um produto que atende a necessidade do mercado consumidor (Nooraida et al. 2022).

O panga é uma espécie excelente para atividade de aquicultura, devido aos resultados zootécnicos expressivos, sem adição de alto investimento em tecnologia, chegando a 1 kg em 6 meses de cultivo (Brol, 2018). O filé de cor branca dessa espécie é a principal característica sensorial de aceitação do mercado consumidor de mais de 100 países (Phan et al., 2009). A composição centesimal encontrada para filés de *P. hypophthalmus* padrão e o *P. hypophthalmus* cultivado com perifiton nessa pesquisa são maiores que aos relatados por outros estudos referentes a esse peixe (Os valores de umidade, proteína, lipídios e cinzas ficaram entre 83,83–85,59, 12,51–14,52, 1,09–1,65 e 0,76–2,38 g 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente) (GUIMARÃES et al., 2015). Os pescados de acordo com teor de lipídeos podem ser avaliados: magros (<2%), baixo teor de gordura (2–4%), médio teor de gordura (4–8%) e alto teor de gordura (>8%). Como também, quando apresentam 15% de teor de proteína são considerados ricos desse conteúdo (Stansby, 1976). Nesse estudo apresentou que os filés de *Pangasius hypophthalmus* tem alto teor de gordura, como também com alto teor de proteínas (Tabela 1). Em conformidade com nossa pesquisa, Sokamte et al. (2020) descreveram alto teor de proteína (19,66%) em *Pangasianodon hypthalmus*. Por outro lado, esse mesmo estudo apresentou baixos valores lipídicos (1,00%).

Visentainer et al. (2007) expuseram que a espécie, abundância, linhagem, fase de vida, sexo, alimentação e o ciclo reprodutivo podem interferir na composição centesimal do filé de pescado. Phan et al. (2021) afirmou que dietas diferentes resultam em uma grande variação nas composições centesimais dos filés de panga, principalmente teor de gordura e proteína do filé. Um fator positivo a ser destacado nessa pesquisa, em vista que o filé do pescado submetido a alimentação com perifiton apresentou maior concentração de proteína bruta. A

proteína originária do filé de pescados tem como característica a boa digestibilidade e proporciona uma quantidade expressiva de aminoácidos essenciais em relação a maioria das carnes de outros animais (Ryu et al., 2021). Sendo que esses nutrientes beneficiam expressivamente várias performances biológicas e fisiológicas do corpo do humano (Ryu et al., 2021).

Nesta presente pesquisa ao verificar a análise sensorial, os avaliadores atribuíram notas de sensoriais mais altas aos filés filé de *P. hypophthalmus* provenientes do supermercado do que os do perifiton. Assim como, revelou as diferenças significativas na avaliação das propriedades organolépticas da carne entre os dois grupos de filé de *P. hypophthalmus*, quantos aos atributos cor, sabor e textura, exceto para o aroma. Os resultados das análises sensoriais sugerem que o uso do perifiton em substituição a ração tradicional podem alterar cor, sabor, textura e aparência do filé sem alterar o aroma, em comparação com os filés de supermercados. Para análise sensorial de filé de peixe suplementação com farinha de *G. changii*, os avaliadores gostaram ligeiramente do odor, textura e sabor dos filés de peixe GC15, como também, ocorreu a preferência de aceitabilidade geral (Muin et al.,2023). O resultado indicou a alteração do sabor, influenciando assim na aceitação dos avaliadores (Muin et al.,2023).

Figura 1 foram atribuídas notas (%) de cento e três avaliadores para visão geral, aroma, cor, sabor, textura e aparência de filés de *P. hypophthalmus* considerando os seguintes grupos: padrão (amostra do supermercado) e perifiton (filé de *P. hypophthalmus* submetido a restrição de 50% da ração diária recomendada, com inclusão de perifiton fixados nos substratos de bambu). O resultado obtido indica que o uso do perifiton em substituição de 50% da ração tradicional, relatada aqui pela primeira vez, pode ocorrer alterações negativas que possam comprometer a aceitabilidade dos filetes, sendo os maiores valores não ultrapassaram 60% de aceitabilidade para textura e aroma. Enquanto, em um estudo sensorial realizado com a carne de carpa submetidas a alimentação com dieta experimental enriquecida com matérias-primas sustentáveis e naturais demonstrou um sabor agradável e nutritivos para a alimentação do homem (Sobczak, 2021).

Portanto, o uso do perifiton em substituição de 50% da ração tradicional, causa a diminuição da aceitabilidade e alteração sensorial na qualidade dos filés de *P. hypophthalmus*. Assim como, em um estudo avaliou a aceitabilidade dos avaliadores de filés de tilápia cultivadas em sistema de bioflocos em diferentes concentrações de sais, apontou diferença significativa para as propriedades organolépticas, como a aparência, o sabor, aroma e off-flavor, como a preferência, pelo filé de pescado cultivado no sistema controle (sem salinidade), concluiu-se que as diferentes concentrações de sal interferiram levemente na diminuição da aceitabilidade do filé (Silva, 2020). Por conseguinte, são necessários estudos futuros que investiguem o grau de interferência do processo de alimentação dos peixes na qualidade de filés de panga.

## 5. Conclusão

De modo geral, em termos de avaliação sensorial, a substituição da ração de peixe por perifiton não é possível na alimentação de *P. hypophthalmus* sem alterar a qualidade

organolépticas do pescado, nesse caso ocorreu a rejeição pelo consumidor final do filé de *P. hypophthalmus* cultivado com uso do perifiton.

## 6. Referências

- BROLL, J. A nova aposta da aquicultura brasileira: Muito prazer, Panga BR (10ª edição).
- CALANCHE, J. B.; BELTRAN, J. A.; HERNANDEZ, A. & ADRIAN J. (2020). Aquaculture and sensometrics: The need to evaluate sensory attributes and the consumers' preferences. *Reviews in Aquaculture*, 12, 805-821.
- CEJUDO-BASTANTE, M. J. et al. (2013). Development and optimisation by means of sensory analysis of new beverages based on different fruit juices and sherry wine vinegar. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 741-748.
- DAS, D. S., GOVINDASAMY, R. (2021). Produção e consumo de peixes em aquicultura na Índia. *Economia*, v. 10, n. 1, p. 21-26.
- DAVID, L. H. C.; PINHO, S. M. & GARCIA, F. (2018). Improving the sustainability of tilapia cage farming in Brazil: An emergy approach. *Journal of Cleaner Production*, 201, 1012-1018.
- DELGADO, D. L. C.; RUBIO, C. A. & QUIROZ, V. A. C. (2020). Proximal and sensory analysis of red tilapia (*Oreochromis sp.*) fed with fish tanks sediments from a Biofloc culture. *Food Science and Technology*, 41, 870-876.
- DUTCOSKY, S.D. (1996). Análise Sensorial de Alimentos. (1.ed). Curitiba: Champagnat.
- FAO, Food and Agriculture Organization Publications (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture, Rome.
- GUIMARÃES, C. F. M. et al. (2015). The chemical quality of frozen Vietnamese Pangasius hypophthalmus fillets. *Food science & nutrition*, 4, 398-408.
- HAI, A. T. N. & SPEELMAN, S. (2023). Understanding vulnerability and resilience of Vietnamese pangasius farming in the context of the Covid-19 pandemic. *Aquaculture*, 575, 733-739.
- MAULU, S. et al. (2021). Fish nutritional value as an approach to children's nutrition. *Frontiers in nutrition*, v. 8, p. 780-844.
- MUIN, Hasniyati et al. (2023). Supplementation of red seaweed (*Gracilaria changii*) in black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae-based diet for red hybrid tilapia: Effects on growth performance, fillet quality, sensory analysis, haematological indices, and antioxidant enzyme activities. *Journal of Applied Phycology*, 35, 2495-2509.
- NAYLOR, R.; FANG, S. & FANZO, J. (2023). A global view of aquaculture policy. *Food Policy*, 116, 402-422.
- NOORAIDA, W. M. W. et al (2022). Sensory evaluation of fillets from tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing oil palm lipids. *Journal of Oil Palm Research*, 34, 177-183.
- PHAN, L. T. T. M.; BUI, T. T. T.; NGUYEN, G. J.; GOOLEY, B. A.; INGRAM, H. V.; NGUYEN, et al. (2009) Current status of farming practices of striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus* in the Mekong Delta. *Aquacult.* 296, 227–236.
- PHAN, L. T. T., J.; KALS, K.; MASAGOUNDER, J.; MAS-MUNOZ, N. T. H.; LA J. W.; SCHRAMA (2021). Effect of dietary carbohydrate and fat supplementation on the yield and chemical composition of fillet and the location of fat deposition in striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*), African catfish (*Clarias gariepinus*) and snakehead (*Channa striata*). *Aquaculture Reports*, 21, 100-806.
- RUBY, P.; AHILAN, B.; PRABU, E. (2018). Periphyton based aquaculture: a review. *Journal of Aquaculture in the Tropics*, 33, 35-48.

