



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

MARCELO MENEZES DE BRITTO PEREIRA

USO DO FARELO DE *Ulva fasciata* COMO INGREDIENTE EM DIETAS PARA
LARVAS DE TILÁPIA-DO-NILO *Oreochromis niloticus*

BELÉM

2023

MARCELO MENEZES DE BRITTO PEREIRA

USO DO FARELO DE *Ulva fasciata* COMO INGREDIENTE EM DIETAS PARA
LARVAS DE TILÁPIA-DO-NILO *Oreochromis niloticus*

Dissertação apresentada a Universidade Federal Rural da
Amazônia como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais,
para obtenção de título de mestre.

Área de concentração: Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Carneiro Sterzelecki

Co-orientador: Dr. Rodrigo Takata

BELÉM

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- P436u Pereira, Marcelo Menezes de Britto
 Uso do farelo de *Ulva fasciata* como ingrediente em dietas para larvas de tilápia-do-Nilo
Oreochromis niloticus / Marcelo Menezes de Britto Pereira. - 2023.
 75 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Aquicultura e Recursos Aquáticos
Tropicais (PPGARAT), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia,
Belém, 2023.
 Orientador: Prof. Dr. Fábio Carneiro Sterzelecki
 Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Takata.

1. Larvicultura. 2. Nutracêutico. 3. Macroalga. I. Sterzelecki, Fábio Carneiro, *orient.* II. Título

MARCELO MENEZES DE BRITTO PEREIRA

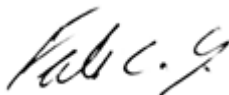
USO DO FARELO DE *Ulva fasciata* COMO INGREDIENTE EM DIETAS PARA
LARVAS DE TILÁPIA-DO-NILO *Oreochromis niloticus*

Dissertação apresentada a Universidade Federal Rural da Amazônia como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, para obtenção de título de mestre. Área de concentração: Aquicultura.

28 / 02 / 2023

Data de aprovação

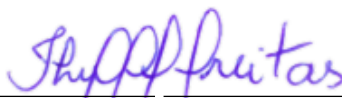
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Fábio Carneiro Sterzelecki (Orientador)
Universidade federal Rural da Amazônia – UFRA



Prof. Dr. Lício Sá freire
Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro – Fiperj



Prof. Dr. Thiago Mendes de Freitas
Universidade Nilton Lins



Prof. Dr. Glauber David Almeida Palheta
Universidade federal Rural da Amazônia – UFRA

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, especialmente esposa e filha, pelo incentivo e compreensão nos momentos de ausência;

À Universidade Federal Rural da Amazônia, em especial ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos tropicais, por me proporcionar a oportunidade de realizar este curso;

Ao meu orientador Prof. Dr. Fábio Carneiro Sterzelecki e co-orientador Dr. Rodrigo Takata pela confiança e dedicação;

À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ, E-26/010.001971/2014) pelo financiamento do projeto.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

Produções aquícolas de peixes tropicais costumam apresentar altos índices de mortalidade na fase de larvicultura, pois as larvas apresentam estruturas anatômicas e fisiológicas ainda em formação. O manejo e a adoção de tecnologia inapropriada podem comprometer o rendimento das demais fases do ciclo, reduzindo a produtividade devido às perdas no plantel e resultando em quantidade de juvenis menor que a planejada. Além disso, uma larvicultura ineficaz tende a gerar animais de baixa qualidade, com menores taxas de crescimento e mais susceptíveis a doenças. Em contraponto, um manejo alimentar adequado, com dietas balanceadas, pode levar a uma melhoria na produção dessas espécies, em termos qualitativos e quantitativos. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da inclusão do farelo de alga seca triturada da espécie *Ulva fasciata* como ingrediente em dietas formuladas durante a larvicultura da tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus* e, posteriormente, verificar a sobrevivência e as respostas sanguíneas dos animais quando submetidos a situações de estresse, no caso, exposição ao ar e choque osmótico. O experimento foi dividido em duas fases (I e II) e teve duração total de 75 dias. O estudo foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos, níveis de inclusão do ingrediente *U. fasciata* seca e triturada nas proporções de 0, 2,5%, 5%, 7,5%, 10% e 12,5%. Ao final de ambas as fases não houve diferença estatística para a sobrevivência. Ao final da Fase 1 (primeiros 30 dias de alimentação exógena), o aumento do nível de inclusão do farelo de *U. fasciata* proporcionou uma diminuição no desempenho das larvas. Na Fase 2 não houve diferença estatística para os parâmetros de desempenho avaliados e o fator de condição; com exceção da TCE, que foi maior nos juvenis alimentados com as dietas contendo de 7,5 a 12,5% de inclusão do farelo de *U. fasciata*, em comparação aos tratamentos que receberam as dietas contendo 0 e 2,5%. As dietas contendo os maiores níveis de inclusão de *U. fasciata* proporcionaram os maiores níveis de glicose sanguínea em comparação aos demais tratamentos. Nos testes de estresse, os juvenis apresentaram aumento dos níveis de glicose logo após o estresse, e esses níveis retornaram aos valores basais 24h após os testes. A inclusão de 5% do farelo de *U. fasciata* levou a um menor aumento no nível de glicose sanguínea após a avaliação de exposição ao ar. Ainda, a mortalidade foi superior após 96 h no tratamento em que os peixes receberam 12,5% do farelo de *U. fasciata*. As médias de proteína e matéria mineral da análise corporal foram semelhantes entre os tratamentos. A concentração de umidade e lipídeos foram diferentes e inversamente proporcionais entre os tratamentos. Considerando as Fases 1 e 2 do experimento, pode-se recomendar a inclusão de 2.5% em sua

formulação, sem prejuízos para o desempenho, sem alterações nos níveis de glicose sanguínea e com boa resposta ao desafio por estresse aéreo. Níveis superiores de inclusão devem ser avaliados mais profundamente no futuro, pois há indícios de uma possível modulação da resposta glicêmica à situação de estresse.

Palavras-chaves: Larvicultura. Nutracêuticos. Macroalga.

ABSTRACT

Aquaculture of tropical fish usually present high mortality rates in the larviculture phase, as the larvae have anatomical and physiological structures still in formation. The management and adoption of inappropriate technology can compromise the yield of the other phases of the cycle, reducing productivity and resulting in a lower number of juveniles. In addition, an ineffective larviculture tends to generate animals of low quality, with lower growth rates and more susceptible to diseases. On the other hand, adequate food management with balanced diets can lead to an improvement in the production, in qualitative and quantitative terms. Thus, the present study aimed to evaluate the effects of the seaweed meal *Ulva fasciata* as an ingredient in formulated diets during larviculture of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* and, subsequently, to verify the survival and responses blood pressure of animals when subjected to stress management, ie. air exposure and osmotic shock. The experiment was divided into two phases (I and II), totaling 75 days. The study was carried out in a completely randomized design, with six treatments, inclusion levels of *U. fasciata* meal: 0, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% and 12.5%. At the end of both phases there was no statistical difference for survival. At the end of Phase 1 (first 30 days of exogenous feeding), the increase in the *U. fasciata* meal levels' resulted in a decreasing in larval performance. In Phase 2, there was no statistical difference for the performance parameters and the condition factor; with the exception of Specific growth rate (SGR), which was higher in juveniles fed diets containing 7.5 to 12.5% of *U. fasciata* meal compared to treatments that received diets containing 0 and 2.5%. Diets containing the highest levels of *U. fasciata* provided the highest levels of blood glucose compared to the other treatments. In the stress tests, the juveniles showed an increase in glucose levels shortly after the stress, and these levels returned to baseline values 24h after the tests. 5% of *U. fasciata* meal led to a smaller increase in blood glucose level after air exposure. Still, mortality was higher after 96 h in the treatment in which the fish received 12.5% of *U. fasciata* meal. The body protein and mineral matter were similar between treatments. Moisture and lipids were different and inversely proportional between treatments. Considering Phases 1 and 2 of the experiment, 2.5% of *U. fasciata* meal in dietary formulation can be recommended, without prejudice to performance and with no changes in blood glucose levels and a good response to the air stress challenge. Higher inclusion levels should be further evaluated in the future, as there were indications of a possible modulation of the glycemic response to the stressful situation.

Keywords: Larviculture. Nutraceuticals. Seaweed.

SUMÁRIO

1	CONTEXTUALIZAÇÃO	9
1.1	Introdução	9
1.2	Objetivos	12
1.2.1	Objetivo Geral	12
1.2.2	Objetivos Específicos	12
1.3	Revisão de Literatura	13
1.3.1	Produção de pescado no mundo	13
1.3.2	Produção de pescado no Brasil	16
1.3.3	A tilapicultura no Brasil.....	18
1.3.4	Nutrição e saúde atuando juntos na larvicultura da tilápia-do-nilo	20
1.3.5	Caracterização dos alimentos bioativos, funcionais e nutraceuticos	22
1.3.6	Macroalgas.....	23
1.3.7	Estresse na aquicultura, respostas imunológicas e a ação dos imunostimulantes nos organismos aquáticos.....	30
1.3.8	Hematologia e Saúde em Peixes de Cultivo	34
	REFERÊNCIAS	37
2	ARTIGO CIENTÍFICO	45
2.1	Introdução	48
2.2	Material e Métodos	50
2.2.1	Formulações dietéticas e confecção das dietas	50
2.2.2	Análise de água.....	52
2.2.3	Avaliação de desempenho e coleta	52
2.2.4	Desafio de exposição ao ar e choque osmótico	52
2.2.5	Análise sanguínea	53
2.2.6	Análise de composição dos ingredientes, ração e corporal.....	54
2.2.7	Estatística	54
2.3	Resultados	55
2.3.1	Desempenho	55
2.3.2	Composição corporal	58
2.3.3	Desafio de exposição ao ar e choque osmótico	59
2.4	Discussão	62

2.5	Conclusão.....	68
	REFERÊNCIAS.....	68
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1 Introdução

A produção mundial de peixes tem aumentado de forma significativa ao longo dos últimos anos. Levantamentos estatísticos relacionados à produção de pescado continuam demonstrando o papel relevante da aquicultura diante da necessidade em suprir a crescente demanda por alimento e emprego (FAO, 2022).

Segundo o relatório *The State of Food Security and Nutrition in the World* (FAO, 2021), cerca de 2,37 bilhões de pessoas não tiveram acesso à alimentação adequada em 2020. Esta situação vem despertando preocupação ao longo dos últimos 10 anos e foi agravada pela pandemia da COVID 19. Um dos caminhos recomendados pelo relatório para reverter esse quadro aponta para a necessidade de garantir acesso à dieta saudável e de baixo custo a toda população, com impactos positivos na saúde humana e o meio ambiente.

Nesse cenário, as produções oriundas da atividade aquícola apresentam-se com grande potencial, pois serão capazes de promover desenvolvimento justo em bases ambientais sustentáveis (FAO, 2022). A piscicultura em água doce apresenta elevado destaque dentro do rol de possibilidades na aquicultura, e a tilápia *Oreochomis niloticus* vem se destacando no cenário mundial e nacional. Informações dos principais países produtores consolidam a tilápia como uma das espécies de cultivo mais produzido no mundo (PEIXE BR, 2022). Os dados preliminares da produção global de tilápia, obtidos pelo Anuário Peixe BR (2022), apontam para crescimento de 2% entre 2020 e 2021, com produção em torno de 6,25 milhões de toneladas.

No Brasil, a tilápia tem se consolidado como a principal espécie de peixe de cativeiro, pois sua capacidade de se adaptar a diferentes ambientes possibilita a produção em boa parte da extensa área territorial do país. Segundo dados levantados pelo Anuário da Piscicultura Peixe BR (2022), a tilápia foi a espécie de peixe mais criada no Brasil em 2021, com destaque em 15 estados, onde sua produção superou a de todas as outras espécies juntas, com impactos positivos na oferta de alimento e emprego. A piscicultura brasileira produziu 534.005 toneladas de tilápia em 2021, com crescimento de 9,8% sobre o ano anterior (486.255t), e representou 63,5% da produção total de peixes de cultivo, comprovando sua viabilidade para as condições brasileiras.

No entanto, para alcançar aumento de produção ainda mais significativo, compatível com o potencial que se apresenta, é necessário ajustar pontos específicos da cadeia produtiva.

Entre os pontos que merecem uma atenção especial está o desenvolvimento/melhoria do pacote tecnológico nutricional, promovendo o aumento de produtividade de forma eficiente e saudável (PEIXE BR, 2020).

Nesse sentido, pesquisas desenvolvidas na área de nutrição e manejo alimentar podem levar a melhorias nas técnicas de cultivo que venham a promover aumento de produção. Considerando que a alimentação representa o principal custo de produção, estudos nessa área podem melhorar o rendimento financeiro da atividade, visto que os conhecimentos adquiridos podem subsidiar indústrias de ração na formulação de dietas específicas e mais baratas. A busca por técnicas de manejo que resultem em melhores taxas de conversão alimentar, melhora na saúde dos animais e menores índices de mortalidade têm sido apontada como um importante caminho para o crescimento da atividade, pois estes constituem entraves para o desenvolvimento da produção aquícola no Brasil (FRACALOSSO; CYRINO, 2013). Avanços nessa área devem ser realizados para promover o crescimento dos peixes e, ao mesmo tempo, a saúde dos animais em criação, que são expostos a uma série de fatores estressantes inerentes ao manejo produtivo.

A larvicultura pode ser considerada um dos maiores gargalos da produção, pois as larvas eclodem ainda em formação, completando seu desenvolvimento posteriormente, o que acarreta desafios ainda maiores para essa fase (PORTELLA *et al.*, 2012; MENOSSI *et al.*, 2012). Neste caso, um alimento que dê condições para as larvas se desenvolverem de forma saudável, mesmo com os desafios estressantes dos sistemas de produção, é necessário para o sucesso da atividade, que culmina em uma produção de alevinos em quantidade e qualidade (PORTELLA *et al.*, 2012). A tilápia é uma espécie que pode ser classificada como precocial em relação ao seu desenvolvimento inicial (PORTELLA *et al.*, 2012), o que permite o uso de dietas formuladas desde o início de sua alimentação exógena. Isso gera a possibilidade de trabalhar a nutrição das larvas com a formulação de dietas secas precocemente, sendo a espécie um modelo adequado para estudos em larvas precociais.

As macroalgas exercem papel importante na busca pelo desenvolvimento de um pacote tecnológico nutricional, pois podem atuar como fonte de nutriente e, de forma complementar, como componente nutricional bioativo para peixes de piscicultura, com potencial para promover melhoras na produtividade (MUTHU; RAJA; SUDHAKAR, 2022; ABO-RAYA *et al.*; 2021; ASHOUR *et al.*; 2021; LEGARDA *et al.*; 2021; NOORJAHAN *et al.*; 2021; TAMILARASU *et al.*, 2021; THEPOT *et al.*, 2021). Em estudo com nutrição em tilápia-do-Nilo na fase de juvenil, Garcia *et al.* (2012) concluíram que a suplementação

alimentar com produto a base de alga pode atuar como uma excelente fonte de nutrientes bioativos e nutracêuticos para a espécie. Atualmente, os avanços em nutrição buscam conhecimentos capazes de incrementar a produção de peixes saudáveis, com o uso de ingredientes diferenciados que equilibram a microbiota intestinal e estimulam o sistema de defesa dos peixes. No entanto, informações sobre o uso de alga seca triturada na alimentação de larvas ainda são raros e merecem ser mais investigados.

Desta forma, o presente projeto visa trazer informações sobre o uso da macroalga *U. fasciata*, seca e triturada, na alimentação de larvas de tilápia-do-Nilo, uma importante espécie na produção aquícola mundial e nacional e uma referência para estudos de larvas precociais.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O presente estudo teve como objetivo avaliar níveis de inclusão do farelo de *Ulva fasciata* como ingrediente em dietas formuladas durante a larvicultura da tilápia-do-Nilo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito dos níveis de inclusão do farelo de *Ulva fasciata* no desempenho zootécnico e sobrevivência de larvas de tilápia;
- Determinar o perfil de glicose, hematócrito e proteína plasmática em juvenis de tilápia alimentados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de farelo de *Ulva fasciata*;
- Determinar a composição corporal em juvenis de tilápia alimentados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de farelo de *Ulva fasciata* durante a fase inicial de desenvolvimento;
- Avaliar a sobrevivência e as alterações nos níveis de glicose sanguínea dos juvenis de tilápia do Nilo alimentados com diferentes níveis de farelo de *Ulva fasciata* após estresse de exposição ao ar e choque osmótico.

1.3 Revisão de Literatura

1.3.1 Produção de pescado no mundo

Os dados da produção global de pescado (pesca e aquicultura) das últimas décadas têm evidenciado o potencial da aquicultura em reduzir a pressão sobre os estoques pesqueiros, com crescente aumento percentual da produção aquícola em relação à pesca. Das 177,8 milhões de toneladas produzidas em 2020, 51% (90,3 milhões de toneladas) foram oriundas da pesca e 49% (87,5 milhões de toneladas) oriundas da aquicultura, com ligeira redução em relação a 2018, cuja produção alcançou 178,9 milhões de toneladas, interrompendo expansão significativa nas últimas sete décadas, com uma taxa de crescimento anual de 3,3% entre 1950 e 2018 (FAO, 2022). Essa redução foi impulsionada por uma queda de 6,42% da produção pesqueira, que baixou de 96,5 milhões de toneladas em 2018 para 90,3 milhões de toneladas em 2020, enquanto a produção de pescado oriunda da aquicultura manteve tendência de crescimento, passando de 82,5 milhões de toneladas em 2018 para 87,5 milhões de toneladas em 2020. Mudanças na política de proteção ambiental da China e várias questões relacionadas à COVID 19 ajudam a explicar essa interrupção no crescimento da atividade pesqueira (FAO, 2022).

A mesma tendência de crescimento foi observada na produção aquícola global, com taxa de crescimento em 2020 mesmo em meio à disseminação mundial da pandemia da COVID-19. Segundo dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome (FAO, 2022), a produção total da atividade aquícola em 2020 foi 122,6 milhões de toneladas em peso vivo (aumento de 6,7 milhões de toneladas em relação a 2018), compreendendo 87,5 milhões de toneladas de animais aquáticos, 35,1 milhões de toneladas de algas e 700 toneladas de conchas e pérolas para uso ornamental. O valor total estimado de venda foi de US\$ 281,5 bilhões em 2020, um aumento de US\$ 18,5 bilhões a partir de 2018 e US\$ 6,7 bilhões a partir de 2019. No período entre 1990 e 2020, a taxa média de crescimento de aquicultura mundial foi de 6,7% ao ano, embora a taxa média de crescimento anual tenha diminuído gradualmente, passando de 9,5% durante o período de 1990 a 2000 para 4,6% durante o período de 2010 a 2020. O desempenho produtivo da aquicultura de animais aquáticos foi muito semelhante, com taxa média de crescimento de 6,5% ao ano no período entre 1990 e 2020 e diminuição gradual da taxa média de crescimento, passando de 9,5% durante o período de 1990 a 2000 para 4,2% durante o período de 2010 a 2020 (FAO, 2022).

A produção mundial da aquicultura de animais aquáticos em 2020 também apresentou crescimento em relação a 2018, com aumento de 3,3% na produção de 2019 (de 82,5 milhões

de toneladas em 2018 para 85,2 milhões de toneladas em 2019) e 2,7% na produção de 2020, que alcançou 87,5 milhões de toneladas. Do total de animais aquáticos produzidos em 2020, 54,3 milhões de toneladas foram oriundas da aquicultura continental e 33,1 milhões de toneladas foram oriundas da aquicultura marinha e costeira (FAO, 2022). Tabela 1.

Em termos mundiais, a criação de peixes foi à atividade dominante entre as fazendas aquícolas em 2020, com 57,5 milhões de toneladas produzidas e venda estimada em 146,1 bilhões de dólares, incluindo 49,1 milhões de toneladas (US\$ 109,8 bilhões) da aquicultura interior e 8,3 milhões de toneladas (US\$ 36,2 bilhões) de aquicultura marinha e costeira (FAO, 2022). Ainda segundo dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome (FAO, 2022), as produções das demais espécies de animais aquáticos atingiram 29,9 milhões toneladas, sendo 17,7 milhões toneladas de moluscos (US\$ 29,8 bilhões), principalmente bivalves, 11,2 milhões de toneladas de crustáceos (US\$ 81,5 bilhões), 525.000 toneladas de invertebrados (US\$ 2,5 bilhões) e 537.000 toneladas de espécies semiaquáticas, incluindo tartarugas e rãs (US\$ 5 bilhões). Tabela 1.

Tabela 1 – Produção Mundial da Aquicultura de Animais Aquáticos em 2020.

Grupos	Milhões ton.	Percentual
Peixes (Aquicultura Continental)	49,12	90,2
Crustáceos (Aquicultura Continental)	4,48	8,2
Moluscos (Aquicultura Continental)	0,19	0,4
Outros animais aquáticos (Aquicultura Continental)	0,59	1,1
Total Animais aquáticos (Aquicultura Continental)	54,38	99,9
Algas (Aquicultura Continental)	0,06	0,1
Total Aquicultura Continental	54,45	100
Peixes (Aquicultura Marinha e Costeira)	8,34	12,2
Crustáceos (Aquicultura Marinha e Costeira)	6,76	9,9
Moluscos (Aquicultura Marinha e Costeira)	17,55	25,8
Outros animais aquáticos (Aquicultura Marinha e Costeira)	0,47	0,7
Total animais aquáticos (aquicultura marinha e costeira)	33,12	48,6
Algas (Aquicultura Marinha e Costeira)	35,01	51,4

Total Aquicultura Marinha e Costeira	68,13	100
Peixes (Aquicultura)	57,46	46,9
Crustáceos (Aquicultura)	11,24	9,2
Moluscos (Aquicultura)	17,74	14,5
Outros animais aquáticos (Aquicultura)	1,06	0,9
Total Animais aquáticos (Aquicultura)	87,50	71,5
Algas (Aquicultura)	35,08	28,6
Total Aquicultura	122,58	100

Fonte: FAO, 2022.

