

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

Dietas suplementadas com óleos essenciais e ácidos orgânicos e seus sais na produção de tilápia do Nilo: influência na nutrição e sanidade em diferentes fases de cultivo

Magdiel Santos Oliveira
Zootecnista

Jaboticabal, São Paulo - Brasil

2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

Dietas suplementadas com óleos essenciais e ácidos orgânicos e seus sais na produção de tilápia do Nilo: influência na nutrição e sanidade em diferentes fases de cultivo

Magdiel Santos Oliveira

Orientadora: Dr. Dalton José Carneiro
Coorientadora: Dra. Ligia Maria Neira Rodrigues

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Jaboticabal, São Paulo - Brasil

2025

O48d

Oliverira, Magdiel Santos

Dietas suplementadas com óleos essenciais e ácidos orgânicos e seus sais na produção de tilápia do Nilo: influência na nutrição e sanidade em diferentes fases de cultivo / Magdiel Santos Oliverira. -- Jaboticabal, 2026

194 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Dalton José Carneiro

Coorientador: Ligia Maria Neira

1. Aditivos. 2. Desempenho. 3. Imunidade. 4. Tilápia. I. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Esta pesquisa amplia o conhecimento sobre estratégias nutricionais aplicadas à produção de tilápias do Nilo, avaliando o uso de ácidos orgânicos, seus sais e óleos essenciais como alternativas para melhorar o aproveitamento dos nutrientes e aspectos relacionados à saúde dos peixes. Os resultados contribuem para orientar a escolha de produtos e níveis de inclusão mais adequados, fornecendo informações que podem apoiar produtores e profissionais na tomada de decisões, aumentar a eficiência do uso da ração e favorecer sistemas de produção aquícola mais eficientes, seguros e sustentáveis.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This research expands knowledge on nutritional strategies applied to Nile tilapia production by evaluating the use of organic acids, their salts, and essential oils as alternatives to improve nutrient utilization and aspects related to fish health. The results contribute to guiding the selection of appropriate products and inclusion levels, providing information to support producers and professionals in decision-making, increase feed-use efficiency, and promote more efficient, safe, and sustainable aquaculture production systems.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA
TESE:

DIETAS SUPLEMENTADAS COM ÓLEOS ESSENCIAIS E ÁCIDOS ORGÂNICOS E SEUS SAIS NA PRODUÇÃO DE TILÁPIA DO NILO: INFLUÊNCIA NA NUTRIÇÃO E SANIDADE EM DIFERENTES FASES DE CULTIVO

AUTOR: MAGDIEL SANTOS OLIVEIRA

ORIENTADOR: DALTON JOSÉ CARNEIRO

COORDINADORA: LIGIA MARIA NEIRA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Ciência Animal, área: Nutrição Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. DALTON JOSÉ CARNEIRO (Participação Virtual) Departamento de Zootecnia / FCAV UNESP Jaboticabal



Documento assinado digitalmente
HELLEN BUZZOLLO PAZZINI
Data: 27/08/2025 08:15:58-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. HELLEN BUZZOLLO PAZZINI (Participação Virtual) Centro Universitário de Rio Preto (UNIRP) / São José do Rio Preto/SP

Prof. Titular AULUS CAVALIERI CARCIOFI (Participação Virtual) Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV UNESP Jaboticabal



Documento assinado digitalmente
AULUS CAVALIERI CARCIOFI
Data: 02/09/2025 17:56:08-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. JOSÉ LUIZ PEDREIRA MOURIÑO (Participação Virtual) Departamento de Aquicultura / Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Florianópolis/SC



Documento assinado digitalmente
JOSE LUIZ PEDREIRA MOURINO
Data: 28/08/2025 11:18:02-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. JULIETA RODINI ENGRACIA DE MORAES (Participação Virtual) Departamento de Patologia Veterinária / FCAV UNESP Jaboticabal



Documento assinado digitalmente
JULIETA RODINI ENGRACIA DE MORAES
Data: 03/09/2025 11:40:44-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Jaboticabal, 25 de agosto de 2025

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MAGDIEL SANTOS OLIVEIRA - nasceu em Petrolina – PE, no dia 17 de junho de 1994. Em março de 2014, ingressou no curso de Zootecnia no Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB), em Barretos – SP, onde participou de cursos, atividades de extensão e estágios. Durante a graduação, desenvolveu projeto de Iniciação Científica com bolsa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), intitulado *“Toxicidade aguda do inseticida organofosforado triclorfon para o platy (Xiphophorus maculatus) utilizado como bioindicador”*. Em julho de 2018, realizou estágio supervisionado no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), em Jaboticabal – SP, sob orientação do Prof. Dr. Claudinei da Cruz e supervisão do Prof. Dr. Dalton José Carneiro. Concluiu a graduação em dezembro de 2018. Em março de 2019, ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCAV/UNESP), campus de Jaboticabal – SP, sob orientação do Prof. Dr. Dalton José Carneiro, com bolsa financiada pelo CNPq (Processo nº 133712/2019-2), tendo defendido sua dissertação em julho de 2021. Em agosto do mesmo ano, iniciou o curso de Doutorado em Ciência Animal na mesma instituição, também sob orientação do Prof. Dr. Dalton José Carneiro, com bolsa concedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (Processo nº 640959/2021-00).