- RYU, B.; SHIN, K.; KIM, S. (2021). Muscle protein hydrolysates and amino acid composition in fish. *Marine Drugs*, 19, 377.
- SILVA, T. S.; PIANA, P. A. (2020). Production of tilapia in biofloc with different salt conditions: An evaluation of body composition and organoleptic properties. *Boletim do Instituto de Pesca*, 46.
- SOBCZAK, M. et al (2021). Nutritional value and sensory properties of common carp (*Cyprinus carpio L.*) fillets enriched with sustainable and natural feed ingredients. *Food and chemical toxicology*, 152, 112-197.
- SOKAMTE, T. A. et al. Proximal composition and fatty acid profile of fresh and smoked fillets of *Pangasius hypophthalmus*. *Scientific African*, v. 9, p. 00534, 2020.
- STANSBY, M. E. (1976). Chemical characteristics of fish caught in the northeast Pacific Ocean. *Fish Rev.* 38, 1–11.
- VISENTAINER, J. V. et al. (2007). Lipid content and fatty acid composition of 15 marine fish species from the southeast coast of Brazil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84, 543-547.

## **6. CAPÍTULO III:**

Normas da **Revista Holos** ISSN: 1807-1600 (online) Qualis A1 (ZOOTECNIA / RECURSOS PESQUEIROS)

### **ANÁLISE EMERGÉTICA DA INCLUSÃO DO PERIFÍTON NO CULTIVO DE JUVENIS DE *Pangasius hypophthalmus* SOB RESTRIÇÃO ALIMENTAR EM CONDIÇÃO TROPICAL**

# ANÁLISE EMERGÉTICA DA INCLUSÃO DO PERIFÍTON NO CULTIVO DE JUVENIS DE *Pangasius hypophthalmus* SOB RESTRIÇÃO ALIMENTAR EM CONDIÇÃO TROPICAL

Mrs. Gabriela Caroline Coelho Silva; Dr. Severino Cavalcante de Sousa Junior; Mrs. Luciano Sousa de Brito

## Resumo

Esta pesquisa tem como objetivo quantificar os recursos naturais e econômicos do uso de substrato de perifíton no cultivo de *P. hypophthalmus* sob restrição alimentar em condição tropical. Como também, avaliar se a restrição alimentar e o uso do substrato com perifíton diminuiu o impacto ambiental desse manejo produtivo. Para isso, foi realizado o experimento com substrato de bambu. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado - DIC (3 tratamentos x 6 repetições), com um total de 18 unidades experimentais. Os tratamentos foram: 1 - 100% da ração diária recomendada, sem substratos para perifíton, controle; 2 - 50% da ração diária recomendada, com substratos para perifíton; 3 - 25% da ração diária recomendada, com substratos para perifíton. Para contabilidade emergética foi considerada a taxa de renovabilidade, taxa de transformidade, relação de rendimento emergético, relação de investimento emergético, relação de carga ambiental, relação de troca emergética e o índice de sustentabilidade emergética. Verificou-se nesses sistemas um alto consumo de energia, característicos de produções insustentável. A adoção do perifíton produzido teve a maior participação nos gastos emergéticos, aumentando a dependência de recursos da econômicos.

**Palavras Chaves:** Análise emergética; Perifíton; Piscicultura; *Pangasius hypophthalmus*

## 1. Introdução

As atividades produtoras de alimentos consomem energia renováveis ou não renováveis para o seu funcionamento, dentro do setor de produção de pescado, destaca-se a piscicultura (CRISTIANO et al., 2023). A análise emergética é usada para aferir a demanda de energia do meio ambiente para o funcionamento do ciclo produtivo, assim permiti uma visualização dos gastos energéticos totais do sistema (LIU et al., 2021). Essa análise fornece dados das conexões do consumo de energia dos setores econômico, ambiental e social, para melhor compreensão do processo produtivo (MORALES et al., 2022). Essa metodologia converte a energia desses setores da atividade em uma única unidade, em joule solar (sej), que proporciona a comparação

direta de eficiência ambiental entre sistemas complexos de tecnologias com os agroecológicos (WANG et al., 2022).

O *Pangasius hypophthalmus* é um peixe que se destaca na piscicultura, devido à coloração dos filés desse pescado apreciado pelo mercado consumidor distribuídos em vários países do mundo (DOF, 2019). Essa demanda do mercado, a fácil adaptação aos sistemas confinados de cultivo, bom desenvolvimento e a taxa de sobrevivência elevada são propriedades desse pescado que permitiu o estabelecimento no setor aquícola e retorno financeiro em diferentes países (MANDAL et al., 2020), dentre esses o Brasil (BROLL, 2018).

Um alimento natural para o *Pangasius hypophthalmus* que o hábito alimentar onívoro ou herbívoro é o perifíton (BISWAS et al., 2022). O perifíton é um biofilme natural que se desenvolve em substrato naturais ou artificiais, composto por uma comunidade diversa de microalgas, zooplâncton e bactérias (SANTHIYA et al., 2020). A adoção da alimentação baseada perifíton mostrou o potencial de maior produção de peixes, sobrevivência, menor investimento financeiro no ciclo e melhoria na qualidade da água, através da função de ciclagem de nutrientes aquáticos (SHAFI et al.; 2021; GUBELIT, et al., 2020). São considerados sistemas piscícolas sustentáveis, os que tem menor dependência de farinha de peixe na ração, como os que adotam o perifíton como base da alimentação (HURWITZ et al., 2023).

Wang et al., (2021) observaram a vulnerabilidade do ecossistema aquático (aumento de doenças e perda da qualidade de água) causado pelo crescimento desenfreado das atividades produtoras de peixe para atender a demanda do mercado consumidor. Nesse cenário crescente da piscicultura com uma produção de 61,6 milhões de toneladas, em 2022, cerca de 65,2% da aquicultura mundial (FAO, 2024). Diante disso, verifica-se a necessidade de uma alternativa de produção de pescado com aplicação de manejo que resultem em menor impacto ambiental.

A análise emergética tem sido aplicada em diferentes estudos de aquicultura (VALENTI et al., 2018), como por exemplo: Tanque-rede de peixes (DAVID et al, 2018), carcinicultura (Vieira-Romare et al, 2024); Lagos seminaturais, de concreto e galvanizados (Enayat et a.,2024) e Maricultura (LIU et al, 2024). No entanto, há falta da análise emergética do cultivo de *P. hypophthalmus* com o uso de perifíton sob restrição alimentar em condição tropical. Ao realizar essa pesquisa favorecerá o conhecimento do consumo dos recursos da natureza e assim melhorar a eficiência ambiental desse sistema de cultivo.

## **2. Metodologia**

## 2.1. Descrições do estudo

O estudo foi conduzido no Biotério de Piscicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, em Teresina-PI, latitude 5° 04' 14" S, longitude 42° 78' 34" W, durante 75 dias. Os dados zootécnicos desse sistema foram retirados do capítulo 1 dessa tese (Tabela 1), esses dados foram submetidos a análise de variância realizada pelo software SAS 9.0 com testes de médias (Tukey 5%).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado - DIC (3 tratamentos x 6 repetições), com um total de 18 unidades experimentais. O experimento com o substrato de tela, tratamentos: 1 - 100% da ração diária recomendada, sem substratos para perifíton (CRSP), controle; 2 - 50% da ração diária recomendada, com substratos para perifíton (CRCB-50); 3 - 25% da ração diária recomendada, com substratos para perifíton (CRCPB-25). Os animais foram arraçoados duas vezes ao dia (9h00 e 16h00).