No âmbito geral da aquicultura, continental, marinha e costeira, os peixes foram os grupos de espécies mais produzidos no mundo, sendo também o grupo mais produzido em 4 dos 5 continentes, ficando apenas a Oceania com produção de molusco ligeiramente maior (FAO, 2022). Tabela 2.

Tabela 2 - Produção aquícola por continente por grupos de espécies em 2020.

Categoria	Africa	Américas	Asia	Europa	Ocêania	Global
Aquicultura / Continental, Marinha e Costeira (milhões de ton. / peso vivo)						
Peixes	2,24	2,42	50,03	2,67	0,10	57,46
Crustáceos	0,007	1,27	9,95	0,004	0,009	11,24
Moluscos	0,006	0,69	16,35	0,58	0,12	17,74
Outros animais aquáticos	0,00006	0,0004	1,05	0,006	0,003	1,06
Algas	0,10	0,03	34,92	0,02	0,01	35,08
Total	2,35	4,40	112,30	3,28	0,24	122,58

Fonte: FAO, 2022.

Apesar da grande diversidade de espécies aquáticas cultivadas, apenas um pequeno número de espécies domina a produção aquícola. Em 2020 as principais espécies produzidas foram a carpa capim (*Ctenopharyngodon idellus*), com 5,8 milhões de toneladas (11,8% da aquicultura interior mundial), a carpa comum (*Hypophthalmichthys molitrix*) com 4,9 milhões

de toneladas (10% da aquicultura interior mundial) e a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), com 4,4 milhões de toneladas (9% da aquicultura interior mundial).

1.3.2 Produção de pescado no Brasil

No Brasil, a atividade de piscicultura também segue em ritmo de crescimento, apesar de ainda apresentar muitos gargalos na sua cadeia produtiva. Segundo o Anuário da Piscicultura Peixes BR (2022), o Brasil produziu 841.005 toneladas de peixes de cultivo (tilápia, peixes nativos e outras espécies) em 2021. Esse resultado representou crescimento de 4,7% em relação a 2020, cuja produção foi de 802.930 toneladas (PEIXE BR, 2021). Entre os anos de 2018-2019 e 2019-2020 a atividade já havia anotado crescimento, 4,9% e 5,9% respectivamente, confirmando a tendência de crescimento (PEIXE BR, 2021). Entre os anos de 2014 e 2021, a produção de peixes de cultivo saltou de 578.800 t (2014) para 841.005t (2021), crescimento de 45%, com média anual de crescimento de 5,6% (PEIXE BR, 2022).

A produção brasileira vem se especializando na criação e na exploração da tilápia, que se tornou a principal espécie aquícola do país devido a sua capacidade de adaptação a diferentes ambientes. A tilápia se manteve em 2021 como a espécie mais produzida no país, com um montante de 534.050 toneladas (Tabela 3), um crescimento de 9,8% em relação ao ano anterior, cuja produção registrada foi de 486.255 toneladas. Com esse excelente desempenho, a espécie consolidou-se ainda mais no cenário nacional, 63 em cada 100 peixes cultivados no Brasil são tilápias. Sua participação na produção total de peixes de cultivo também vem apresentando tendência de crescimento, passando de 51,4% em 2018 para 57% em 2019, 60,6% em 2020 e 63,5% em 2021 (PEIXE BR, 2022; PEIXE BR, 2021).

Tabela 3 - Produção de peixes de cultivo por região no ano de 2021 (em toneladas).

Categoria	Tilápia	Nativos	Outros ¹	Total
Sul	231.900	8.500	28.900	269.300
Sudeste	144.340	7.095	1.460	152.895
Cento Oeste	61.650	49.250	850	111.750
Nordeste	95.300	53.675	13.275	162.250
Norte	860	143.850	100	144.810

Total	534.050	262.370	44.585	841.005
-------	---------	---------	--------	---------

Fonte: Anuário da Piscicultura Peixe BR, 2022. ¹Carpas, trutas e pangasius, principalmente.

A região Sul, que se destaca no cenário nacional, produziu 231.900 toneladas de tilápia em 2021, representando 43,4% de toda a produção brasileira (Tabela 3). O estado do Paraná lidera com folga a posição no ranking de maior produtor do país, com produção de 182.000 toneladas, 139% a mais que o estado de São Paulo, o segundo colocado no ranking nacional.

Desde meados da década de 1990, a produção nacional avançou significativamente e posicionou o Brasil como o 4^a maior produtor de tilápia em termos globais. Com esse crescimento, o país aproxima-se ligeiramente do Egito (3^o maior produtor), que em 2020 produziu 940 mil toneladas. Em 2019, a produção brasileira de tilápia foi equivalente a 48% da produção egípcia, subindo para 51,8% em 2020 (PEIXE BR, 2021). Em 2021, no entanto, o Egito ultrapassou pela primeira vez a barreira de 1 milhão de toneladas, distanciando-se um pouco do Brasil, que produziu 534 mil toneladas e espera superar 550 mil t neste ano (PEIXE BR, 2022).

As exportações da piscicultura brasileira em 2021 apresentaram aumento de 28% em peso em comparação com o ano anterior, passando de 6.680 toneladas para 8.529 toneladas. Esse aumento reflete tendência consolidada nos últimos anos, de crescimento das vendas para o exterior. A tilápia se manteve em 2021 como a espécie mais exportada, respondendo por 88% das vendas externas e receita de US\$ 18,2 milhões, crescimento de 77% em relação a 2020 (PEIXE BR, 2022).

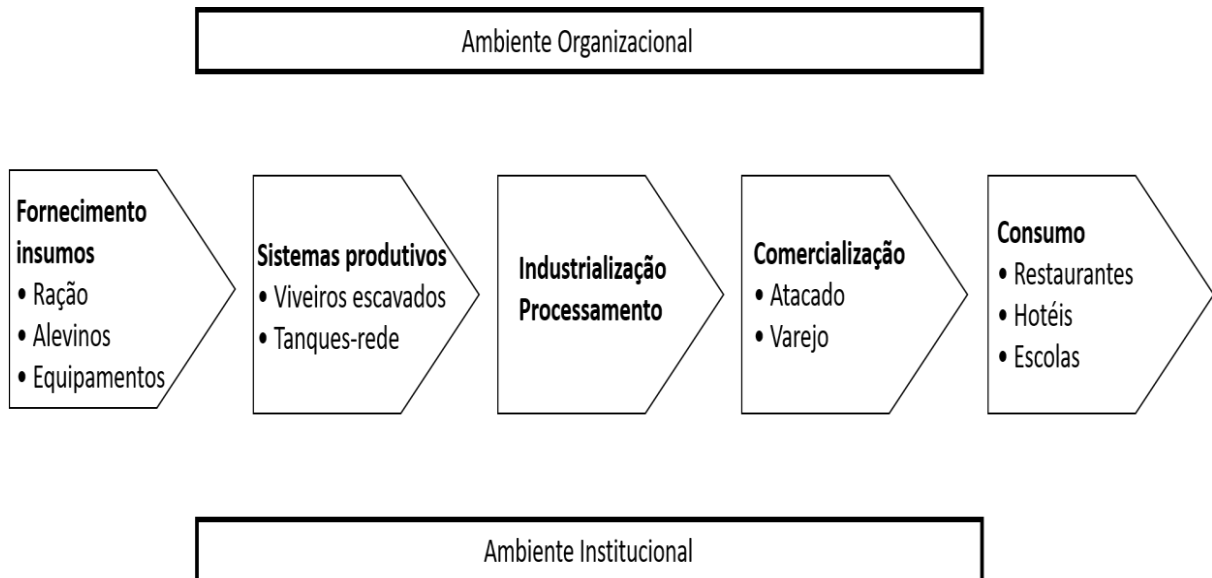
Ainda assim, considerando o potencial brasileiro para aquicultura – dado o amplo território, o clima tropical, a grande disponibilidade hídrica, o forte mercado interno e a produção elevada de grãos, o país não conseguiu se estabelecer como grande produtor aquícola (SCHULTER; VIEIRA FILHO, 2017).

Segundo o Anuário da Piscicultura Peixes BR (2020), o documento “Planejamento Estratégico em Agronegócios sobre o Setor de Aquicultura no Brasil e no Mundo”, produzido pela agência Apex-Brasil (Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos), aponta a necessidade de integração entre os elos da cadeia produtiva, com pesquisa e desenvolvimento em nutrição, genética, manejo, sanidade e processamento.

Apesar das tendências de crescimento, o Brasil ainda se coloca em posição moderada quando analisado sob a ótica do seu potencial produtivo, pois possui condições propícias para

a atividade. Para alcançar o crescimento desejado será preciso atuar em diversos pontos da cadeia produtiva, de forma a promover aumento de produtividade. A cadeia produtiva da tilápia tem elos bem definidos, sendo descritos pelo setor de insumos, sistemas produtivos, agroindústria, comercialização e mercado consumidor, conforme Figura 1.

Figura 1 - Modelo simplificado da cadeia produtiva da tilápia.



Fonte: SCHULTER; VIEIRA FILHO, 2017

1.3.3 A tilapicultura no Brasil

A tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*, é originária do rio Nilo, na África, e encontra-se distribuída nas regiões tropicais e subtropicais de todo mundo, como: Israel, Indonésia, Filipinas, Estados Unidos, México, Panamá e América do Sul (CARVALHO, 2006; EL-SAYED, 2006; KUBITZA, 2000).

Dentre os peixes de água doce criados em cativeiro, a tilápia é considerada uma das espécies mais importante do século XXI, sendo produzida em mais de 100 países (BORGES, 2004). As tilápias constituem ótima fonte de proteína animal de qualidade. Além disso, características como excelente conversão de proteína, baixo custo comparativo de produção e boa resistência a condições de cativeiro as colocam como principal espécie de cultivo em muitos países. Somam-se a essas vantagens, a sua grande aceitação no mercado, devido à qualidade da carne e rendimento em filés, o que demonstra seu potencial para a criação e industrialização comercial (MACINTOSH; LITTLE, 1995; PHELPS; POPMA, 2000).

No Brasil, a tilapicultura teve seu início na década de 1970. A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), principal espécie produzida no Brasil, foi introduzida, juntamente com a tilápia de Zanzibar (*Oreochromis hornorum*), pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), em 1971. Essa introdução foi feita com o objetivo de repovoar os reservatórios públicos da região Nordeste e para o fomento do cultivo (SCHULTER; VIEIRA FILHO, 2017).

Na década de 1980, principalmente a partir das estações de piscicultura das companhias hidrelétricas de São Paulo e Minas Gerais, foram produzidas grandes quantidades de alevinos para repovoamentos e venda a produtores rurais. Ainda nessa década, a tilapicultura passou de uma atividade voltada para o repovoamento e complemento de renda a pequenos produtores para uma atividade explorada comercialmente. No entanto, apenas na década de 1990 com a difusão da tecnologia de inversão sexual, a produção começou a ser incrementada. O pioneirismo coube ao Paraná, estado que iniciou a tilapicultura com foco industrial. No oeste paranaense, particularmente nos municípios de Toledo e de Assis Chateaubriand, surgiram os primeiros frigoríficos dedicados exclusivamente ao processamento da tilápia. Assim, não tardou para que se tornasse o maior estado produtor (KUBITZA, 2000).

O cultivo da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) é recomendado por apresentar rápido crescimento, rusticidade no manejo e alta prolificidade, possibilitando produção de larvas e juvenis em quantidade e qualidade. As espécies do gênero *Oreochromis* apresentam cuidado parental, no qual as fêmeas realizam incubação oral dos ovos e oferecem proteção as larvas (EL-SAYED, 2006). Após o consumo do vitelo, as larvas já são capazes de se alimentar com eficiência de dieta formulada comercial, caracterizando a espécie como precocial (PORTELLA *et al.*, 2012).

Por ser uma espécie tropical, a temperatura ideal para seu desenvolvimento varia entre 25 e 30°C, tendo seu crescimento afetado abaixo de 15°C e não resistindo a temperaturas por volta de 9°C. Em geral, temperaturas inferiores a 20°C e superiores a 32 °C leva a diminuição do apetite e aumento dos riscos de doença, principalmente pelo estresse térmico que os animais são submetidos. Com temperaturas da água abaixo de 18°C, o sistema imunológico das tilápias é suprimido (EL-SAYED, 2006; KUBITZA, 2000; ONO; KUBITZA, 2003).

Os valores adequados de pH para a criação da tilápia-do-Nilo variam entre 7 e 8. No entanto, a espécie é resistente a variação de pH e suporta alterações entre 5 e 11, sem apresentar efeitos deletérios. Os valores inferiores a 3,5 e acima de 12 causam mortalidade

total dos animais em menos de 6 horas de exposição (POLLI, C.; POLLI, A.; BELTRAME, 2004).

A capacidade de suportar baixas concentrações de oxigênio parece ser uma qualidade de todas as espécies de tilápias, podendo inclusive sobreviver em níveis em torno de 1mg/litro. No entanto, a concentração de 0,1mg/litro tem sido considerada como letal para *O. niloticus* e *O. mossambicus* (POLLI, C.; POLLI, A.; BELTRAME, 2004).

1.3.4 Nutrição e saúde atuando juntos na larvicultura da tilápia-do-Nilo

A fase de larvicultura é considerada crucial para o sucesso do restante do ciclo de produção, pois nessa fase ocorre o processo de transição alimentar, quando o peixe tem o primeiro contato com o alimento exógeno e faz-se necessário um período de adaptação alimentar, podendo ocasionar baixas taxas de crescimento e alta mortalidade. Ao longo dessa fase, os peixes irão apresentar diferentes tempos de evolução do trato digestório e de seu aparato fisiológico para a digestão, devendo a alimentação ajustar-se as modificações resultantes (PORTELLA *et al.*, 2012; MENOSSI *et al.*, 2012). Em geral, manejos alimentares ineficazes na larvicultura resultam em número reduzido de juvenis, animais susceptíveis a doenças e menor resistência a manejos estressantes. Segundo Araújo (2006), a larvicultura de peixes está marcada por elevadas taxas de mortalidade e a maior parte dessas mortes está relacionada com doenças infecciosas.

Em confinamento, a tilápia-do-Nilo apresenta hábito alimentar onívora e oportunista, aceitando dieta formulada seca comercial desde a fase larval. Aproveita carboidratos como fonte de energia de forma eficiente, o que possibilita o uso de fontes de proteína e de energia de origem vegetal na formulação das rações (FURUYA, 2010).

Furuya (2010), em revisão sobre as exigências nutricionais para tilápia-do-Nilo, apontou os níveis necessários dos nutrientes em dietas formuladas para a larvicultura, quando são aplicados hormônios de reversão sexual com o intuito de produzir lotes monosexos (Tabela 4). Esta será a base nutricional para a formulação das dietas experimentais da dissertação.

Tabela 4 - Estimativa das exigências de energia digestível, proteína bruta, proteína digestível e aminoácidos essenciais para tilápias (base na matéria natural).

Energia ou Nutriente	Inversão
Energia digestível (kcal kg ⁻¹)	4007

Proteína bruta (%)	41,30
Proteína digestível (%)	38,60
Lisina (%)	2,20
Metionina (%)	0,75
Metionina + cistina (%)	1,32
Treonina (%)	1,7
Arginina (%)	1,81
Fenilalanina + tirosina (%)	2,38
Histidina (%)	0,75
Isoleucina (%)	1,34
Leucina (%)	1,46
Triptofano (%)	0,43
Valina (%)	1,2

Fonte: FURUYA, 2010.

Uma larvicultura de qualidade deve adotar medidas que melhore a capacidade de resposta dos animais contra infecções, tais como: boa nutrição, eficientes técnicas de manejo, monitoramento de reprodutores e das próprias larvas e uso de animais selecionados, criando, assim, resistência a essas infecções (BACHÈRE, 2003).

Outro problema enfrentado nessa fase diz respeito a aspectos específicos relacionados à anatomia e fisiologia dos peixes, que podem dificultar a digestibilidade das rações, com perdas que comprometem a viabilidade econômica da atividade. Durante a fase de larvicultura, a larva ainda apresenta muitos órgãos em formação e os processos fisiológicos não estão completos. Na fase inicial de desenvolvimento da larva, o trato digestório do peixe pode apresentar ausência de diferenciação celular (ou mesmo, apresentar-se como um tubo de baixa diferenciação celular), comprometendo a capacidade de digestão e exigindo nutrientes de digestibilidade específica. O sucesso em assimilar e digerir dietas formuladas vai depender do grau de diferenciação dos órgãos envolvidos (MENOSSI *et al.*, 2012; PORTELLA *et al.*, 2012).

Situação semelhante acontece com o sistema imunológico das larvas, visto que este ainda não está completamente formado, deixando os peixes mais susceptíveis a contrair doenças e parasitas. Nesse sentido, o uso de imunostimulantes como suplementos em dietas podem fornecer resistência aos patógenos durante períodos de estresses elevados e melhorar a sobrevivência dos peixes durante a fase larval (BRICKNELL; DALMO, 2005).

Dessa forma, proporcionar uma dieta balanceada e com ingredientes que promovam a saúde das larvas e juvenis são essenciais para o sucesso da produção, haja vista que muitos manejos de rotina de uma piscicultura geram estresse e, dependendo da intensidade, podem levar os peixes a morte. A qualidade da dieta e o seu potencial para melhorar a resistência das larvas ainda é um desafio para os pesquisadores da área. Motivo pelo qual, deve-se buscar por pesquisas que apontem para a inclusão de ingredientes que seja, fontes de nutrientes e, ao mesmo tempo, promovam a saúde das larvas em sua fase inicial de desenvolvimento.

1.3.5 Caracterização dos alimentos bioativos, funcionais e nutracêuticos

Segundo Morais e Colla (2006), nutracêutico é um alimento ou parte de um alimento que proporciona benefícios médicos e de saúde, incluindo a prevenção e/ou tratamento da doença. Os nutracêuticos podem ser classificados como fibras dietéticas, ácidos graxos poliinsaturados, proteínas, peptídeos, aminoácidos ou cetoácidos, minerais, vitaminas antioxidantes e outros antioxidantes, como a glutatona, selênio, dentre outros (ANDLAUER; FÜRST, 2002).

O alvo dos nutracêuticos é diferente dos alimentos funcionais: enquanto a prevenção e o tratamento de doenças são relevantes aos nutracêuticos, apenas a redução do risco da doença, e não a prevenção e tratamento da doença estão envolvidos com os alimentos funcionais (KWAK; JUKES, 2001). Segundo Borges, De Jesus e Schneider (2018), a redução do risco está associada a promoção de saúde, diferindo-se conceitualmente de prevenção da doença. A promoção de saúde é vista como um conceito amplo de bem-estar, enquanto a prevenção é vista simplesmente como ausência de doenças. De forma que, o foco da prevenção é a doença e o foco da redução dos riscos é a melhoria da saúde em geral.

Um alimento pode ser considerado funcional se for demonstrado que o mesmo pode afetar benéficamente uma ou mais funções alvo no corpo, além de possuir os adequados efeitos nutricionais, de maneira que seja tanto relevante para o bem-estar e a saúde quanto para a redução do risco de uma doença (ROBERFROID, 2002).

Prebióticos e probióticos constituem importante complemento nutricional, pois podem atuar como ingredientes funcionais e nutracêuticos. Os prebióticos são definidos como compostos não digestíveis e seletivamente fermentados que estimulam o crescimento e/ou atividade de microbiota intestinal. Os probióticos são definidos como microrganismos vivos que conferem benefícios à saúde do hospedeiro. Ambos demonstram eficácia na modulação

da microbiota intestinal bem como outras atribuições benéficas. A microbiota intestinal, por sua vez, participa do metabolismo dos produtos alimentares, provê fatores essenciais de crescimento, protege contra infecções por microrganismos altamente virulentos e estimula o sistema imunológico (O'SULIVAN *et al.*, 2010; VARAVALLO, 2011).

Dessa forma, prebióticos e probióticos conferem benefícios a saúde via ação sobre a atividade da microbiota intestinal. Podem ser classificados como agentes bioativos e funcionais quando promovem melhorias no quadro de saúde do animal, por exemplo, aumentando a capacidade de digestão. Os mesmos também podem ser classificados como nutracêuticos, quando atuam no sentido de prevenir e/ou mitigar infecções (O'SULIVAN *et al.*, 2010; DOS SANTOS; VARAVALLO, 2011).

1.3.6 Macroalgas

1.3.6.1 Caracterização das macroalgas marinhas

As macroalgas marinhas são seres eucariontes e autotróficos (fotossintetizantes), cujo corpo possui a forma de talo, ou seja, não possuem tecidos especializados em raízes, caules e folhas. São responsáveis pela produtividade primária nas regiões costeiras, pois compõem a base da cadeia alimentar, sendo de fundamental importância para os ecossistemas aquáticos. Além disso, estabelecem relações ecológicas com outros seres vivos, servindo de abrigo, de berçário e de refúgio para várias espécies de invertebrados e pequenos vertebrados (BASÍLIO *et al.*, 2020).

As macroalgas também apresentam relevante importância econômica, pois sintetizam compostos bioativos, proteínas, vitaminas, minerais, carotenoides e ácidos graxos com altos valores nutricionais e potenciais para produção de fármacos. Substâncias como ágar, carragenana e alginato (ficocoloides), extraídas de algas marinhas, possuem ampla aplicação na indústria alimentícia, farmacêutica e biotecnológica, pois atuam como ficocolóides, gelificantes, espessantes, emulsificantes, ligantes, estabilizantes, clarificantes e agentes protetores (MUTHU; RAJA; SUDHAKAR, 2022; BRIEN *et al.*, 2022; BASÍLIO *et al.*, 2020; PENGZHAN *et al.*, 2003).

