

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS
E ENGENHARIA DE PESCA**

MARIA LUIZA RUIZ

**Fitogênicos na alimentação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*):
saúde e desempenho produtivo**

TOLEDO, PR

2025

MARIA LUIZA RUIZ

Fitogênicos na alimentação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*): saúde e desempenho produtivo

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca

Orientador: Wilson Régério Boscolo

TOLEDO, PR

2025

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Ruiz, Maria Luiza
Fitogênicos na alimentação de tilápias do Nilo
(*Oreochromis niloticus*): saúde e desempenho produtivo / Maria
Luiza Ruiz; orientador Wilson Rogério Boscolo. -- Toledo,
2025.
51 p.

Tese (Doutorado Campus de Toledo) -- Universidade Estadual
do Oeste do Paraná, Centro de Engenharias e Ciências Exatas,
Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia
de Pesca, 2025.

1. Extratos de plantas. 2. Imunomodulação. 3. Morfologia
intestinal. I. Boscolo, Wilson Rogério, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

A vida é uma jornada repleta de desafios e conquistas, e essa tese é fruto de um longo caminho percorrido com o apoio incondicional de muitas pessoas especiais.

Primeiramente, dedico este trabalho à minha família, que sempre esteve ao meu lado, oferecendo amor, carinho e cuidado incondicionais. Ao meu pai, Antonio Ruiz Marques, e à minha mãe, Claudia de Matos Alves, e a minha sobrinha Helena Simioni Alves, meus maiores incentivadores, agradeço por acreditarem em mim, mesmo nos momentos em que eu mesma duvidava. Vocês sempre foram meu porto seguro, me ensinando o valor do trabalho árduo e da perseverança.

Ao meu irmão Guilherme, que hoje me observa do céu, dedico um agradecimento especial. Sei que ele sempre teve orgulho de mim, e é o amor que compartilhamos que me impulsiona a ser a melhor versão de mim mesma. Sua presença em minha vida, mesmo que agora em espírito, me dá forças e me lembra da importância de seguir em frente com coragem e determinação.

Ao meu namorado, Maurício Neves, agradeço pelo companheirismo constante e pela ajuda incansável durante os experimentos. Ter você ao meu lado tornou essa jornada muito mais leve e significativa.

Aos meus colegas de laboratório, Thayna, Victor, Leone, Herivelto, Jean, Jéssica, Suzana e Alessandra, meu muito obrigado por toda a ajuda. Vocês tornaram as horas de trabalho mais prazerosas, e o ambiente do laboratório, um lugar de aprendizado e amizade. Cada um de vocês contribuiu para que esse projeto se tornasse realidade.

Por fim, agradeço ao meu orientador, Wilson Rogério Boscolo, por toda a orientação e paciência ao longo dessa caminhada. Sua experiência e sabedoria foram fundamentais para que eu pudesse desenvolver o melhor trabalho possível. Agradeço por ter acreditado em mim e por me guiar com tanta dedicação e profissionalismo.

Este trabalho não seria possível sem cada uma dessas pessoas, que de uma forma ou de outra, fizeram parte dessa jornada. A todos vocês, minha eterna gratidão.

RESUMO GERAL

O estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de aditivos fitogênicos na saúde e no desempenho de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em diferentes estágios de desenvolvimento. Foram conduzidos dois ensaios experimentais utilizando alevinos e juvenis, testando a adição de extrato de *Quillaja saponaria* (EQS), extrato de uva *Vitis vinifera* (EU) e uma combinação de extrato de *Quillaja saponaria* e óleo essencial de anis (EQSA) em comparação com um grupo controle sem adição de produtos naturais. O uso dos fitogênicos levou a níveis de hematócrito mais elevados, indicando uma capacidade aumentada de transporte de oxigênio e resposta ao estresse. Esses aditivos também mostraram potenciais efeitos imunomoduladores, como evidenciado pelas mudanças nos níveis de monócitos. Além disso, os aditivos influenciaram a morfologia intestinal, com variações na altura dos vilos e na profundidade das criptas, sugerindo uma melhor absorção de nutrientes. Os resultados sugerem que a inclusão de aditivos fitogênicos nas dietas de tilápia do Nilo pode oferecer benefícios para a saúde e potencialmente melhorar o desempenho. No entanto, a resposta varia dependendo do aditivo específico e da dose utilizada.

Palavras-chave: Extratos de plantas; imunomodulação, morfologia intestinal.

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the effects of phytogetic additives on the health and performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) at different stages of development. Two experimental trials were conducted using fry and juveniles, testing the addition of *Quillaja saponaria* extract (QSE), *Vitis vinifera* grape extract (GE) and a combination of *Quillaja saponaria* extract and anise essential oil (QSA) compared to a control group with no added natural products. The use of the phytogetics led to higher hematocrit levels, indicating an increased oxygen transport capacity and stress response. These additives also showed potential immunomodulatory effects, as evidenced by changes in monocyte levels. In addition, the additives influenced intestinal morphology, with variations in villus height and crypt depth, suggesting better nutrient absorption. The results suggest that the inclusion of phytogetic additives in Nile tilapia diets can offer health benefits and potentially improve performance. However, the response varies depending on the specific additive and the dose used.

Keywords: Plant extracts; immunomodulation, intestinal morphology.

Sumário

RESUMO GERAL	6
ABSTRACT	7
Introdução Geral	12
Capítulo 1- Efeitos de aditivos fitogênicos no crescimento, parâmetros hematológicos e saúde intestinal de alevinos de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	18
RESUMO	19
ABSTRACT	19
1 INTRODUÇÃO	20
2 MATERIAIS E MÉTODOS	21
2.1 LOCAL E DESENHO EXPERIMENTAL	21
2.2 DIETAS EXPERIMENTAIS.....	22
2.3 COLETA DE AMOSTRAS E ANÁLISES.....	23
2.4 QUALIDADE DA ÁGUA.....	25
2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	25
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5 CONCLUSÃO	30
AGRADECIMENTOS	31
REFERÊNCIAS.....	31
Capítulo 2 - Avaliação do uso de fitogênicos na alimentação de juvenis de tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>): Implicações no desempenho e saúde	33
RESUMO	34
ABSTRACT	35
1 INTRODUÇÃO	35

2 MATERIAIS E MÉTODOS	37
2.1 LOCAL E DESENHO EXPERIMENTAL	37
2.2 DIETAS EXPERIMENTAIS.....	37
2.3 COLETA DE AMOSTRAS E ANÁLISES.....	38
2.4 QUALIDADE DA ÁGUA.....	41
2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	41
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5 CONCLUSÃO	48
AGRADECIMENTOS	49
REFERÊNCIAS.....	49
Considerações Finais.....	52
Conclusão Geral	52

Lista de tabelas

Capítulo 1

Tabela 1. Composição percentual e ingredientes utilizados na formulação da ração base para alevinos de tilápia do Nilo.	22
Tabela 2. Desempenho produtivo por tratamento (média \pm desvio padrão) de alevinos de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentados com dietas contendo diferentes fitogênicos.	26
Tabela 3. Parâmetros hematológicos (média \pm desvio padrão) em alevinos de tilápia do Nilo alimentados com dietas contendo diferentes fitogênicos.	27
Tabela 4. Resultado para análise estatística descritiva quanto à histologia intestinal (média \pm desvio padrão) em alevinos de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentados com dietas contendo diferentes fitogênicos.	28
Tabela 5. Resultado da composição centesimal (média \pm desvio padrão) em alevinos de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentados com dietas contendo diferentes fitogênicos.	30

Capítulo 2

Tabela 1. Ingredientes e composição percentual utilizados para ração base de juvenis de tilápia.	38
Tabela 2. Graus de lesão hepática adotados no presente estudo e suas respectivas condições de atribuição.	39
Tabela 3. Desempenho produtivo (média \pm desvio padrão) de juvenis de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentados com dietas contendo diferentes fitogênicos.	42
Tabela 4. Parâmetros hematológicos (média \pm desvio padrão) em juvenis de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentados com dietas contendo diferentes fitogênicos.	43
Tabela 5. Resultado da análise de porcentagem do total (%) para a frequência das amostras de fígado de tilápia do Nilo suplementadas com diferentes fitogênicos nos três graus de lesão.	44
Tabela 6. Resultado para análise estatística descritiva quanto à histologia intestinal (média \pm desvio padrão) em juvenis de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentados com dietas contendo diferentes fitogênicos.	46
Tabela 7. Resultado para análise estatística descritiva de enzimas oxidativas (média \pm desvio padrão) em juvenis de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentados com dietas contendo diferentes fitogênicos.	47

Lista de Figuras

Capítulo 1

Figura 1. Medidas morfométricas de tecido intestinal de tilápia do Nilo. (A) altura dos vilos, (B) altura do epitélio, (C) profundidade das criptas, (D) superfície da mucosa intestinal e (E) espessura da túnica muscular.24

Capítulo 2

Figura 1. Medidas morfométricas para tecido intestinal de peixes. (A) altura das vilosidades, (B) altura do epitélio, (C) profundidade da cripta, (D) superfície da mucosa intestinal (E) espessura da túnica muscular.40

Figura 2. Resultados para avaliação histopatológica de amostras de fígado de tilápia do Nilo suplementadas com diferentes fitogênicos (EQS- extrato de *Quillaja saponaria*; EU - extrato de uva; EQA - extrato de *Quillaja saponaria* e óleo essencial de anis).45

INTRODUÇÃO GERAL

A aquicultura tem se consolidado como uma atividade essencial para a segurança alimentar global, especialmente diante do crescente aumento da população mundial e da conseqüente demanda por proteína animal (FAO, 2024). Entre as diversas espécies cultivadas, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) se destaca por sua capacidade de adaptação, rápido crescimento e carne de alta qualidade, tornando-se uma das opções mais populares para produção em sistemas de cultivo intensivos (FAO, 2016). No entanto, o sucesso da produção aquícola está intrinsecamente ligado à saúde e ao desempenho dos organismos cultivados, que podem ser grandemente influenciados por fatores como a dieta.