*"Para que todos vejam, e saibam, e considerem,
e juntamente entendam que a mão do senhor fez isso"*

Isaías 41:20

Este trabalho é dedicado as pessoas mais importantes da minha vida.
Meus pais Ana Rute, Jesonias (in memoriam) e ao meu irmão Jesimiel,
tudo que sou hoje é graças a vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço essencialmente a Deus, onipotente em minha vida, por ser a origem da minha força, perseverança e fé. Sem Ele nada sou.

Aos meus pais, Jesonias (in memoriam) e Ana Rute, por serem o alicerce em minha vida, modelo de conduta, fonte de amor incondicional, os quais nunca mediram esforços para o meu crescimento e formação. Em especial minha mãe/melhor amiga por ser minha fonte de alegria e força. Obrigado pelas suas orações ao meu favor, pelos seus sábios conselhos, por sua dedicação nos momentos mais importantes de minha vida. Gostaria de dizer que estar contigo nessa vida é um grande privilégio!!!

Ao José Roberto (Zélão), meu segundo pai, obrigado por sempre cuidar da nossa família, por ser nosso amigo e por fazer minha mãe feliz!

O meu irmão Jesimiel e minha cunhada Daiane, por todo apoio, amor e carinho. Amo vocês!

Ao professor Doutor Dalton José Carneiro que durante esse tempo de orientação se tornou um pai para mim. Me apelidou de “Maguito” e com muita paciência e humildade me ensinou como é magnífico o mundo da “Nutrição e alimentação de peixes”. Obrigado Professor Dalton, pela dedicação, amizade e parceria, obrigado pelo galo de presente (risos) e por sempre ir me prestigiar nas apresentações do coral da Unesp, obrigado pelos conselhos e desabafos, obrigado pelo aprendizado, sem dúvidas o senhor contribui muito na minha vida profissional e pessoal.

Aos meus amigos de laboratório do Lanoa, Andressa, Denis, Yan, Isabela, Murilo e Thalys. Meu muito obrigado por sempre me ajudarem em todo o tempo, sejam eles, biometrias, análises, escrita e conselhos. Em especial para minha coorientadora e amiga Ligia Maria, que foi meu braço direito nessa jornada do doutorado. Sempre me ensinando e aconselhando. Obrigado pelos desabafos, por sempre me incentivar e torcer por mim, saiba que você foi umas das pessoas que me inspirou a entrar no mundo dos peixes. Obrigado!

Um imenso obrigado aos meus amigos de pós-graduação do Caunesp/Unesp e agora para vida toda. Vinicius <3, Janaína, Jessiquinha, Maiara, Hugo do Sergipe, Hugo do Pará, Douglas, Thaise, Thaisa, Thiago, Francisco, Airton, Thaís, Débora. Certamente a caminhada foi muito mais leve com vocês.

Obrigado por depositarem confiança em mim e nunca terem me deixado desistir. “Nós rimos e choramos juntos, mas consegui tudo com vocês. Vocês são meus irmãos acadêmicos”. Obrigado!

Agradeço a todos os funcionários do Caunesp, principalmente para os senhores Valdecir e Márcio e as senhoras Lucia e Elaine pelo apoio, amizade e ajuda de sempre.

A todos a minha eterna gratidão!!!

“Com fé espera no Senhor; o teu desejo Ele cumprirá”
Hino 341 - CCB

APOIO FINANCEIRO

À CAPES, Processo nº 640959/2021-00 pela concessão da bolsa de doutorado.
O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de
Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de
Financiamento 001.



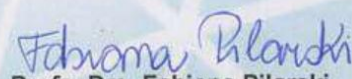
CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado "**Ácidos orgânicos no desempenho de Tilápias (*Oreochromis niloticus*) em diferentes fases de criação**", protocolo nº 1066/21, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Dalton José Carneiro, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 13 de maio de 2021.

Vigência do Projeto	07/06/2021 a 07/06/2023
Espécie / Linhagem	Tilápias
Nº de animais	4720
Peso / Idade	2 a 30g
Sexo	Masculino
Origem	Projeto peixe, Sales de Oliveira-SP

Jaboticabal, 13 de maio de 2021.