A maioria dos compostos de macroalgas marinhas que apresentam atividades biológicas pertence à classe de lectinas, terpenos, compostos fenólicos, fucoidan, ulvanas e polissacarídeos sulfatados (TAMILARASU *et al.*, 2021; BHAGAVATHY; SUMATHI; BELL, 2011; MAYER; HAMANN, 2005; SMIT, 2004). Segundo Chotigeat *et al.* (2004), o

composto fucoidan, extraído da alga castanha *Sargassum polycystum*, tem propriedades antibacterianas. As fibras dietéticas das macroalgas também estão relacionadas a vários efeitos de promoção da saúde, tais como o crescimento, proteção da microbiota intestinal, redução da resposta glicêmica, aumento do volume das fezes e redução do risco de câncer de cólon (MUTHU; RAJA; SUDHAKAR, 2022; DE FREITAS VASCONCELOS; GONÇALVES, 2013).

Em tecidos de algas verdes, vermelhas ou castanhas foram detectados compostos com atividade antiviral, antifúngica, citostática, vermífuga, antibacteriana e antioxidante (BRIEN *et al.*, 2022; MOREIRA *et al.*, 2022; KUMAR, 2014; O´SULIVAN *et al.* 2010; BANSEMIR *et al.*, 2006; VIDOTTI; ROLLEMBERG, 2004; LINDEQUIST *et al.*, 2001). Pigmentos derivados da clorofila-a, como a feofitina e o feoforbido-a, também demonstraram possuir propriedades bioativas. Foi relatado que a feofitina-a derivada de *Ulva prolifera* tem fortes atividades anti-inflamatórias e anticarcinogênicas (MOREIRA *et al.*, 2022).

As algas ainda podem ser utilizadas como complemento de rações, adubos sólidos ou líquidos, produção de cosméticos, tratamento de água residuária e fontes de produtos químicos diversos (MUTHU; RAJA; SUDHAKAR, 2022; MARINHO-SORIANO *et al.*, 2009; DE FREITAS VASCONCELOS; GONÇALVES, 2013; ROCHA *et al.*, 2007; ARAÚJO *et al.*, 2016; ALLEN; JASPARS, 2009; VIDOTTI; ROLLEMBERG, 2004).

A incorporação de algas na ração tem potencial para aumentar valor nutricional da formulação, além de ajudar a suprir deficiências comuns em rações que usam ingredientes de origem vegetal, tais quais: reduzida quantidade de alguns aminoácidos essenciais (principalmente lisina, metionina, threonina e triptofano), ausência de ácidos graxos poliinsaturados n-3 LC-PUFA, baixa digestibilidade e reduzida quantidade de agente de ligação, útil para o processo formação do pelete (MOREIRA *et al.*, 2022; MUTHU; RAJA; SUDHAKAR, 2022; NORAMBUENA *et al.*, 2015).

Algumas algas possuem um maior conteúdo mineral, outras um maior teor proteico, e algumas apresentam alto conteúdo de fibras. Além disso, são excelentes fontes de vitaminas A, B1, B12, C, D e E, riboflavina, niacina, ácidos pantotênico e fólico e minerais, tais como Ca, P, Na e K (BRIEN *et al.*, 2022; MUTHU; RAJA; SUDHAKAR, 2022; BASÍLIO *et al.*, 2020; NORAMBUENA *et al.*, 2015; DHARGALKAR; VERLECAR, 2009; DE FREITAS VASCONCELOS; GONÇALVES, 2013; MACARTAIN *et al.*, 2007; RUPÉREZ, 2002; CABRITA *et al.*, 2016). A análise do teor de aminoácidos de inúmeras algas mostrou que, embora haja uma variação significativa no teor total de proteínas (8-50% de peso seco), elas

contêm todos os aminoácidos essenciais, além de ricas em n-3 LC-PUFA (MOREIRA *et al.*, 2022; NORAMBUENA *et al.*, 2015).

Outra característica das algas que as credencia como aditivo para rações é o seu grande potencial como fontes de prebióticos e nutracêuticos (MUTHU; RAJA; SUDHAKAR, 2022; BRIEN *et al.*, 2022; O'SULIVAN *et al.*, 2010). As algas contêm uma alta concentração de polissacarídeos de estrutura e funcionalidade variadas que podem atuar como regulador da microbiota intestinal, melhorando assim a saúde geral dos animais e humanos (O'SULIVAN *et al.*, 2010).

Em estudo sobre perfil bioativo de Macroalgas, Santos (2016) avaliou o potencial antioxidante, antiviral e a caracterização de ácidos graxos de três espécies de macroalgas do Nordeste brasileiro: *Sargessum vulgare*, *Palisada flagellifera* e *Ulva fasciata*. Foram observadas ações bioativas com potencial antioxidante para todas as espécies. A *Palisada flagellifera* se destacou como a maior fonte de ácidos graxos insaturados (AGPIs) entre as espécies estudadas, se apresentando como fonte para obtenção desse composto com importância na suplementação alimentar como possível nutracêutico.

Castro, Zarra e Lamas (2004) utilizaram extratos aquosos das algas marinhas *Ulva rigida*, *Enteromorpha sp.*, *Codium tomentosum*, *Fucus vesiculosus*, *Pelvetia canaliculata*, *Dictyota dichotoma*, *Chondrus crispus* e *Porphyra umbilicalis* com o intuito de obter imunostimulantes. As melhores respostas foram encontradas nos extratos obtidos das algas *U. rigida*, *Enteromorpha sp.* e *C. crispus*. Em estudo realizado por Araújo (2006) foi verificado que as frações contendo os polissacarídeos sulfatados de *U. rigida* e de *C. crispus* induziram um aumento da atividade respiratória dos fagócitos (ARAÚJO, 2006).

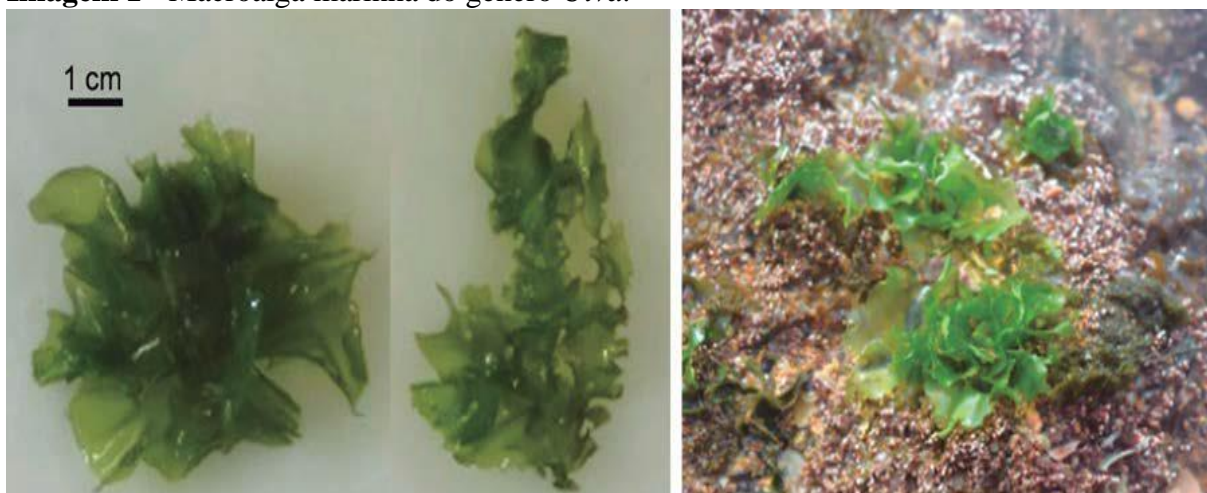
Além da sua importância como fonte de nutrientes para dietas formuladas, as algas também podem ser utilizadas no tratamento de água residuária. Segundo Marinho-soriano *et al.* (2009), as macroalgas são capazes de absorver grande quantidade de nutrientes e eliminar oxigênio, características que as credenciam para realizar com eficiência essa função. Os resultados do seu trabalho "Nutrients' removal from aquaculture wastewater using the macroalgae *Gracilaria birdiae*" sugeriram que a macroalga *Gracilaria birdiae* possui grande capacidade de remoção de nutrientes e pode ser usado como biofiltro em fazenda de camarão.

1.3.6.2 Macroalga verde *Ulva fasciata*

As macroalgas do gênero *Ulva* (Imagem 1) pertencem ao grupo das algas verdes, divisão Chlorophyta, e apresentam ampla distribuição em todo o mundo, proliferando-se geralmente em águas costeiras eutrofizadas. O gênero *Ulva* possui cerca de 20.000 espécies, de valor alimentício, farmacêutico e nutricional. E também com potencial para ser usado como uma fonte não convencional para alimentação animal, o que pode contribuir para a solução de problemas ambientais (MUTHU; RAJA; SUDHAKAR, 2022). A *Ulva sp.* contém altos níveis de cinzas, teores apreciáveis de proteínas e fibras alimentares e níveis relativamente altos de macrominerais, aminoácidos essenciais e fibras alimentares solúveis e insolúveis e alto teor de iodo (MUTHU; RAJA; SUDHAKAR, 2022).

As macroalgas têm sido reconhecidas como fontes potenciais de polissacarídeos sulfatados, importantes componentes das paredes celulares. Os principais tipos de polissacarídeos sulfatados de macroalgas são fucanos, carragenanos e ulvanos extraídos de algas marrons, vermelhas e verdes, respectivamente. Atividades antioxidante, antiinflamatória, antitumoral, imunomoduladora, anticoagulante e antiviral foram relatadas para polissacarídeos sulfatados de macroalgas verdes (MOREIRA *et al.*, 2022; LAHAYE; ROBIC, 2007; DAPPER *et al.*, 2014).

Imagem 1 - Macroalga marinha do gênero *Ulva*.

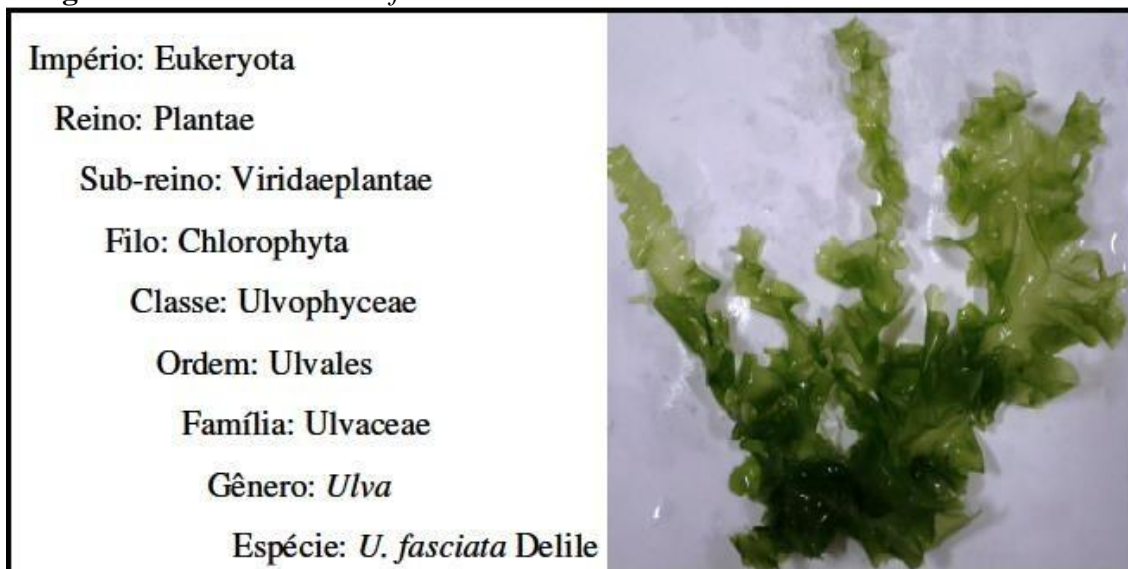


Fonte: Basílio, T.H. et al, 2020

A macroalga marinha verde *Ulva fasciata* Delile, popularmente conhecida como “alface do mar”, pertencente à classe Ulvophyceae e ordem Ulvales (Imagem 2), é encontrada em toda a costa brasileira compreendida entre o Ceará e o norte do Rio de Janeiro (VIDOTTI; ROLLEMBERG, 2004). Morfologicamente, é caracterizada por um talo em forma de fita,

constituído por duas camadas de células de cor verde-claro, devido a presença das clorofilas a e b (PUPO; COTO, 2011).

Imagem 2 - Taxonomia *Ulva fasciata*



Fonte: Alencar, D.B., 2010.

Segundo Basílio *et al.* (2020), as *Ulvas fasciatas* sp. são tolerantes a locais com influência de água doce e indicadora de ambientes eutrofizados. Possuem textura delicada, de sabor fresco e saboroso, sendo utilizada em saladas, temperos, cozidos ou em sopas. São ricas em nutrientes, com diversas propriedades ativas para uso em produtos cosméticos. Detém ação antiviral, algicida, antifúngica, larvicida, citotóxica, anti-incrustante, antibacteriana, antioxidante e fitopatogênico.

1.3.6.3 Macroalgas na aquicultura

Muitos trabalhos na área de nutrição em aquicultura têm procurado avaliar o impacto da incorporação de algas na alimentação do animal ao longo do ciclo de produção, principalmente em suas fases iniciais. Estudos relataram que a incorporação de algas em dietas de peixes resultou em efeitos positivos no desempenho e saúde dos animais, como aumento de crescimento, melhor eficiência de utilização da alimentação, aumento da qualidade da carcaça, melhora da atividade fisiológica e microbiota intestinal, maior resistência à doença, melhor resposta ao estresse e modulação do metabolismo lipídico (MUTHU; RAJA; SUDHAKAR, 2022; BRIEN *et al.*, 2022; TAMILARASU *et al.*, 2021; ZHANG *et al.*, 2018; TOCHER *et al.*, 2012; RAPOSO; MORAIS A.; MORAIS R., 2016; VALENTE *et al.*, 2006; MUSTAFA *et al.*, 1995; NAKAGAWA, 1997; GARCIA *et al.*, 2012;

ARAÚJO, 2006; BAGNI *et al.*, 2005). No entanto, as algas também podem conter compostos bioativos que, se consumidos em altas concentrações, tendem a gerar efeitos antinutricionais, como florotaninos, polifenóis e lectinas, bem como saponinas e flavonoides. São compostos que possuem bioatividades e efeitos benéficos na saúde, porém associados ao seu consumo em concentrações adequadas (BRIEN *et al.*, 2022).

Além do seu potencial para uso como ingrediente em ração, as macroalgas podem atuar como biofiltros em Sistemas de Aquicultura Multitrófica Integrada (AMTI), pois são capazes de absorver o nitrato dissolvido na água oriundo da excreção de animais aquáticos, e que tende a se acumular nesse tipo de sistema (NEORI *et al.* 2004). Os sistemas de aquicultura multitrófica integrada (AMTI) tem como base o cultivo conjunto de organismos alimentados (peixes, camarões) e organismos filtradores de resíduos orgânicos (ostras e mexilhões) e inorgânicos (macroalgas) (MARINHO-SORIANO, *et al.*, 2009; ROCHA *et al.*, 2007; NEORI *et al.*, 2004).

As macroalgas possuem componentes nutricionais em sua composição estrutural, cujas propriedades as credenciam para atuar como ingredientes bioativos e nutracêutico, com potencial para ser aplicados na aquicultura (MOREIRA *et al.*, 2022; TAMILARASU *et al.*, 2021; KUMMAR *et al.*, 2014; BHAGAVATHY; SUMATHI; BELL, 2011; BANSEMIR *et al.*, 2006; MAYER; HAMANN, 2005; SMIT, 2004). Segundo Bansemir *et al.* (2006), extratos de 26 algas de cultivo se apresentaram como possíveis fontes de compostos biologicamente ativos, podendo ser utilizados no tratamento profilático e terapêutico de doenças infecciosas em peixes.

O fato de possuírem compostos com propriedades bioativas, funcionais e nutracêuticas tornam diversas algas objetos de interesse para formulações de dietas comerciais em aquicultura. É o caso do composto α -tocoferol, uma biomolécula com ação antioxidantes existentes nas algas, e que atua como transportadora de elétrons e ainda relacionada com a permeabilidade de membranas (CARBALLO-CÁRDENAS *et al.*, 2003). O resultado da sua introdução em dietas de peixes de aquicultura resulta em melhor crescimento e saúde do plantel (TOCHER *et al.*, 2002).

Outros compostos presentes em algas também possuem ação funcional e nutracêutica com estudos que apontam resultados promissores quando aplicados em animais aquáticos. Em pesquisa realizada por Araújo (2006), foi possível concluir que a incorporação da dosagem de 0,1mg de polissacarídeo sulfatado, extraído da macroalga marinha vermelha *G. caudata*, por grama de ração de tilápias submetidas à inversão sexual foi capaz de conferir

uma maior resistência aos peixes quando submetidos a condições de estresse. Outros trabalhos têm mostrado o efeito imunoestimulante de polissacarídeos sulfatados, ou mesmo de macroalgas secas e trituradas, tanto em peixes como em camarões (MOREIRA *et al.*, 2022; THEPOT *et al.*, 2021; CASTRO; ZARRA; LAMAS, 2004; CHOTIGEAT *et al.*, 2004; BAGNI *et al.*, 2005). Os polissacarídeos sulfatados são conhecidos, principalmente, por apresentarem atividades anticoagulantes e antitrombóticas. No entanto, eles são capazes de exercer uma série de outras atividades, tais como antiviral, antitumoral, antimetastática, antiproliferativa, anti-inflamatória, pró-inflamatória, imunomodulatória, entre outras (BRIEN *et al.*, 2022; TAMILARASU *et al.*, 2021; BOISSON-VIDAL *et al.*, 1995). Bagni *et al.* (2005) demonstraram que o ácido algínico (ergosam), um polissacarídeo derivado de várias macro e microalgas pardas, e glucanos (β -glucano) administrados oralmente ao robalo europeu *Dicentrarchus labrax*, exibiram um efeito ativador significativo no sistema imune não específico, particularmente em condições ambientais adversas, o qual durou até 15 dias após o fim do experimento.

Alguns estudos têm corroborado que macroalgas podem atuar como aditivo alimentar em tilápias, promovendo melhoras no desempenho e saúde. Em pesquisa realizada por Ashour *et al.* (2021), foi verificado que o uso do extrato líquido de algas (TrueAlgaeMax, TAM[®]) preparado a partir das algas *Ulva lactuca* (Chlorophyta), *Pterocladia capillacea* e *Jania rubens* (Rhodophyta) melhorou o desempenho de crescimento, promoveu respostas imunes não específicas e o status antioxidante em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) desafiada com *Aeromonas hydrophila* quando comparadas com o grupo controle. Garcia *et al.* (2009), em estudo de avaliação do desempenho zootécnico das tilápias, observaram que o ganho em peso e o consumo da ração melhoraram com a adição de suplemento alimentar (Ergosan) à base de algas marinhas *Ascophyllum nodosum* e *Laminaria digitata*. Em estudo realizado por Garcia *et al.* (2012), foi verificado que a administração oral de 1% de suplemento alimentar com produto a base de alga durante 10 dias para juvenis de tilápia-do-Nilo, em condição de estresse agudo, induziu o incremento de 69% no número de trombócitos circulantes, células que funcionam como barreiras protetoras, removem destroços celulares por fagocitose e apresentam funções hemostáticas. Yengkhom *et al.* (2019) verificaram que a administração intraperitoneal do extrato metodólico da macroalga marinha *C. scalpelliformis* (CSME) estimulou respostas imunes não específicas de *Oreochromis niloticus*, com proteção subsequente da infecção por *A. hidrófila*. Em experimento realizado por Natify *et al.* (2015), foi observado que peixes alimentados com dieta de algas marinhas a 5% tendem a ter

desempenho de crescimento maior do que aqueles alimentados com o controle e com dieta a 10% de algas marinhas. Além disso, verificaram que incorporação de *Ulva lactuca* pode ser incluída como ingrediente suplementar na dieta sem prejudicar o desempenho do crescimento, a utilização da alimentação e a composição corporal da Tilápia-do-Nilo.

Pesquisas que buscam avaliar o potencial da espécie *Ulva fasciata* na saúde e desempenho em tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), também apontaram para resultados promissores. Experimento realizado por Abo-Raya *et al.* (2021), concluíram que a inclusão dietética de extrato de metanol de *Ulva fasciata* (UFME), especialmente na dosagem de 100 mg kg⁻¹, pode ser administrada em dietas formuladas em forma comercial para melhorar a saúde e o bem-estar dos peixes através da dieta, atuando nas respostas imunes e atividades antioxidantes da tilápia-do-Nilo. Noorjahan *et al.* (2021), verificaram que incorporação do farelo de algas, entre elas a *Ulva fasciata*, em substituição a farinha de peixe promoveu ganho de peso total (g) e ganho de peso percentual em tilápia-do-Nilo. Pontes *et al.* (2020), verificaram que a inclusão de 10% de farelo de *Ulva fasciata* não afetou os tempos de trânsito gastrointestinal da tilápia-do-Nilo e sua digestibilidade mostrou-se aceitável para esse peixe onívoro. Legarda *et al.* (2021) verificaram que a adição de *U. fasciata* de cultura IMTA melhorou a qualidade do tecido muscular dos peixes e, Thepot *et al.* (2021) verificaram efeitos positivos promissores nas respostas imunes inatas dos peixes tratados com ração suplementada com *Ulva fasciata*.

1.3.7 Estresse na aquicultura, respostas imunológicas e a ação dos imunoestimulantes nos organismos aquáticos

Segundo Wendeelar-Bonga (1997), o estresse pode ser definido como uma condição em que o equilíbrio dinâmico do organismo, ou homeostase, é ameaçado ou perturbado em decorrência da ação de estímulos intrínsecos, denominados estressores. A ação dos estressores é dupla: produz efeitos que ameaçam ou perturbam o equilíbrio homeostático e, concomitantemente, provoca um conjunto de respostas comportamentais e fisiológicas como ação compensatória e/ou adaptativa, habilitando o animal para superar as ameaças.