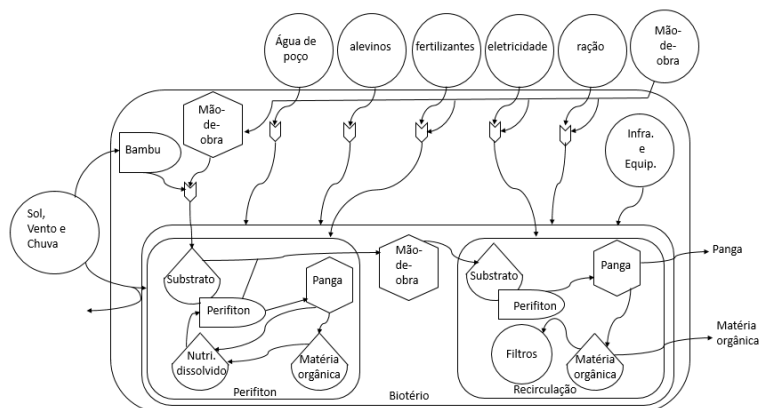
O modelo estatístico utilizado para análise das variáveis estudadas foi: Experimento 1 e 2:  $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ . Onde:  $Y_{ij}$  = valor observado para a variável em estudo referente ao tratamento  $i$  e a repetição  $j$ ;  $\mu$  = efeito geral da média inerente a cada unidade experimental;  $T_i$  = efeito do tratamento  $i$ ;  $e_{ij}$  = erro aleatório na unidade experimental  $i, j$ .

## 2.2 Metodologia emergética

### 2.2.1 Contabilidade emergética

O diagrama da contabilidade emergética foi feito de acordo com os símbolos dos sistemas de energia de Odum (1996) para representar os fluxos de modificação das energias do sistema, que integra as matérias-primas e as fontes primárias até o pescado no final (Figura 1). Os dados para a contabilidade emergética foram coletados de acordo com os três tratamentos de produção de panga: 1 - 100% da ração diária recomendada, sem substratos para perifíton (Controle), controle; 2 - 50% da ração diária recomendada, com substratos para perifíton (T1); 3 - 25% da ração diária recomendada, com substratos para perifíton (T2) (Tabela 1).

Figura 1- Diagrama da energia do sistema da produção de *Pangasius hypophthalmus* com substratos de bambu com perífíton



**Tabela 1-** Desempenho zootécnico do sistema de produção de *Pangasius hypophthalmus*

Item	Unidade	T1	T2	T3
Área (viveiro do perífíton)	m <sup>2</sup>	-	-	-
Volume do tanque de peixe	m <sup>3</sup>	1000	1000	1000
Consumo de eletricidade	kWh/ano			
Quantidade de peixe estocado	unit/ano	59,3	59,3	59,3
Peso inicial do peixe	kg/peixe	33,08	41,78	39,43
Peso final do peixe	kg/peixe	46	51,06	41,84
Peixe produzido	kg/ano	2293,38	2518,5	2065,85
Peso do substrato de bambu	kg/ano	-	1,7	1,7

Os insumos utilizados foram representados pelos recursos renováveis (RR) e os recursos econômicos (RE), enquanto o produto foi o rendimento (R). Os insumos de energia foram quantificados em unidades de massa (kg) ou energia (Joules). Caso algum item não se enquadre nessas unidades, foram avaliados em unidade monetária em real (R\$) e convertido em energia. As equações para os cálculos de energia de cada entrada estão descritas no Apêndice A. Os cálculos de conversão estão descritos no Apêndice B.

As entradas de recursos foram definidas quanto aos seus *UEVs* (*Unit Emery Value*), de acordo com os dados na linha de base disponíveis na literatura (CAMPBELL, 2016). Quando ocorreu desvio na linha de base, os dados foram transformados para a obtenção de valores recentes e semelhantes (CAMPBELL et al., 2005; BROWN et al., 2016; BROWN; ULGIATI, 2016).

### 2.2.2 Custo de energia

Os custos de energia foram obtidos de acordo com Odum (1996) e Brown e Ulgiati (2016), presentes no APÊNDICE B (Tabela 2).

**Tabela 2-** Cálculos de energia a serem adotados na avaliação

<b>Índices</b>	<b>Fórmula</b>
Transformidade (Tr)	$Tr = \text{Energia} / \text{Energia}$
Renovabilidade (% R)	$100 \times (R / P)$
Taxa emergética de rendimento líquido (EYR)	$EYR = P / RE$
Taxa emergética de investimento (EIR)	$EIR = RE / (R + N)$
Taxa de carga ambiental (ELR)	$ELR = (RE + N) / R$
Sustentabilidade da energia (ESI)	$ESI = EYR / ELR$

Legenda: R: recursos renováveis da natureza; N: recursos não renováveis; RE: recursos da economia; P: produto.

Transformidade (Tr) avalia a intensidade de energia necessária para fazer um produto; sua unidade é o sej / J (solar energy joule). Renovabilidade (%R) é o volume dos recursos renováveis em razão da energia total do sistema. A taxa emergética de rendimento líquido (EYR) é o volume da energia do produto em razão da energia dos recursos econômicos. Taxa emergética de investimento (EIR) é a energia dos recursos econômicos em razão dos recursos renováveis da natureza. A taxa de carga ambiental (ELR) é a razão de energia não renovável, junto com os recursos econômicos, e energia renovável. A sustentabilidade da energia (ESI) é a proporção entre a produção emergética (EYR) e a taxa de carga ambiental (ELR).

### 3.0 Resultados

O tratamento com oferta de 100% da ração diária sem o uso de perifíton consumiu  $4,68E+15$  sej/ano para render 2,39 kg de panga/tanque (Tabela 3), enquanto se observou o valor de gasto de energia de  $6,91E+25$  sej/ano para os tratamentos com adição de substratos de perifíton e restrição alimentar de 50% e 25% (T1 e T2) (Tabela 4 e 5) que renderam 2,51 kg/tanque e 2,06 kg/tanque, respectivamente. Observou-se maior volume de recursos da econômicos nos tratamentos T1 e T1 próximo de 100%. Da mesma forma, a contribuição dos recursos renováveis foi maior no tratamento T1 e T2 de  $7,92E+12$ , em relação a CRSP  $3,56E+12$ . No sistema para a produção do perifíton o consumo energia foi de  $7,61E+15$  sej/ano,

os recursos renováveis representaram uma participação menor cerca de 20,23%, enquanto os recursos econômicos foram de 79,77% (Tabela 6). Nesses sistemas não foram avaliados a participação de recursos não renováveis da natureza.