Profa. Dra. Fabiana Pilarski
Coordenadora – CEUA

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 <i>Tilapicultura</i>	2
1.2 <i>Ácidos orgânicos e sais: mecanismos de ação e evidências experimentais em peixes</i>	4
1.3 <i>Principais efeitos da adição de ácidos orgânicos e seus sais em dietas para peixes: uma síntese dos achados experimentais</i>	12
1.4 <i>Óleos essenciais e seu modo de ação nos peixes</i>	18
1.4.1 <i>Efeitos imunomoduladores</i>	22
1.4.2 <i>Modulação do estresse oxidativo</i>	23
1.4.3 <i>Efeitos sobre a digestão e o desempenho zootécnico</i>	24
1.4.4 <i>Efeitos sobre o epitélio e microbiota intestinal</i>	25
2. OBJETIVO GERAL	28
2.1 <i>Objetivos Específicos</i>	28
3. REFERÊNCIAS	29
CAPÍTULO II - Níveis de ácidos orgânicos e seus sais em dietas para produção de juvenis de tilápia do Nilo (var. GIFT)	45
RESUMO	46
ABSTRACT	47
1. INTRODUÇÃO	48
2. MATERIAL E MÉTODOS	50
2.1 <i>Material biológico e Delineamento experimental</i>	50
2.2 <i>Condições experimentais</i>	50
2.3 <i>Dietas Experimentais</i>	51
2.4 <i>Avaliação do desempenho dos peixes</i>	54
2.5 <i>Análises de composição corporal e índices fisiológicas</i>	54
2.6 <i>Parâmetros de eficiência nutricional dos peixes</i>	55
2.7 <i>Ensaio de digestibilidade de nutrientes das dietas</i>	56
2.8 <i>Análises estatísticas dos resultados</i>	57
3. RESULTADOS	58
3.1 Experimento I – Níveis de Daafit Plus® em dietas para produção de juvenis de tilápia do Nilo (var. GIFT)	58
3.1.1 <i>Desempenho produtivo e índices fisiológicos</i>	58
3.1.2 <i>Composição corporal, digestibilidade e eficiência nutricional de juvenis de tilápia</i>	60
3.2 Experimento II - Níveis de Premium Acid 4® em dietas para produção de juvenis de tilápia do Nilo (var. GIFT)	62

3.2.1 Desempenho Produtivo e Índices fisiológicos.....	62
3.2.2 Composição corporal, digestibilidade e eficiência nutricional de juvenis de tilápia	65
4. DISCUSSÃO	67
4.1 Experimento I – Níveis de Daafit Plus® em dietas para produção de juvenis de tilápia do Nilo (var. GIFT)	67
4.2 Experimento II – Níveis de Premium Acid 4® em dietas para produção de juvenis de tilápia do Nilo (var. GIFT)	69
5. CONCLUSÕES	71
6. REFERÊNCIAS	72
CAPÍTULO III - Produção de juvenis de tilápia do Nilo (var. GIFT) na fase de recria com dietas extrusadas contendo óleos essenciais de <i>Allium sativum</i> ou um composto de <i>Curcuma longa</i> e <i>Capsicum</i> spp.	75
RESUMO	76
ABSTRACT	77
1. INTRODUÇÃO	78
2. MATERIAL E MÉTODOS	80
2.1 Material biológico e Condições experimentais	80
2.2 Dietas Experimentais.....	81
2.3 Avaliação do desempenho dos peixes	83
2.4 Análises de composição corporal e índices fisiológicas	84
2.5 Variáveis de eficiência nutricional dos peixes	85
2.6 Ensaio de digestibilidade de nutrientes das dietas.....	85
2.7 Contagem diferencial de leucócitos e análises de lisozima e imunoglobulina M (IgM)	87
2.8 Avaliação morfométrica do intestino de juvenis de tilápia do Nilo	89
2.9 Determinação das concentrações inibitórias (CIM) e avaliação visual qualitativa do potencial bactericida/bacteriostático	90
2.10 Análises estatísticas dos resultados	93
3. RESULTADOS.....	94
3.1 Desempenho e índices fisiológicos.....	94
3.2 Composição corporal, digestibilidade e eficiência nutricional.....	96
3.3 Contagem diferencial de leucócitos e análises de lisozima e imunoglobulina M (IgM)	98
3.4 Morfometria das vilosidades intestinais e células caliciformes.....	100
3.5 Concentração Inibitória Mínima (CIM) e avaliação visual qualitativa do potencial bactericida/bacteriostático.....	104
4. DISCUSSÃO	108
4.1 Desempenho produtivo e índices fisiológicos	108