Nos animais em confinamento, os desafios naturais se somam àqueles impostos pela atividade, como, por exemplo, práticas de manejo de rotina, transporte, tratamentos e altas densidades de estocagem (LIMA *et al.*, 2006). Durante o período de cultivo, os peixes são submetidos a variações ambientais e manejos estressantes, situações que tendem a provocar

alterações fisiológicas nos peixes. A resposta ao estresse é um mecanismo que permite ao peixe preservar sua saúde frente à ameaça de estressores. No entanto, dependendo da severidade do estressor, o mecanismo de resposta pode se tornar disfuncional e impactar negativamente a fisiologia do animal (LIMA *et al.*, 2006).

Essas alterações podem ser consideradas como uma resposta ao estado de estresse e, dependendo da intensidade e tempo de duração, resultam em consequências como: redução do crescimento, redução do ganho em peso e queda da resistência a patógenos, esta última devido à resposta imunológica deprimida. O acúmulo dos efeitos provocados pelo estresse pode se manifestar em nível populacional, gerando altos percentuais de mortalidade.

O estresse em peixes ocorre de duas maneiras distintas: estresse agudo e estresse crônico. O primeiro geralmente ocorre em manejos como biometrias, transportes, banhos terapêuticos, dentre outros, que levam os peixes a um estresse rápido com subsequente retorno a homeostase. O segundo tipo de estresse, estresse crônico, leva ao baixo crescimento e perda no ganho em peso e acontece em condições que mantenham os peixes permanentemente estressados, como pH incorreto, baixos níveis de oxigênio dissolvido na água, dentre outros (IWAMA, 1993).

O conceito de estresse cumulativo é de extrema importância, pois indica que distúrbios que não parecem problemáticos (distúrbios sub-letais) podem se acumular. Se o período entre eles for insuficiente para a recuperação do peixe, pode ocorrer queda nas taxas de crescimento, alterações de comportamento reprodutivo e redução na resistência a doenças. Esses efeitos podem afetar toda a população, provocando perdas populacionais por mortalidade e queda na taxa geral de ganho em peso (BARTON; IWAMA, 1991).

Segundo Smith (1982), as alterações fisiológicas iniciam-se quando os estímulos ocasionados pelas condições estressantes chegam ao hipotálamo pelas vias dos sentidos. Estas estimulam a liberação do fator liberador de corticotrofina, que estimula a glândula hipófise a liberar o hormônio adrenocorticotrófico (ACTH). Esse hormônio é conduzido via circulação até o tecido inter-renal, estimulando a liberação de cortisol. Por sua vez, as células cromafínicas incrustadas na porção anterior do rim sofrem estímulo direto do sistema nervoso simpático, liberando adrenalina. As células cromafínicas nos peixes são o órgão homólogo à medula adrenal dos mamíferos e são as principais fontes das catecolaminas circulantes (adrenalina e noradrenalina). O cortisol e a adrenalina levam a alterações dramáticas na fisiologia do animal.

O aspecto central da adaptação ao estresse é a realocação de energia para longe de atividades de alta demanda energética, como crescimento e reprodução, e em direção a atividades que requerem intensificação para restaurar a homeostase, tais como respiração, locomoção, balanço hidromineral e reparação de tecidos. Tal dinâmica pode reduzir consideravelmente a capacidade de desempenho do peixe, tanto durante a fase de reestabelecimento frente a um estresse agudo quanto no estresse crônico (KEBUS *et al.*, 1992; LIMA, 2006; MOMMSEN; VIJAYAN; MOON, 1999).

Dentre os indicadores de estresse animal, o cortisol plasmático é o indicador mais largamente utilizado em peixes, qualquer que seja o seu estágio de desenvolvimento (WENDELAAR-BONGA 1997). Brânquias, intestino e fígado são alvos importantes para o cortisol, os quais refletem as duas maiores ações desse hormônio, isto é, o controle do balanço hidromineral e do metabolismo energético. Assim, o cortisol em peixes combina ações comparáveis àquelas da aldosterona e de glicocorticóides em vertebrados terrestres. Outras ações do cortisol incluem redução na taxa de crescimento e supressão das funções imune e reprodutiva (WEENDELAR-BONGA, 1997).

Normalmente, e em diferentes espécies de peixes, as concentrações de cortisol plasmático se elevam alguns minutos após a exposição a um estressor agudo moderado, atingem um pico e retornam a valores basais dentro de, aproximadamente, 6 horas (PICKERING; POTTINGER, 1989; LIMA, 2006). Quando o estressor é crônico, concentrações de cortisol podem permanecer elevadas, embora bem abaixo dos níveis de pico (WENDEELAR-BONGA, 1997).

As situações de estresse a que os peixes são submetidos ao longo do ciclo de produção aquícola provocam alterações fisiológicas no corpo do animal, através de um mecanismo de resposta que visa capacitá-lo para enfrentar a nova situação imposta. Em casos de estresses extremos ou prolongados, essas alterações fisiológicas podem deprimir o sistema imunológico do animal e torná-lo susceptível a infecções por patógenos, causando grandes episódios de mortalidade. Nessas situações, substâncias que possuem ações no sentido de estimular o sistema imunológico (conhecidas como imunoestimulantes) são de grande utilidade na aquicultura por atuarem no sistema de defesa do animal, protegendo-o contra infecções causadas pela depressão do sistema imune, evitando assim, perdas econômicas (BRICKNELL; DALMO, 2005; REVERTER *et al.*, 2014).

Um imunoestimulante (IM) é uma substância ou ação, que causa uma resposta não específica ou aumenta uma resposta imune específica (ANDERSON, 1992). Esses compostos

ativam, principalmente, a função fagocítica das células de defesa e elevam suas atividades bacteriostáticas. A ativação das funções imunológicas está associada com o aumento da proteção contra doenças infecciosas a diversos patógenos (ARAÚJO, 2006).

As macroalgas são fontes de substâncias bioativas e nutracêuticas com potencial ação imunoestimulante. As biomoléculas presentes em algas, microalgas e plantas superiores têm demonstrado possuir propriedades imunoestimulantes, antibióticas e antioxidantes (MOREIRA *et al.*, 2022; TAMILARASU *et al.*, 2021; THEPOT *et al.*, 2021; BANSEMIR *et al.*, 2006). Existe muito potencial para descoberta de novos compostos, biologicamente ativos e com propriedades interessantes devido à grande diversidade de algas no ambiente.

Alguns imunoestimulantes utilizados em peixes e camarões podem ser extraídos de algas, são polissacarídeos neutros como os glucanos, obtidos de parede celular de leveduras e bactérias (THEPOT *et al.*, 2021; ROBERTSEN *et al.*, 1990; COUSO *et al.*, 2003; BAGNI *et al.*, 2005), a quitina, também presente no exoesqueleto de crustáceos, e a quitosana derivada da quitina (GOPALAKANNAN; ARUL, 2006).

Segundo Fujiki *et al.* (1997), as macroalgas são fontes de diversos polissacarídeos, que podem atuar como imunoestimulantes para algumas espécies de peixe. Um bom exemplo é a carragenina, abundante em determinadas algas vermelhas, particularmente na espécie *Chondrus crispus*, que, em pesquisa, induziu um aumento da atividade fagocítica de macrófagos e de resistência contra infecções bacterianas, após ter sido injetada em carpas da espécie *Cyprinus carpio* (FUJIKI *et al.*, 1997). Polissacarídeos do grupo dos β -glucanos agem como estimuladores não específicos do sistema imune, resultando em proteção contra infecções oportunistas. (CROSS *et al.*, 2001; ARAÚJO, 2006). A quitosana, que pode ser obtido a partir da deacetilação da quitina de macroalgas, pode ser usada como um imunoestimulante para proteção de doenças bacterianas em peixes, para fabricação de vacinas e como dieta suplementar (BULLOCK *et al.*, 2000).

Castro, Zarra e Lamas (2004) estudaram a atividade metabólica de fagócitos de peixes da espécie *Scophthalmus maximus* e observaram que quando foram expostos a extratos aquosos de *Ulva rigida*, *Enteromorpha sp.* e *Chondrus crispus* ocorreu aumento da atividade oxidativa celular, estando essas propriedades imunoestimulantes associadas a polissacarídeos.

A identificação de ingredientes que contenham compostos com atividade biológica imunoestimulante tem apresentado grande potencial para uso em aquicultura, o que tem despertado interesse científico nessa área.

1.3.8 Hematologia e Saúde em Peixes de Cultivo

Em geral, os processos de Boas Práticas de Produção Aquícola apontam uma significativa relação do bem-estar animal, e suas condições sanitárias, com o aumento do desempenho produtivo e consequente aumento de retorno financeiro.

Uma das formas de mensurar o bem-estar e monitorar a condição sanitária do animal é a realização de exames hematológicos, já que, em peixes, a presença, a quantidade e a proporção das diferentes células no sangue periférico refletem o estado fisiológico específico do animal num dado momento ou período da vida (DE PAIVA, 2013; SILVA-SOUZA, 2004 In: SADO E CECHIN, 2016).

A hematologia estuda as alterações dos padrões e dos distúrbios morfológicos das células do sangue, que é um tecido conectivo de matriz extracelular líquida (plasma), composta por água, proteínas (globulinas e albumina), metabólitos como hormônios, enzimas e eletrólitos (SILVA *et al.*, 2012).

Segundo Tavares-Dias *et al.*, (2009), os parâmetros bioquímicos metabólicos e hematológicos podem fornecer informações relevantes sobre as condições fisiológicas e a saúde do espécime, bem como de sua população. Tais parâmetros constituem ferramenta poderosa de acompanhamento sanitário em sistemas aquícolas. Também atuam como biomarcadores na toxicologia ambiental, deficiências nutricionais e estresse crônico. São fundamentais para o diagnóstico precoce de muitas doenças, com consequente verificação dos danos causados (LIZAMA; CAGNI; ZAVASKI, 2020).

A análise hematológica fornece informações ao produtor no sentido de auxiliar diagnósticos e realizar prognósticos dos peixes diante os diferentes desafios do ambiente de cultivo. Desta forma, os parâmetros sanguíneos podem ser usados como indicadores biológicos no monitoramento do bem-estar dos peixes, no diagnóstico de estresse animal, de desequilíbrio influenciado pelo ambiente e presença de agentes infecciosos. (SILVA *et al.*, 2012). No entanto, os resultados das análises hematológicas de peixes sofrem variações diversas devido a diferenças de manejos, habitats, hábitos e alimentações, que podem influenciar nos valores finais. Sendo assim, faz necessário estabelecer padrões para que esses parâmetros possam ser comparados e utilizados como indicadores fisiológicos (LIZAMA; CAGNI; ZAVASKI, 2020; TAVARES-DIAS *et al.*, 2009).

Os estudos sobre hematologia de peixes no Brasil se iniciaram na década de 90, com a avaliação dos parâmetros hematológicos em tilápia *Oreochromis niloticus* (UEDA *et al.*, 1997). A partir de 1997, esses estudos passaram a apresentar uma grande preocupação com dietas mais balanceadas que aumentam a produtividade e a sanidade dos animais (LIZAMA; CAGNI; ZAVASKI, 2020). A tilápia é a espécie mais estudada, muito aceita devido à sua rusticidade e palatabilidade, o que faz com que estudos sobre sua saúde e dieta sejam cada vez mais elevados (LIZAMA; CAGNI; ZAVASKI, 2020).

A hematologia tem sido utilizada como um parâmetro de avaliação da resposta orgânica dos peixes em estudos envolvendo nutrição, uma vez que essa ferramenta permite importantes inferências sobre as condições de higidez dos peixes sem a necessidade do sacrifício dos animais (TAVARES-DIAS *et al.*, 2009).

Os estudos sobre o quadro hematológico de peixes brasileiros em condições de cultivo têm aumentado nas últimas décadas, pois permitem o conhecimento da capacidade respiratória da espécie, pela análise de seu eritrograma, e também auxiliam na compreensão de seu sistema imunológico a partir da análise quantitativa e qualitativa dos leucócitos (SANTOS, 2016).

Os indicadores mais utilizados na avaliação do estresse e que normalmente fornecem uma boa resposta são a glicose e o cortisol plasmáticos. O cortisol é utilizado para caracterizar a resposta primária, e a glicose a resposta secundária (BARTON, 2000). Segundo Okamura (2007), em peixes submetidos a estresse, as alterações hematológicas geralmente são acompanhadas de hiperglicemia, relacionada com a liberação de cortisol e outros hormônios, principalmente catecolaminas (MOMMSEN *et al.*, 1999).

Variações nas concentrações de cortisol, glicose e nas características hematológicas responsáveis pela imunossupressão do organismo são comuns em ambiente de cultivo devido ao estresse provocado por manejo (YADA; NAKANISHI, 2002 *In*: MARTINS *et al.*, 2018). Segundo Martins *et al.* (2018) os níveis plasmáticos de cortisol e glicose variam de acordo com o tipo e a duração do estresse. Em um estudo realizado por Okamura *et al.* (2007), os autores observaram uma variação significativa dos níveis de glicose quando alevinos de tilápia-do-Nilo foram submetidos a estresse. No entanto, não foram observadas mudanças significativas no hematócrito.

O hematócrito também pode mudar em decorrência do aumento da atividade eritropoietica do baço e do rim oriunda do estresse, enquanto a deficiência de nutrientes

deprime a produção de eritrócitos, trombócitos e leucócitos. A elevação do valor de hematócrito pôde ser observada como resposta secundária hematológica a eventos estressantes em diversas espécies (BARTON; IWAMA, 1991).

REFERÊNCIAS

- ABO-RAYA, M. H. *et al.* Assessment of growth-related parameters and immune-biochemical profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed dietary ulva fasciata extract. **Aquaculture Research**, v. 52, n. 7, p. 3233-3246, 2021.
- ALLEN, M. J.; JASPARS, M. Realizing the potential of marine biotechnology: challenges & opportunities. **Industrial biotechnology**, v. 5, n. 2, p. 77-83, 2009.
- ANDERSON, D. P. Immunostimulants, adjuvants, and vaccine carriers in fish: applications to aquaculture. **Annual Review of Fish Diseases**, v. 2, p. 281-307, 1992.
- ANDLAUER, W.; FURST, P. Nutraceuticals: a piece of history, present status and outlook. **Food Research International**, v. 35, n. 2-3, p. 171-176, 2002.
- ARAÚJO, G. S. **Efeito imunostimulante dos polissacarídeos sulfatados da alga marinha vermelha *Gracilaria caudata* na reversão sexual de tilápia do nilo, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1766) em condições adversas.** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.
- ARAÚJO, M. *et al.* Dietary inclusion of IMTA-cultivated *Gracilaria vermiculophylla* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: effects on growth, intestinal morphology, tissue pigmentation, and immunological response. **Journal of applied phycology**, v. 28, n. 1, p. 679-689, 2016.
- ASHOUR, M. *et al.* A liquid seaweed extract (TAM®) improves aqueous rearing environment, diversity of zooplankton community, whilst enhancing growth and immune response of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, challenged by *Aeromonas hydrophila*. **Aquaculture**, v. 543, p. 736915, 2021.
- BACHÈRE, E. Anti-infectious immune effectors in marine invertebrates: potential tools for disease control in larviculture. **Aquaculture**, v. 227, n. 1-4, p. 427-438, 2003.
- BAGNI, M. *et al.* Short- and long-term effects of a dietary yeast β -glucan (Macrogard) and alginic acid (Ergosan) preparation on immune response in sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 18, n. 4, p. 311 – 325, 2005.
- BANSEMIR, A. *et al.* Screening of cultivated seaweeds for antibacterial activity against fish pathogenic bacteria. **Aquaculture**, v. 252, n. 1, p. 79-84, 2006.
- BARCELLOS, R. G.; SOUZA S. M. G.; LUCERO L. F. Estudos Preliminares sobre o Cortisol Sérico em Resposta ao Estresse na Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Boletim Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 24, n. especial, p. 239 – 245. 1997.
- BARTON, B. A. Salmonid fishes differ in their cortisol and glucose responses to handling and transport stress. **North American Journal of Aquaculture**, v. 62, n. 1, p.12-18, 2000.
- BARTON, B. A.; IWAMA, G. K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. **Annual Review of fish diseases**, v. 1, p. 3-26, 1991.

BASÍLIO T. H. *et al.* **Biodiversidade e Conservação das Ilhas Costeiras do Litoral Sul Capixaba**: Cap 03 Algas Marinhas. Basílio, Thiago Holanda (org.). Espírito Santo: Jura Editora Gráfica, 2020. 252 p.

BHAGAVATHY, S.; SUMATHI, P.; BELL, I. J. S. Green algae *Chlorococcum humicola* - a new source of bioactive compounds with antimicrobial activity. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 1, n. 1, p. S1-S7, 2011.

BOISSON-VIDAL *et al.* Biological activities of polysaccharides from marine algae. **Drugs of the future**, v. 20, n. 12, p. 1237-1249, 1995.

BORGES. A. M.; **Efeito da temperatura da água na produção de populações monossexo de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) da linhagem chitralada**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2004.

BORGES, C. D.; DE JESUS, L. O.; SCHNEIDER, D. R. Prevenção e promoção da saúde: revisão integrativa de pesquisas sobre drogas. **Revista Psicologia em Pesquisa**, v. 12, n. 2, p. 1-9, 2018.

BRICKNELL, I.; DALMO, R. A. The use of immunostimulants in fish larval aquaculture. **Fish & shellfish immunology**, v. 19, n. 5, p. 457-472, 2005.

BRIEN, R. O. *et al.* Macroalgal Proteins: A Review. **Foods**, v. 11, n. 4, p. 571, 2022.

BULLOCK, G. *et al.* Toxicity of acidified chitosan for cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 185, n. 3-4, p. 273-280, 2000.

CABRITA, A. R. *et al.* Tracing seaweeds as mineral sources for farm animals. **Journal of Applied Phycology**, v. 28, p. 3135-3150, 2016.

CARBALLO-CÁRDENAS, E. C. *et al.* Vitamin E (α -tocopherol) production by the marine microalgae *Dunaliella tertiolecta* and *Tetraselmis suecica* in batch cultivation. **Biomolecular Engineering**, v. 20, n. 4-6, p. 139-147, 2003.

CARVALHO, E. D. Avaliação dos impactos da piscicultura em tanques-rede nas represas dos grandes tributários do Alto Paraná (Tietê e Paranapanema): o pescado, a ictiofauna agregada e as condições limnológicas. **Relatório Científico (FAPESP)**. Botucatu, 2006. 46p.

CASTRO, R.; ZARRA, I.; LAMAS, J. Water-soluble seaweed extracts modulate the respiratory burst activity of turbot phagocytes. **Aquaculture**, v. 229, n. 1-4, p. 67 – 78, 2004.

CHOTIGEAT, W. *et al.* Effect of Fucoidan on Disease Resistance of Black Tiger Shrimp. **Aquaculture**, v. 233, n. 1-4, p. 23 – 30, 2004

COUSO, N. *et al.* Effect of oral administration of glucans on the resistance of gilthead seabream to pasteurellosis. **Aquaculture**, v. 219, n. 1-4, p. 99-109, 2003.

CROSS, G. G. *et al.* Immunostimulant oxidized β -glucan conjugates. **International immunopharmacology**, v. 1, n. 3, p. 539-550, 2001.

- DAPPER, T. B. *et al.* Potencialidades das macroalgas marinhas na agricultura: revisão. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.7, n. 2, p. 295-313, 2014.
- DE FREITAS VASCONCELOS, B. M.; GONÇALVES, A. A. Macroalgas e seus usos – alternativas para as indústrias brasileiras. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 125 - 140, 2013.
- DE PAIVA, M. J. T. R. *et al.* **Métodos para análise hematológica em peixes**. Editora da Universidade Estadual de Maringá - 1ª Ed., Maringá: EDUEM, 2013.
- DHARGALKAR, V. K.; VERLECAR, X. N. Southern Ocean seaweeds: A resource for exploration in food and drugs. **Aquaculture**, v. 287, n. 3-4, p. 229-242, 2009.
- DOS SANTOS, T. T.; VARAVALLO, M. A. A importância de probióticos para o controle e/ou reestruturação da microbiota intestinal. **Revista científica do ITPAC**, v. 4, n. 1, p. 40-49, 2011.
- EL-SAYED, A. F.M. Intensive Culture. *In:* Abdel-Fattah M. **Tilapia Culture: Cap 05**. London: El-Sayed (Ed.), 2006. p. 70-94.
- FAO. 2022 – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of the world fisheries and Aquaculture, 2022**. Rome, FAO, 2022. 266 p. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/cc0461en/>. Acesso em: 03.06.2022.
- FAO. 2021 – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of Food Security and Nutrition in the World, 2021**. Rome, FAO, 2021. 211 p. Disponível em: <https://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/2021/en/>. Acesso em: 10.08.2021.
- FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. **Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática / AQUABIO**. Florianópolis, 2013. 375 p.
- FUJIKI, K. *et al.* Effects of κ-carrageenan on the non-specific defense system of carp *Cyprinus carpio*. **Fisheries science**, v. 63, n. 6, p. 934-938, 1997.
- FURUYA, W.M. **Tabelas brasileiras para nutrição de Tilápias**. 21 ed. Toledo: GFM, 2010. 100 p.
- GARCIA, F. *et al.* Hematologia de tilápia-do-nylo alimentada com suplemento à base de algas frente a desafios de estresse agudo e crônico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 1, p. 198-204, 2012.
- GARCIA, F. *et al.* Desempenho produtivo de tilápias alimentadas com suplemento alimentar à base de algas. **Bioikos**, v. 23, n. 2, p. 83-89, 2009.

GOPALAKANNAN, A.; ARUL, V. Immunomodulatory effects of dietary intake of chitin, chitosan and levamisole on the immune system of *Cyprinus carpio* and control of *Aeromonas hydrophila* infection in ponds. **Aquaculture**, v. 255, n. 1-4, p. 179-187, 2006.

IWAMA, G. K. **Intensive Fish Production**: Course manual UBC access guided independent study. University of British Columbia, Vancouver. 130p, 1993.

KEBUS, M. J. *et al.* Effects of rearing density on the stress response and growth of rainbow trout. **Journal of Aquatic Animal Health**, v. 4, n. 1, p. 1-6, 1992.