**Tabela 3-** Contabilidade emergética do cultivo de panga em sistema de recirculação adotando 100% da ração diária recomendada e sem substratos com perifíton

Nota	Item	Unidade	Fluxo anual	UEV (seJ/unidade)	Energia (seJ/ano)	Referência
<b>Recursos Renováveis ( R )</b>						
1	Sol	J	7,37E+09	1,00E+00	7,37E+09	Por definição
2	Vento	J	1,91E+09	1,86E+03	3,56E+12	Odum, 2000
Total (R )					3,56E+12	
<b>Recursos econômicos (RE)</b>						
3	Alevinos	J	4,11E+07	7,15E+05	2,94E+13	Brown e Bardi, 2001
4	Eletricidade	J	1,33E+06	8,51E+04	1,13E+11	Hayha et al., 2011
5	Ração	J	9,28E+03	9,96E+04	9,24E+08	Brown e Bardi, 2001
6	Infraestrutura e equipamentos	\$	1,99E+03	3,44E+12	6,84E+14	Pereira et al., 2013
7	Mão-de-obra	J	4,58E+06	3,27E+06	1,50E+13	Oliveira et al., 2018
8	Água de poço	J	3,79E+06	1,04E+09	3,95E+15	Buenfil 2001
Total (RE)					4,68E+15	
<b>Produto (P)</b>						
9	Peixe	J	3,26E+08		4,68E+15	

**Tabela 4-** Contabilidade emergética do cultivo de panga em sistema de recirculação adotando 50% da ração diária recomendada e com substratos de perifíton

Nota	Item	Unidade	Fluxo anual	UEV (seJ/unidade)	Energia Solar (seJ/tempo)	Referência
<b>Recursos renováveis ( R )</b>						
1	Sol	J	7,37E+09	1,00E+00	7,37E+09	Por definição
2	Vento	J	1,91E+09	1,86E+03	3,56E+12	Odum, 2000
3	Bambu	Kg	8,89E+00	4,9E+11	4,35E+12	Liu (2008)
Total ( R )					7,92E+12	
<b>Recursos econômicos (RE)</b>						
4	Alevinos	J	7,15E+05	7,15E+05	3,71E+13	Brown e Bardi, 2001
5	Perifíton	J	4,90E+11	1,41E+14	6,91E+25	Desta Pesquisa
6	Eletricidade	J	8,51E+04	1,13E+11	1,13E+11	Hayha et al., 2011
7	Ração	J	5,87E+03	9,96E+04	5,84E+08	Brown e Bardi, 2001
8	Infraestrutura e equipamentos	\$	1,99E+02	3,44E+12	6,86E+14	Pereira et al., 2013
9	Água de poço	L	3,79E+06	3,95E+15	3,95E+15	Buenfil, 2001
10	Mão-de-obra	J	4,58E+06	3,27E+06	1,50E+13	Oliveira et al., 2018

Total (RE)				6,91E+25
<b>Produto (P)</b>				
11	Peixe	J	3,28E+08	6,91E+25

**Tabela 5-** Contabilidade energética do cultivo de panga em sistema de recirculação adotando 25% da ração diária recomendada e com substratos de perifíton

Nota	Item	Unidade	Energia anual	UEV (seJ/unidade)	Energia Solar (seJ/tempo)	Referência
<b>Recursos renováveis ( R )</b>						
1	Sol	J	7,37E+09	1,00E+00	7,37E+09	Por definição
2	Vento	J	1,91E+09	1,86E+03	3,56E+12	Odum, 2000
3	Bambu	Kg	8,89E+00	4,9E+11	4,36E+12	Liu (2008)
Total ( R )					7,92E+12	
<b>Recursos econômicos (RE)</b>						
4	Alevinos	J	4,89E+07	7,15E+05	3,50E+13	Brown e Bardi, 2001
5	Perifíton	J	3,27E+04	1,41E+14	4,60E+18	Desta pesquisa
6	Eletricidade	J	1,33E+06	8,51E+04	1,13E+11	Hayha et al., 2011
7	Ração	J	3,15E+03	9,96E+04	3,13E+08	Brown e Bardi, 2001
8	Infraestrutura e equipamentos	\$	1,99E+03	3,44E+12	5,84E+14	Pereira et al., 2013
9	Água de poço	L	3,79E+06	1,04E+09	3,95E+15	Buenfil, 2001
10	Mão-de-obra	J	4,58E+06	3,27E+06	1,50E+13	Oliveira et al., 2018
Total (RE)					6,91E+25	
<b>Produto (P)</b>						
11	Peixe	J	2,69E+08		6,91E+25	

**Tabela 6-** Contabilidade energética da produção de perifíton

Nota	Item	Unidade	Energia anual	UEV (seJ/unidade)	Energia Solar (seJ/tempo)	Referência
<b>Recursos renováveis ( R )</b>						
1	Sol	j	3,11E+12	1,00E+00	3,11E+12	Por definição
2	Vento	j	8,06E+11	1,86E+03	1,50E+15	Odum, 2000
3	Bambu	Kg	8,21E+01	4,9E+11	4,02E+13	Liu (2008)
Total ( R )					1,54E+15	
<b>Recursos econômicos (RE)</b>						
4	Alevinos	j	1,78E+09	7,15E+05	1,27E+15	Brown e Bardi, 2001
5	Eletricidade	j	1,62E+07	8,51E+04	1,38E+12	Hayha et al., 2011
6	Ração	j	8,76E+04	9,96E+04	8,72E+09	Brown e Bardi, 2001
7	Infraestrutura e equipamentos	\$	1,59E+04	3,44E+12	8,72E+09	Pereira et al., 2013
8	Mão-de-obra	J	4,58E+06	3,27E+06	1,50E+13	Oliveira et al., 2018
9	Água de poço	L	4,60E+06	1,04E+09	4,78E+15	Buenfil, 2001
10	Cal	Kg	5,92E+02	6,59E+07	3,90E+10	brown e Ulgiati, 2004
11	Matéria orgânica	Kg	1,18E+03	8,15E+04	9,64E+07	Comar et al., 1997

Total (RE)			6,07E+15	
<b>Produto (P)</b>				
13	Perifiton	8,81E+05	7,61E+15	Brown et al. (2006)

Nos tratamentos do sistema de recirculação, a infraestrutura e equipamentos foi o item com maior consumo de energia no tratamento sem perifiton (Controle), enquanto nos tratamentos com perifiton e sob restrição alimentar (T1, T2) destacou-se o perifiton. A água de poço foi o segundo item de maior consumo de energia em todos os tratamentos. Esse item tem a mesma participação nos tratamentos, o volume que integrou nos sistemas de recirculação foi idêntico, por serem os mesmos materiais utilizados em relação lugar e tempo. No sistema para a produção de perifiton o item com maior consumo de energia é água de poço, seguido pelo vento.

A transformidade do T2 foi maior que os outros sistemas avaliados. Para os tratamentos com restrição alimentar de 25% com perifiton e com restrição alimentar 50% com perifiton apresentaram os maiores valores dos índices EIR e ELR. O EYR e ESI foi menor no tratamento controle (Tabela 7).

**Tabela 7-** Índices de energia para todos os tratamentos

ÍNDICES EMERGÉTICOS	PERIFITON	T2	T1	Controle
(Tr) (seJ/J)	1,95E+03	2,56E+17	2,11E+17	1,44E+07
% R	-	0,00%	0,00%	7,61%
EYR	-	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
EIR	-	8,72E+12	8,72E+12	1,31E+03
ELR	-	8,72E+12	8,72E+12	1,31E+03
ESI	-	1,15E-13	1,15E-13	7,62E-04

#### 4.0 Discussão

As maiores contabilizações de energia dos sistemas com restrição de alimentação de 50% e 25% com adição de perifiton estudados foram provenientes dos recursos econômicos. O mesmo observador por David et al. (2018), que expõem a dependência do cultivo de tilápia por recursos da economia. Assim como, o sistema de recirculação controle com 100% da ração diária para a produção de pangas nesse estudo apontou o item equipamentos e infraestrutura como maior consumo de energia, o mesmo observado por Pinho et al. (2022). Enquanto, outras pesquisas apontam a ração como item de maior valor emergético de sistema de aquicultura (CRISTIANO, et al. 2023; VIERA-ROMERO, et al. 2024).

A adição do perifiton produzido contribuiu para aumentar a dependência dos recursos econômicos. Isto pode ser explicado pelo maior consumo de energia do perifiton produzido. Assim expõem que o uso desse item no cultivo de recirculação de panga houve um maior consumo de recursos econômicos para produção do panga no final do ciclo, e que aumenta o consumo de energia do sistema. Em oposição, Wilfart et al., (2013) destacaram em seu estudo que os sistemas extensivos ocorrem uma demanda maior de recursos naturais renováveis, contudo provoca o aumento dos impactos.

O melhor resultado de transformidade (Tr) nesse estudo foi o tratamento controle, pois quanto menor o valor desse índice melhor a eficiência do sistema de gerar um produto, de tal modo **que gerou mais kg/ano de** panga em relação aos outros sistemas. Todos os TRs do panga nesta pesquisa (tabela 7) foram maiores do que os encontrados por LI et al., 2011 com a produção de enguia e tainha, localizada em áreas úmidas perto do Estuário do Rio das Pérolas na China, o que demonstrou a baixa rendimento da produtividade desse sistema de recirculação para produção de panga.