4.2 Composição corporal, digestibilidade e eficiência nutricional.....	110
4.3 Contagem diferencial de leucócitos e análises de lisozima e imunoglobulina M (IgM)	111
4.4 Morfometria das vilosidades intestinais e células caliciformes.....	115
4.5 Concentração Inibitória Mínima (CIM) e avaliação visual qualitativa do potencial bactericida/bacteriostático.....	117
5. CONCLUSÃO	120
6. REFERÊNCIAS	121
.CAPÍTULO IV – Produção de tilápias do Nilo (var. GIFT) em tanques-rede com dietas extrusadas contendo ácidos orgânicos e óleos essenciais..	
RESUMO.....	131
ABSTRACT	132
1. INTRODUÇÃO	133
2. MATERIAL E MÉTODOS	135
2.1 Material biológico e Condições experimentais.....	135
2.2 Delineamento experimental.....	135
2.3 Parâmetros físico-químicos da água	137
2.4 Dietas Experimentais.....	138
2.5 Avaliação do desempenho dos peixes	140
2.6 Análises de composição corporal e índices fisiológicas.....	141
2.7 Variáveis de eficiência nutricional dos peixes	142
2.8 Ensaio de digestibilidade de nutrientes das dietas.....	143
2.9 Contagem diferencial de leucócitos e análises de lisozima e imunoglobulina M (IgM)	144
2.10 Avaliação morfométrica do intestino de juvenis de tilápia do Nilo	146
2.11 Determinação das concentrações inibitórias (CIM) e avaliação visual qualitativa do potencial bactericida/bacteriostático	147
2.12 Análises estatísticas dos resultados	150
3. RESULTADOS	151
3.1 Desempenho e índices fisiológicos.....	151
3.2 Composição corporal, digestibilidade e eficiência nutricional.....	153
3.3 Contagem diferencial de leucócitos e análises de lisozima e imunoglobulina M (IgM)	155
3.4 Morfometria das vilosidades intestinais e células caliciformes.....	157
3.5 Concentração Inibitória Mínima (CIM) e avaliação visual qualitativa do potencial bactericida/bacteriostático.....	161
4. DISCUSSÃO	164
5. CONCLUSÃO	171
6. REFERÊNCIAS	172

RESUMO GERAL

A intensificação da piscicultura tem ampliado a busca por estratégias nutricionais que promovam maior eficiência produtiva, aproveitamento dos nutrientes e manutenção da saúde dos peixes. Nesse contexto, aditivos alimentares, como ácidos orgânicos, seus sais e óleos essenciais, têm despertado interesse por seu potencial na eficiência nutricional, na manutenção da integridade e funcionalidade do trato gastrointestinal e na redução da dependência de estratégias de controle sanitário. Entretanto, a resposta a esses compostos pode variar em função de sua composição, concentração, forma de utilização, fase de desenvolvimento dos animais e condições de cultivo. Diante disso, esta tese avaliou o uso de ácidos orgânicos, seus sais e óleos essenciais na alimentação de tilápias do Nilo, com o propósito de compreender seus efeitos sobre o desempenho produtivo, a eficiência nutricional, a digestibilidade, a composição corporal e diferentes parâmetros relacionados à saúde dos peixes. Os estudos foram conduzidos em diferentes fases de cultivo e condições experimentais, permitindo avaliar não apenas respostas produtivas, mas também aspectos fisiológicos, imunológicos e relacionados à integridade intestinal. De maneira geral, os resultados demonstraram que a suplementação dietética pode proporcionar respostas positivas, porém não de forma uniforme entre os diferentes aditivos avaliados. Entre os ácidos orgânicos e seus sais, foram observadas respostas distintas de acordo com o produto e o nível de inclusão, sendo identificadas condições em que houve melhora da conversão alimentar e da eficiência de utilização da proteína, enquanto concentrações ou formulações específicas não promoveram benefícios ou apresentaram redução do consumo e do desempenho. Esses resultados reforçam a importância da adequada seleção do produto e do ajuste da dose para que os efeitos nutricionais desejados sejam alcançados. Os óleos essenciais também apresentaram respostas diferenciadas. A suplementação com óleo essencial de alho (*Allium sativum*) durante a fase de recria promoveu melhorias no desempenho zootécnico e na digestibilidade da energia, além de favorecer parâmetros relacionados à imunidade inata. Por sua vez, o composto à base de *Curcuma longa* e *Capsicum* spp. apresentou maior destaque sobre características da integridade intestinal, com aumento da altura e largura das vilosidades e da densidade de células caliciformes. Em conjunto, os resultados demonstram que ácidos orgânicos, seus sais e óleos essenciais apresentam potencial como ferramentas nutricionais na produção de tilápia do Nilo, mas sua utilização deve ser baseada em critérios técnicos, considerando a composição do produto, o nível de inclusão, a fase de cultivo e as condições do sistema de produção. Assim, a tese contribui para ampliar a compreensão sobre o uso desses aditivos na nutrição aquícola e reforça que a obtenção de benefícios produtivos, nutricionais e sanitários depende da adequação da estratégia de suplementação às particularidades de cada situação de cultivo.