KUBITZA, F. **Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial**. 1ª ed. Jundiaí; editor do autor, 2000. 289 p.

KUMAR, K. S. *et al.* Studies on the functional properties of protein concentrate of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty—An edible seaweed. **Food chemistry**, v. 153, p. 353-360, 2014.

KWAK, N.; JUKES, D. J. Functional foods. Part 1: the development of a regulatory concept. **Food Control**, v. 12, n. 2, p. 99-107, 2001.

LAHAYE, M.; ROBIC, A. Structure and functional properties of ulvan, a polysaccharide from green seaweeds. **Biomacromolecules**, v. 8, n. 6, p. 1765-1774, 2007.

LEGARDA, E. C. *et al.* Effects on fatty acids profile of *Seriola dorsalis* muscle tissue fed diets supplemented with different levels of *Ulva fasciata* from an Integration Multi-Trophic Aquaculture system. **Aquaculture**, v. 535, p. 736414, 2021.

LIMA, L. C. *et al.* Estresse em peixes. Stress in fishes. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 30, n. 3-4, p. 113-117, jul./dez. 2006. Disponível em www.cbra.org.br

LINDEQUIST, U. *et al.* Antibacterial substances from marine fungi and their investigation by proteome-based methods. *In: Proceedings of 8th international marine and freshwater mycology symposium*. Hurghada: Egypt. 2001. p. 457.

LIZAMA, M.; CAGNI, G.; ZAVASKI, F. Análise histórica sobre a hematologia em peixes no brasil: estudo quali/quantitativo. **Enciclopédia biosfera**, v. 17, n. 34, 2020.

MACARTAIN, P. *et al.* Nutritional value of edible seaweeds. **Nutrition reviews**, v. 65, n. 12, p. 535-543, 2007.

MACINTOSH, D. J.; LITTLE, D. C. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) *In: Broodstock management and egg and larval quality*, New York: Black Well Science, 1995. p. 277–320.

MARINHO-SORIANO, E. *et al.* Nutrients' removal from aquaculture wastewater using the macroalgae *Gracilaria birdiae*. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, n. 2, p. 327 – 331, 2009.

MARTINS, M. *et al.* Hematologia e resposta inflamatória aguda em *Oreochromis niloticus* (Osteichthyes: Cichlidae) submetida aos estímulos único e consecutivo de estresse de captura. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 30, n. 1, p. 71-80, 2018.

MAYER A. M. S.; HAMANN, M. T. Marine pharmacology in 2001–2002: Marine compounds with anthelmintic, antibacterial, anticoagulant, antidiabetic, antifungal, anti-inflammatory, antimalarial, antiplatelet, antiprotozoal, antituberculosis, and antiviral activities; affecting the cardiovascular, immune and nervous systems and other miscellaneous mechanisms of action. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 140, n. 3-4, p. 265-286, 2005.

MENOSSE, O. C. C. *et al.* Crescimento e estruturas do sistema digestório de larvas de pacu alimentadas com dieta microencapsulada produzida experimentalmente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 1-10, 2012.

MOMMSEN, T. P.; VIJAYAN, M. M.; MOON, T. W. Cortisol in teleosts: dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 9, n. 3, p. 211-268, 1999.

MORAIS, F.P.; COLLA, L.M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, n. 2, p. 99-112, 2006.

MOREIRA, A. *et al.* The underexplored potential of green macroalgae in aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, v. 14, n. 1, p. 5-26, 2022.

MUSTAFA, G. *et al.* Effects of algae meal as feed additive on growth, feed efficiency, and body composition in red sea bream. **Fisheries Science**, v. 61, n. 1, p. 25-28, 1995.

MUTHU, S.; RAJA, S.; SUDHAKAR, M. Green seaweed, *Ulva* sp. a potential source of ingredients for feed formulation of Ornamental fishes. **Journal of Research in Agriculture and Animal Science**, v. 9, n. 7, p. 44-50, 2022.

NAKAGAWA, H. Effect of dietary algae on improvement of lipid metabolism in fish. **Biomed & Pharmacother**, v. 51, n. 8, p. 345-348, 1997.

NATIF, W. *et al.* Effect of the seaweed *Ulva lactuca* as a feed additive on growth performance, feed utilization and body composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **International Journal of Agronomy and Agricultural Research**, v. 7, n. 3, p. 85-92, 2015. Disponível em: <http://www.innspub.net>. Acesso em: 30.11.2021.

NEORI, A. *et al.* Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. **Aquaculture**, v. 231, n. 1-4, p. 361-391, 2004.

NOORJAHAN, A. *et al.* Efficacy of incorporating spent seaweeds in aqua feeds as a nutritional source. **Survey in Fisheries Sciences**, v. 8, n. 1, p. 31-45, 2021.

NORAMBUENA, F. *et al.* Algae in Fish Feed: Performances and Fatty Acid Metabolism in Juvenile Atlantic salmon. **PloS one**, v. 10, n. 4, p. e0124042, 2015. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0124042>. Acesso em: 18.10.2021.

OKAMURA, D. *et al.* Efeito da vitamina C sobre o hematócrito e glicemia de alevinos de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) em transporte simulado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, p. 883-888, 2007.

ONO, E. A.; KUBITZA, F. **Cultivo de peixes em tanques - rede**. 3ªed. Jundiaí: Eduardo A. Ono, 2003. 112p.

O'SULLIVAN, L. *et al.* Prebiotics from Marine Macroalgae for Human and Animal Health Applications. **Marine Drugs**, v. 8, n. 7 p. 2038-2064, 2010. Disponível em: www.mdpi.com/journal/marinedrugs. Acesso em: 21.09.2021.

PEIXE BR. 2022. Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário 2022 Peixe BR da piscicultura**. 71 p. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2021/>. Acesso em: 28.03.2022.

PEIXE BR. 2021. Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário 2021 Peixe BR da piscicultura**. 71 p. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2021/>. Acesso em: 20.09.2021.

PEIXE BR. 2020. Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário 2020 Peixe BR da piscicultura**. 136 p. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2020/>. Acesso em: 10.08.2021.

PENGZHAN, Y. *et al.* Polysaccharides from *Ulva pertusa* (Chlorophyta) and preliminary studies on their antihyperlipidemia activity. **Journal of Applied Phycology**, v. 15, p. 21–27. 2003.

PHELPS, R. P.; POPMA, T. J. Sex reversal of tilapia. **Tilapia aquaculture in the Americas**, v. 2, p. 34-59, 2000.

PICKERING A. D., POTTINGER T. G. Stress response and disease resistance in salmonid fish: effects of chronic elevations of plasma cortisol. **Fish Physiol Biochem**, v.7, n.1, p.253-258, 1989.

POLLI, C.; POLLI, A.; BELTRAME, A. **Aquicultura: Experiências Brasileiras**. Florianópolis: Multitarefa Editora Ltda, 2004. p. 456.

PONTES, M. D. *et al.* Digestibility and gastrointestinal transit of *Ulva fasciata* seaweed meal in tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles: basis for the inclusion of a sustainable ingredient in aquafeeds. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e3889108497-e3889108497, 2020.

PORTELLA, M. C. *et al.* **Alimentação e nutrição de larvas**. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis, Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, p. 185-216, 2012.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Tais-Lopes-3/publication/284595009_Alimentacao_e_nutricao_de_larvas/links/58dbd4f1458515152b29d888/Alimentacao-e-nutricao-de-larvas.pdf

PUPO, D.; COTO, A. C. S. P. Lista de Ulvophyceae do estado de São Paulo. **Biota Neotropica**, v. 11, p. 137-142, 2011.

RAPOSO, M. F. J.; MORAIS, A. M. M. B.; MORAIS, R. M. S. C. Emergent sources of prebiotics: seaweeds and microalgae. **Marine drugs**, v. 14, n. 2, p. 1-27, 2016.

REVERTER, M. *et al.* Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: Current status and future perspectives. **Aquaculture**, v. 433, p. 50-61, 2014.

ROBERFROID, M. B. Global view on functional foods: European perspectives. **British Journal of Nutrition**, v. 88, n. S2, p. 133-138, 2002.

ROBERTSEN, B. *et al.* Enhancement of non-specific disease resistance in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., by a glucan from *Saccharomyces cerevisiae* cell walls. **Journal of fish diseases**, v. 13, n. 5, p. 391-400, 1990.

ROCHA, F. D. *et al.* Produtos naturais de algas marinhas e seu potencial antioxidante. **Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 17, n. 4, p. 631-639, 2007.

RUPÉREZ, P. Mineral content of edible marine seaweeds. **Food Chemistry**, v. 79 n. 1, p. 23-26, 2002.

SADO, R. Y.; CECHIN, F. E. Aspectos gerais de hematologia de peixes. In: **Técnicas de manejo agropecuário sustentável**. Curitiba: Paris, W. Editora UTFPR, 2016. p. 41.

SANTOS, J. P. **Perfil antioxidante e bioatividade de três espécies de macroalgas da Praia do Morro de Pernambuco no litoral Sul da Bahia, Brasil**. 2016. Tese (Doutorado em Ciências - Botânica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Brasília: Ipea, 2017. 35 p.

SILVA, R. D. *et al.* Parâmetros hematológicos e bioquímicos da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) sob estresse por exposição ao ar. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, n. Supl 1, p. 99-107, 2012.

SMIT, A. J. Medicinal and pharmaceutical uses of seaweed natural products: A review. **Journal of Applied Phycology**, v. 16, n. 4, p. 245–262, 2004.

SMITH, L. S. **Introduction to fish physiology: Osmoregulation**. TFH Publication. Inc. Seattle Washington, USA, 1982. 353 p.

TAMILARASU, A. *et al.* Seaweeds: a potent source of antimicrobial drugs for aquaculture industry. **Medicinal Plants-International Journal of Phytomedicines and Related Industries**, v. 13, n. 1, p. 33-44, 2021.

TAVARES-DIAS, M. *et al.* **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. Macapá: Embrapa Amapá, 2009.

THEPOT, V. *et al.* Seaweed dietary supplements enhance the innate immune response of the mottled rabbitfish, *Siganus fuscescens*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 113, p. 176-184, 2021.

TOCHER, D. R. *et al.* Effects of dietary vitamin E on antioxidant defence mechanisms of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus L.*), halibut (*Hippoglossus hippoglossus L.*) and sea bream (*Sparus aurata L.*). **Aquaculture Nutrition**, v. 8, n. 3, p. 195-207, 2002.

UEDA, I. K. *et al.* Estudos hematológicos em *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) (Cichlidae, Teleostei) - Parte I. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 34, n. 5, p. 270-275, 1997.

VALENTE, L. M. P. *et al.* Evaluation of three seaweeds *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulva rígida* and *Gracilaria cornea* as dietary ingredients in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Aquaculture**, v. 252, n. 2, p. 85–91, 2006.

VIDOTTI, E. C.; ROLLEMBERG, M. C. Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química analítica. **Química Nova**, v. 27, n. 1, p. 139-145, 2004.

WENDEELAR-BONGA S.E. The stress response in fish. **Physiological reviews**, v. 77, n. 3, p. 591-625. 1997.

YENGGHOM, O. *et al.* Stimulation of non-specific immunity, gene expression, and disease resistance in Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), by the methanolic extract of the marine macroalga, *Caulerpa scalpelliformis*. **Veterinary World**, v. 12, n. 2, p. 271-276, 2019.

ZHANG, X. *et al.* Effects of dietary supplementation of *Ulva pertusa* and non-starch polysaccharide enzymes on gut microbiota of *Siganus canaliculatus*. **Journal of Oceanology and Limnology**, v. 36, n.2, p. 438-449, 2018.

2 ARTIGO CIENTÍFICO

Ulva fasciata* como ingrediente em dietas na larvicultura de tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus

Highlights

Farelo de *Ulva fasciata* poder ser utilizado na larvicultura da tilápia do Nilo;

Farelo de *Ulva fasciata* altera a composição corporal de larvas de tilápia do Nilo;

Ulva fasciata altera os níveis de glicose sanguínea após a alimentação.

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar o uso de diferentes níveis do farelo de *Ulva fasciata* em dietas formuladas durante a larvicultura da tilápia-do-Nilo e seu efeito sobre o desempenho produtivo, parâmetros hematológicos e resistência dos animais em situações de estresse por exposição ao ar e ao choque osmótico. O período experimento foi dividido em duas Fases, I (primeiros 30 dias de alimentação) e II (do 31º ao 75º dia de alimentação), sendo os peixes alimentados com dietas contendo 0, 2,5%, 5%, 7,5%, 10% e 12,5% de inclusão do farelo de *U. fasciata*. Ao final de ambas as fases não houve diferença estatística para a sobrevivência. Ao final da Fase 1, o aumento do nível de inclusão do farelo de *U. fasciata* proporcionou uma diminuição no desempenho das larvas. Na Fase 2, não houve diferença estatística para os parâmetros de desempenho; com exceção da TCE, que foi maior nos juvenis alimentados com as dietas contendo de 7,5 a 12,5% de inclusão do farelo de *U. fasciata*. As dietas contendo 10 e 12,5% do farelo proporcionaram os maiores níveis de glicose sanguínea e não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos para o hematócrito e a proteína plasmática. Nos testes de estresse, os juvenis apresentaram aumento dos níveis de glicose logo após o estresse, e esses níveis retornaram aos valores basais 24h após os testes. Na avaliação de exposição ao ar, a inclusão de 5% do farelo de *U. fasciata* levou a um menor aumento no nível de glicose sanguínea e os maiores níveis de glicose foram observados nos animais alimentados com dietas contendo de 10 a 12,5% de *U. fasciata*. A mortalidade foi superior nas 96 h no tratamento em que os peixes receberam 12,5% do farelo de *U. fasciata*. As médias de proteína e matéria mineral da análise corporal foram semelhantes entre os tratamentos. A concentração de umidade e lipídeos foram diferentes e inversamente proporcionais entre os tratamentos. Considerando as Fases 1 e 2 do experimento, pode-se recomendar a inclusão de 2,5% em sua formulação, sem prejuízos para o desempenho, sem alterações nos níveis de glicose sanguínea e com boa resposta ao desafio por estresse aéreo. Níveis superiores de inclusão devem ser avaliados mais profundamente no futuro, pois há indícios de uma possível modulação da resposta glicêmica à situação de estresse.

Palavras-chave: Desempenho, sobrevivência, alimentação, nutrição, estresse, larvicultura.

Abstract

The present study aimed to evaluate the use of *Ulva fasciata* meal in formulated diets for Nile tilapia larviculture and, subsequently, to challenge the fish in stress situations, such as air exposure and osmotic shock. The experiment was divided into two Phases, I (first 30 days of feeding) and II (from the 31st to the 75th day of feeding), with the fish fed with diets containing 0, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% and 12.5% of *U. fasciata* meal. At the end of both phases there was no statistical difference for survival. At the end of Phase 1, the increase in the *U. fasciata* meal in diets resulted in a decreasing of larvae performance. In Phase 2, there was no statistical difference for the performance; except for specific growth rate (SGR), which was higher in juveniles fed diets containing 7.5 to 12.5% of *U. fasciata* meal. Diets containing 10 and 12.5% of *U. fasciata* meal provided the highest blood glucose levels and no differences were observed between treatments for hematocrit and total plasma protein. In the stress tests, the juveniles showed an increase in glucose levels shortly after the stress, and these levels returned to baseline values 24h after the tests. In the air exposure test, the inclusion of 5% *U. fasciata* meal led to a smaller increase in the blood glucose level and the highest glucose levels were observed in fish fed diets containing 10 to 12.5% of *U. fasciata*. Mortality was higher after 96 h in fish fed 12.5% of *U. fasciata* meal. The body protein and mineral matter were similar between treatments. The moisture and lipids were different and inversely proportional between treatments. Considering Phases 1 and 2 of the experiment, 2.5% of *U. fasciata* meal in dietary formulation can be recommended, without prejudice to performance and with no changes in blood glucose levels and a good response to the air stress challenge. Higher inclusion levels should be further evaluated in the future, as there were indications of a possible modulation of the glycemic response to the stressful situation.

Keywords: Performance, survival, food, nutrition, stress, larviculture.

2.1 Introdução

A tilápia é uma das espécies produzida no mundo (FAO, 2022). No Brasil é a principal espécie produzida oriunda da piscicultura (PEIXEBR, 2022) e hoje tem um papel importante na estrutura socioeconômica do país (BARROSO *et al.*, 2017; SCHULTER, VIEIRA FILHO, 2017; PEIXE BR, 2022). No entanto, o potencial para expansão da produção ainda é grande, tanto pela capacidade produtiva do país, quanto pela adequação dos sistemas de produção e pelas melhorias nas técnicas de produção (ANDRADE *et al.*, 2015; FURUYA, 2010; FURUYA *et al.*, 2012).

O sucesso na produção da tilápia ocorreu pelo avançado conhecimento das técnicas de produção e suas adequações nos locais de implantação, facilidade no manejo e rusticidade da espécie, além dos diversos efeitos positivos oriundos dos programas de melhoramento genético (EL-SAYED, 2006; HULATA, 2001). Essas características são facilmente observadas pela importância da espécie na produção aquícola mundial e os seus impactos nas economias regionais (FAO, 2022; PEIXE BR, 2022; BARROSO, *et al.*, 2017).

Muitos fatores podem influenciar na produção durante a larvicultura, e o manejo alimentar e a nutrição estão entre os mais importantes (EL-SAYED, 2006; FURUYA, 2010; NG; ROMANO, 2013). O uso de ingredientes que promovam o crescimento, um melhor uso dos nutrientes e a saúde dos animais estão sendo cada vez mais estudados e utilizados, como o caso dos probióticos, prebióticos e simbióticos (BURR; GATLIN III, 2005; YOUSEFIAN; AMIRI, 2009; MERRIFIELD *et al.*, 2010; CRUZ *et al.*, 2012), a fim de otimizar o uso das rações, que representa mais da metade do custo operacional da produção (NAYLOR *et al.*, 2000).

A busca por novos ingredientes na alimentação animal é um desafio constante para os nutricionistas, principalmente aqueles ingredientes que podem atuar como fonte de nutrientes e, ao mesmo tempo, promover a saúde dos organismos aquáticos nos sistemas de produção (NAYLOR *et al.*, 2000; HUA *et al.*, 2018). Os ingredientes nutracêuticos podem melhorar o aproveitamento dos nutrientes pelos animais e atuar como imunostimulantes (NAKAGAWA, 1997; O'SULLIVAN *et al.*, 2010), preparando-os para os desafios dos manejos durante a produção (LUZ *et al.*, 2012; 2013; MATTIOLI *et al.*, 2017). Nessa linha, as algas marinhas são fontes de nutrientes e apresentam propriedades que podem colaborar para mitigar as ações negativas de tais manejos, como o alginato, carotenoides, ácidos graxos poliinsaturados (PUFA), beta-glucanos, dentre outras (GABRIELSEN; AUSTRRENG, 1998; DANTAGNAN *et al.*, 2009; MEENA *et al.*, 2013), além de apresentarem propriedades

aglutinantes, como a carragena, agar e alginatos (PEÑAFLORES; GOLEZ, 1996; PEREIRA; YARISH; CRITCHLEY, 2013; CAI *et al.*, 2021).

A larvicultura é uma das fases mais problemáticas na criação dos peixes, é um período em que os animais ainda apresentam órgãos em desenvolvimento e um desses órgãos é o trato digestório, que dependendo da espécie pode ser um tubo sem diferenciação ou um pouco mais avançado com pequenas diferenciações que auxiliam as larvas a utilizar com sucesso a dieta formulada (TENGGARONKUL *et al.*, 2002; PORTELLA; DABROWSKI, 2008; PORTELLA *et al.*, 2012; 2014). A tilápia é classificada como espécies de fácil manejo na larvicultura, por aceitar e ter condições de digerir a dieta formulada desde o início do período lecitotrófico (TENGGARONKUL *et al.*, 2002; DROSSOU *et al.*, 2006; PORTELLA *et al.*, 2012). No entanto, o uso de novos ingredientes deve ser testado em dietas formuladas desde o início da alimentação exógena das larvas, com o objetivo de garantir a sua inclusão em formulações comerciais para a espécie (EL-SAYED, 2006).

Dessa forma, proporcionar uma dieta balanceada e com ingredientes que promovem a saúde das larvas e juvenis são essenciais para o sucesso da produção, haja vista que uma série de manejos de rotina de uma piscicultura pode ser estressante e, dependendo da intensidade, pode levar os peixes a morte. O objetivo do trabalho foi avaliar diferentes níveis de inclusão do farelo de *Ulva fasciata* como ingrediente em dietas formuladas secas na larvicultura da tilápia-do-Nilo e seu efeito sobre o desempenho zootécnico, parâmetros sanguíneos e ao manejo à exposição ao ar e ao choque osmótico.

2.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas dependências da Unidade Didática de Piscicultura, Pesquisa e Produção de Cordeiro (UPPPC), da Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ), no município de Cordeiro, RJ. Todos os procedimentos utilizados nesse estudo foram aprovados pelo comitê de ética da Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro, CEUA-FIPERJ (processo: 01/2017).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e três repetições, totalizando 18 unidades experimentais (UE). Cada tratamento foi designado por uma dieta formulada contendo níveis crescente de inclusão de farelo de macroalga *Ulva fasciata*: 0%, 2,5%, 5,0%, 7,5%, 10,0% e 12,5%. As UE foram constituídas de tanques de polipropileno (hapas) de 1,00 comprimento x 1,00 largura x 0,50 altura, de malha de 1,0 mm. Foram utilizadas larvas de tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*, coletadas logo após o aparecimento de “ninhadas”, ou seja, com aproximadamente cinco dias de vida, em um tanque de acasalamento de reprodutores.