Verificou-se nesse estudo uma baixa renovabilidade (%R) nos tratamentos com uso do perifiton, tornando-os mais dependentes dos recursos da economia do que o tratamento sem perifiton e **mostrando a baixa capacidade** de renovação desses manejos. Esses resultados foram possíveis devido a inserção de substrato com perifiton no sistema de recirculação, um recurso que foi produzido para ser inserido no sistema. Do mesmo modo Fonseca et al. (2022), em sua pesquisa com produção de Lambari de cauda amarela, indicou uma renovabilidade menor que 15%.

A Taxa de Rendimento Emergético (EYR) de todos os tratamentos desse presente estudo apresentou valores acima de 1. Esses resultados nesses tratamentos demonstram uma maior contribuição dos recursos da economia para a produção de panga, do que os recursos da renováveis. O manejo tradicional e a inserção do substrato de bambu com perifiton subsidiou estes resultados. Pinho et al., (2022) apontaram uma maior dependência dos recursos da economia dos sistemas de bioflocos, hidroponia e floccpônicos, cerca de 50% consumo da energia.

A falta de inserção de recursos não renovável na avaliação emergética foi representada pela igualdade dos valores da taxa emergética de investimento (EIR) e taxa de carga ambiental (ELR) em todos os tratamentos (ODUM, 2001). Os maiores valores de EIR foram identificados nos tratamentos T2 e T1, esses resultados representam uma menor eficácia quanto ao uso de recursos renováveis, como também, um baixo potencial de restauração constante e fornecimento desses insumos para o sistema (ODUM, 1996; BROWN e ULGIATI, 2004). David et al. (2018,

2022), em seu trabalho com aquaponia apresentaram valores maiores de EIR, que indica que maior consumo de recursos da economia do que os recursos renováveis, umas das características de sistemas de aquicultura intensiva.

Nessa pesquisa os maiores valores de ELR foi apresentado pelo T2 e T1, valor acima de 10, que significa um maior impacto desse tipo de manejo sobre o meio ambiente. A escala numérica de referência de impacto ambiental do ELR varia de 1 a 10, menor ou igual a 2 é considerado baixo, entre 3 e 10 é moderado e iguais ou superiores a 10 é alto (BROWN e ULGIATI, 2004). Uma pesquisa realizada por Garcia et al. (2014) com produção de tilápia em tanque-redes apresentou um valor de ELR 90,51, um menor impacto desse sistema sobre o meio ambiente do que o presente estudo.

A economia é representada pelo índice ESI que mede o retorno diante do impacto ambiental gerado do processo (BROWN e ULGIATI, 1997, 2004; ZHANG et al., 2011). O valor de referência para esse índice é 1, menor ou igual a 1 representa um retorno emergético baixo em relação ao impacto ambiental gerado e maior que 1 apresenta uma relação inversa a citada anteriormente. Verificou-se nesse estudo valores abaixo de 1 nos tratamentos T2 e T1, que demonstra um insignificante retorno dos recursos renováveis e econômicos diante da degradação gerada por esses processos produtivos no meio ambiente. Diferente do observado no trabalho desenvolvido por David et al. (2021) com sistema de bioflocos que apresentou o valor de 0,49 de ESI.

Diante dos dados provenientes deste estudo, destaca-se relação direta com os recursos econômicos, principalmente, devido a inserção de substrato de perifíton produzido no cultivo de panga em sistema de recirculação em condições tropicais. Este fato, torna esse sistema vulnerável às oscilações de mercado financeiro, aspecto que podem interromper o cultivo e causar prejuízos financeiros. E ao analisar os resultados dos gastos emergético desse sistema, a adoção de substratos com perifíton não é uma alternativa para diminuir o impacto ambiental do sistema de produção de panga. Enquanto, David et al. (2018) verificaram uma maior participação de recursos renováveis com inserção de perifíton no sistema aquícola, que contribuiu para diminuir os impactos ambientais, como também, torna-la mais adequada economicamente. Observou-se também que a adoção da restrição alimentar através da diminuição da oferta da ração não resulta em uma boa produtividade, devido à alta transformidade.

## **5.0 Conclusão**

De acordo com os dados emergéticos, verificou-se que os manejos de redução de 50% e 25% da ração não diminuiu a degradação desse processo produtivo de panga. Observou-se também, o aumento da dependência por recursos da economia com a introdução do perifiton produzido, do modo que os indicadores emergéticos exibiram a insustentabilidade dessas alternativas de produção de panga com o passar do tempo.

## 6.0 Referência

AGUIAR, D. L.; DA SILVA, L. O. P. AUMENTO DA RESISTÊNCIA BACTERIANA EM AQUACULTURA: POSSÍVEIS ALTERNATIVAS À ANTIBIOTICOTERAPIA. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 12, n. 1, 2023.

BISWAS, G. et al. Periphyton: A natural fish food item for replacement of feed at optimized substrate surface area for cost-effective production in brackishwater polyculture. **Aquaculture**, v. 561, p. 738672, 2022.

BROLL, J. **A nova aposta da aquicultura brasileira: Muito prazer, Panga BR** (10ª edição).

BROWN, M. T. et al. The geobiosphere energy baseline: **A synthesis. Ecological Modelling**, v. 339, p. 92-95, 2016.

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Assessing the global environmental sources driving the geobiosphere: A revised emery baseline. **Ecological Modelling**, v. 339, p. 126-132, 2016.

BROWN, M.T., ULGIATI, S. Emery analysis and environmental accounting. **Encycl. Energy**, 2004.

BROWN, M.T., ULGIATI, S., Emery-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. **Ecol. Eng.** 9, 51-69, 1997.

CAMPBELL, D. E.; BRANDT-WILLIAMS, S. L.; CAI, T. Current technical problems in emery analysis. **Emery synthesis**, v. 3, p. 652, 2005.

CRISTIANO, S. et al. Avaliação emergética para avaliar a sustentabilidade ecológica da produção de salmões jovens e opções inovadoras para a reutilização e valorização de descartes da aquicultura. **Ecological Indicators** , v. 146, p. 109-850, 2023.

DAVID, L. H. C.; PINHO, S. M.; GARCIA, F. Improving the sustainability of tilapia cage farming in Brazil: An emery approach. **Journal of Cleaner Production**, 201, 1012-1018, 2018.

DAVID, L. H. et al. Assessing the sustainability of tilapia farming in biofloc-based culture using emery synthesis. **Ecological Indicators**, v. 131, p. 108- 186, 2021.