Palavras-chaves: Aditivos, desempenho, imunidade, tilápia

GENERAL ABSTRACT

The intensification of aquaculture has increased the search for nutritional strategies that promote greater productive efficiency, nutrient utilization, and maintenance of fish health. In this context, feed additives such as organic acids, their salts, and essential oils have attracted interest due to their potential to improve nutritional efficiency, maintain gastrointestinal integrity and functionality, and reduce dependence on conventional health management strategies. However, responses to these compounds may vary according to their composition, concentration, method of use, developmental stage of the animals, and rearing conditions. Therefore, this thesis evaluated the use of organic acids, their salts, and essential oils in Nile tilapia diets, aiming to understand their effects on productive performance, nutritional efficiency, digestibility, body composition, and different parameters related to fish health. The studies were conducted at different rearing stages and under different experimental conditions, allowing the evaluation not only of productive responses but also of physiological, immunological, and intestinal integrity-related aspects. Overall, the results demonstrated that dietary supplementation may provide positive responses, although not uniformly among the different additives evaluated. Among organic acids and their salts, distinct responses were observed according to the product and inclusion level, with conditions in which feed conversion and protein utilization efficiency were improved, whereas specific concentrations or formulations did not provide benefits or resulted in reduced feed intake and performance. These results reinforce the importance of appropriate product selection and dose adjustment to achieve the desired nutritional effects. Essential oils also showed differentiated responses. Dietary supplementation with garlic essential oil (*Allium sativum*) during the nursery phase improved productive performance and energy digestibility, in addition to favoring parameters related to innate immunity. In contrast, the compound based on *Curcuma longa* and *Capsicum* spp. showed greater effects on intestinal integrity, increasing villus height and width and goblet cell density. Overall, the results demonstrate that organic acids, their salts, and essential oils have potential as nutritional tools in Nile tilapia production; however, their use should be based on technical criteria, considering product composition, inclusion level, rearing stage, and production system conditions. Thus, this thesis contributes to expanding the understanding of the use of these additives in aquaculture nutrition and reinforces that the achievement of productive, nutritional, and health benefits depends on adapting supplementation strategies to the specific characteristics of each rearing condition.

Keywords: Additives, immunity, performance, tilapia

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura tem se consolidado como o setor de produção animal com o mais acelerado crescimento em escala global, desempenhando um papel fundamental na segurança alimentar e na oferta de proteínas de origem aquática (FAO, 2024).

Esse avanço é impulsionado, principalmente pelo aumento expressivo no consumo mundial de pescado, que passou de 9,9 kg per capita por ano na década de 1960 para 20,7 kg per capita em 2022, refletindo a importância crescente dos alimentos aquáticos na dieta humana em escala global (FAO, 2024).

No Brasil, a atividade também apresenta forte expansão, favorecida pela ampla disponibilidade de recursos hídricos, clima propício à produção durante todo o ano, diversidade de espécies adaptadas, avanços em melhoramento genético e crescente demanda de mercado (PEIXEBR, 2025). O país ocupa atualmente a oitava posição entre os maiores produtores mundiais de aquicultura continental, com uma produção de 968.745 toneladas de peixes cultivados em 2024 (PEIXEBR, 2025).

A piscicultura vem se destacando como prática promissora e estratégica dentro da aquicultura brasileira, sendo reconhecida por seu potencial sustentável e viabilidade econômica, especialmente quando manejada de forma responsável (Libanori et al., 2023). Apesar dos avanços significativos, o setor ainda enfrenta desafios que podem limitar seu crescimento e comprometer sua sustentabilidade. Entre os principais entraves estão as oscilações no preço pago ao produtor, a incidência de enfermidades, deficiências no manejo e na nutrição, além de barreiras climáticas e regulatórias (Libanori et al., 2021; Rahimi et al., 2022; Silva et al., 2023; Libanori et al., 2025).

Dessa forma, a expansão sustentável da aquicultura requer constante aprimoramento tecnológico e a adoção de boas práticas de produção, garantindo a competitividade do setor. Para isso, é essencial que a comunidade científica e a cadeia produtiva atuem de forma integrada, promovendo o desenvolvimento da atividade de maneira segura, eficiente e ambientalmente responsável,

assegurando o atendimento à crescente demanda por proteína de alto valor biológico e a preservação dos recursos naturais (Borges e Jiacometi, 2023).

5. CONCLUSÃO

A utilização de ácidos orgânicos (*Daafit Plus®*) e óleos essenciais (*Xtract 6930®*) na alimentação para a produção de tilápias do Nilo, ainda que não tenha alterado significativamente, não comprometeu o desempenho produtivo, a composição corporal, a eficiência nutricional, os índices imunológicos ou a morfometria intestinal.

A melhoria observada na conversão alimentar das tilápias previamente alimentadas com óleos essenciais durante a recria (XA-C e XN-C) indica maior eficiência no aproveitamento da ração

Embora nenhum produto tenha apresentado atividade antimicrobiana *in vitro* contra as cepas testadas, os resultados indicam que estudos sobre a utilização desses componentes deveriam ter continuidade para novas estratégias possam ser aplicadas de forma segura na produção em tanques-rede, promovendo ganhos na eficiência alimentar e suporte imunológico sem efeitos adversos aos peixes.