O experimento foi dividido em duas fases, sendo que a primeira ocorreu nos primeiros 30 dias de alimentação exógena das larvas, ou seja, no início do período lecitotrófico. A densidade inicial utilizada foi de 1000 larvas hapa⁻¹, com $6,64 \pm 0,68$ mm de comprimento total e $4,00 \pm 0,43$ mg de peso. A segunda fase do experimento foi subsequente a primeira, com duração de 45 dias, e sua densidade correspondeu a densidade final da Fase 1. Ao final da Fase 1 foi realizado uma biometria de 200 larvas/hapa e feita a contagem para o cálculo de sobrevivência. Os peixes que passaram pela biometria foram anestesiados em 150 mg/L de eugenol (RIBEIRO *et al.*, 2015).

2.2.1 Formulações dietéticas e produção das dietas

O farelo de *U. fasciata* foi obtido após a secagem das algas a 60 °C e posterior moagem. A composição do farelo moído foi: 8,36% de umidade, 23,60% de cinzas, 1,62% de lipídeo, 49,74% de carboidratos e 16,68% de proteína bruta. As dietas foram formuladas para serem isoproteicas e isolipídicas, seguindo as exigências nutricionais para tilápia-do-Nilo, na fase inicial de desenvolvimento (FURUYA, 2010; FURUYA *et al.*, 2012). Os ingredientes foram triturados em moinho a rotor (malha 0,5 mm), pesados em balança centesimal (0,001 g), de acordo com a formulação apresentada na Tabela 1 e durante 10 min misturados com misturador em “Y”. Aos ingredientes, foi adicionada água (40% do peso), a mistura foi

homogeneizada em batedeira planetária e, em seguida, embalada em saco de polipropileno e mantida em repouso por 24 horas (8°C). Após ser aquecida em estufa (70 °C, 60 min), a mistura foi desembalada e prensada em máquina de moer carne (disco 3 mm). A secagem foi feita em estufa de circulação forçada (50 °C, 24 h). Após a secagem, os pellets foram triturados em desintegrador manual e através de peneiras granulométricas foram obtidos os tamanhos menores que 0,5 e entre 0,5 e 1,0 mm, adequado para o experimento com as larvas.

Para obter lotes monosexo, na primeira fase do experimento as dietas receberam a dosagem de 60 mg de 17 α -metil-testosterona kg de dieta⁻¹, sendo o hormônio inicialmente diluído em 500 mL de álcool etílico e misturado separadamente a 1 kg de dieta, permanecendo em temperatura ambiente por 24 horas (MAINARDES-PINTO *et al.*, 2000). Após esse processo, as dietas foram colocadas em sacos hermeticamente fechados e colocados em refrigerado a 2 °C.

Tabela 1. Formulação dietética (g.Kg⁻¹ de dieta completa) com níveis de inclusão de 0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5% de farelo da alga *Ulva fasciata*.

Ingredientes	T0%	T2.5%	T5%	T7.5%	T10%	T12.5%
Farinha de vísceras de aves	250	250	250	250	250	250
Farinha de peixe	313	315	317	320	323	326
Farelo de soja	150	140	135	126	119	110
Milho	112,2	111	112,1	112	112	113,9
Farelo de trigo	114	98	75	56	35	14
Farelo de <i>Ulva fasciata</i>	0	25	50	75	100	125
Óleo de peixe	50	50	50	50	50	50
Mistura de vitaminas e minerais ¹	10	10	10	10	10	10
Lisina	0,27	0,30	0,36	0,42	0,48	0,54
Metionina	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,09
Sal	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Antioxidante ²	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Composição (g/kg)						
Proteína	412	426	428	423	428	422
Lipídeos	112	110	113	115	109	107
Cinzas	177	176	160	172	176	179
Umidade	64	65	68	67	70	70
Carboidratos ³	235	223	231	223	217	222

¹Mistura de vitaminas e minerais; ²hidroxitoluenobutilado. ³Carboidratos = 100 - (proteína bruta + lipídeos + cinzas + umidade).

2.2.2 Análise de água

A temperatura da água foi aferida diariamente, com média de $27,3 \pm 1,8$ °C. Os demais parâmetros, como oxigênio dissolvido e saturado, pH, amônia, nitrito, nitrato, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos foram monitorados duas vezes por semana, e as médias foram $5,7 \pm 1,1$ mg/L, $78,9 \pm 5,9\%$, $7,4 \pm 0,3$, $0,05 \pm 0,04$ mg/L, $1,1 \pm 0,7$ mg/L, $0,3 \pm 0,2$, mg/L, $0,03$ µS/cm e $0,01$ ppt, respectivamente. Para as análises utilizou-se o fotômetro HANNA® (modelo HI 83203-01), oxímetro HANNA® (modelo HI9146) e combo multiparâmetro HANNA® (modelo HI 98130).

2.2.3 Avaliação de desempenho e coleta

Ao final de ambas as fases, os peixes foram pesados e medidos para a avaliação de desempenho ($n=200/\text{tanque}$). Ainda, ao final de cada uma das fases foi avaliada a sobrevivência por meio da contagem dos peixes. Com os dados de comprimento e peso foram calculados: ganho em peso (GP: peso final - peso inicial), ganho em peso diário (GPD = peso final - peso inicial/tempo em dias); taxa de crescimento específico (TCE: \ln peso final - \ln peso inicial/ tempo em dias); e, o fator de condição ($K = \text{peso}/\text{comprimento}^3$) (Asadi et al., 2021).

Ao final da Fase 2, um total de seis peixes por gaiola foi coletado para análise de glicose, hematócrito e proteína plasmática. Para essa coleta, os peixes foram anestesiados até a fase de anestesia cirúrgica (150 mg/L de eugenol) e posteriormente eutanasiados à 300 mg de eugenol/ L. Outros 20 animais foi eutanasiados em overdose de anestésico (300 mg de eugenol/ L) para análise de composição corporal.

2.2.4 Desafio de exposição ao ar e choque osmótico

Ao final da Fase 2, os peixes foram expostos a dois manejos estressantes, a exposição ao ar (LUZ *et al.*, 2012) e o choque osmótico (MATTIOLI *et al.*, 2017). Para os testes, os peixes ficaram em jejum por 24 h e, ao final das avaliações os animais foram colocados em tanques de 100 L de volume útil e monitorados por 96 h para avaliação da sobrevivência. Durante os testes de estresse, os parâmetros de qualidade de água mantiveram-se em $26,6 \pm 0,4$ °C, $7,1 \pm 0,2$ mg/L de oxigênio dissolvido, $92,4 \pm 5,7\%$ de oxigênio saturado, $0,02$ µS/cm de condutividade elétrica, $0,01$ ppt de sólidos totais dissolvidos, $7,3 \pm 0,7$ de pH, $0,05 \pm 0,01$

mg/L de amônia, $5,3 \pm 2,9$ mg/L de nitrito, $0,3 \pm 0,2$ mg/L de nitrato e $0,2 \pm 0,1$ mg/L de fosfato.

No teste de exposição ao ar, 20 peixes foram coletados de cada tanque com puçás de malha de 1 mm e expostos ao ar por um período de 10 minutos, conforme metodologia adaptada de Luz *et al.* (2012). Em maiores detalhes, os animais foram retirados das hapas e colocados em um béquer de 2 L, sendo posteriormente o volume de água retirado e os animais colocados em peneiras de malha de 1 mm e sob papel filtro para a retirada de umidade. A partir do momento em que a peneira entrou em contato com o papel foi iniciado a contagem de tempo. Ao final de 10 minutos, os peixes foram colocados nos respectivos tanques de 100 L, em sistema de recirculação e a sobrevivência monitorada por 96h. Ainda, foi avaliado o tempo do retorno ao apetite.

O choque osmótico também foi realizado ao final da Fase 2, sendo que os animais (n=20 por tanque) foram retirados dos tanques de criação (hapas) e expostos diretamente, a salinidade de 20 g de sal/L por 10 minutos. Posteriormente, os mesmos foram colocados em água doce (salinidade 0) e foi avaliado o tempo de retorno ao apetite e a sobrevivência após 96h (MATTIOLI *et al.*, 2017).

2.2.5 Análise sanguínea

Para a coleta de sangue, os animais foram anestesiados com eugenol (150 mg/L) e após estágio de anestesia cirúrgica foi feita a coleta do sangue por meio do corte do pedúnculo caudal (ISHIKAWA *et al.*, 2010; DE PAIVA *et al.*, 2013). Em seguida, os peixes foram eutanasiados à 300 mg de eugenol/L. A análise de glicose foi feita por meio de kit comercial (Accutrend Plus, Cobas®, Roche Diagnostic Systems, Ramsey, MN, USA). Aproximadamente 50 µL foram destinadas para análise de hematócrito (Ht), a partir de tubos capilares, preenchidos com aproximadamente 2/3 de sangue. Estes tubos capilares foram centrifugados durante 15 min. a 10000 rpm (Centrífuga Microspin-Spin 1000®; Micros-spin (Mikro) - Laborline, Barueri, SP, Brasil). A leitura foi realizada no cartão apropriado, igualando o menisco do plasma com a linha superior da régua (linha 100) e a mesma, sendo igualada a extremidade inferior da porção eritrocitária com a linha inferior da régua (linha zero), de modo que o resultado indicasse o valor da linha. A proteína plasmática foi determinada por refratômetro portátil para proteína plasmática (Instrutherm®). Os animais permaneceram em jejum de 12h e 24h nas coletas ao final do ensaio de alimentação e testes de estresse, respectivamente.

Antes de expor os peixes aos testes de estresse, após o teste, 24h e 96h após as avaliações foram realizadas análises de glicose (n= 9/tratamento) (BARTON, 2000; DAVIS, 2006; JIANG *et al.*, 2017).

2.2.6 Análise de composição dos ingredientes ração e corporal

As análises de dos ingredientes, ração e corporal (n= 20/tanque) foram realizadas em laboratório de bromatologia e nutrição, seguindo as metodologias descritas em Silva e Queiroz (2005). A proteína bruta das amostras foi analisada pelo método de Kjeldahl. O extrato etéreo foi extraído com éter de petróleo em aparelho Soxlet. As cinzas foram determinadas em mufla a 550 °C, por incineração e a matéria seca foi obtida em estufa a 105 °C por 12 horas.

2.2.7 Análises Estatísticas

Os dados de desempenho e sobrevivência foram comparados por one-way ANOVA e posteriormente pelo teste de Tukey. Os dados apresentados em porcentagem foram previamente transformados em arco seno para as análises estatísticas. Os testes de desafio (exposição ao ar e choque osmótico) foram analisados por two-way ANOVA. Em todos os casos foi verificada previamente a normalidade dos erros (Shapiro-Wilk W) e a homocedasticidade das variâncias (Levene's). Para análise foi utilizado o programa estatístico S.A.S. Os dados que apresentaram diferença na análise de one-way ANOVA também foram analisados por regressão.

2.3 Resultados

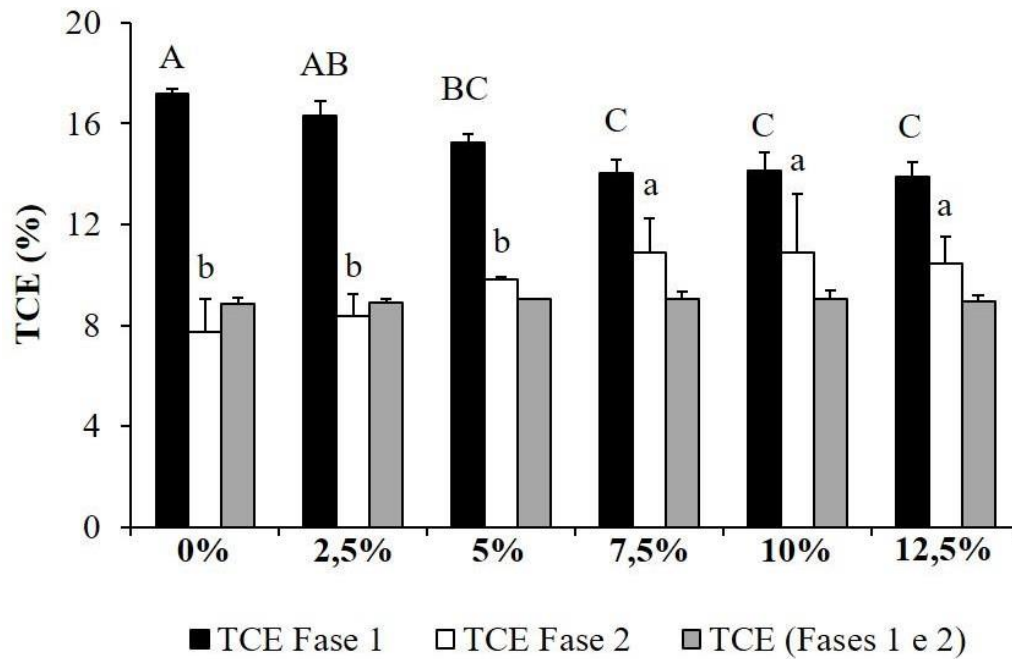
2.3.1 Desempenho e parâmetros sanguíneos ao final do ensaio de alimentação.

A Tabela 2 e a Figura 1 descrevem os resultados de desempenho zootécnico das Fases 1 e 2, em que os peixes receberam as dietas formuladas durante os primeiros 30 dias de alimentação exógena na Fase 1 e por mais 45 dias na Fase 2. Ao final das Fases 1 e 2, a sobrevivência foi semelhante entre os tratamentos ($P > 0,05$). Na Fase 1, o aumento da inclusão do farelo de *U. fasciata* proporcionou diminuição no peso, comprimento total, GP, GPD e TCE. As maiores médias de peso, GP, GPD e TCE foram encontradas nos peixes dos tratamentos com 0 e 2,5% de inclusão do farelo de *U. fasciata* em comparação com os tratamentos com 7,5, 10 e 12,5% ($P < 0,05$). Os peixes alimentados com as dietas contendo de 0 a 5% de farelo de macroalga apresentaram maiores médias de CT em comparação aos animais alimentados com a inclusão de 7,5 a 12,5% do farelo. As maiores médias do fator de condição foram encontradas com o uso de 5 e 10% do farelo da macroalga nas dietas, em comparação com os demais tratamentos ($P < 0,05$).

Ao final da Fase 2, a inclusão do farelo de *Ulva fasciata* nas dietas formuladas não alterou os parâmetros de peso, comprimento total, GP, GPD, fator de condição e sobrevivência ($P > 0,05$). A TCE foi superior nos peixes alimentados com a inclusão de 7,5 a 12,5% do farelo de macroalga nas dietas em comparação com a inclusão de 0 e 2,5% (Tabela 2). Considerando todo o experimento, do dia 1 ao 75, não foi observado diferenças estatísticas para a TCE entre os tratamentos.

Não foram observadas diferenças estatísticas nos parâmetros sanguíneos de hematócrito e proteína plasmática entre os tratamentos; no entanto, os níveis de glicose diferiram ($P < 0,05$) entre os mesmos. Os maiores valores ($P < 0,05$) para essa variável foram encontrados nos tratamentos com a inclusão de 10 e 12,5% do farelo de *Ulva fasciata* em comparação com os tratamentos em que foram incluídos de 0 à 7,5% do farelo de macroalga nas dietas ($P < 0,05$) (Tabela 3).

Figura 1 - Taxa de crescimento específico das larvas/juvenis de tilápia do Nilo alimentadas com farelo de *Ulva fasciata* nos níveis de inclusão 0, 2,5, 5, 7,5, 10 e 12,5%.



A Fase 1 corresponde aos 30 primeiros dias de alimentação exógena e os resultados podem ser expressos pela equação $y = 0,0088x^2 - 0,3812x + 18,042$ ($R^2=0,88$). A Fase 2 compreende o período de 31° ao 75° dia de experimento e os resultados podem ser expressos pela equação $y = -0,0093x^2 + 0,3999x + 6,7229$ ($R^2=0,58$). A Fase 1 e 2 são as médias de todo o período experimental, 1° ao 75° dia de experimento. Letras maiúsculas são as comparações na Fase 1 e as letras minúsculas na Fase 2.

Tabela 2. Média (\pm desvio padrão) do peso (g), comprimento (cm), ganho em peso (GP, g), ganho em peso diário (GPD, g), sobrevivência (%) e fator de condição de larvas de tilápia-do-Nilo alimentadas com dietas contendo níveis crescente do farelo de *Ulva fasciata*, ao final da Fase 1 e 2.

Fase 1						
Tratamentos	Peso	CT	GP	GPD	Sob.	K
T0	0,69 \pm 0,01a	3,59 \pm 0,01a	0,68 \pm 0,04a	0,023 \pm 0,001a	96,3 \pm 4,4	1,47 \pm 0,01b
T2,5	0,53 \pm 0,09a	3,07 \pm 0,99a	0,53 \pm 0,10a	0,018 \pm 0,003a	97,3 \pm 2,2	1,47 \pm 0,14b
T5	0,38 \pm 0,05ab	2,75 \pm 0,03 a	0,38 \pm 0,04ab	0,013 \pm 0,001ab	96,3 \pm 1,5	1,86 \pm 0,13a
T7,5	0,27 \pm 0,04b	2,53 \pm 0,11b	0,26 \pm 0,04b	0,009 \pm 0,001b	97,7 \pm 4,0	1,65 \pm 0,10b
T10	0,28 \pm 0,06b	2,51 \pm 0,18b	0,28 \pm 0,06b	0,009 \pm 0,002b	96,2 \pm 2,3	1,75 \pm 0,06a
T12,5	0,26 \pm 0,04b	2,50 \pm 0,14b	0,25 \pm 0,04b	0,008 \pm 0,001b	97,0 \pm 2,5	1,62 \pm 0,07b
Valor de F	24,19	3,401	27,34	27,24	2,021	2,698
Prob.	0,0118	0,04311	P<0,01	P<0,01	0,9681	0,04288
Equação	$y = 0,003x^2 - 0,080x + 0,695$	$y = 0,010x^2 - 0,220x + 3,578$	$y = 0,0014x^2 - 0,056x + 0,7954$	$y = 5.10^{-05}x^2 - 0,0019x + 0,0265$	-	$y = -2,906x + 50,25$
R ²	0,91	0,65	0,92	0,92	-	0,80
Fase 2						
T0	3,12 \pm 0,53	5,67 \pm 0,17	2,43 \pm 0,56	0,054 \pm 0,012	92,7 \pm 4,4	1,70 \pm 0,13
T2,5	3,14 \pm 0,41	5,69 \pm 0,28	2,60 \pm 0,39	0,058 \pm 0,009	90,2 \pm 4,1	1,69 \pm 0,04
T5	3,46 \pm 0,11	5,88 \pm 0,02	3,07 \pm 0,08	0,068 \pm 0,002	92,9 \pm 3,1	1,70 \pm 0,04
T7,5	3,58 \pm 0,76	5,95 \pm 0,39	3,31 \pm 0,72	0,074 \pm 0,016	91,6 \pm 3,0	1,68 \pm 0,02
T10	3,60 \pm 0,87	5,92 \pm 0,43	3,32 \pm 0,92	0,075 \pm 0,020	90,3 \pm 3,1	1,72 \pm 0,04
T12,5	3,33 \pm 0,65	5,77 \pm 0,35	3,07 \pm 0,60	0,068 \pm 0,013	91,2 \pm 5,7	1,73 \pm 0,08
Valor de F	0,3685	0,4524	1,13	1,128	0,4134	0,158
Prob.	0,8606	0,8039	0,3962	0,3969	0,8306	0,9733
Equação	-	-	-	-	-	-
R ²	-	-	-	-	-	-

Médias seguidas pelas mesmas letras na vertical não diferem pelo teste de Tukey (P>0,05).

Tabela 3. Média (\pm desvio padrão) dos valores de glicose (mg dL^{-1}), hematócrito (%) e proteína plasmática (mg dL^{-1}) nos juvenis de tilápia-do-Nilo alimentadas com dietas contendo níveis de inclusão do farelo de *Ulva fasciata*, ao final de 75 dias de alimentação.

	Glicose	Hematócrito	Proteína plasmática
T0	32,3 \pm 4,8 b	31,2 \pm 5,6	6,1 \pm 0,1
T2,5	32,2 \pm 2,3 b	31,8 \pm 3,5	5,8 \pm 0,2
T5	32,8 \pm 1,9 b	32,6 \pm 0,7	5,5 \pm 0,4
T7,5	35,8 \pm 1,6 b	32,1 \pm 0,5	5,5 \pm 0,1
T10	41,4 \pm 1,3 a	32,3 \pm 1,8	5,7 \pm 0,4
T12,5	40,8 \pm 3,3 a	32,6 \pm 0,8	5,6 \pm 0,3
Valor de F	6,91	0,10	1,89
Prob.	<0,01	0,98	0,17
Equação	$y=0,0505x^2+0,2021x+31,734$	-	-
R ²	0,89	-	-

Médias obtidas com peixes mantidos 12h de jejum. Médias seguidas pelas mesmas letras na horizontal não diferem pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

2.3.2 Composição corporal

O valor de umidade corporal foi maior no tratamento em que os peixes foram alimentados com dieta sem a inclusão do farelo de *U. fasciata*, em comparação com os animais alimentados com dietas contendo de 7,5 a 12,5% de inclusão do farelo na formulação ($P<0,05$). A quantidade de lipídeo corporal foi superior nos tratamentos em que os juvenis de tilápia foram alimentadas com dietas contendo de 7,5 à 12,5% de inclusão de *U. fasciata*, em comparação aos animais alimentados com dietas contendo 0 e 2,5% de inclusão do farelo ($P<0,05$). Os níveis de matéria mineral e proteína corporal não diferiram estatisticamente entre os tratamentos ($P>0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4. Composição corporal (%) de juvenis de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* alimentados com diferentes níveis de inclusão do farelo de *Ulva fasciata*, ao final de 75 dias de alimentação.