- DAVID, L. H. et al. Emergy synthesis for aquaculture: A review on its constraints and potentials. **Reviews in Aquaculture**, v. 13, n. 2, p. 1119-1138, 2021.
- DAVID, L. H. et al. Sustentabilidade de fazendas aquapônicas urbanas: Um ponto de vista emergético. **Journal of Cleaner Production**, v. 331, p. 129-896, 2022.
- DOF. Anuário de estatísticas de pesca de Bangladesh, 2018–19. Sistema de Pesquisa de Recursos Pesqueiros (FRSS). **Departamento de Pesca, Bangladesh: Ministério de Pesca e Pecuária: Matsya bhaban**, v. 36, p. 135, 2019.
- ENAYAT, F. F.; ASGHARIPOUR, M. R. Towards more efficient fish farming systems in the Sistan region of Iran: An emergy-based analysis. **Aquaculture**, v. 578, p. 740106, 2024.
- FONSECA, T. et al. Contabilidade ambiental da aquicultura do lambari-de-cauda-amarela: sustentabilidade de sistemas rurais de lagoas de água doce. **Sustainability**, v. 14, n. 4, p. 2090, 2022.
- GARCIA, F. et al. Emergy assessment of tilapia cage farming in a hydroelectric reservoir. **Ecological Engineering**, v. 68, p. 72-79, 2014.
- GUBELIT, Y. I.; GROSSART, H. New methods, new concepts: what can be applied to freshwater periphyton?. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, p. 1275, 2020.
- HURWITZ, A. et al. Sustainable Aquafeed with Marine Periphyton to Reduce Production Costs of Grey Mullet, *Mugil cephalus*. **Sustainability**, v. 15, n. 24, p. 16745, 2023.
- LI, L. et al. Emergy evaluations of three aquaculture systems on wetlands surrounding the Pearl River Estuary, China. **Ecological Indicators**, v. 11, n. 2, p. 526-534, 2011.
- LIU, C. et al. Emergy-based evaluation of world coastal ecosystem services. **Water Research**, v. 204, p. 117- 656, 2021.
- LIU, C. et al. Investigating Potential Ecological Benefits From Mariculture. **Earth's Future**, v. 12, n. 5, p. e2023EF003766, 2024.
- MANDAL, S. C.; KADIR, S.; HOSSAIN, A. Effects of salinity on the growth, survival and proximate composition of pangas, *Pangasius hypophthalmus*. **Bangladesh Journal of Zoology**, v. 48, n. 1, p. 141-149, 2020.
- MORALES, Ú. da S. et al. Aquaculture Sustainability Assessed by Emergy Synthesis: The Importance of Water Accounting. **Agriculture**, v. 12, n. 11, p. 1947, 2022.
- ODUM, H. T. **Emergy evaluation of salmon pen culture**. 2001.
- ODUM, H.T. **Environmental accounting, emergy and decision making**. New York: John Wiley, p. 370, 1996.
- PINHO, S. M. et al. Avaliação da sustentabilidade de FLOCponics em comparação com sistemas hidropônicos e bioflocos autônomos usando síntese de emergia. **Ecological Indicators**, v. 141, p. 109-092, 2022.

RUBY, P.; AHILAN, B.; PRABU, E. Periphyton based aquaculture: a review. **Journal of Aquaculture in the Tropics**, v. 33, n. 1, p. 35-48, 2018.

SANTHIYA, A.; AMIRTHARAJ, K. V.; ANTONY, C. Effect of substrates on periphyton production and their importance in aquaculture ponds-an overview. **SKUAST Journal of Research**, v. 22, n. 1, p. 34-39, 2020.

SHAFI, J. et al. Effect of different substrates on fish production and water quality in periphyton based polyculture of major carps. **JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 31, n. 1, 2021.

VALENTI, W. C.; KIMPARA, J. M.; PRETO, B. D. L.; MORAES-VALENTI, P. Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. **Ecological Indicators**, v. 88, p. 402-413, 2018.

VIERA-ROMERO, A. M. et al. A sustentabilidade da aquicultura de camarão: Um estudo de caso baseado em energia no Golfo de Guayaquil trinta anos depois. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 194, p. 114-326, 2024.

VIERA-ROMERO, A. M. et al. The sustainability of shrimp aquaculture: An energy-based case study in the Gulf of Guayaquil thirty years later. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 194, p. 114326, 2024.

WANG, J. et al. Emergy analysis of agricultural waste biomass for energy-oriented utilization in China: Current situation and perspectives. **Science of the Total Environment**, v. 849, p. 157-798, 2022.

WILFART, A. et al. Contabilidade de ACV e energia de sistemas de aquicultura: Rumo à intensificação ecológica. **Journal of environmental management**, v. 121, p. 96-109, 2013.

YOĞURTÇUOĞLU, B.; EKMEKÇI, F.; GÜLER. First record of the giant pangasius, pangasius sanitwongsei (actinopterygii: siluriformes: pangasiidae), from central anatolia, turkey. **Acta Ichthyologica et Piscatoria**, 48, 2018.

Zhang, L.X., Ulgiati, S., Yang, Z.F., Chen, B. Emergy evaluation and economic analysis of three wetland fish farming systems in Nansi Lake area, China. **J. Environ. Manag.** 92, 683-694, 2011.

## APÊNDICE A – INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

### FICHA DE RECRUTAMENTO DE PROVADORES E PERFIL DE CONSUMIDOR

#### RECRUTAMENTO DE PROVADORES PARA O TESTE SENSORIAL FILÉ DE *P. hypophthalmus*

NÚMERO: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

1. Sexo?

Feminino  Masculino

2. Idade?

18 a 24 anos

25 a 34 anos

35 a 44 anos

≥ 45 anos.

3. Com qual regularidade você consome pescados?

diariamente

de 2 a 3 vezes por semana

quinzenalmente

mensalmente

não costuma consumir

3. Qual motivo o leva a consumir pescados?

disfarçar a fome

praticidade

por hábito

devido a regime ou dieta

não consome

4. Tem o hábito de consumir filé de *P. hypophthalmus* (panga)?

Sim  Não

Comentário:

\_\_\_\_\_

5. Você se preocupa em consumir alimentos com características funcionais?

Sim  Não

OBRIGADA PELA PARTICIPAÇÃO!

## FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

### TESTE DE ACEITAÇÃO

NÚMERO: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Você está recebendo 2 amostras de filé de *P. hypophthalmus*. Por favor, avalie as amostras de acordo com os atributos solicitados, utilizando a escala hedônica abaixo:

ESCALA HEDÔNICA VISÃO GERAL		AROMA	COR	SABOR	TEXTURA	APARÊNCIA
9 = gostei muitíssimo;	AMOSTRA 1	AMOSTRA 1	AMOSTRA 1	AMOSTRA 1	AMOSTRA 1	AMOSTRA 1
8 = gostei muito;	NOTA ( )	NOTA ( )	NOTA ( )	NOTA ( )	NOTA ( )	NOTA ( )
7 = gostei moderadamente;	AMOSTRA 2	AMOSTRA 2	AMOSTRA 2	AMOSTRA 2	AMOSTRA 2	AMOSTRA 2
6 = gostei ligeiramente;						
4 = desgostei ligeiramente;						
3= desgostei moderadamente;	Comentário:	Comentário:	Comentário:	Comentário:	Comentário:	Comentário:
2 = desgostei muito;						
1 = desgostei muitíssimo;						

### TESTE DE INTENSÃO DE COMPRA

Baseado na impressão global do produto, indique a sua atitude de compra com relação a amostra, usando a escala abaixo:

TESTE DE INTENSÃO DE COMPRA	
5 = certamente compraria	AMOSTRA 1 NOTA ( )
4= provavelmente compraria;	
3 = talvez comprasse/talvez não;	AMOSTRA 2 NOTA ( )
2= provavelmente não compraria;	
1 = certamente não compraria	Comentário:

**OBRIGADO PELA PARTICIPAÇÃO**

## APÊNDICE B

### Cálculos de energias de recursos consumidos

Eq. (A.1) Consumo do periffiton (g/ano/tanque) = ((((((feed conversion ratio 1 - feed conversion ratio 2) \* final weight of fish)/number of days of the cycle))\*number of fish per cage)\*365

Eq. (A.2) Energia solar (J) = (area)\*(insolação)\*(1-albedo)

Eq. (A.3) Energia do vento (J) = (area)\*(velocidade do vento)\*(densidade do vento)\*(energia livre de gibbs)

Eq. (A.4) Energia do perifiton (J) = ((energia da proteína)\*(concentração da proteína do perifiton))+(energia do lipídeo)\*(concentração do lipídeo do perifiton))+((energia do carboidrato)\*(concentração do carboidrato do lipídeo))\*(consumo do perifiton))

Eq. (A.5) Energia dos alevinos (J) = (numero de peixes)\*(peso)\*(5 kcal/g)\*(4186 J/kcal)

Eq. (A.6) Energia da eletricidade (J) = (consumo)\*(3600000 J/kWh)

Eq. (A.7) Energia da ração = ((concentração da proteína)\*(energia da proteína))+((concentração do lipídeo)\*(energia do lipídeo))+((concentração do carboidrato)\*(energia do carboidrato))

Eq. (A.8) Energia total da ração consumida (J) = (ração consumida)\*(energia da ração)