Nesse contexto, os fitogênicos emergem como uma alternativa promissora para a otimização das dietas de peixes, incluindo a tilápia do Nilo (Gruber *et al.* 2025). Fitogênicos são substâncias de origem vegetal que apresentam propriedades benéficas para a saúde e o desempenho dos animais, englobando efeitos antioxidantes, antimicrobianos e imunomoduladores (Shehata *et al.* 2022). A inclusão de extratos vegetais nas dietas pode melhorar a eficiência de conversão alimentar, reduzir a incidência de doenças e, conseqüentemente, aumentar a produtividade dos sistemas de cultivo (Abdel-Latif e Khalil 2014; Soma *et al.* 2024).

A justificativa para o presente trabalho reside na necessidade de explorar alternativas naturais e sustentáveis para a promoção da saúde e do desempenho dos peixes cultivados. A dependência de antibióticos e outros aditivos químicos na aquicultura tem sido questionada devido aos riscos de resistência bacteriana e à preocupação com a segurança dos alimentos (Xiao *et al.*, 2023). Além disso, há uma crescente demanda do mercado por produtos aquícolas obtidos de maneira mais natural e ambientalmente amigáveis.

Nesse sentido, o teste de diferentes fitogênicos na dieta de tilápias visa avaliar seu potencial para substituir ou complementar os aditivos convencionais, promovendo uma produção mais saudável e sustentável. A escolha dos três fitogênicos específicos para este estudo foi baseada em suas propriedades conhecidas e na ausência de estudos comparativos abrangentes que avaliem seu impacto conjunto na saúde e no desempenho das tilápias.

O extrato de *Quillaja saponaria*, uma planta rica em saponinas, tem sido estudado e utilizado na aquicultura devido às suas propriedades benéficas. Dentre os benefícios, segundo Angeles e Chien (2023), o extrato de *Q. saponaria* pode melhorar a capacidade antioxidante dos peixes, protegendo-os do estresse oxidativo. Isso é particularmente importante em ambientes de cultivo intensivos, onde os animais estão sujeitos a altos níveis de estresse ambiental e metabólico.

Por sua vez, o extrato de uva *Vitis vinifera*, especialmente rico em compostos fenólicos como resveratrol, flavonoides e taninos, pode oferecer vários benefícios para a saúde e nutrição de peixes na aquicultura. O resveratrol é um potente antioxidante que pode neutralizar radicais livres, também pode modular o sistema imunológico dos peixes. A suplementação com resveratrol mostrou-se eficaz na proteção hepática de tilápias expostas a estresse oxidativo (Jia *et al.*, 2019). Enquanto Tarricone *et al.* (2023) investigaram os efeitos da suplementação dietética com extrato polifenólico de uva Nero di Troia na qualidade de filés de robalo (*Dicentrarchus labrax*). Os resultados demonstraram que a inclusão do extrato melhorou significativamente as características qualitativas do pescado, particularmente através da redução do teor de lipídios totais e ácidos graxos saturados, além de diminuir o índice aterogênico. Essas modificações sugerem potenciais benefícios para a saúde humana.

O óleo essencial de anís (*Illicium verum*) possui uma série de compostos bioativos, como anetol, estragol e fenilpropanoides, que quando adicionado a dietas de peixes confere entre outras coisas a a melhoria da resistência a doenças. Estudos têm mostrado que o anetol, um dos principais componentes do óleo essencial de anís, possui propriedades antibacterianas e antifúngicas, que podem ser particularmente eficazes contra patógenos como *Aeromonas salmonicida* e *Edwardsiella ictaluri* (Da Cunha; Heinzmann; Baldisserotto, 2018).

A utilização de óleos essenciais em combinação tem se mostrado uma estratégia promissora na aquicultura, oferecendo uma série de benefícios que vão além do que pode ser alcançado com o uso de substâncias isoladas (Montero *et al.*, 2024). Essa abordagem se baseia na sinergia entre os diferentes compostos bioativos presentes nos óleos essenciais, que podem potencializar seus efeitos. Além disso, a amplitude de ação dos diferentes óleos essenciais permite cobrir uma gama mais ampla de atividades benéficas, como antioxidante, antimicrobiana e imunomoduladora, que podem beneficiar a saúde dos peixes de múltiplas maneiras. O uso destas combinações ainda pode apresentar um potencial para diminuição do

risco de desenvolvimento de resistência por parte dos patógenos, uma vez que os diferentes compostos atuam através de múltiplos mecanismos de ação. Essa abordagem pode ser uma alternativa promissora para reduzir a dependência de antibióticos e outros aditivos químicos na aquicultura.

O presente trabalho busca contribuir para o avanço do conhecimento na área de nutrição aquática, fornecendo dados sobre o impacto de diferentes fitogênicos na saúde e no desempenho da tilápia do Nilo. Os resultados obtidos têm o potencial de orientar a formulação de dietas mais eficientes, contribuindo para a melhoria da produtividade da aquicultura e para a oferta de produtos de alta qualidade para o consumidor. A compreensão dos mecanismos pelos quais esses fitogênicos atuam também pode abrir novas perspectivas para o desenvolvimento de estratégias integradas de manejo da saúde dos peixes, reduzindo a necessidade de intervenções químicas e promovendo uma produção mais sustentável.

Referências

ABDEL-LATIF, H. M. R.; KHALIL, R. H. Evaluation of two Phytobiotics, *Spirulina platensis* and *Origanum vulgare* extract on Growth, Serum antioxidant activities and Resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, [s. l.], v. 1, n. 5, p. 250–255, 2014. Disponível em: <http://www.fisheriesjournal.com/vol1issue5/pdf/111.1.pdf>

ANGELES, I. P.; CHIEN, Y.-H. Dietary Effect of *Quillaja Saponaria* And/or *Yucca Schidigera* Extract on Growth and Survival of Common Carp *Cyprinus Carpio*, Their Antioxidant Capacity and Metabolic Response to Hypoxic Condition. **The Israeli Journal of Aquaculture** [s. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://doi.org/10.46989/001c.20712>

DA CUNHA, J. A.; HEINZMANN, B. M.; BALDISSEROTTO, B. The effects of essential oils and their major compounds on fish bacterial pathogens – a review. **Journal of Applied Microbiology**, [s. l.], v. 125, n. 2, p. 328–344, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/JAM.13911>

FAO (Food and Agriculture Organization). (2016). *Tilapia: A global overview*. FAO

FAO (Food and Agriculture Organization). (2024). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. FAO.

GRUBER, C.; OCELOVA, V.; KESSELRING, J. C.; WEIN, S. Phytogetic Feed Additives as a Sustainable Alternative to Antibiotics: Enhancing Growth and Disease Resistance in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Animals**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 380, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani15030380>.

JIA, R.; LI, Y.; CAO, L.; DU, J.; ZHENG, T.; QIAN, H.; GU, Z.; JENEY, G.; XU, P.; YIN, G. Antioxidative, anti-inflammatory and hepatoprotective effects of resveratrol on oxidative stress-induced liver damage in tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Comparative Biochemistry and Physiology C-toxicology & Pharmacology**, [s. l.], v. 215, p. 56–66, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.CBPC.2018.10.002>

MONTERO, D.; TORRECILLAS, S.; SERRADELL, A.; NEDOLUZHKO, A.; FERNÁNDEZ-MONTERO, A.; MAKOL, A.; MONZÓN-ATIENZA, L.; VALDENEGRO, V.; SANAHUJA, I.; GALINDO-VILLEGAS, J.; ACOSTA, F. PhytoGENICS enhance welfare and vaccine efficacy against *Vibrio anguillarum* in European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Aquaculture**, [s. l.], p. 740714, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740714>

SHEHATA, A. M.; ABDEL-MONEIM, A.-M. E.; GEWIDA, A. G. A.; ABD EL-HACK, MOHAMED E.; ALAGAWANY, M.; NAIEL, M. A. E. Phytogetic Substances: A Promising Approach Towards Sustainable Aquaculture Industry. In: *Antibiotic Alternatives in Poultry and Fish Feed*. [S. l.]: **Bentham Science Publisher**, 2022. v. 1, p. 160. DOI: <https://doi.org/10.2174/9789815049015122010014>.

SOMA, K.; KALS, J.; OPIYO, M. A.; NDAMBI, A.; GARCÍA-CUBERO, R.; BARBOSA, M. J.; RURANGWA, E.; VERNOOIJ, A. Toward sustainable food systems: can spirulina (*Arthrospira platensis*) become a sustainable source of protein to enhance the nutritional benefits of cultured Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)? **Frontiers in sustainable food systems**, [s. l.], v. 8, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1283150>

TARRICONE, S.; IAFFALDANO, N.; COLONNA, M. A.; GIANNICO, F.; SELVAGGI, M.; CAPUTI JAMBRENGHI, A.; CARIGLIA, M.; RAGNI, M. Effects of Dietary Red Grape Extract on the Quality Traits in Juvenile European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* L.). **Animals**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 254, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani13020254>

XIAO, Y.; WANG, H.; WANG, C.; GAO, H.; WANG, Y.; XU, J. Trends in and Future Research Direction of Antimicrobial Resistance in Global Aquaculture Systems: A Review. **Sustainability**, [s. l.], v. 15, n. 11, p. 9012, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su15119012>

Tese elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica Revista Caderno Pedagógico. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/issue/view/110>

CAPÍTULO 1

Efeitos de aditivos fitogênicos no crescimento, parâmetros hematológicos e saúde intestinal de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Effects of phytogetic additives on growth performance, hematological parameters and intestinal health in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings

DOI: [10.54033/cadpedv22n8-195](https://doi.org/10.54033/cadpedv22n8-195)

Originals received: 05/26/2025
Acceptance for publication: 05/28/2025

Maria Luiza Ruiz

Mestre em Aquicultura

Instituição de formação: Universidade Federal de Santa Catarina

Endereço: Rua da Faculdade, 645, Jardim Santa Maria, Toledo – PR

E-mail: mluizaruiz@gmail.com

Maurício Marques Neves

Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca

Instituição de formação: Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Endereço: Rua da Faculdade, 645, Jardim Santa Maria, Toledo – PR