Tratamentos (inclusão de <i>Ulva fasciata</i>)	Umidade	Matéria mineral	Proteína	Lipídeos
0%	79,95 \pm 0,43a	1,93 \pm 0,05	17,27 \pm 0,24	1,20 \pm 0,19b
2,5%	79,57 \pm 0,1,22ab	1,96 \pm 0,02	17,49 \pm 0,30	1,55 \pm 0,18b
5%	79,01 \pm 0,54ab	2,05 \pm 0,06	17,51 \pm 0,14	1,55 \pm 0,18ab
7,5%	79,08 \pm 1,25b	2,00 \pm 0,09	17,63 \pm 0,14	1,64 \pm 0,19a
10%	78,82 \pm 0,77b	1,93 \pm 0,02	17,50 \pm 0,05	1,94 \pm 0,05a
12,5%	78,86 \pm 0,97b	1,96 \pm 0,02	17,56 \pm 0,17	1,96 \pm 0,02a
Valor de F	6,97	2,243	1,801	10,16

Prob.	<0,01	0,1168	0,1872	<0,01
Equação	$y = 0,0033x^2 - 0,1475x + 79,993$	-	-	$y = -0,0022x^2 + 0,0908x + 1,0726$
R ²	0,69	-	-	0,76

Médias seguidas pelas mesmas letras na vertical não diferem pelo teste de Tukey (P>0,05).

2.3.3 Desafio de exposição ao ar e choque osmótico

Após o estresse de exposição ao ar não foi observado mortalidade dos peixes em nenhum tratamento. No entanto, na avaliação de 0 às 96 h foi observado maior (P<0,05) mortalidade dos juvenis de tilápia que foram alimentados com dieta contendo 12,5% de inclusão de farelo de *Ulva fasciata*, em comparação com os demais tratamentos ao final de 96 h de avaliação. Mortalidade intermediária (P<0,05) foi detectada nos animais que foram alimentados com dietas contendo de 5 a 10% de inclusão do farelo. Não ocorreu mortalidade com peixes alimentados com dietas sem a inclusão do farelo e com a inclusão de 2,5%. Não ocorreu mortalidade nos juvenis em nenhum tratamento após o choque osmótico e nem na avaliação de 0 às 96h (Tabela 5).

Tabela 5. Médias (\pm desvio padrão) de mortalidade (%) após 96h do teste de estresse de exposição ao ar, em juvenis de tilápia-do-Nilo alimentados com dietas formuladas contendo a inclusão do farelo de *Ulva fasciata*.

Tratamentos (inclusão de <i>Ulva fasciata</i>)	Mortalidade (%)
0%	0
2,5%	0
5%	3,3 \pm 2,9 b
7,5%	3,3 \pm 1,8 b
10%	3,3 \pm 2,9 b
12,5%	10,0 \pm 5,0 a
Valor de F	12,27
Prob.	<0,01
Equação	$y = 0,3571x^2 - 0,7857x + 0,6667$
R ²	0,84

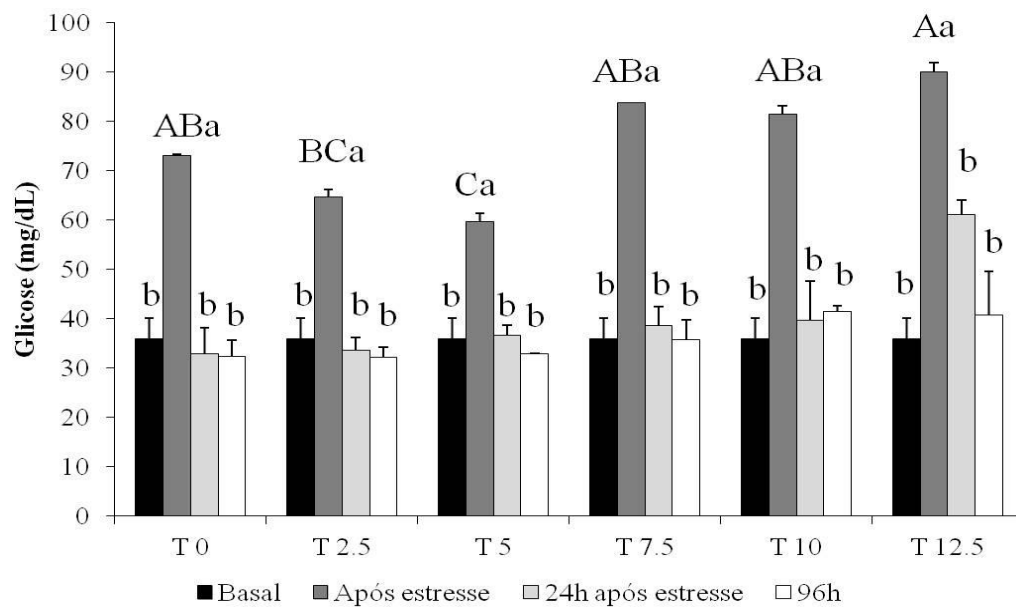
Médias seguidas pelas mesmas letras na horizontal não diferem pelo teste de Tukey (P>0,05).

Em relação às análises de glicose, mais especificamente as comparações do tratamento nos tempos, ou seja, antes da exposição ao ar, após, 24 e 96h, observou-se que o manejo proporcionou aumento (P <0,05) dessa variável sanguínea logo após o estresse em todos os tratamentos e os níveis retornaram aos valores basais em 24h. As comparações quando realizadas entre os tratamentos em um mesmo tempo apontou que a inclusão de 5% do farelo

de *U. fasciata* nas dietas proporcionou um menor aumento ($P < 0,05$) nas médias de glicose sanguínea em comparação aos peixes alimentados com a inclusão de 0, 7,5, 10 e 12,5% do farelo (Figura 2).

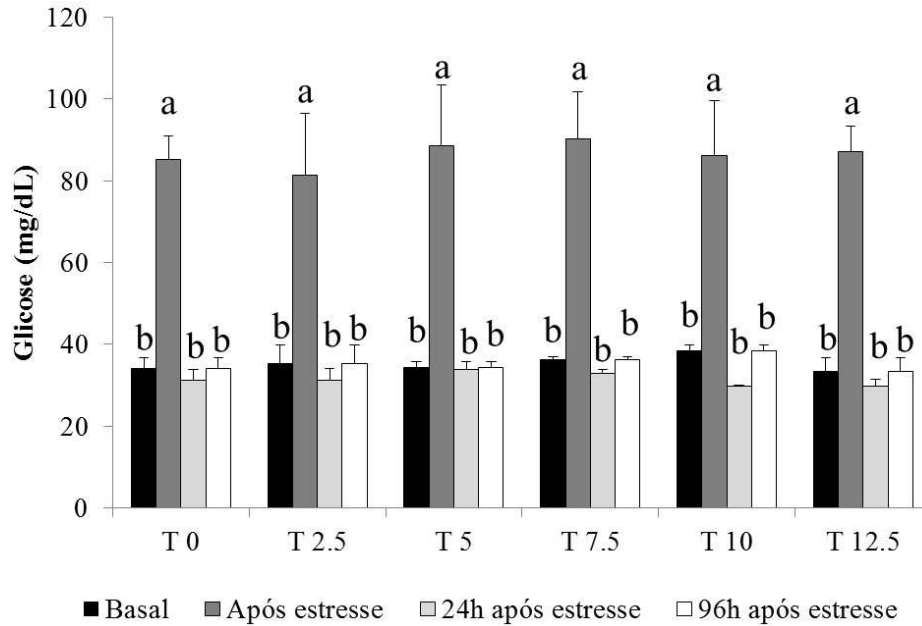
No teste de choque osmótico, não foi observado diferenças estatísticas nos valores de glicose sanguínea quando as comparações dos tratamentos foram realizadas dentro de um período de análise; no entanto, nas comparações dos períodos dentro do tratamento ocorreram diferenças estatísticas. Em geral, após o choque osmótico ocorreu um aumento ($P < 0,05$) nos valores de glicose nos juvenis de tilápia, independente da dieta utilizada. Após 24h do teste do choque osmótico, os valores de glicose retornaram aos valores basais, semelhante as médias observadas antes do manejo ($P > 0,05$). A mesma tendência foi observada com 96h (Figura 3).

Figura 2. Valores de glicose em juvenis de tilápia-do-Nilo em teste de exposição ao ar por um período de 10 min.



Letras maiúsculas são comparações do período de análise entre os tratamentos e minúsculas são comparações dos períodos dentro do tratamento. Letra semelhante significa que não houve diferença estatística pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). Antes do teste os animais foram mantidos em 24h de jejum.

Figura 3. Valores de glicose em juvenis de tilápia-do-Nilo em teste de choque osmótico por um período de 10 min.



Letras minúsculas são comparações dos períodos dentro do tratamento. Letras semelhantes significa que não houve diferenças estatísticas pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). Antes do teste os animais foram mantidos em 24h de jejum.

2.4 Discussão

O uso de farelos e extratos de macroalgas na alimentação dos organismos aquáticos já vem sendo estudado para várias espécies (AFONSO; DA SILVA MOUGA, 2019; NOORJAHAN *et al.*, 2021), como o salmão do Atlântico *Salmo salar* (KAMUNDE; SAPPAL; MELEGY, 2019), rabbitfish *Siganus fuscescens* (THEPOT *et al.*, 2021), *Litopenaeus vannamei* (NIU *et al.*, 2019), *Apostichopus japonicus* (LIAO *et al.*, 2021), linguado japonês *Paralichthys olivaceus* (RAGAZA *et al.*, 2021) e tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (AZAZA, *et al.*, 2008; SALEH *et al.*, 2014; ABO-RAYA *et al.*, 2021; PONTES *et al.*, 2020). Especificamente para tilápia, espécie alvo do presente estudo, os principais resultados obtidos até o momento indicaram que, para a fase de juvenil, as macroalgas podem ser utilizadas com limitações em dietas formuladas para a espécie. Esses resultados são compatíveis com os valores verificados ao final de 75 dias de alimentação. Além disso, os níveis testados não tiveram impacto sobre a sobrevivência dos animais ao final das Fases 1 e 2.

A quantidade de inclusão do ingrediente *U. fasciata* em dietas formuladas pode variar de acordo com a espécie de tilápia, de macroalga marinha, fase de desenvolvimento e sistema de produção (AZAZA *et al.*, 2008; PONTES *et al.*, 2020; ABO-RAYA *et al.*, 2021). O presente estudo apresenta os primeiros resultados do uso do farelo da macroalga *U. fasciata* na alimentação de tilápia do Nilo na fase de larvicultura, mais especificamente na fase de primeira alimentação exógena e período de masculinização dos animais.

Nos primeiros 30 dias de alimentação exógena, as larvas de tilápia apresentaram uma diminuição no crescimento com o aumento da inclusão do farelo de *U. fasciata* a partir do nível de 5% de inclusão. Esses resultados podem estar relacionados a vários fatores oriundos dos ingredientes de origem vegetal, tais como os fatores anti-nutricionais (ABU HAFSA, 2022; MA *et al.*, 2022); no entanto, a inclusão do farelo de *U. fasciata* nas formulações ocorreu principalmente com a retirada de ingredientes vegetais, como o caso do farelo de soja e do trigo (vide Tabela 1). Essas evidências nos levam a algumas hipóteses, como a de que algo esteja relacionado com os fatores anti-nutricionais presentes nas macroalgas (BRIEN *et al.*, 2022), palatabilidade da dieta (AL-SOUTI *et al.*, 2019) e/ou a alteração do perfil de nutrientes com a substituição dos ingredientes em avaliação (AL-SOUTI *et al.*, 2019, Tabela 1), conseqüentemente, podendo proporcionar uma queda no desempenho das larvas. Importante salientar que a diminuição no crescimento das larvas ocorreu sem alterar a sobrevivência dos peixes.

Os resultados aqui obtidos podem estar relacionados aos fatores antinutricionais das algas e a complexidade estrutural dos seus carboidratos, em que a sua concentração e perfil podem variar de acordo com a espécie e época do ano, alterando assim as quantidades dos antinutrientes e o perfil dos nutrientes ofertado aos peixes via formulação (MARINHO-SORIANO *et al.*, 2006; FLEURENCE, 1999; GEMEDE; RATTA, 2014; BRIEN *et al.*, 2022; JANSEN *et al.*, 2022). Al - Souti *et al.* (2019) observaram que a inclusão do farelo de *U. fasciata* em substituição da farinha de peixe para juvenis de *Sparus aurata*, espécie marinha carnívora, proporcionou um aumento da atratividade à dieta; no entanto, esse incremento não resultou em um aumento da palatabilidade. Serrano e Aquino (2014) observaram que o aumento da inclusão de concentrado proteico de *Ulva intestinalis* proporcionou uma diminuição no consumo de dieta para alevinos de 0,03g de tilápia do Nilo.

As diferenças na TCE entre os primeiros 30 dias de alimentação exógena e a fase posterior de alimentação podem indicar alteração da preferência alimentar durante a fase inicial de desenvolvimento da tilápia do Nilo. A TCE apresentou valores inversamente proporcionais na comparação entre as Fases 1 (início da alimentação exógena até 30 dias) e Fase 2 (31 até 45 dias). Nos primeiros 30 dias de alimentação ocorreu uma diminuição da TCE com o aumento da inclusão do farelo de *U. fasciata* na dieta e, na Fase 2, os maiores níveis de inclusão, de 7,5 a 12,5%, proporcionaram um maior crescimento dos juvenis. Uma possível alteração na preferência alimentar da espécie e o desenvolvimento por completo das estruturas do trato gastrointestinal poderia explicar uma melhor utilização dos nutrientes após os primeiros 30 dias de alimentação exógena e, conseqüentemente, a diferença observada entre as Fases 1 e 2 do presente estudo.

O desenvolvimento das larvas de tilápia do Nilo e a sua capacidade de digestão são temas relativamente bem estudados, apesar de controverso (TENGGAROEKUL *et al.*, 2002; DROSSOU *et al.*, 2006; SANTO *et al.*, 2020; YÚFERA, 2021). Tengjaroenkul *et al.* (2002) avaliaram o desenvolvimento ontogenético das enzimas digestivas no intestino de larvas de tilápia do Nilo, e concluíram que essas enzimas apareceram precocemente no intestino das larvas, com ampla distribuição pelo tecido desde o dia de sua eclosão; com exceção da lipase, que foi detectada nos enterócitos em larvas com três dias de vida. Essas características mostraram a funcionalidade do trato desde o início da alimentação exógena. Apesar da larva de tilápia apresentar parte de seu aparato enzimático digestivo presente no início de sua alimentação, outros fatores influenciam diretamente na funcionalidade e, conseqüentemente na digestão do alimento. Nessa linha, Drossou *et al.* (2006) observaram que larvas de tilápia

apresentaram diferentes padrões de atividade trípica, crescimento e taxa de sobrevivência quando alimentadas com diferentes alimentos (fitoplâncton seco, dieta seca de truta arco-íris e náuplios de *Artemia*). Os autores observaram que tanto a síntese do hormônio colecistoquinina quanto a atividade trípica aumentaram com o desenvolvimento da larva, apresentando maiores médias após 25 dias de sua eclosão. Saleh *et al.* (2014) obtiveram que a inclusão de 2,5 a 10% de *U. fasciata* em dieta formuladas para alevinos de híbridos de tilápia vermelha (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*), com peso médio inicial de 1 g, proporcionou uma melhora no desempenho dos animais. Esses resultados corroboraram com o presente estudo, especificamente na Fase 2, em que nos peixes com tamanho similar apresentaram maior TCE com a inclusão de 7,5 a 12,5% do farelo *U. fasciata* em dietas formuladas.

Os pontos discutidos anteriormente mostraram que as larvas de tilápia alimentadas com níveis crescentes de farelo de *U. fasciata* podem ter tido condições diferentes na digestão e absorção de nutrientes durante o seu desenvolvimento inicial, os quais resultaram em uma diferença no padrão de crescimento dos peixes entre as Fases 1 e 2 do presente estudo. Ao final da Fase 2 foi observado uma recuperação no crescimento dos peixes que apresentaram menores médias de peso ao final da Fase 1, fazendo com que na Fase 2, apresentassem médias de peso semelhantes estatisticamente entre os tratamentos ao final do experimento. Nesse contexto, pode-se sugerir que os peixes maiores, em torno de 1 g, possuíam um aparato digestivo mais propício para digerir e assimilar de maneira mais eficiente os nutrientes do farelo de *U. fasciata*, capazes de promover o crescimento dos peixes e atuar na saúde dos peixes.

Apesar da diferença no crescimento das larvas de tilápia com a inclusão do farelo de *U. fasciata* ao final da Fase 1, a inclusão do ingrediente não proporcionou alteração na sobrevivência ao final de ambas as Fases. Dessa forma, as larvas de tilápia do Nilo podem ser alimentadas com até 12,5% de inclusão do ingrediente farelo de *U. fasciata* sem prejuízos para a sobrevivência. Serrano e Aquino (2014) não observaram diferença na sobrevivência de alevinos de 0,03g de tilápia do Nilo alimentados com a substituição de até 45% do farelo de soja por concentrado proteico de *Ulva intestinalis* após 90 dias de alimentação. As inclusões de 2,5 e 7,5% de farelo de *U. fasciata* proporcionaram uma maior sobrevivência para os alevinos de híbridos de tilápia vermelha (SALEH *et al.*, 2014).

Ao final da Fase 2, os juvenis de tilápia alimentados com os maiores níveis de inclusão do farelo de *U. fasciata*, de 7,5 a 12,5%, apresentaram um aumento dos níveis de

lipídeos corporais e uma diminuição da umidade. As concentrações de lipídeos e umidade na composição corporal apresentam relação inversa (JOBILING, 2001), o que de fato foi observado no presente estudo. El-Tawil (2010) observou que o aumento na inclusão do farelo de *Ulva sp.* proporcionou uma diminuição na concentração de lipídeos corporais em juvenis de tilápia vermelha *Oreochromis sp.*; no entanto, apenas nos animais alimentados com dietas contendo mais de 15% de inclusão. A quantidade de 10% de farelo de *Ulva sp.* levou a um aumento na quantidade de lipídeos. A inclusão de 5% de farelo de *Ulva* (misturas de macrolagas do gênero *Ulva*) proporcionou uma diminuição na concentração de lipídeos corporais em juvenis de tilápia (ERGÜN *et al.*, 2008). A alteração da concentração de lipídeos pode estar relacionada às condições de criação (WU *et al.*, 2021; ZENG *et al.*, 2021), manejo alimentar (ALIABAD *et al.*, 2022), quantidade de energia no alimento e ao balanceamento de nutrientes e/ou energia (DU *et al.*, 2020; ZENG *et al.*, 2021). O aumento dos níveis de inclusão de farelo de *U. fasciata* nas dietas formuladas no presente estudo foi acompanhado de uma correção na concentração de aminoácidos, lisina e metionina, a fim de mitigar o desbalanceamento desses aminoácidos com a inclusão do ingrediente (Tabela 1). O desbalanceamento de aminoácidos pode levar a um aumento na deposição de lipídeos corporais, como observado em juvenis de pacu *Piaractus mesopotamicus* no desbalanceamento do aminoácido lisina (BICUDO *et al.*, 2009). Além disso, a alteração na concentração de amido e fibra pode ter levado a um desbalanceamento energético nas dietas, com resultados direto na digestão, absorção e metabolismo dos peixes. Segundo Boscolo *et al.* (2008), as larvas de tilápia podem receber até 10% de amido nas dietas sem prejuízo para o desempenho. Dependendo da fase de crescimento dos peixes, o acúmulo de lipídeos corporais, ao invés de um incremento de proteína, pode denotar um problema de balanceamento dietético (JOBILING, 2001; XIE *et al.*, 2017), o que pode ter ocorrido no presente estudo com as larvas/juvenis de tilápia alimentadas com os maiores níveis de inclusão do farelo de *U. fasciata*.

As análises de sangue ao final do experimento mostraram que os parâmetros de hematócrito e proteína sérica total não foram alterados ao final do ensaio de alimentação. Nesse mesmo período, os níveis de glicose sanguíneos foram maiores com o aumento da inclusão do farelo de *U. fasciata*. O hematócrito e a proteína sérica total são variáveis sanguíneas relacionadas com o estado fisiológico e a saúde dos peixes (FAZIO, 2019). Os resultados semelhantes desses parâmetros entre os níveis de inclusão de farelo de *U. fasciata* indicaram que, possivelmente, os peixes apresentaram condições similares de saúde em

condições de produção. O aumento da inclusão do farelo de *U. fasciata* pode ter proporcionado um perfil diferente de carboidratos, os quais levaram um aumento nos níveis de glicose sanguínea. O acúmulo de lipídeos corporais observado nos juvenis que receberam as mesmas dietas é um indicativo de uma maior disponibilização dos nutrientes energéticos na dieta, *i.e.* lipídeos e carboidratos, levando a esse acúmulo de lipídeos corporais. A relação entre os nutrientes energéticos da dieta e a forma com que suas estruturas são disponibilizadas para os peixes afeta diretamente a capacidade de digestão e, conseqüentemente, o metabolismo dos mesmos. Em especial, a proporção adequada de polissacarídeos amiláceos e não amiláceos, que pode levar a uma melhora no uso dos nutrientes (digestibilidade) e do tempo de trânsito gastrointestinal, alterando o metabolismo e o acúmulo energético no animal (SCHRAMA *et al.*, 2018). A quantidade de nutrientes nas dietas pode afetar o perfil enzimático do aparato digestório dos peixes (KROGDAHL; HEMRE; MOMMSEN, 2005; SINHA *et al.*, 2011), e em especial para a tilápia (MAAS, *et al.*, 2020), podendo alterar a disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente os parâmetros fisiológicos.

Após o ensaio de alimentação, os juvenis de tilápia alimentados com os maiores níveis de inclusão de farelo de *U. fasciata* tiveram uma menor sobrevivência após 96h de teste de exposição ao ar. Diferentemente do teste de choque osmótico, em que não ocorreu mortalidade. As respostas aos ensaios de estresse estão relacionadas as condições de saúde e homeostase dos animais em condições de criação. Uma maior alteração das variáveis fisiológicas e até um maior número de animais mortos após os desafios pode indicar que os mesmos se encontravam mais debilitados, em um maior nível de estresse ou em piores condições de saúde (AFONSO, 2020; DAVIS, 2010; LUZ *et al.*, 2012; TRUSHENSKI *et al.*, 2010). Luz *et al.* (2012) observaram que o desafio de exposição ao ar é um método eficiente para avaliar as condições de saúde de larvas e juvenis de tilápia do Nilo. Os autores verificaram que os animais foram mais susceptíveis ao teste quando expostos previamente a uma situação de alimentação/nutrição não adequada. No presente estudo, uma menor sobrevivência dos juvenis de tilápia alimentados com os maiores níveis de inclusão do farelo de *U. fasciata* pode indicar que, provavelmente, a dieta não proporcionou uma maior higidez aos peixes, o que levou a um aumento na susceptibilidade ao desafio em questão.