Agradecimentos

Ao Centro de Aquicultura da UNESP, pela estrutura disponibilizada para a condução do experimento; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida (Processo: 640959/2021-00); e à Pancosma do Brasil – Btech, pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

- Abimorad, E. G., & Carneiro, D. J. (2004). Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, 33, 1101-1109.
- Addam, K. G. S., Pereira, S. A., Jesus, G. F. A., Cardoso, L., Syracuse, N., Lopes, G. R., ... & Mouriño, J. L. P. (2019). Dietary organic acids blend alone or in combination with an essential oil on the survival, growth, gut/liver structure and de hemato-immunological in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture research**, 50(10), 2960-2971.
- Adel, M., Amiri, A. A., Zorriehzahra, J., Nematollahi, A., & Esteban, M. Á. (2015). Effects of dietary peppermint (*Mentha piperita*) on growth performance, chemical body composition and hematological and immune parameters of fry Caspian white fish (*Rutilus frisii kutum*). **Fish & shellfish immunology**, 45(2), 841-847.
- Alagawany, M., Farag, M. R., Abdelnour, S. A., Dawood, M. A., Elnesr, S. S., & Dhama, K. (2021). Curcumin and its different forms: A review on fish nutrition. **Aquaculture**, 532, 736030.
- Associação Brasileira da Piscicultura – Peixe BR. (2025). Anuário da Piscicultura 2025. São Paulo, SP: Peixe BR. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario>.
- Barbosa, Kelvin Techera, Acosta, Andrey Pereira, Schulz, Henrique Romer, Santi, Ivandra Ignes de, Delucis, Rafael de Avila, Beltrame, Rafael, & Gatto, Darci Alberto. (2021). Biochemical features of organic extractives from Eucalyptus and Corymbia woods using ethanol as a solvent. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 23, 58. Epub 07 de agosto de 2021.
- Brum, A., Pereira, S. A., Owatari, M. S., Chagas, E. C., Chaves, F. C. M., Mouriño, J. L. P., & Martins, M. L. (2017). Effect of dietary essential oils of clove basil and ginger on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) following challenge with *Streptococcus agalactiae*. **Aquaculture**, 468, 235-243.
- Cao, K., Wang, Y., Li, M., Zhang, C., Lahaye, L., Chowdhury, M. K., ... & Leng, X. (2022). Supplementation of a Multienzyme Complex, an Organic Acid-Essential Oil Complex, and Prebiotic Alone or in Combination Affects Growth, Nutrient Utilization, and Immune Function of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture Nutrition**, 2022(1), 1068537.
- Cavalheiro, A. C. M. et al. Microingredientes utilizados em alimentação de peixes em cativeiro – Revisão Use of microingredients in farmed fish feeding – a Review. **Ciências veterinárias**, v. 109, n. 589590, p. 11–20, 2014.
- Chen J. , Wang F. , Yin Y. e Ma X. , As aplicações nutricionais do alho (*Allium sativum*) como aditivos naturais para ração animal , **PeerJ** . (2021) 9 , e11934, <https://doi.org/10.7717/PeerJ.11934>.

DAWOOD, M. A. O.; ABDEL-TAWWAB, M.; ABDEL-LATIF, H. M. R. O licopeno reduz os impactos de poluentes ambientais aquáticos e estressores físicos em peixes. **Reviews in Aquaculture**, 2020a. DOI: <https://doi.org/10.1111/raq.12455>.

DAWOOD, M. A. O.; ABO-AL-ELA, H. G.; HASAN, M. T. Modulação do perfil transcriptômico em animais aquáticos: cenários de probióticos, prebióticos e simbióticos. **Fish & shellfish immunology**, v. 97, p. 268–282, 2020b.

DAWOOD, M. A. O.; AMER, A. A.; ELBIALY, Z. I.; GOUDA, A. H. Efeitos da inclusão de tritcale no desempenho do crescimento, atividade de enzimas digestivas e genes relacionados ao crescimento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 528, 735568, 2020c.

Dawood, M. A., Eweedah, N. M., Elbially, Z. I., & Abdelhamid, A. I. (2020). Dietary sodium butyrate ameliorated the blood stress biomarkers, heat shock proteins, and immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) exposed to heat stress. **Journal of Thermal Biology**, 88, 102500.

Dawood, M. A., Gewaily, M. S., & Sewilam, H. (2022). The growth performance, antioxidative capacity, and histological features of intestines, gills, and livers of Nile tilapia reared in different water salinities and fed menthol essential oil. **Aquaculture**, 554, 738122.

de CASTRO, Í. R. R., de CASTRO, L. R., & Lima, A. C. S. (2022). Bactérias resistentes a antibióticos em ambiente aquático: efeito na produção animal. **Ciência Animal**, 32(1), 84-99.

Elala, N. M. A., & Ragaa, N. M. (2015). Eubiotic effect of a dietary acidifier (potassium diformate) on the health status of cultured *Oreochromis niloticus*. *Journal of Advanced Research*, 6(4), 621-629.

Ellis, A. E. (1999). Immunity to bacteria in fish. **Fish & shellfish immunology**, 9(4), 291-308.

EL-SAYED, A.-F. M. Tilapia culture. Wallingford: CABI Publishing, 2006. 277 p. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (2024). **The state of world fisheries and Aquaculture 2024: Blue transformation in action**. FAO.

Furukawa, A., & Tsukahara, H. (1966). On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed. **Bulletin of the Japanese Society of scientific fisheries**, 32(6), 502-508.