E-mail: engpesca.mauricio@gmail.com

Alessandra Aparecida de Sousa Almeida

Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca

Instituição de formação: Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Endereço: Rua da Faculdade, 645, Jardim Santa Maria, Toledo – PR

E-mail: le_souza@live.com

Jéssica Luciane Nascimento

Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca

Instituição de formação: Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Endereço: Rua da Faculdade, 645, Jardim Santa Maria, Toledo – PR

E-mail: jessicalu12@yahoo.com.br

Victor Santos Lira da Nóbrega

Doutor em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca

Instituição de formação: Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Endereço: Rua da Faculdade, 645, Jardim Santa Maria, Toledo – PR

E-mail: victorlira23@outlook.com

Wilson Rogério Boscolo

Doutor em Zootecnia

Instituição de formação: Universidade Estadual de Maringá

Endereço: Rua da Faculdade, 645, Jardim Santa Maria, Toledo – PR

E-mail: wilsonboscolo@hotmail.com

RESUMO

A aquicultura tem buscado alternativas sustentáveis para melhorar o desempenho produtivo e a saúde dos peixes, reduzindo a dependência de aditivos sintéticos. Nesse contexto, os fitogênicos emergem como opções promissoras devido às suas propriedades bioativas. Este estudo avaliou os efeitos do extrato de *Quillaja saponaria* (EQS), extrato de uva (EU) e a combinação de *Q. saponaria* e óleo essencial de anis (EQA) em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Foram testados quatro tratamentos: controle (sem aditivos), EQS (200 g/t), EU (70 g/t) e EQA (200 g/t), em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. O período experimental foi de 70 dias, após, analisou-se o desempenho produtivo, parâmetros hematológicos, histologia intestinal e composição centesimal. Os resultados indicaram que o grupo EQS apresentou ganho de biomassa (783,84 g) e conversão alimentar (1,89) semelhantes ao controle, superando os grupos EU e EQA. Além disso, o EQS reduziu significativamente leucócitos, neutrófilos e linfócitos, sugerindo efeito imunomodulador. Os fitogênicos testados não influenciaram a histologia intestinal e a composição centesimal dos peixes. Conclui-se que o extrato de *Q. saponaria* não compromete a saúde intestinal nem a qualidade nutricional de alevinos de tilápia, no entanto, seu impacto na imunidade merece investigações adicionais. O estudo reforça o potencial dos fitogênicos como aditivos sustentáveis na aquicultura, contribuindo para práticas produtivas mais naturais e economicamente viáveis.

Palavras-chave: Aquicultura. Fitogênicos. *Quillaja saponaria*. Tilápia do Nilo.

ABSTRACT

Aquaculture has been seeking sustainable alternatives to improve production performance and fish health, reducing dependence on synthetic additives. In this context, phytogenics emerge as promising options due to their bioactive properties. This study evaluated the effects of *Quillaja saponaria* extract (QSE), grape extract (GE), and the combination of *Q. saponaria* and anise essential oil (QSA) in diets for Nile tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*). Four treatments were tested: control (no additives), QSE (200 g/t), GE (70 g/t), and QSA (200 g/t), in a completely randomized design with five replicates. The experimental period lasted 70 days, after which production performance, hematological parameters, intestinal histology, and proximate composition were analyzed. The results indicated that the QSE group showed biomass gain (783.84 g) and feed conversion ratio (1.89) similar to the control, outperforming the EU and EQA groups. Additionally, QSE significantly reduced leukocytes,

neutrophils, and lymphocytes, suggesting an immunomodulatory effect. The tested phytochemicals did not influence intestinal histology or the proximate composition of the fish. It was concluded that *Q. saponaria* extract does not compromise intestinal health or the nutritional quality of Nile tilapia fingerlings; however, its impact on immunity warrants further investigation. The study reinforces the potential of phytochemicals as sustainable additives in aquaculture, contributing to more natural and economically viable production practices.

Keywords: Aquaculture. Phytochemicals. *Quillaja saponaria*. Nile tilapia.

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura tem se consolidado como um setor essencial para a produção global de alimentos (Gul *et al.*, 2024), sendo a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) uma das espécies mais cultivadas. Essa preferência se deve ao seu rápido crescimento, adaptabilidade a diferentes condições ambientais e ampla aceitação no mercado consumidor (Samaddar *et al.*, 2024). A busca por inovações sustentáveis tem ganhado destaque, com o objetivo de reduzir impactos ambientais e garantir a viabilidade econômica da produção. Nesse cenário, práticas orgânicas têm sido investigadas como alternativas para a prevenção de doenças e o manejo sanitário de tilápias, demonstrando que aditivos naturais podem elevar o desempenho produtivo e promover a saúde dos peixes (Naseer *et al.*, 2024).

A incorporação de aditivos na dieta de organismos aquáticos tem ganhado relevância como uma estratégia eficaz para melhorar o desempenho produtivo. Dentre esses aditivos, os compostos fitogênicos têm recebido atenção especial, graças às suas propriedades bioativas, que podem trazer benefícios significativos para a saúde e o crescimento dos animais (Mbokane; Moyo 2022; Yilmaz *et al.*, 2024).

Extratos vegetais e óleos essenciais, apresentam propriedades antioxidantes, antimicrobianas e imunomoduladoras, contribuindo para a melhoria da microbiota intestinal e do estado geral de saúde dos peixes (Kazempoor *et al.*, 2022; Montero *et al.*, 2024). Entre esses compostos, o extrato de *Quillaja saponaria*, o extrato de uva e o óleo essencial de anis têm sido investigados por sua capacidade de promover um melhor aproveitamento nutricional e aumentar a resistência dos animais a desafios ambientais e patogênicos (Cortés *et al.* 2023; Hussain *et al.*, 2023; Tarricone *et al.*, 2023).

A avaliação do efeito dos fitogênicos nos estágios iniciais de desenvolvimento das tilápias é de grande relevância, uma vez que essa fase é marcada por um

crescimento acelerado e maior sensibilidade a fatores ambientais e nutricionais. Um desenvolvimento inicial adequado é crucial para assegurar um melhor desempenho ao longo do ciclo produtivo, além de reduzir as taxas de mortalidade e otimizar o aproveitamento dos recursos alimentares. Dessa forma, compreender como os fitogênicos podem impactar o crescimento e a saúde dos peixes desde os primeiros estágios de vida é essencial para a elaboração de dietas mais eficientes e adaptadas às necessidades desses animais.

Nesse contexto, esta pesquisa se justifica pela necessidade de aprofundar os conhecimentos sobre o uso de fitogênicos como estratégia alternativa aos aditivos sintéticos, contribuindo para práticas mais sustentáveis na aquicultura. Do ponto de vista teórico, o trabalho busca preencher lacunas existentes na literatura sobre os efeitos fisiológicos e produtivos desses compostos em tilápias em estágio inicial. Em termos práticos, os resultados podem subsidiar a formulação de dietas funcionais mais eficientes, proporcionando vantagens competitivas aos produtores, com menor dependência de insumos artificiais.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do extrato de *Quillaja saponaria*, extrato de uva e a combinação de *Q. saponaria* com óleo essencial de anis sobre o crescimento, parâmetros hematológicos, histologia intestinal e composição centesimal de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 LOCAL E DESENHO EXPERIMENTAL

O estudo foi conduzido no Laboratório de Aquicultura do Grupo de Estudos em Manejo de Aquicultura - GEMAQ, localizado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Campus de Toledo. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições cada. O grupo controle recebeu uma dieta sem aditivos, enquanto os demais tratamentos consistiam em: extrato de *Q. saponaria* na dose de 200 g/t (EQS); extrato de uva 70 g/t (EU) e uma combinação de extrato de *Q. saponaria* e óleo essencial de anis (EQA) 200 g/t.

Foram utilizados 500 peixes com peso inicial médio de $2,33 \pm 0,36$ g, distribuídos aleatoriamente em 20 caixas retangulares com capacidade de 120 litros cada. O sistema de recirculação de água contava com filtragem mecânica e aeração contínua por meio de um soprador de ar central. A alimentação foi fornecida cinco vezes ao dia, às 07:00; 10:00; 13:00; 16:00 e 19:00, com a taxa de arraçoamento

ajustada a cada 14 dias. As quantidades de ração variaram conforme a fase do experimento, sendo 9%; 6%; 5%; 5% e 4% da biomassa total das unidades experimentais respectivamente. O período experimental foi de 70 dias.

2.2 DIETAS EXPERIMENTAIS

As rações utilizadas no experimento foram formuladas para serem isoprotéicas (45% de proteína bruta) e isoenergéticas (3.625 kcal de energia digestível kg) conforme detalhado na Tabela 1. Para o preparo das dietas, os ingredientes foram inicialmente moídos em um moedor tipo martelo com peneira de 0,6 mm de diâmetro, Em seguida, os componentes foram pesados e homogeneizados para garantir uma distribuição uniforme. Os compostos fitogênicos termoestáveis foram então adicionados e misturados em misturador em Ypsilon (MA 200). Por fim, as rações foram extrusadas em extrusora da marca Ex-Micro® (ExTeec Company) com matriz de 1 mm.

Tabela 1. Composição percentual e ingredientes utilizados na formulação da ração base para alevinos de tilápia do Nilo.