Eq. (A.9) Energia da mão-de-obra (J) = (horas)\*((2500kcal consumida/número de dias por ciclo)/24h)\*(4186 J/kcal)

Eq. (A.10) Energia do pescado (J) = ((concentração da proteína)\*(energia proteica)\*(produção total))+((concentração do lipídeo)\*(energia do lipídeo)\*(produção total))+((concentração do carboidrato)\*(energia do carboidrato)\*(produção total))

APÊNDICE C

Tabela 6- Cálculos

Item	Valor	Unidade
<b>Sol</b>		
Área	7,42E+02	m2
Insolação	5,23E+09	J/m <sup>2</sup> /ano
Albedo	8,00E-01	
Fluxo anual	3,11E+12	J/m <sup>2</sup> /ano
UEV	1,00E+00	seJ/J
Energia	3,11E+12	J/ano
<b>Vento</b>		
Área	7,42E+02	m2
Densidade do ar	1,23E+00	kg/m3
Coefficiente de drag	1,00E-03	
Velocidade do vento	2,80E+04	m/s
Tempo	3,16E+07	s
Fluxo anual	8,06E+11	J/m <sup>2</sup> /ano
UEV	1,86E+03	seJ/J
Energia	1,50E+15	J/ano
<b>Perifíton</b>		
Concentração de proteína	1,91E+00	
Energia da proteína	4,00E+00	kcal/g
Consumo do perifíton	1,20E+04	
Concentração de lipídio	7,31E+00	
Energia do lipídio	9,00E+00	kcal/g
Consumo do perifíton	1,20E+04	
Concentração de carboidrato	0,00E+00	
Energia do carboidrato	4,00E+00	kcal/g
Consumo do perifíton	1,20E+04	
Fluxo anual	8,81E+05	
UEV	2,71E+03	seJ/J
Energia	2,39E+09	J/ano
<b>Bambu</b>		
Quantidade de bambu	8,21E+01	kg
UEV	4,90E+11	seJ/J
Energia	4,02E+13	J/ano
<b>Alevinos</b>		
Quantidade de peixes	1,70E+03	unidade/ano
Peso inicial de cada peixe	5,00E+01	g
Fator de conversão 1	5,00E+00	kcal/g
Fator de conversão 2	4,19E+03	J/kcal
Fluxo anual	1,78E+09	J/ano
UEV	7,15E+05	seJ/J

Energia	1,27E+15	J/ano
<b>Eletricidade</b>		
Consumo	4,50E+00	kWh
Fator de conversão 1	3,60E+06	J/kWh
Fluxo anual	1,62E+07	
UEV	8,51E+04	seJ/J
Energia	1,38E+12	J/ano
<b>Ração</b>		
Concentração de proteína	3,20E+01	g/kg
Energia da proteína	4,00E+00	kcal/g
Concentração de lipídio	8,00E+00	g/kg
Energia do lipídio	9,00E+00	kcal/g
Concentração de carboidrato	3,90E+01	g/kg
Energia do carboidrato	4,00E+00	kcal/g
Quantidade de ração	2,46E+02	kg
Fluxo anual	8,76E+04	J/kg/ano
UEV	9,96E+04	seJ/J
Energia	8,72E+09	J/ano
<b>Infraestrutura e equipamentos</b>		
Depreciação	3,99E+03	\$/ano
UEV	3,44E+12	seJ/\$
Energia	1,37E+16	seJ/ano
<b>Mão de obra</b>		
Horas de trabalho	7,77E+02	horas/dia
Fator de conversão 1	1,41E+00	kcal/ano
Fator de conversão 2	4,19E+03	J/kcal
Fluxo anual	4,58E+06	J/ano
UEV	3,27E+06	seJ/J
Energia	1,50E+13	seJ/ano
<b>Água de poço</b>		
Quantidade água	4,60E+06	L
Fluxo anual	4,60E+06	L/ano
UEV	1,04E+09	seJ/L
Energia	4,78E+15	seJ/ano
<b>Cal</b>		
Quantidade de cal (Fluxo anual)	5,92E+02	
UEV	7,E+07	seJ/L
Energia	3,90E+10	seJ/ano
<b>Matéria orgânica</b>		
Quantidade de matéria orgânica	1,18E+03	
UEV	8,15E+04	seJ/L
Energia	9,64E+07	seJ/ano
<b>Peixe</b>		
Concentração de proteína	1,92E+01	

Energia da proteína	4,00E+00	kcal/g
Total da produção	3,40E+05	
Concentração de lipídio	2,23E+00	
Energia do lipídio	9,00E+00	kcal/g
Total da produção	3,40E+05	
Concentração de carboidrato	0,00E+00	
Energia do carboidrato	4,00E+00	kcal/g
Total da produção	3,40E+05	
Fluxo anual	3,29E+07	
UEV	0,00E+00	seJ/L
Energia	#DIV/0!	seJ/ano

Tabela 3- Cálculos

Item	Valor	Unidade
<b>Sol</b>		
Área	1,76E+00	m <sup>2</sup>
Insolação	5,23E+09	J/m <sup>2</sup> /ano
Albedo	8,00E-01	
Fluxo anual	7,37E+09	J/m <sup>2</sup> /ano
UEV	1,00E+00	seJ/J
Energia	7,37E+09	J/ano
<b>Vento</b>		
Área	1,76E+00	m <sup>2</sup>
Densidade do ar	1,23E+00	kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente de drag	1,00E-03	
Velocidade do vento	2,80E+04	m/s
Tempo	3,16E+07	s
Fluxo anual	1,91E+09	J/m <sup>2</sup> /ano
UEV	1,86E+03	seJ/J
Energia	3,56E+12	J/ano
<b>Alevinos</b>		
Quantidade de peixes	5,93E+01	unidade/ano
Peso inicial de cada peixe	3,31E+01	g
Fator de conversão 1	5,00E+00	kcal/g
Fator de conversão 2	4,19E+03	J/kcal
Fluxo anual	4,11E+07	J/ano
UEV	7,15E+05	seJ/J
Energia	2,94E+13	J/ano
<b>Eletricidade</b>		
Consumo	3,70E-01	kWh
Fator de conversão 1	3,60E+06	J/kWh
Fluxo anual	1,33E+06	

UEV	8,51E+04	seJ/J
Energia	1,13E+11	J/ano
<b>Ração</b>		
Concentração de proteína	3,20E+01	g/kg
Energia da proteína	4,00E+00	kcal/g
Concentração de lipídio	8,00E+00	g/kg
Energia do lipídio	9,00E+00	kcal/g
Concentração de carboidrato	3,90E+01	g/kg
Energia do carboidrato	4,00E+00	kcal/g
Quantidade de ração	2,61E+01	kg
Fluxo anual	9,28E+03	J/kg/ano
UEV	9,96E+04	seJ/J
Energia	9,24E+08	J/ano
<b>Infraestrutura e equipamentos</b>		
Depreciação	1,99E+02	\$/ano
UEV	3,44E+12	seJ/\$
Energia	6,86E+14	seJ/ano
<b>Mão de obra</b>		
Horas de trabalho	7,77E+02	horas/dia
Fator de conversão 1	1,41E+00	kcal/ano
Fator de conversão 2	4,19E+03	J/kcal
Fluxo anual	4,58E+06	J/ano
UEV	3,27E+06	seJ/J
Energia	1,50E+13	seJ/ano
<b>Água de poço</b>		
Quantidade água	3,79E+06	L
Fluxo anual	3,79E+06	L/ano
UEV	1,04E+09	seJ/L
Energia	3,95E+15	seJ/ano
<b>Peixe</b>		
Concentração de proteína	2,05E+01	
Energia da proteína	4,00E+00	kcal/g
Total da produção	2,29E+06	
Concentração de lipídio	6,70E+00	
Energia do lipídio	9,00E+00	kcal/g
Total da produção	2,29E+06	
Concentração de carboidrato	0,00E+00	
Energia do carboidrato	4,00E+00	kcal/g
Total da produção	2,29E+06	
Energia	4,68E+15	
Fluxo anual	3,26E+08	
UEV - transformidade	6,97E-08	seJ/L