Goh, C., Gibson-Kueh, S., Bal, D., Chen, I. T., Nuez-Ortín, W., Domingos, J. A., & Shen, X. (2025). A synergistic blend of dietary organic acids, monoglycerides and phytobiotics enhance growth performance, intestinal mucosal height, and anti-viral immune gene expression in juvenile Barramundi (*Lates calcarifer*). **Aquaculture Reports**, 41, 102692.

Harikrishnan, R., Kim, M. C., Kim, J. S., Balasundaram, C., & Heo, M. S. (2011). Protective effect of herbal and probiotics enriched diet on haematological and immunity status of *Oplegnathus fasciatus* (Temminck & Schlegel) against *Edwardsiella tarda*. **Fish & shellfish immunology**, 30(3), 886-893.

Heluy, G. M., Ramos, L. R. V., Pedrosa, V. F., Sarturi, C., Figueiredo, P. G. P., Vidal, L. G. P., ... & Pereira, M. M. (2020). Oregano (*Origanum vulgare*) essential oil as an additive in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings reared in salinized water. **Aquaculture research**, 51(8), 3237-3243.

Hernández-Contreras, Á., & Hernández, M. D. (2020). Application of aromatic plants and their extracts in Aquaculture. **Feed additives** (pp. 239-259). Academic Press.

Humason, G. L. (1979). **Hematoxylin staining**. *Animal tissue techniques*, 111-131.

Hussein, E. E., Habiba, M. M., Ashry, A. M., Al-Zayat, A. M., Teiba, I. I., Shehata, A. I., ... & El Basuini, M. F. (2023). Effects of dietary supplementation with organic acids mixture on growth, feed efficiency, hematobiochemical parameters, immunity, and intestinal microbiota of Gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. **Aquaculture Reports**, 33, 101846.

Hyltdgaard, M., Mygind, T., & Meyer, R. L. (2012). Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. **Frontiers in microbiology**, 3, 12.

Ibrahim, R. E., Rhouma, N. R., Elbealy, M. A., Abdelwarith, A. A., Younis, E. M., Khalil, S. S., ... & Rahman, A. N. A. (2024). Effect of dietary intervention with *Capsicum annuum* extract on growth performance, physiological status, innate immune response, and related gene expression in Nile tilapia. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 270, 110914.

Jang, I. S., Ko, Y. H., Kang, S. Y., & Lee, C. Y. (2007). Effect of a commercial essential oil on growth performance, digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, 134(3-4), 304-315.

Klūga, A., Terentjeva, M., Vukovic, N. L., & Kačániová, M. (2021). Antimicrobial activity and chemical composition of essential oils against pathogenic microorganisms of freshwater fish. **Plants**, 10(7), 1265.

Koh, C.-B., Romano, N., Zahrah, A.S., Ng, W.-K., 2016. Effects of a dietary organic acids blend and oxytetracycline on the growth, nutrient utilization and total cultivable gut microbiota of the red hybrid tilapia, *Oreochromis sp.*, and resistance to *Streptococcus agalactiae*. **Aquac. Res.** 47, 357–369. <https://doi.org/10.1111/are.12492>.

- Lee, J. Y., & Gao, Y. (2012). Review of the application of garlic, *Allium sativum*, in Aquaculture. **Journal of the World Aquaculture Society**, 43(4), 447-458.
- Lee, K. W., Everts, H., Kappert, H. J., Frehner, M., Losa, R., & Beynen, A. C. (2003). Effects of dietary essential oil components on growth performance, digestive enzymes and lipid metabolism in female broiler chickens. **British poultry science**, 44(3), 450-457.
- Maurya, S., Kushwaha, A. K., & Singh, G. (2013). Biological significance of spicy essential oils. **Adv Nat Sci**, 6(4), 84-95.
- Natt, M. P., & Herrick, C. A. (1952). A new blood diluent for counting the erythrocytes and leucocytes of the chicken. **Poultry Science**, 31(4), 735-738.
- Nazzaro, F., Fratianni, F., De Martino, L., Coppola, R., & De Feo, V. (2013). Effect of essential oils on pathogenic bacteria. **Pharmaceuticals**, 6(12), 1451-1474.
- Ng, W. K., & Koh, C. B. (2017). The utilization and mode of action of organic acids in the feeds of cultured aquatic animals. **Reviews in Aquaculture**, 9(4), 342-368.
- Nya, E. J., Dawood, Z., & Austin, B. (2010). The garlic component, allicin, prevents disease caused by *Aeromonas hydrophila* in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Journal of Fish Diseases**, 33(4), 293-300.
- Pan, Jingfu; Zhu, Yulin; Abdel-Samie, Mohamed A.; Li, Changzhu; Cui, Haiying; Lin, Lin. Biological Properties Of Essential Oil Emphasized On The Feasibility As Antibiotic Substitute In Feedstuff. Grain & Oil Science And Technology, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 10-23, mar. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaost.2022.11.001>.
- Pereira, M. O., Hess, J. D., Rodhermel, J. C. B., Farias, D. R., Schleder, D. D., Alves, L., ... & Jatoba, A. (2021). *Curcuma longa* hydrolate improves Nile tilapia survival in a recirculation rearing system, maintaining the animal homeostasis and modulating the gut microbial community. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 93(suppl 4), e20210088.
- Pessoa, O. D. L., De Carvalho, C. B. M., Silvestre, J. O. V. L., Lima, M. C. L., Neto, R. M., Matos, F. J. A., & Lemos, T. L. G. (2005). Antibacterial activity of the essential oil from *Lippia aff. gracillis*. **Fitoterapia**, 76(7-8), 712-714.
- Pluddemann, A., Mukhopadhyay, S., Gordon, S., 2006. The interaction of macrophage receptors with bacterial ligands. **Expert Rev. Mol. Med.** 8, 1–25.
- Rey, M. S., García-Soto, B., Fuertes-Gamundi, J. R., Aubourg, S., & Barros-Velázquez, J. (2012). Effect of a natural organic acid-icing system on the microbiological quality of commercially relevant chilled fish species. **LWT-Food Science and Technology**, 46(1), 217-223.
- Rossi, B., Esteban, M. A., García-Beltran, J. M., Giovagnoni, G., Cuesta, A., Piva, A., & Grilli, E. (2021). Antimicrobial power of organic acids and nature-identical compounds against two *Vibrio* spp.: an in vitro study. **Microorganisms**, 9(5), 966.