Ingrediente (%)	Dieta referência
Soja (Concentrado Protéico)	23,09
Vísceras de Aves (Farinha)	20,00
Milho (Grão)	16,80
Trigo (Farinha)	12,40
Sangue (Farinha)	8,00
Penas (Farinha)	8,00
Tilápia 55% (Farinha)	5,00
Óleo de soja	4,37
Premix ¹	1,00
Sal	0,50
Treonina	0,27
Metionina	0,32
Lisina	0,14
Antifúngico	0,10
Antioxidante	0,01
TOTAL (%)	100,00
Nutrientes (%)	
Amido	20
Arginina total	3,1
Cálcio	1,38
Fósforo total	0,96
Gordura	9
Histidina total	1,24
Isoleucina total	1,74
Leucina total	3,41
Lisina total	1,85
Metionina + Cistina total	1,82
Metionina total	1
Proteína bruta	45
Sódio	0,37

Treonina total	2,2
Triptofano total	0,51
Valina total	2,62
<u>ED (kcal/Kg)</u>	<u>3625</u>

¹Níveis de garantia (mínimo): Vitamina A = 1.500.000 UI/kg; Vitamina D3 = 375.000 UI/kg; Vitamina E = 18.750 UI/kg; Vitamina K3 = 3.750 mg/kg; Timina = 2.500 mg/kg; Riboflavina = 2.500 mg/kg; Piridozina = 3.125 mg/kg; Vitamina B12 = 5.000 mcg/kg; Vitamina C = 87.5 g/kg; Niacina = 12.5 mg/kg; Ácido Pantotênico = 6.250 mg/kg; Ácido fólico = 750 mg/kg; Biotina = 125 mg/kg; Inositol = 50 g/kg; Ferro = 10.00 g/kg; Ferro Quelatado = 5000 mg/kg; Cobre = 2.250 mg/kg; Cobre Quelatado = 1.125 mg/kg; Manganês = 6.250 mg/kg; Manganês Quelatado = 3.125 mg/kg; Zinco = 15 g/kg; Zinco Quelatado = 7.500 mg/kg; Cobalto Quelatado = 75 mg/kg; Iodo = 100 mg/kg; Selênio = 62.5 mg/kg e Selênio Orgânico = 31.2 mg/kg.

Fonte: Elaborado pelos autores

2.3 COLETA DE AMOSTRAS E ANÁLISES

Ao final do período experimental, os peixes foram submetidos a um jejum de 24 horas para garantir o esvaziamento completo do trato gastrointestinal. Em seguida, foram dessensibilizados com benzocaína na concentração de 100 mg/L. Os cálculos de desempenho produtivo, foram determinados pelas seguintes equações (NRC 2011): Ganho de peso (g) = (peso corporal final - peso corporal inicial); Taxa de sobrevivência (%) = $(100 * (\text{número final de peixes}/\text{número inicial de peixes}))$; Conversão alimentar = (dieta oferecida/ganho de peso) e Taxa de crescimento específico (%) = $(100 * ((\log \text{ do peso corporal final} - \log \text{ do peso corporal inicial}) / \text{tempo experimental}))$.

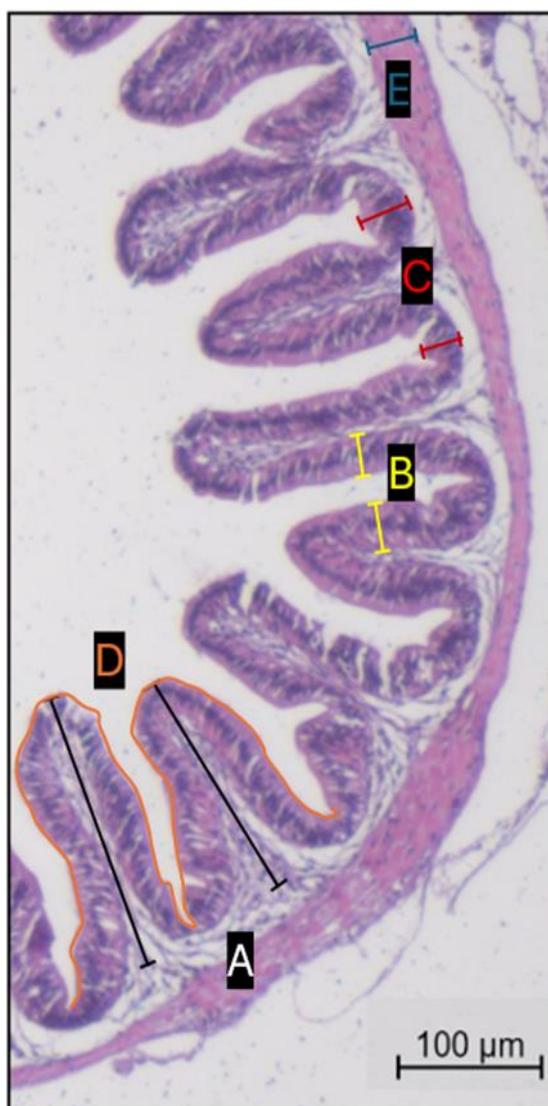
Três peixes de cada unidade experimental foram selecionados aleatoriamente para coleta de sangue, realizada por meio de punção caudal com o uso de seringa heparinizada. As amostras sanguíneas foram utilizadas para determinar o número total de eritrócitos seguindo metodologia descrita por Martins *et al.*, (2004). Para estabelecer o percentual de hematócrito, as amostras foram centrifugadas a 2.500 rpm por 5 minutos (Ranzani Paiva *et al.*, 2013). A contagem total de leucócitos e trombócitos foi realizada pelo método indireto (Ishikawa *et al.*, 2008), enquanto a contagem diferencial dos leucócitos foi feita a partir de extensões sanguíneas coradas com MayGrunwald/Giemsa/Wright analisando-se 100 células por amostra. Além disso, foram calculados os índices hematológicos: volume corpuscular médio VCM (fL), a hemoglobina corpuscular média HCM (pg) e a concentração de hemoglobina corpuscular média CHCM (g/dL^{-1}), seguindo Ranzani–Paiva *et al.*, (2013).

Após eutanásia por aprofundamento anestésico, realizou-se a necropsia dos animais e o intestino foi coletado e fixado em formalina 10% tamponada. As amostras foram processadas por desidratação em série alcoólica, diafanização em xilol e inclusão em parafina, seguindo metodologia proposta por Junqueira e Carneiro (2004). Cortes de 3 μm de espessura foram obtidos com auxílio de micrótomo PAT-

MR10 (O Patologista, Brasil), e corados com hematoxilina de Harrys e Eosina (HH & E) para identificação padrão das estruturas teciduais (Howard *et al.*, 2004).

Na avaliação histológica do intestino, foram analisados os seguintes parâmetros: altura dos vilos, altura do epitélio, profundidade das criptas, superfície da mucosa intestinal e espessura da túnica muscular, de acordo com a Figura 1. O número de células caliciformes também foi quantificado. Inicialmente, foi realizada uma imagem panorâmica de todo o corte analisado e, em seguida, foram feitas 3 imagens em maior aumento desse tecido. Em cada imagem, três pontos distintos foram avaliados, aumentando a confiabilidade das análises. Essa abordagem foi aplicada a todas as estruturas avaliadas.

Figura 1. Medidas morfométricas de tecido intestinal de tilápia do Nilo. (A) altura dos vilos, (B) altura do epitélio, (C) profundidade das criptas, (D) superfície da mucosa intestinal e (E) espessura da túnica muscular.



Fonte: Adaptado de Araújo *et al.*, (2017)

As análises físico-químicas dos peixes foram conduzidas no Laboratório de Qualidade em Alimentos (LQA). Para a determinação dos parâmetros, seguiu-se a metodologia estabelecida pela AOAC (2000). A matéria seca (MS) foi obtida por secagem das amostras a 105°C por 8 horas. A proteína bruta (PB) foi quantificada pelo método de Kjeldhal, enquanto o extrato etéreo (EE) foi extraído utilizando extrator de Soxhlet com éter como solvente. O teor de cinzas foi determinado por incineração em mufla, a uma temperatura entre 550 - 600°C, por um período de 4 a 6 horas.

2.4 QUALIDADE DA ÁGUA

Os parâmetros físico-químicos da água foram monitorados a cada dois dias utilizando multiparâmetro portátil AKSO 88. Foram registrados os seguintes valores médios: oxigênio dissolvido ($5,14 \pm 0,58$ mg/L), pH ($6,71 \pm 0,20$), e temperatura ($27,77 \pm 0,15$ °C). Todos os parâmetros analisados mantiveram-se dentro dos limites considerados aceitáveis para a espécie, de acordo com Ridha e Cruz (2001).

2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados coletados foram inicialmente submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk para verificar a distribuição gaussiana. Quando os dados apresentaram distribuição normal, foram analisados por meio do teste One-Way ANOVA, complementado pelo pós-teste de Tukey para comparações múltiplas. Nos casos em que os dados não seguiram distribuição normal, foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido pelo pós-teste de Dunn para comparações entre grupos. Em ambos os métodos, as diferenças foram consideradas estatisticamente significativas quando o valor de P foi inferior a 0,05. Todas essas análises foram realizadas utilizando o software Statistica, versão 14.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A alimentação desempenha um papel crucial no desempenho produtivo de peixes, influenciando diretamente parâmetros como ganho de peso, consumo de ração e eficiência alimentar. Os resultados desse trabalho revelaram diferenças significativas entre os grupos conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Desempenho produtivo por tratamento (média \pm desvio padrão) de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes fitogênicos.

Parâmetro	Dieta				P-valor
	Controle	EQS	EU	EQA	
Ganho de Biomassa (g)	780,27 \pm 64,59 ^a	783,84 \pm 78,66 ^a	622,43 \pm 84,36 ^b	667,39 \pm 92,39 ^b	0,0137
Ganho de Peso (g)	42,79 \pm 13,38	38,67 \pm 13,36	40,63 \pm 11,35	39,47 \pm 12,45	0,1382
Consumo de Ração (g)	1513,69 \pm 100,88 ^a	1474,67 \pm 121,59 ^a	1299,11 \pm 110,43 ^b	1398,52 \pm 98,92 ^a	0,0173
Conversão alimentar	1,94 \pm 0,05	1,89 \pm 0,11	2,10 \pm 0,14	2,04 \pm 0,06	0,0220
TCE (%dia) *	5,15 \pm 0,23	5,08 \pm 0,16	5,02 \pm 0,21	4,97 \pm 0,17	0,4896
Sobrevivência (%)	78,40 \pm 8,24	82,40 \pm 9,67	70,40 \pm 1,96	73,60 \pm 3,20	0,0926

*TCE = Taxa de crescimento específico. Valores médios seguidos por letra diferente, na mesma linha, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05)

Fonte: Elaborado pelos autores

O grupo controle e o grupo EQS apresentaram os melhores resultados em termos de ganho de biomassa, com 780,27 g e 783,84 g, por tratamento respectivamente, valores superiores aos observados nos grupos EU (622,43 g) e EQA (667,39 g). Além disso, esses dois grupos juntamente com o EQA também registraram os maiores consumos de ração por tratamento (1513,69 g; 1474,67 g e 1398,52), enquanto o grupo EU teve o menor consumo (1299,11 g), possivelmente devido a uma redução na aceitação da dieta.