As alterações fisiológicas provocadas pelos manejos/desafios da aquicultura podem ser observadas pelas alterações dos parâmetros sanguíneos. Normalmente, esses manejos levam a um estresse agudo. No presente estudo, os níveis de glicose aumentaram significativamente após os desafios e retornaram aos valores basais com 24h. O aumento dos

níveis de cortisol e glicose sanguíneos após os manejos é uma resposta primária e secundária, respectivamente, característica do estresse agudo, sendo a glicose uma fonte de energia disponibilizada pelo organismo para atuar frente ao desafio encontrado (DAVIS, 2010; MARTOS-SITCHA *et al.*, 2020). Interessante observar que os juvenis de tilápia alimentados com a inclusão de 5% de farelo de *U. fasciata* tiveram um menor aumento dos níveis de glicose. Isso pode estar relacionado a uma maior capacidade dos peixes deste tratamento a atuar em situações desfavoráveis/estressantes, com um menor distúrbio da homeostase. Em níveis corretos, as macroalgas podem atuar na modulação dos níveis de glicose sanguíneo (MUTHU; RAJA; SUDHAKAR; 2022; DE FREITAS VASCONCELOS; GONÇALVES, 2013). Em contrapartida, nos tratamentos com níveis superiores de farelo de *U. fasciata* ocorreu um aumento da disponibilidade de glicose sanguínea após o estresse de exposição ao ar, provavelmente indicando um maior distúrbio fisiológico aos animais. Estes resultados podem estar relacionados ao balanceamento dietético das formulações, o que proporcionou condições favoráveis para que os compostos nutraceuticos atuassem na promoção da saúde dos animais, deixando-os mais propícios para os desafios testados. Todos esses indícios apontaram para a necessidade de maior aprofundamento nos estudos sobre os compostos nutraceuticos e imunostimulantes presentes nas algas marinhas e nos seus benefícios à saúde dos animais em produção.

O conjunto de resultados com os maiores níveis de inclusão do farelo de *U. fasciata*, em especial a inclusão de 12,5%, *i.e.*, acúmulo de lipídeos corporais, aumento dos níveis de glicose após o ensaio de alimentação e após o estresse de exposição ao ar, junto a diminuição da sobrevivência, evidenciou que pode ter ocorrido um desbalanceamento nutricional da dieta a ponto de alterar as condições de fisiológicas/saúde dos peixes. Neste contexto, a inclusão de níveis superiores do farelo em formulações dietéticas para larvas de tilápia parece não ser interessante.

2.5 Conclusão

O farelo de *U. fasciata* pode ser utilizado em dietas formuladas na larvicultura da tilápia do Nilo. Considerando as Fases 1 e 2 do experimento, pode-se recomendar a inclusão de 2.5% em sua formulação, sem prejuízos para o desempenho, sem alterações nos níveis de glicose sanguínea e com boa resposta ao desafio por estresse aéreo. Níveis superiores de inclusão devem ser avaliados mais profundamente no futuro, pois há indícios de uma possível modulação da resposta glicêmica à situação de estresse.

Agradecimentos

À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo apoio financeiro (E-26/010.001971/2014). Ao CNPq pela Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora para RT (307400/2020-4).

REFERÊNCIAS

- ABO-RAYA, M. H. *et al.* Assessment of growth-related parameters and immune-biochemical profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed dietary *Ulva fasciata* extract. **Aquaculture Research**, v. 52, n. 7, p. 3233-3246, 2021.
- ABU HAFSA, S. H. *et al.* Dietary Anti-nutritional Factors and Their Roles in Livestock Nutrition. *In*: YATA, V.K.; MOHANTY, A.K.; LICHTFOUSE, E. **Sustainable Agriculture Reviews 57**. Springer International Publishing, 2022. p. 131-174.
- AFONSO, C. P. C. N.; DA SILVA MOUGA, T. M. L. Seaweeds as fish feed additives. *In*: LEONEL P.; KIRIL B.; NILESH H. J. **Seaweeds as Plant Fertilizer, Agricultural Biostimulants and Animal Fodder**. CRC Press, 2019. p. 150-186.
- AFONSO, L. O. B. Identifying and managing maladaptive physiological responses to aquaculture stressors. **Fish Physiology**, vol. 38, p. 163-191, 2020.
- ALIABAD, H. S. *et al.* Effects of restricted feeding levels and stocking densities on water quality, growth performance, body composition and mucosal innate immunity of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry in a biofloc system. **Aquaculture**, v. 546, p. 737320, 2022.
- AL-SOUTI, A. *et al.* Attractability and palatability of formulated diets incorporated with chicken feather and algal meals for juvenile gilthead seabream, *Sparus aurata*. **Aquaculture Reports**, v. 14, p. 100199, 2019.
- ANDRADE, C. L. *et al.* Nutrição e alimentação de tilápias do Nilo. **Revista Eletrônica de Nutrição**, v. 12, n. 6, p. 4464-4469, 2015.

AZAZA, M. S. *et al.* Growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed with diets containing graded levels of green algae *Ulva* meal (*Ulva rigida*) reared in geothermal waters of southern Tunisia. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 24, n. 2, p. 202-207, 2008.

BARROSO, R.M. *et al.* **Dimensão socioeconômica da tilapicultura no Brasil**. 1. ed. Brasília DF: Embrapa. 2017. 110 p.

BARTON, B. A. Salmonid fishes differ in their cortisol and glucose responses to handling and transport stress. **North American Journal of Aquaculture**, v. 62, n. 1, p.12-18, 2000.

BICUDO, Á. J. A; SADO, R. Y.; CYRINO, J. E. P. Dietary lysine requirement of juvenile pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Aquaculture**, v. 297, n. 1-4, p. 151-156, 2009.

BOSCOLO, W. R. *et al.* Inclusão de amido em dietas para larvas de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, p. 177-180, 2008.

BRIEN, R. O. *et al.* Macroalgal Proteins: A Review. **Foods**, v. 11, n. 4, p. 571, 2022.

BURR, G.; GATLIN III, D.; RICKE, S. Microbial ecology of the gastrointestinal tract of fish and the potential application of prebiotics and probiotics in finfish aquaculture. **Journal of the World Aquaculture society**, v. 36, n. 4, p. 425-436, 2005.

CAI, J. *et al.* Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in global aquaculture development. **FAO Fisheries and Aquaculture Circular**, n. 1229, 2021. Disponível em: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00705/81738/86385.pdf>. Acesso em: 20.03.2022

CRUZ P. M. *et al.* Use of probiotics in aquaculture. **International Scholarly Research Notices**, v. 2012, 2012.

DANTAGNAN, P. *et al.* Inclusion of macroalgae meal (*Macrocystis pyrifera*) as feed ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effect on flesh fatty acid composition. **Aquaculture Research**, v.41, n. 1, p. 87-94, 2009.

DAVIS, K. B. Management of physiological stress in finfish aquaculture. **North American Journal of Aquaculture**, v. 68, n. 2, p. 116-121, 2006.

DAVIS, M. W. Fish stress and mortality can be predicted using reflex impairment. **Fish and Fisheries**, v. 11, n. 1, p. 1-11, 2010.

DE FREITAS VASCONCELOS, B. M.; GONÇALVES, A. A. Macroalgas e seus usos – alternativas para as indústrias brasileiras. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 125 - 140, 2013.

DE PAIVA, M. J. T. R. *et al.* **Métodos para análise hematológica em peixes**. Editora da Universidade Estadual de Maringá - 1ª Ed., Maringá: EDUEM, 2013. 140 p.

DROSSOU, A. *et al.* Ontogenetic development of the proteolytic digestion activities in larvae of *Oreochromis niloticus* fed with different diets. **Aquaculture**, v. 256, n. 1-4, p. 479-488, 2006.

DU, R. Y. *et al.* Glucose homeostasis and glucose tolerance were impaired with elevated lipid to starch ratios in practical diets for the omnivorous genetically improved farmed tilapia *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 523, p. 735221, 2020.

EL-SAYED, A. F.M. Intensive Culture. *In:* Abdel-Fattah M. **Tilapia Culture: Cap 05**. London: El-Sayed (Ed.), 2006. p. 70-94.

EL-TAWIL, N. E. Effects of green seaweeds (*Ulva sp.*) as feed supplements in red tilapia (*Oreochromis sp.*) diet on growth performance, feed utilization and body composition. **Journal of the Arabian Aquaculture Society**, v. 5, n. 2, p. 179-194, 2010.

ERGÜN, S. *et al.* Influence of *Ulva* meal on growth, feed utilization, and body composition of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) at two levels of dietary lipid. **Aquaculture International**, v. 17, p. 355-361, 2009.

FAO. 2022 – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of the world fisheries and Aquaculture, 2022**. Rome, FAO, 2022. 266 p. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/cc0461en/>. Acesso em: 03.06.2022.

FAZIO, F. Fish hematology analysis as an important tool of aquaculture: a review. **Aquaculture**, v. 500, p. 237-242, 2019.

FLEURENCE, J. Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. **Trends in Food Science & Technology**, v.10, n. 1, p. 25-28, 1999.

FURUYA, W. M. *et al.* Nutrição de tilápias no Brasil. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, p. 19-34, 2012.

FURUYA, W.M. **Tabelas brasileiras para nutrição de Tilápias**. 21 ed. Toledo: GFM, 2010. 100 p.

GABRIELSEN, B. O.; AUSTTRENG, E. Growth, product quality and immune status os Atlantic salmon, *Salmo salar L.*, fed wet with alginate. **Aquaculture research**. v.29, n. 6, p. 397-401, 1998.

GEMEDE, H. F.; RATTA, N. Antinutritional factors in plant foods: Potential health benefits and adverse effects. **International Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 3, n. 4, p. 284-289, 2014.

HUA, K. *et al.* The future of aquatic protein: Implications for Protein sources in Aquaculture Diets. **One Earth**, v. 1, n. 3, p. 316-329, 2019.

HULATA G. Genetic manipulations in aquaculture, a review of stock improvement by classical and modern technologies. **Genetica**, v. 111, p. 155-173, 2001.

- ISHIKAWA, M. M. *et al.* **Procedimentos básicos para colheita de sangue em peixes.** Circular técnica. MS: Embrapa, 2010. 8 p.
- JANSEN, H. M. *et al.* Seasonal variation in productivity, chemical composition and nutrient uptake of *Ulva spp.* (Chlorophyta) strains. **Journal of Applied Phycology**, v. 34, n. 3, p. 1649-1660, 2022.
- JIANG, D. *et al.* Effect of blood glucose level on acute stress response of grass carp *Ctenopharyngodon idella*. **Fish physiology and biochemistry**, v. 43, p. 1433-1442, 2017.
- JOBLING, M. *et al.* Nutrient Partitioning and the Influence of Feed Composition on Body Composition. *In*: DOMINIC H., THIERRY B., JOBLING M. Food Intake in Fish, v. 25, n. 4, p. 354-375, 2001.
- KAMUNDE, C.; SAPPAL, R.; MELEGY, T. M. Brown seaweed (AquaArom) supplementation increases food intake and improves growth, antioxidant status and resistance to temperature stress in Atlantic salmon, *Salmo salar*. **PLoS One**, v. 14, n. 7, p. e0219792, 2019.
- KROGDAHL, Å.; HEMRE, G.-I.; MOMMSEN, T. P. Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages. **Aquaculture nutrition**, v. 11, n. 2, p. 103-122, 2005.
- LIAO, Z-H. *et al.* The effects of dietary supplement of *Ulva fasciata*, fermented soybean and probiotics on the growth of *Apostichopus japonicus*. **Aquaculture Nutrition**, v. 27, n. 5, p. 1363-1369, 2021.
- LUZ, R. K. *et al.* Influência do tempo de transporte para juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 65, n. 6, p. 1895-1898, 2013.
- LUZ, R. K. *et al.* Performance and stress resistance of Nile tilapias fed different crude protein levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 457-461, 2012.
- MA, S. *et al.* Anti-Nutritional Factors and Protein Dispersibility Index as Principal Quality Indicators for Soybean Meal in Diet of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* GIFT), a Meta-Analysis. **Animals**, v. 12, n. 14, p. 1831, 2022.
- MAAS, R. M. *et al.* Carbohydrate utilisation by tilapia: a meta-analytical approach. **Reviews in Aquaculture**, v. 12, n. 3, p. 1851-1866, 2020.
- MAINARDES-PINTO, C. S. R. *et al.* Masculinização da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, utilizando diferentes rações e diferentes doses de 17 α -metilttestosterona. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 654-659, 2000.
- MARINHO-SORIANO, E. *et al.* Seasonal variation in the chemical composition of two tropical seaweeds. **Bioresource technology**, v. 97, n. 18, p. 2402-2406, 2006.
- MARTOS-SITCHA, J. A. *et al.* Welfare and stressors in fish: Challenges facing aquaculture. **Frontiers in physiology**, v. 11, p. 162, 2020.

MATTIOLI, C. C. *et al.* The effects of acute and chronic exposure to water salinity on juveniles of the carnivorous freshwater catfish *Lophiosilurus alexandri*. **Aquaculture**, v. 481, p. 255-266, 2017.

MEENA, D. K. *et al.* Beta-glucan: an ideal immunostimulant in aquaculture (a review). **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 39, n. 3, p. 431-457, 2013.

MERRIFIELD, D. L. *et al.* The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. **Aquaculture**, v. 302, n. 1-2, p. 1-18, 2010.

MUTHU, S.; RAJA, S.; SUDHAKAR, M. Green seaweed, *Ulva sp.* a potential source of ingredients for feed formulation of Ornamental fishes. **Journal of Research in Agriculture and Animal Science**, v. 9, n. 7, p. 44-50, 2022.

NAKAGAWA, H. Effect of dietary algae on improvement of lipid metabolism in fish. **Biomed & Pharmacother**, v. 51, n. 8, p. 345-348, 1997.

NAYLOR, R. L. *et al.* Feeding aquaculture in an era of finite resources. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 36, p. 15103-15110, 2009.

NG, W-K.; ROMANO, N. A review of the nutrition and feeding management of farmed tilapia throughout the culture cycle. **Reviews in Aquaculture**, v. 5, n. 4, p. 220-254, 2013.

NIU, J. *et al.* Comparison and evaluation of four species of macro-algae as dietary ingredients in *Litopenaeus vannamei* under normal rearing and WSSV challenge conditions: effect on growth, immune response, and intestinal microbiota. **Frontiers in Physiology**, v. 9, p. 1880, 2019.

NOORJAHAN, A. *et al.* Efficacy of incorporating spent seaweeds in aqua feeds as a nutritional source. **Survey in Fisheries Sciences**, v. 8, n. 1, p. 31-45, 2021.

O'SULLIVAN, L. *et al.* Prebiotics from Marine Macroalgae for Human and Animal Health Applications. **Marine Drugs**, v. 8, n. 7 p. 2038-2064, 2010. Disponível em: www.mdpi.com/journal/marinedrugs. Acesso em: 21.09.2021.

PEIXE BR. 2022. Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário 2022 Peixe BR da piscicultura**. 71 p. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anoario-2021/>. Acesso em: 28.03.2022.

PEÑAFLORES, V. D.; GOLEZ, N. V. Use of seaweed meals from *Kappaphycus alvarezii* and *Gracilaria heteroclada* as binders in diets for juvenile shrimp *Penaeus monodon*. **Aquaculture**, v. 143, n. 3-4, p. 393-401, 1996.

PEREIRA, R.; YARISH, C.; CRITCHLEY, A. T. Seaweed Aquaculture for Human Foods in Land-based and IMTA Systems. In: CHRISTOU P. **Sustainable Food Production**. Springer, New York, 2013. p. 9109-9128.

PONTES, M. D. *et al.* Digestibility and gastrointestinal transit of *Ulva fasciata* seaweed meal in tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles: basis for the inclusion of a sustainable ingredient

in aquafeeds. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e3889108497-e3889108497, 2020.

PORTELLA, M. C.; DABROWSKI, K. Diets, physiology, biochemistry and digestive tract development of freshwater fish larvae. *In*: CYRINO, J. E. P. *et al.* **Feeding and digestive functions of fishes**. Enfield: Science Publishers, 2008. p. 227-279.

PORTELLA, M. C. *et al.* Larval development of indigenous South American freshwater fish species, with particular reference to pacu (*Piaractus mesopotamicus*): A review. **Aquaculture**, v. 432, p. 402-417, 2014.

PORTELLA, M. C. *et al.* **Alimentação e nutrição de larvas**. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis, Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, p. 185-216, 2012.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Tais-Lopes-3/publication/284595009_Alimentacao_e_nutricao_de_larvas/links/58dbd4f1458515152b29d888/Alimentacao-e-nutricao-de-larvas.pdf

RAGAZA, J. A. *et al.* Brown seaweed (*Sargassum fulvellum*) inclusion in diets with fishmeal partially replaced with soy protein concentrate for Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) juveniles. **Aquaculture Nutrition**, v. 27, n. 4, p. 1052-1064, 2021.

RIBEIRO, P. A. P. *et al.* Efficiency of eugenol as anesthetic for the early life stages of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 1, p. 529-535, 2015.

SALEH, N. E. *et al.* Effect of dietary inclusion of *Ulva fasciata* on red hybrid tilapia growth and carcass composition. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 26, n. 3, p. 197-207, 2014.

SANTO, A. H. E. *et al.* Effects of temperature regime on growth and daily rhythms of digestive factors in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae. **Aquaculture**, v. 528, p. 735545, 2020.

SCHRAMA, J. W. *et al.* Energy efficiency of digestible protein, fat and carbohydrate utilisation for growth in rainbow trout and Nile tilapia. **British Journal of Nutrition**, v. 119, n. 7, p. 782-791, 2018.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Brasília: Ipea, 2017. 35 p.

SERRANO J. R., Augusto E.; AQUINO, J. I. L. Protein concentrate of *Ulva intestinalis* (Chlorophyta, Ulvaceae) could replace soybean meal in the diet of *Oreochromis niloticus* fry. **Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation**, v. 7, n. 4, p. 255-262, 2014.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. 2005. **Análise de Alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 2ª reimpressão. 3ª Edição. Editora UFV. Universidade Federal de Viçosa, 2005. 235 p.

SINHA, A. K. *et al.* Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition – a review. **Food Chemistry**, v. 127, n. 4, p. 1409-1426, 2011.

TENGJAROENKUL, B. *et al.* Ontogenic development of the intestinal enzymes of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture**, v. 211, n. 1-4, p. 241-251, 2002.

THEPOT, V. *et al.* Meta-analysis of the use of seaweeds and their extracts as immunostimulants for fish: a systematic review. **Reviews in Aquaculture**, v. 13, n. 2, p. 907-933, 2021.

TRUSHENSKI, J. *et al.* Physiological responses of cobia *Rachycentron canadum* following exposure to low water and air exposure stress challenges. **Aquaculture**, v. 307, n. 1-2, p. 173-177, 2010.

XIE, D. *et al.* Effects of dietary carbohydrate and lipid levels on growth and hepatic lipid deposition of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 479, p. 696-703, 2017.

YOUSEFIAN, M.; AMIRI, M. S. A review of the use of prebiotic in aquaculture for fish and shrimp. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 25, p. 7313-7318, 2009.

YÚFERA, M. Embryonic and Larval Development of Tilapias. *In*: LÓPEZ-OLMEDA, J.F.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F.J.; FORTES-SILVA, R. **Biology and Aquaculture of Tilapia**. CRC Press, 2021. p. 178-195.

WU, L. *et al.* Culture salinity alters dietary protein requirement, whole body composition and nutrients metabolism related genes expression in juvenile genetically improved farmed tilapia (GIFT)(*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 531, p. 735961, 2021.

ZENG, N-N. *et al.* Effects of water temperatures and dietary protein levels on growth, body composition and blood biochemistry of juvenile GIFT tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Nutrition**, v. 27, n. 1, p. 240-251, 2021.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo traz informações relevantes sobre o uso do ingrediente farelo de *Ulva fasciata* no desempenho, composição corporal e parâmetros sanguíneos na fase inicial de desenvolvimento da tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus*, mais precisamente durante os 75 dias iniciais de alimentação. Os níveis de inclusão do farelo de *Ulva fasciata* testados (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 e 12,5%) no ensaio experimental mostrou que o ingrediente em questão pode ser utilizado durante os primeiros 75 dias de alimentação, com inclusão de até 5% na formulação nos primeiros 30 dias de alimentação exógena e 12,5% na fase subsequente, de 31 a 75 dias, sem prejuízos para o desempenho.

A inclusão do farelo de *U. fasciata* nas dietas formuladas não alterou os níveis de hematócrito e proteína plasmática ao final do ensaio de alimentação, indicando higidez dos animais em todos os tratamentos; no entanto, os níveis de glicose sanguínea ao final do experimento e após os testes de estresses foram alterados. Essas alterações podem estar relacionadas ao balanceamento energético das dietas, o qual proporcionou um acúmulo de reserva energética na forma de lipídeo corporal, com um aumento dos níveis de glicose sanguínea. Nos testes de estresses, os peixes alimentados com 5% de farelo de *U. fasciata* apresentaram uma menor alteração dos níveis de glicose, provavelmente indicando um menor distúrbio da homeostase após o estresse e/ou por um efeito modulador da glicemia. Essas hipóteses relacionadas ao balanceamento energético e as alterações da homeostase com o uso do farelo de *U. fasciata* merecem um estudo mais aprofundado para avaliar os mecanismos nutricionais e fisiológicos que atuam na interface animais em produção x alimentação/nutrição/saúde.