Ruiz, A., Gisbert, E., Estévez, A., Reyes-López, F. E., Vallejos-Vidal, E., Tort, L., ... & Morais, S. (2024). Strategy combining mammalian fats with supplementation of pungent spices in aquafeeds, to mitigate negative impacts of fish oil replacement in fish performance, fillet quality and hepatic condition of gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**, 593, 741284.

Saranraj, P., & Devi, V. D. (2017). Essential oils and its antibacterial properties—A review. **Life Sci. Arch**, 3, 994-1011.

Sarrazin, S. L. F., Oliveira, R. B., Barata, L. E. S., & Mourão, R. H. V. (2012). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Lippia grandis* Schauer (Verbenaceae) from the western Amazon. **Food Chemistry**, 134(3), 1474-1478.

Shehata, A. I., Shahin, S. A., Taha, S. A., Elmaghraby, A. M., Alhoshy, M., Soliman, A. A., ... & El Basuini, M. F. Essential Oil of Bay Laurel (*Laurus nobilis*) Enhances Growth and Immunity in Cold-Stressed Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**.

Shoemaker, C. A., Klesius, P. H., & Plumb, J. A. (1997). Killing of *Edwardsiella ictaluri* by macrophages from channel catfish immune and susceptible to enteric septicemia of catfish. *Veterinary immunology and immunopathology*, 58(2), 181-190.

Singh, M. K., Borah, D., Dutta, M. P., Gogoi, S., Saikia, C., Sonowal, S., & Manhai, S. K. (2022). A review on Immunostimulatory and antioxidant potential of herbs, *Curcuma longa* L., *Camellia sinensis* L. *Zingiber officinale* and *Allium sativum* Linn. in fish health: a sustainable approach for a healthy Aquaculture. **Ecology, Environment, and Conservation**, 28(3).

Sipaúba-Tavares, L. H., Santeiro, R. M., 2013. Fish farm and water quality management. **Acta sci., Biol. sci.** 35, 21-27. <https://doi.org/10.4025/actasciobiols.v35i1.10086>.

Supa-aksorn M. , Rungruangsak-Torrissen K. , Tongsiri S. e Rojtinnakorn J., Produto de extrato de alho que melhora o desempenho do crescimento, o sistema digestivo e imunológico da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) , Anais do Simpósio Internacional Comemorativo do 85º Aniversário do JSFS , junho de 2017, Tóquio, Japão, **Ciência Pesqueira para as Gerações Futuras**, 1 – 2 .
Tavares-Dias, M., & Martins, M. L. (2017). An overall estimation of losses caused by diseases in the Brazilian fish farms. *Journal of parasitic diseases*, 41(4), 913-918.

THRALL. MARY.A, et al.; **Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária**. 1 Ed. São Valenti, W. C., Barros, H. P., Moraes-Valenti, P., Bueno, G. W., & Cavalli, R. O. (2021). **Aquaculture** in Brazil: past, present and future. **Aquaculture Reports**, 19, 100611.

Vallejo, A. N., Miller, N. W., & Clem, L. W. (1992). Cellular pathway (s) of antigen processing in fish APC: effect of varying in vitro temperatures on antigen catabolism. ***Developmental & Comparative Immunology***, 16(5), 367-381.

Wojno, M., Mandas, A., Kwasek, K., & Dabrowski, K. (2021). The effect of dietary supplements of black pepper piper nigrum and turmeric *Curcuma longa* extracts on dietary amino acid utilization and growth performance in common carp. ***North American journal of Aquaculture***, 83(3), 155-164.