Resultados semelhantes foram observados por Serrano (2013), que avaliou os efeitos da suplementação de diferentes doses de *Q. saponaria* em dietas para carpa comum. Em seu estudo, os peixes suplementados com o fitogênico apresentaram peso corporal médio e taxa de crescimento específico significativamente maiores em comparação com o grupo controle. Além disso, a eficiência da conversão alimentar, o valor produtivo da proteína e o ganho de proteína também melhoraram com a suplementação, reforçando a ideia de que fitogênicos ricos em saponinas em doses adequadas podem otimizar o desempenho produtivo de peixes.

Outro fator que deve ser levado em consideração ao avaliar o uso de extratos de plantas em dietas de peixes é seu possível impacto nos parâmetros hematológicos. Neste estudo, conforme apresentado na Tabela 3, observou-se que a hemoglobina, responsável pelo transporte de oxigênio, permaneceu estável em todos os grupos e não foram observadas diferenças no número de eritrócitos. Abbas e El-Badawi (2014) observaram que o extrato de sementes de *Moringa oleifera* (96 h LC50 = 138 mg/L) causou alterações hematológicas significativas em tilápias (*O. niloticus*) com redução na contagem de eritrócitos, hemoglobina, hematócrito e concentração de hemoglobina corpuscular média, indicando possível anemia.

Tabela 3. Parâmetros hematológicos (média \pm desvio padrão) em alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes fitogênicos.

Parâmetros	Controle	EQS	EU	EQA	Anova P-Valor
Hemoglobina (g/dl)	4,75 \pm 0,96	5 \pm 1,05	5,34 \pm 1,39	5,11 \pm 0,89	0,7131
Hematócrito (%)	27,20 \pm 4,16	33,21 \pm 7,69	28,75 \pm 5,86	29,79 \pm 2,99	0,0619
VCM (fl) ¹	174,94 \pm 45,54 ^a	158,13 \pm 55,13 ^a	236,01 \pm 73,72 ^b	218,55 \pm 44,85 ^b	0,0002
HCM (pg) ²	30,95 \pm 7,48	33,32 \pm 13,65	37,27 \pm 14,94	42,25 \pm 10,49	0,1868
CHCM (g dl-1) ³	16,5 \pm 2,86	20,8 \pm 7,08	16,84 \pm 6,37	17,38 \pm 3,67	0,2776
Eritrócitos (10 ⁶ céls/ μ l)	1,63 \pm 0,21	1,55 \pm 0,28	1,59 \pm 0,28	1,44 \pm 0,24	0,2122
Leucócitos (10 ³ céls/ μ l)	116,27 \pm 28,26 ^a	55,13 \pm 38,88 ^b	98,67 \pm 27,46 ^a	106 \pm 26,72 ^a	0,0010
Trombócitos (10 ³ céls/ μ l)	36,93 \pm 17,33	27,2 \pm 11,85	27,26 \pm 12,47	25,36 \pm 12,81	0,1251
Monócitos (10 ³ céls/ μ l)	1,42 \pm 0,77 ^a	0,7 \pm 0,33 ^b	1,5 \pm 0,7 ^a	1,55 \pm 0,84 ^a	0,0012
Neutrófilos (10 ³ céls/ μ l)	7,56 \pm 1,29 ^a	3,52 \pm 1,66 ^b	6,94 \pm 2,38 ^a	3,27 \pm 0,9 ^b	0,0001
Linfócitos (10 ³ céls/ μ l)	93,87 \pm 27,05 ^a	44,23 \pm 33,18 ^b	78,92 \pm 24,45 ^a	89,03 \pm 24,43 ^a	0,0001
Celulas jovens (10 ³ céls/ μ l)	9,75 \pm 4,78	8,37 \pm 4,88	9,34 \pm 5,34	8,2 \pm 4,37	0,2462
Eosinófilos	0	0	0	0	0

Volume corpuscular médio (VCM)¹; Hemoglobina corpuscular média (HCM)² e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM)³. Valores médios seguidos por letra diferente, na mesma linha, indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: Elaborado pelos autores

Em relação ao volume corpuscular médio (VCM), verificou-se um aumento significativo nos grupos EU e EQA (236,01 fl e 218,55 fl, respectivamente) em comparação com o controle e EQS (174,94 fl e 158,13 fl). Esse aumento pode indicar a presença de eritrócitos maiores, possivelmente refletindo alterações na maturação das células vermelhas. Esses achados podem estar associados a uma resposta adaptativa ao estresse ou a variações no metabolismo celular.

No que se refere aos leucócitos, o grupo EQS apresentou uma contagem significativamente menor (55,13 x 10³ céls/ μ l), assim como os monócitos (0,7 x 10³ céls/ μ l) em comparação com os demais grupos. Além disso, os grupos EQS e EQA apresentaram contagens significativamente menores de neutrófilos (3,52 x 10³ céls/ μ l e 3,27 x 10³ céls/ μ l, respectivamente) em comparação com os grupos controle e EU (7,56 x 10³ céls/ μ l e 6,94 x 10³ céls/ μ l). Estes achados sugerem um efeito imunomodulador dos compostos fitogênicos, particularmente no que se refere à resposta inflamatória.

A diminuição na contagem de neutrófilos, células efetoras primárias na inflamação aguda, indica uma possível supressão da resposta inflamatória inicial. Paralelamente, a redução nos monócitos, que desempenham papéis cruciais tanto na inflamação crônica quanto na apresentação antigênica, pode refletir uma modulação

mais ampla do sistema imune. Do ponto de vista fisiológico, esta modulação pode representar um mecanismo benéfico em condições de cultivo intensivo, onde o estresse pode levar a respostas inflamatórias exacerbadas. Ao reduzir a atividade de células pró-inflamatórias, os fitogênicos podem ajudar a minimizar danos teciduais associados à inflamação e diminuir o estresse oxidativo correlacionado.

Em contraste com os resultados observados no presente estudo que mostrou uma redução significativa nos linfócitos no grupo EQS ($44,23 \times 10^3$ céls/ μ l), sugerindo um possível efeito imunossupressor, Abozeid *et al.*, (2021) relataram efeitos opostos em seu trabalho com tilápias do Nilo. Esses autores verificaram que o uso de *Quillaja saponaria* (QS, 300 mg/kg na ração) e *Yucca schidigera* (YS, 0,11 mL/m³ na água) resultou em um aumento no número de linfócitos (%) nos grupos QS e QS/YS ($p < 0,05$).

Diante desses achados, é relevante considerar se o estágio de vida dos peixes pode ter influenciado os resultados. Na fase de alevinos, o sistema imunológico dos animais está em pleno desenvolvimento, tornando-os mais sensíveis a variações nos parâmetros hematológicos (Buchmann; Karami; Duan, 2024). Essa imaturidade pode explicar, pelo menos em parte, as respostas observadas e reforça a importância de interpretar os efeitos dos fitogênicos no contexto do desenvolvimento fisiológico dos peixes.

A Tabela 4 exhibe os resultados da análise estatística descritiva da histologia intestinal de alevinos de tilápia do Nilo. Em todos os parâmetros analisados (superfície da mucosa, média da altura dos vilos, média da profundidade de criptas, média túnica muscular, média das células caliciformes e média da altura do epitélio), não foram observadas diferenças estatisticamente relevantes entre os grupos ($P > 0,05$). Isso indica que os fitogênicos avaliados neste estudo não exerceram um efeito significativo na estrutura intestinal dos peixes quando comparados ao grupo controle. Os dados sugerem que essas substâncias não promoveram melhorias marcantes na histologia intestinal.

Tabela 4. Resultado para análise estatística descritiva quanto à histologia intestinal (média \pm desvio padrão) em alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes fitogênicos.

Histologia Intestinal (μ m)	Dieta				Anova P-valor
	Controle	EQS	EU	EQA	
SM	16983 \pm 2754	15556 \pm 3747	12420 \pm 4192	16270 \pm 6375	0,0795
MAV	217,6 \pm 35,1	198,04 \pm 32,48	173,42 \pm 42,65	198,49 \pm 64,75	0,1373

MPC	49,86 ± 8,61	49,27 ± 5,96	45,3 ± 5,39	45,03 ± 6,62	0,1042
MTM	30,97 ± 8,55	33,93 ± 6,45	28,36 ± 4,76	28,24 ± 7,39	0,0981
MCC	10,64 ± 1,73	10,75 ± 0,94	9,58 ± 1,88	10,19 ± 1,87	0,2099
MAE	28,74 ± 5,3	26,87 ± 4,46	24,55 ± 4,21	25,16 ± 5	0,0832

Abreviações: Superfície da mucosa (SM), Média da altura dos vilos (MAV), média da profundidade de criptas (MPC), Média túnica muscular (MTM), Média das células caliciformes (MCC), Média da altura do epitélio (MAE). Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, seguido de ANOVA unifatorial e teste de comparações múltiplas de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pelos autores

Mousavi *et al.*, (2021) avaliaram o efeito do extrato de semente de uva (*Vitis vinifera*) na dieta de alevinos de truta-arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Os peixes alimentados com 100 e 200 mg kg⁻¹ apresentaram aumento significativo na altura das vilosidades, densidade de células caliciformes e número de linfócitos intraepiteliais em comparação ao grupo controle. Esses resultados indicam que a suplementação com o extrato de semente de uva promoveu melhorias na estrutura intestinal, sugerindo um potencial efeito benéfico na integridade da mucosa e na resposta imune local. Já Huyben *et al.*, (2021) em seu estudo avaliaram os efeitos de uma mistura microencapsulada de ácidos orgânicos (ácido sórbico, fumárico, málico e cítrico) e óleos essenciais (timol, vanilina e eugenol) na dose de 300 mg/kg de ração para trutas-arco-íris. Os achados histológicos demonstraram aumento significativo no comprimento das vilosidades intestinais proximais nos peixes alimentados com a dieta tratada, além da completa ausência de edema, inflamação da lâmina própria e apoptose no intestino distal.