Tabela 4- Cálculos

<b>Item</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
<b>Sol</b>		
Área	1,76E+00	m <sup>2</sup>
Insolação	5,23E+09	J/m <sup>2</sup> /ano
Albedo	8,00E-01	
Fluxo anual	7,37E+09	J/m <sup>2</sup> /ano
UEV	1,00E+00	seJ/J
Energia	7,37E+09	J/ano
<b>Vento</b>		
Área	1,76E+00	m <sup>2</sup>
Densidade do ar	1,23E+00	kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente de drag	1,00E-03	
Velocidade do vento	2,80E+04	m/s
Tempo	3,16E+07	s
Fluxo anual	1,91E+09	J/m <sup>2</sup> /ano
UEV	1,86E+03	seJ/J
Energia	3,56E+12	J/ano
<b>Perifíton</b>		
Concentração de proteína	1,91E+00	
Energia da proteína	4,00E+00	kcal/g
Consumo do perifíton	8,24E+02	
Concentração de lipídio	7,36E+00	
Energia do lipídio	9,00E+00	kcal/g
Consumo de perifíton	8,24E+02	
Concentração de carboidrato	0,00E+00	
Energia do carboidrato	4,00E+00	kcal/g
Consumo de perifíton	8,24E+02	
Fluxo anual	6,09E+04	
UEV	1,41E+14	seJ/J
Energia	8,58E+18	J/ano
<b>Bambu</b>		
Quantidade de bambu	8,89E+00	kg
UEV	4,90E+11	seJ/J
Energia	4,36E+12	J/ano
<b>Alevinos</b>		
Quantidade de peixes	5,93E+01	unidade/ano
Peso inicial de cada peixe	4,18E+01	g
Fator de conversão 1	5,00E+00	kcal/g
Fator de conversão 2	4,19E+03	J/kcal
Fluxo anual	5,19E+07	J/ano
UEV	7,15E+05	seJ/J
Energia	3,71E+13	J/ano
<b>Eletricidade</b>		
Consumo	3,70E-01	kWh

Fator de conversão 1	3,60E+06	J/kWh
Fluxo anual	1,33E+06	
UEV	8,51E+04	seJ/J
Energia	1,13E+11	J/ano
<b>Ração</b>		
Concentração de proteína	3,20E+01	g/kg
Energia da proteína	4,00E+00	kcal/g
Concentração de lipídio	8,00E+00	g/kg
Energia do lipídio	9,00E+00	kcal/g
Concentração de carboidrato	3,90E+01	g/kg
Energia do carboidrato	4,00E+00	kcal/g
Quantidade de ração	1,65E+01	kg
Fluxo anual	5,87E+03	J/kg/ano
UEV	9,96E+04	seJ/J
Energia	5,84E+08	J/ano
<b>Infraestrutura e equipamentos</b>		
Depreciação	1,99E+02	\$/ano
UEV	3,44E+12	seJ/\$
Energia	6,86E+14	seJ/ano
<b>Mão de obra</b>		
Horas de trabalho	7,77E+02	horas/dia
Fator de conversão 1	1,41E+00	kcal/ano
Fator de conversão 2	4,19E+03	J/kcal
Fluxo anual	4,58E+06	J/ano
UEV	3,27E+06	seJ/J
Energia	1,50E+13	seJ/ano
<b>Água de poço</b>		
Quantidade água	3,79E+06	L
Fluxo anual	3,79E+06	L/ano
UEV	1,04E+09	seJ/L
Energia	3,95E+15	seJ/ano
<b>Peixe</b>		
Concentração de proteína	2,24E+01	
Energia da proteína	4,00E+00	kcal/g
Total da produção	2,52E+06	
Concentração de lipídio	4,49E+00	
Energia do lipídio	9,00E+00	kcal/g
Total da produção	2,52E+06	
Concentração de carboidrato	0,00E+00	
Energia do carboidrato	4,00E+00	kcal/g
Total da produção	2,52E+06	
Fluxo anual	3,28E+08	
UEV - transformidade	6,91E+25	seJ/J
Energia	4,74E-18	J/ano

Tabela 5- Cálculos

<b>Item</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
<b>Sol</b>		
Área	1,76E+00	m <sup>2</sup>
Insolação	5,23E+09	J/m <sup>2</sup> /ano
Albedo	8,00E-01	
Fluxo anual	7,37E+09	J/m <sup>2</sup> /ano
UEV	1,00E+00	seJ/J
Energia	7,37E+09	J/ano
<b>Vento</b>		
Área	1,76E+00	m <sup>2</sup>
Densidade do ar	1,23E+00	kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente de drag	1,00E-03	
Velocidade do vento	2,80E+04	m/s
Tempo	3,16E+07	s
Fluxo anual	1,91E+09	J/m <sup>2</sup> /ano
UEV	1,86E+03	seJ/J
Energia	3,56E+12	J/ano
<b>Perifíton</b>		
Concentração de proteína	1,91E+00	
Energia da proteína	4,00E+00	kcal/g
Consumo de perifíton	4,42E+02	
Concentração de lipídio	7,36E+00	
Energia do lipídio	9,00E+00	kcal/g
Consumo de perifíton	4,42E+02	
Concentração de carboidrato	0,00E+00	
Energia do carboidrato	4,00E+00	kcal/g
Consumo de perifíton	4,42E+02	
Fluxo anual	3,27E+04	
UEV	1,41E+14	seJ/J
Energia	4,60E+18	J/ano
<b>Bambu</b>		
Quantidade de bambu	8,89E+00	kg
UEV	4,90E+11	seJ/J
Energia	4,36E+12	J/ano
<b>Alevinos</b>		
Quantidade de peixes	5,93E+01	unidade/ano
Peso inicial de cada peixe	3,94E+01	g
Fator de conversão 1	5,00E+00	kcal/g
Fator de conversão 2	4,19E+03	J/kcal
Fluxo anual	4,89E+07	J/ano
UEV	7,15E+05	seJ/J
Energia	3,50E+13	J/ano

<b>Eletricidade</b>		
Consumo	3,70E-01	kWh
Fator de conversão 1	3,60E+06	J/kWh
Fluxo anual	1,33E+06	
UEV	8,51E+04	seJ/J
Energia	1,13E+11	J/ano
<b>Ração</b>		
Concentração de proteína	3,20E+01	g/kg
Energia da proteína	4,00E+00	kcal/g
Concentração de lipídio	8,00E+00	g/kg
Energia do lipídio	9,00E+00	kcal/g
Concentração de carboidrato	3,90E+01	g/kg
Energia do carboidrato	4,00E+00	kcal/g
Quantidade de ração	8,84E+00	kg
Fluxo anual	3,15E+03	J/kg/ano
UEV	9,96E+04	seJ/J
Energia	3,13E+08	J/ano
<b>Infraestrutura e equipamentos</b>		
Depreciação	1,99E+02	\$/ano
UEV	3,44E+12	seJ/\$
Energia	6,86E+14	seJ/ano
<b>Mão de obra</b>		
Horas de trabalho	7,77E+02	horas/dia
Fator de conversão 1	1,41E+00	kcal/ano
Fator de conversão 2	4,19E+03	J/kcal
Fluxo anual	4,58E+06	J/ano
UEV	3,27E+06	seJ/J
Energia	1,50E+13	seJ/ano
<b>Água de poço</b>		
Quantidade água	3,79E+06	L
Fluxo anual	3,79E+06	L/ano
UEV	1,04E+09	seJ/L
Energia	3,95E+15	seJ/ano
<b>Peixe</b>		
Concentração de proteína	2,28E+01	
Energia da proteína	4,00E+00	kcal/g
Total da produção	2,07E+06	
Concentração de lipídio	4,38E+00	
Energia do lipídio	9,00E+00	kcal/g
Total da produção	2,07E+06	
Concentração de carboidrato	0,00E+00	
Energia do carboidrato	4,00E+00	kcal/g
Total da produção	2,07E+06	
Fluxo anual	2,69E+08	
UEV - transformidade	1,77E+16	seJ/J

Energia	1,52E-08	J/ano
---------	----------	-------

---