Embora estudos como os de Mousavi *et al.* (2021) e Huyben *et al.* (2021) tenham demonstrado os efeitos positivos de diferentes compostos fitogênicos na morfologia intestinal de trutas, os resultados do presente estudo não evidenciaram alterações significativas nos parâmetros histológicos avaliados em tilápias do Nilo. Esses resultados ressaltam a importância de considerar fatores como especificidade da espécie, dosagem e composição dos fitogênicos, indicando a necessidade de novos estudos que explorem diferentes formulações e concentrações para avaliar seu potencial efeito em tilápias.

A Tabela 5 apresenta os resultados das análises de composição centesimal de matéria seca, extrato etéreo, umidade, proteína bruta e cinzas dos peixes. Conforme observado na tabela, não houve diferenças significativas entre os grupos em nenhum dos parâmetros analisados, indicando que a adição dos fitogênicos não alterou de forma relevante a composição proximal dos animais.

Tabela 5. Resultado da composição centesimal (média \pm desvio padrão) em alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes fitogênicos.

Parâmetros	Controle	EQS	EU	EQA	Anova P-Value
Umidade	73,74 \pm 1,96	74,88 \pm 1,42	74,85 \pm 1,44	74,41 \pm 1,55	0,1874
Matéria seca	26,26 \pm 1,96	25,12 \pm 1,42	24,89 \pm 1,84	25,45 \pm 1,3	0,1254
Extrato etéreo	6,16 \pm 0,98	5,62 \pm 0,76	6,13 \pm 0,96	6,34 \pm 0,68	0,0791
Proteína bruta	16,17 \pm 1,08	16,16 \pm 0,83	15,50 \pm 0,67	15,49 \pm 0,99	0,0551
Cinzas	3,54 \pm 0,33	3,38 \pm 0,26	3,41 \pm 0,2	3,29 \pm 0,18	0,2921

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, seguido de ANOVA unifatorial e teste de comparações múltiplas de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pelos autores

Os resultados obtidos neste estudo, estão em consonância com os achados de pesquisas como a de Ali *et al.*, (2024), que também não observaram mudanças relevantes nos teores de proteína, lipídios, umidade e cinzas em *Clarias gariepinus* suplementados com pó de Maca. Apesar disso, vale ressaltar que a literatura ainda é escassa quando se trata de estudos que avaliam sistematicamente os efeitos de diferentes fitogênicos na composição proximal de peixes. A maioria das pesquisas concentra-se em parâmetros de crescimento e imunidade, deixando uma lacuna importante no entendimento de como esses aditivos podem influenciar a qualidade nutricional da carcaça. A ausência de alterações negativas na composição centesimal, como observado neste trabalho, reforça a segurança no uso de fitogênicos na aquicultura pois indica que os fitogênicos testados, mantêm a qualidade nutricional e não interferem negativamente no metabolismo dos animais. No entanto, a falta de tendências claras em diversos estudos sugere que mais investigações são necessárias para compreender se esses compostos podem, em determinadas condições, modular positivamente o perfil nutricional dos peixes.

5 CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que a inclusão de extrato de *Q. saponaria* (EQS) na dieta promoveu um desempenho produtivo semelhante ao grupo controle. Alterações hematológicas significativas foram observadas, com redução nos leucócitos, neutrófilos e linfócitos no grupo EQS, indicando um possível efeito imunomodulador. Embora esse perfil possa refletir uma menor atividade inflamatória, estudos adicionais são necessários para avaliar se essa modulação afeta a resistência a patógenos e seu impacto na imunidade em longo prazo. A histologia intestinal e a composição proximal não foram influenciadas pelos fitogênicos, reforçando a

segurança desses aditivos na dieta. Em síntese, os achados destacam o potencial do extrato de *Q. saponaria* como um aditivo natural promissor para alevinos de tilápia. Este estudo contribui para o avanço de estratégias nutricionais sustentáveis na aquicultura, alinhando-se às demandas por práticas produtivas mais naturais e eficientes.

Além de seu valor zootécnico, o uso de aditivos naturais como o EQS pode beneficiar a sociedade ao oferecer alternativas mais seguras e sustentáveis à produção aquícola, ao mesmo tempo em que contribui para o avanço do conhecimento científico sobre fitogênicos na nutrição e imunologia de peixes.

Como limitações, destacam-se a curta duração do experimento e a ausência de desafios sanitários, que poderiam melhor esclarecer os efeitos imunológicos observados. Para estudos futuros, recomenda-se a realização de ensaios de longo prazo, com desafios patogênicos e avaliações econômicas, além da exploração de diferentes dosagens e combinações de fitogênicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Grupo de Estudo de Manejo na Aquicultura — GEMAq e à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE — Toledo, pelo uso das instalações e laboratórios.

REFERÊNCIAS

ABBAS, H. H.; EL-BADAWI, A. A. Use of hematological and biochemical parameters and histological changes to assess the toxicity of drumstick tree (*Moringa oleifera*) seeds extract on Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish. **Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries**, v. 18, n. 3, p. 21-40, 2014. DOI: <https://doi.org/10.21608/EJABF.2014.2215>.

ABOZEID, AHMED M.; ABDEL-RAHIM, MOHAMED M.; ABOUELENIEN, FATMA; ELKARADAWY, ASMAA; MOHAMED, RADI A. *Quillaja saponaria* and/or *Yucca schidigera* ameliorate water quality, growth performance, blood health, intestine and gills histomorphology of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture Research**, v. 00, p. 1-13, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/are.15474>

ALI, M.; DANBA, E.; SANI, T.; DANZARIA, A. Evaluation of the carcass proximate composition of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings fed different levels of Maca (*Lepidium meyenii*, Walp.) root powder as phyto-additive. **African Journal of**

Agricultural Science and Food Research, v. 15, p. 107-117, 17 jul. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.62154/yvvdh810>.

ARAÚJO, E. P.; CARVALHO, P. L. P. F.; FREITAS, J. M. A. F.; SILVA, R. L.; ROCHA, M. K. H. R.; TEIXEIRA, C. P.; DAMASCENO, F. M.; SARTORI, M. M. P.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M. Dietary spray-dried plasma enhances the growth performance, villus: crypt ratio and cold-induced stress resistance in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 479, p. 675-681, 2017. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2017.07.003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. **Arlington: AOAC International**, 2020.

BUCHMANN, K.; KARAMI, A. M.; DUAN, Y. The early ontogenetic development of immune cells and organs in teleosts. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 146, p. 109371, mar. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2024.109371>.

CORTÉS, H.; CASTILLO-RUIZ, M.; CAÑÓN-JONES, H.; SCHLOTTERBECK, T.; SAN MARTÍN, R.; PADILLA, L. In vivo efficacy of purified Quillaja saponin extracts in protecting against *Piscirickettsia salmonis* infections in Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Animals**, v. 13, n. 18, p. 2845, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani13182845>.

GUL, S.; SHAFIQ, U.; MIR, S. A.; IQBAL, G.; LONE, H. Q. Enhancing Global Food Security through Sustainable Fisheries and Aquaculture: A Comprehensive Review. **Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology**, [S.l.], v. 42, n. 10, p. 60-70, 2024. DOI: 10.9734/ajaees/2024/v42i102563.

HUYBEN, D., CHIASSON, M., LUMSDEN, J. S., PHAM, P. H., & CHOWDHURY, M. A. K. (2021). Dietary microencapsulated blend of organic acids and plant essential oils affects intestinal morphology and microbiome of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Microorganisms**, 9(10), 2063. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9102063>

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, José. Histologia básica. 10.ed. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**, 2004.

KAZEMPOOR, R.; ALAVINEZHAD, S. S.; PARGARI, M. M.; SHAKERI, Y. S.; HAGHIGHI, M. M. A review on the application of phytogenics as feed additives for aquatic animals. **International Journal of Aquatic Research and Environmental Studies**, v. 2, n. 2, p. 46-78, 2022.

MBOKANE, E. M.; MOYO, N. A. G. Use of medicinal plants as feed additives in the diets of Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and the African Sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) in Southern Africa. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 9, 2022.

MONTERO, D.; TORRECILLAS, S.; SERRADELL, A.; NEDOLUZHKO, A.; FERNÁNDEZ-MONTERO, Á.; MAKOL, A.; MONZÓN-ATIENZA, L.; VALDENEGRO, V.; SANAHUJA, I.; GALINDO-VILLEGAS, J.; ACOSTA, F.. Phytogenics enhance

welfare and vaccine efficacy against *Vibrio anguillarum* in European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Aquaculture**, [S. l.], v. 585, p. 740714, 15 maio 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740714>.

MOUSAVI, S., SHEIKHZADEH, N., HAMIDIAN, G., MARDANI, K., OUSHANI, A. K., FIROUZAMANDI, M., ESTEBAN, M. Á., & SHOHREH, P. (2021). Dietary grape seed extract (GSE) improves growth performance, mucosal immunity, and disease resistance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Fish Physiology and Biochemistry**. <https://doi.org/10.1007/s10695-021-00930-z>

NASEER, A.; ZAFAR, M.; AZAM, K.; MUNEEER, A.; ALI, M.; ATHER, N.; PARVEEN, S.; RIZWAN, Z.; YASIN, N. Sustainable aquaculture; organic innovations for disease prevention and health management in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Biological and Clinical Sciences Research Journal**, v. 2024, p. 1165, 2024. DOI: <https://doi.org/10.54112/bcsrj.v2024i1.1165>.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington, D.C.: **National Academies Press**, 2011. 376 p.

SAMADDAR, A.; GHOSH, T.; VERMA, D. K. Global Diversification of Tilapia Production Techniques: Recent Overview- part 1. **Journal of Advances in Biology & Biotechnology**, [S. l.], v. 27, n. 7, p. 745–760, 2024. DOI: [10.9734/jabb/2024/v27i71034](https://doi.org/10.9734/jabb/2024/v27i71034).

SERRANO, A. E. Effects of Quillaja saponins on growth, feed efficiency, digestive enzyme activities and metabolism of common carp (*Cyprinus carpio* L.). **Aquaculture Nutrition**, v. 19, n. 4, p. 468–474, 2013. DOI: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2095.2012.00980.x>

TARRICONE, S.; IAFFALDANO, N.; COLONNA, M. A.; GIANNICO, F.; SELVAGGI, M.; JAMBRENGHI, A. C.; CARIGLIA, M.; RAGNI, M.. Effects of Dietary Red Grape Extract on the Quality Traits in Juvenile European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* L.). **Animals**, v. 13, n. 2, p. 254, 2023. DOI: <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/2/254/pdf?version=1674034772>.

YILMAZ, S.; ERGÜN, S.; YILMAZ, E.; AHMADIFAR, E.; YOUSEFI, M.; ABDEL-LATIF, H. M. R. Effects of a phyto-genic diet on growth, haemato-immunological parameters, expression of immune- and stress-related genes, and resistance of *Oncorhynchus mykiss* to *Lactococcus garvieae* infection. **Aquaculture**, [S. l.], v. 587, p. 740845, 30 jun. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740845>.

CAPÍTULO 2

Avaliação do uso de fitogênicos na alimentação de juvenis de tilápia (*Oreochromis niloticus*): Implicações no desempenho e saúde

Evaluation of the use of phytogenics in the diet of tilapia juveniles (*Oreochromis niloticus*): Implications for performance and health

Maria Luiza Ruiz

Mestre em Aquicultura

Instituição de formação: Universidade Federal de Santa Catarina

Endereço: Rua da Faculdade, 645, Jardim Santa Maria, Toledo – PR

E-mail: mluizaruiz@gmail.com

Maurício Marques Neves

Mestre em Recursos Pesqueiro e Engenharia de Pesca

Instituição de formação: Universidade do Estado de Santa Catarina

Endereço: Rua da Faculdade, 645, Jardim Santa Maria, Toledo – PR

E-mail: engpesca.mauricio@gmail.com

Alessandra Aparecida de Sousa Almeida

Mestre em Recursos Pesqueiro e Engenharia de Pesca

Instituição de formação: Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Endereço: Rua da Faculdade, 645, Jardim Santa Maria, Toledo – PR

E-mail: le_souza@live.com

Wilson Rogério Boscolo

Dr. Zootecnia

Instituição de formação: Universidade Estadual de Maringá

Endereço: Rua da Faculdade, 645, Jardim Santa Maria, Toledo – PR

E-mail: wilsonboscolo@hotmail.com

RESUMO

A presente pesquisa busca por métodos naturais para apoiar a eficiência produtiva na aquicultura. Para isso, este estudo investigou os efeitos da adição de fitogênicos às dietas de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) sobre o desempenho produtivo, parâmetros hematológicos, estrutura hepática e intestinal, e atividade de enzimas antioxidantes. Os objetivos principais foram avaliar os efeitos dos extratos de *Quillaja saponaria* (EQS), extrato de uva (EU) e uma combinação de extrato de *Quillaja saponaria* com óleo essencial de anis (EQA) no crescimento, saúde e resposta antioxidante dos peixes. Os resultados mostraram que, embora não tenham sido observadas diferenças estatisticamente significativas nos índices zootécnicos, a análise hematológica revelou que o grupo EQS apresentou aumento nos níveis de hemoglobina e a hemoglobina corpuscular média (HCM). Isso sugere maior capacidade de transporte de oxigênio e possível estímulo à resposta imune. Além disso, a análise histopatológica do fígado revelou que o tratamento com EQS resultou predominantemente em lesões de Grau 1, o que aponta para um efeito benéfico leve sobre o órgão. No que diz respeito ao intestino, o grupo EQA apresentou a maior superfície de mucosa e altura do epitélio, sugerindo potencial melhoria na absorção

de nutrientes, enquanto o grupo controle destacou-se na profundidade das criptas e contagem de células calciformes, indicando maior capacidade de renovação celular e proteção da barreira intestinal. Por fim, a análise das enzimas antioxidantes revelou uma resposta diferenciada entre os grupos. O grupo EQS exibiu a maior atividade de GPx e baixos níveis de MDA, indicando maior capacidade antioxidante e menor estresse oxidativo. Em síntese, este estudo fornece evidências de que o uso de fitogênicos pode trazer benefícios relevantes para a saúde dos peixes, reforçando o potencial como aditivos funcionais na aquicultura e contribuindo para o desenvolvimento de estratégias nutricionais eficazes.

Palavras-chave: Aquicultura. Fitogênicos. Tilápia do Nilo. Desempenho produtivo. Parâmetros hematológicos. Histopatologia.

ABSTRACT

This research seeks natural methods to support productive efficiency in aquaculture. To this end, this study investigated the effects of adding phytochemicals to the diets of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on productive performance, hematological parameters, hepatic and intestinal structure, and antioxidant enzyme activity. The main objectives were to evaluate the effects of *Quillaja saponaria* extract (QSE), grape extract (GE), and a combination of *Quillaja saponaria* extract with anise essential oil (QSA) on the growth, health, and antioxidant response of the fish. The results showed that although no statistically significant differences were observed in zootechnical indices, the hematological analysis revealed that the QSE group had increased hemoglobin levels and mean corpuscular hemoglobin (MCH), suggesting a greater oxygen transport capacity and a possible stimulation of the immune response. Additionally, the histopathological analysis of the liver revealed that treatment with QSE predominantly resulted in Grade 1 lesions, indicating a mild beneficial effect on the organ. Regarding the intestine, the QSA group presented the largest mucosal surface and epithelial height, suggesting a potential improvement in nutrient absorption, while the control group stood out in crypt depth and goblet cell count, indicating a greater capacity for cell renewal and intestinal barrier protection. Finally, the analysis of antioxidant enzymes revealed a differentiated response among the groups. The QSE group exhibited the highest GPx activity and the lowest MDA levels, indicating greater antioxidant capacity and reduced oxidative stress. In summary, this study provides evidence that the use of phytochemicals can offer significant health benefits for fish, reinforcing their potential as functional additives in aquaculture and contributing to the development of effective nutritional strategies.

Keywords: Aquaculture. Phytochemicals. Nile Tilapia. Productive Performance. Hematological Parameters. Histopathology.

1 INTRODUÇÃO

Na busca incessante pela melhoria da saúde e do desempenho dos peixes cultivados, a aquicultura moderna tem se voltado para a utilização de aditivos fitogênicos, compostos derivados de plantas, como uma alternativa natural e

promissora. Entre as várias espécies de interesse econômico, a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) se destaca por sua resistência, rápido crescimento e excelente qualidade da carne, tornando-se alvo importante para a aplicação desses aditivos (Ahmad *et al.* 2009; Rattanachaikunsopon e Phumkhachorn, 2010). A sinergia entre os benefícios potenciais dos fitogênicos e as características intrínsecas da tilápia-do-nilo abre novas perspectivas para a otimização da produção aquícola, promovendo a sustentabilidade e a eficiência do setor.

Entre os fitogênicos estudados, o extrato de *Quillaja saponaria* (EQS) tem sido investigado na aquicultura devido aos seus múltiplos benefícios. Esse composto possui propriedades antimicrobianas, antioxidantes e imunomoduladoras, que podem ajudar a prevenir doenças e fortalecer o sistema imunológico dos peixes (Wang *et al.*, 2016). Além disso, a *Q. saponaria* pode melhorar a digestão e a absorção de nutrientes, resultando em um aumento do desempenho de crescimento e melhor conversão alimentar (Abozeid *et al.*, 2021).

Por sua vez, o extrato de uva (EU) também desempenha um papel significativo nas dietas de peixes. Rico em compostos fenólicos e flavonoides, este extrato possui poderosas propriedades antioxidantes que ajudam a combater o estresse oxidativo, um fator comum em ambientes de cultivo intensivo. Isso não só fortalece o sistema imunológico dos peixes, mas também melhora a qualidade da carne (Tarricone *et al.*, 2023). Além disso, a inclusão de extrato de uva nas dietas pode contribuir para uma melhor digestão e assimilação de nutrientes, otimizando o desempenho de crescimento e a eficiência alimentar (Jahanbakhshi *et al.*, 2023).

O óleo essencial de anis também emerge como um ativo valioso, em razão de suas propriedades antimicrobianas e anti-inflamatórias, que podem ajudar a manter a saúde intestinal e a integridade da mucosa, aspectos cruciais para a prevenção de infecções (Adel e El-Hawarry, 2016; Mohammad, El-Gamal e El-Kholi, 2018). Outro critério a ser avaliado no uso de aditivos para o cultivo de peixes é a combinação de diferentes fitogênicos, o que vem representando uma estratégia inovadora na aquicultura (Awad e Awaad, 2017). Essa abordagem permite explorar as propriedades únicas de cada fitogênico de maneira integrada.

Durante a fase juvenil, os peixes são particularmente sensíveis às condições ambientais e nutricionais, e é nesse período que as intervenções nutricionais podem ter um impacto significativo no seu desenvolvimento futuro. Um crescimento saudável não apenas reduz o tempo necessário para que os peixes atinjam o tamanho de

mercado, aumentando a rentabilidade, mas também melhora sua resistência a doenças e estresse, garantindo uma produção mais sustentável. Além disso, peixes que crescem de maneira adequada tendem a apresentar uma melhor qualidade da carne, característica crucial para satisfazer as exigências dos consumidores. Portanto, o foco em impulsionar o crescimento de tilápias juvenis através de dietas enriquecidas com substâncias fitogênicas representa uma estratégia inovadora, promovendo uma produção de alta qualidade.

Nesse contexto, este estudo teve como objetivo investigar os efeitos de três tratamentos com fitogênicos, extrato de *Q. saponaria*, extrato de uva e a combinação do extrato de *Q. saponaria* com óleo essencial de anis, na dieta de juvenis de tilápia. Foram avaliados parâmetros de desempenho produtivo, respostas hematológicas, alterações histopatológicas no fígado e intestino, bem como a atividade de enzimas antioxidantes.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 LOCAL E DESENHO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido no Laboratório de Aquicultura do Grupo de Estudos em Manejo de Aquicultura - GEMaQ, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Campus de Toledo. O delineamento experimental foi completamente aleatório, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em: um grupo controle (dieta sem aditivo) e três grupos suplementados com diferentes fitogênicos: 100% de *Q. saponaria* micronizada (200 g/t); 100% de semente de uva em pó (70 g/t) e uma combinação de 18% de *Q. saponaria* e 9% óleo essencial de anis e 73% excipiente (200 g/t).

Foram utilizados 240 peixes com peso inicial de aproximadamente $58,37 \pm 4,35$ g, distribuídos aleatoriamente em 20 tanques cilíndrico-cônicos com capacidade de 500 L, acoplados a um sistema de recirculação de água com filtro mecânico e aeração constante por meio de um soprador de ar central. Os peixes foram alimentados três vezes ao dia, às 07:00, 12:00 e 17:00, até a saciedade aparente, durante 26 dias até que os animais triplicassem de peso.

2.2 DIETAS EXPERIMENTAIS

A alimentação consistia em rações isoproteicas (36% de proteína bruta) e isoenergéticas (3.300 kcal de energia digestível/kg) conforme a Tabela 1. Essas

rações foram preparadas com ingredientes moídos em um moedor tipo martelo com peneira de 0,6 mm de diâmetro, pesados e homogeneizados. Após esse processo, os ingredientes fitogênicos termoestáveis foram incorporados e misturados em misturador em ypsolon e posteriormente extrusadas em extrusora da marca Ex-Micro® (ExTeec Company).

Tabela 1. Ingredientes e composição percentual utilizados para ração base de juvenis de tilápia.

Ingrediente (%)	Dieta referência
Milho	29,79
Farelo de soja 45%	25,00
Farinha de vísceras de aves	15,00
Farelo de trigo	10,00
Farinha de penas	8,00
Farinha de peixe 55%	5,00
Óleo de soja	2,64
Farinha de sangue	2,00
Premix ¹	0,80
Sal	0,50
Treonina	0,40
Metionina	0,38
Lisina	0,32
Antifúngico	0,10
Fosfato bicálcico	0,06
Antioxidante	0,02
TOTAL (%)	100,00
Nutrientes (%)	
Gordura	7,48
Histidina total	0,82
Isoleucina total	1,44
Leucina total	2,75
Lisina total	2,16
Metionina total	0,9
Proteína bruta	36
Proteína digestível	31,44
Treonina total	1,85
Triptofano total	0,37
Valina total	1,9
Vitamina C g/Kg	0,7
Energia digestível (kcal/Kg)	3300

¹ Níveis de garantia (mínimo): Vitamina A = 1.500.000 UI/kg; Vitamina D3 = 375.000 UI/kg; Vitamina E = 18.750 UI/kg; Vitamina K3 = 3.750 mg/kg; Timina = 2.500 mg/kg; Riboflavina = 2.500 mg/kg; Piridoxina = 3.125 mg/kg; Vitamina B12 = 5.000 mcg/kg; Vitamina C = 87.5 g/kg; Niacina = 12.5 mg/kg; Ácido Pantotênico = 6.250 mg/kg; Ácido fólico = 750 mg/kg; Biotina = 125 mg/kg; Inositol = 50 g/kg; Ferro 10.00 g/kg; Ferro Quelatado = 5000 mg/kg; Cobre = 2.250 mg/kg; Cobre Quelatado = 1.125 mg/kg; Manganês = 6.250 mg/kg; Manganês Quelatado = 3.125 mg/kg; Zinco = 15 g/kg; Zinco Quelatado = 7.500 mg/kg; Cobalto Quelatado = 75 mg/kg; Iodo = 100 mg/kg; Selênio = 62.5 mg/kg e Selênio Orgânico = 31.2 mg/kg.

Fonte: Elaborado pelos autores

2.3 COLETA DE AMOSTRAS E ANÁLISES

Após o período experimental, os peixes foram mantidos em jejum por 24 horas para esvaziamento do trato gastrointestinal e, posteriormente, dessensibilizados com benzocaína na dose de 100 mg/L. Medidas individuais de peso (g) foram utilizadas para avaliar o desempenho produtivo, como ganho de peso (g) = (peso corporal final

- peso corporal inicial); taxa de sobrevivência (%) = $(100 * (\text{número final de peixes}/\text{número inicial de peixes}))$; conversão alimentar = $(\text{dieta oferecida}/\text{ganho de peso})$ e taxa de crescimento específico (%) = $(100 * ((\log \text{ do peso corporal final} - \log \text{ do peso corporal inicial})/\text{tempo experimental}))$.

Três peixes de cada unidade experimental foram retirados aleatoriamente para a remoção de uma alíquota de sangue por meio de punção caudal usando seringa heparinizada. As alíquotas sanguíneas foram utilizadas para determinar o número total de eritrócitos (Martins *et al.*, 2004) e essas amostras foram centrifugadas a 2.500 rpm por 5 minutos para estabelecer o percentual de hematócrito (Ranzani–Paiva *et al.*, 2013). A contagem total de leucócitos e trombócitos foi realizada pelo método indireto (Ishikawa *et al.*, 2008). Para a contagem diferencial dos leucócitos, cem células foram quantificadas a partir de extensões sanguíneas coradas com MayGrunwald/Giemsa/Wright. Também foram determinados: o volume corpuscular médio VCM (fL), a hemoglobina corpuscular média HCM (pg) e a concentração de hemoglobina corpuscular média CHCM (g/dL^{-1}) (Ranzani–Paiva *et al.*, 2013).

Após eutanásia por aprofundamento anestésico, fígado, e intestino foram retirados e fixados em formalina 10% tamponada. As amostras foram desidratadas em graduação progressiva de álcool, diafanizadas em xilol e embebidas em parafina. Com auxílio de micrótomo PAT- MR10 (O Patologista, Brasil), foram realizados cortes de 3 μm , posteriormente corados com hematoxilina de Harrys e Eosina (HH & E) para identificação padrão das estruturas (Howard *et al.*, 2004).

Para permitir uma avaliação panorâmica das amostras do fígado, adotou-se um método qualitativo com a atribuição de graus de lesão conforme exposto na Tabela 2.

Tabela 2. Graus de lesão hepática adotados no presente estudo e suas respectivas condições de atribuição.

Graus	Condição de atribuição
1	Observação de um dos seguintes eventos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Hipertrofia hepatocítica e/ou nuclear do hepatócito; 2. Atrofia hepatocítica e/ou nuclear (picnose) do hepatócito; 3. Displasia do núcleo celular (desaparecimento do núcleo ou seu deslocamento para a periferia da célula); 4. Hiperemia dos sinusóides e/ou congestão dos vasos centrais; 5. Vacuolização hepatocítica condizente com degeneração graxa;

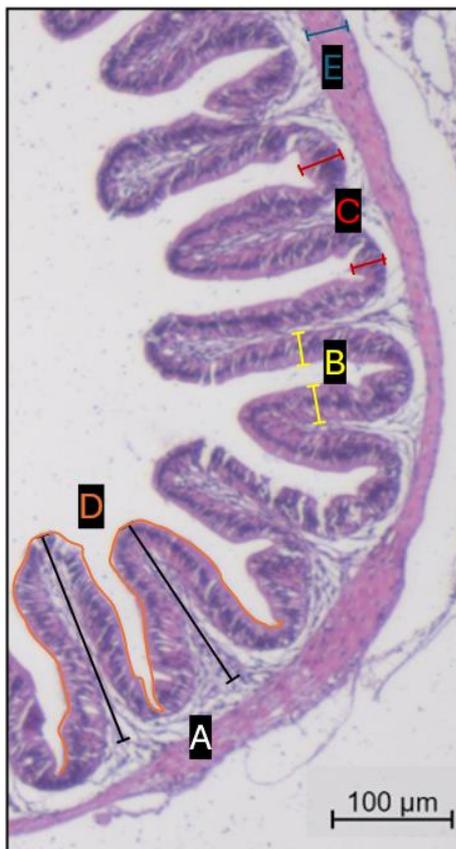
	6. Eventual presença de melanomacrófagos (AMM ou agregação melanomacrofágica).
2	Observação de mais do que dois dos eventos acima, desde que deles seja a vacuolização hepatocítica, acrescidos de infiltração de células mononucleares, principalmente em regiões centrais e/ou perivasculares, e necrose de coagulação focal.
3	Observação de necrose multifocal com ou sem fibrose, independentemente de qualquer outra lesão constatada.

Fonte: Adaptado de Maduenho e Martinez (2008)

Na avaliação histológica do intestino foram avaliados os seguintes parâmetros: A) altura dos vilos, B) altura epitelial, C) profundidade da cripta, D) superfície da mucosa intestinal e E) espessura da túnica muscular, exemplificadas na Figura 1. O número de células caliciformes também foi avaliado. Inicialmente, foi realizada uma imagem panorâmica de todo o corte analisado e, em seguida, foram feitas 3 (três) imagens em maior aumento desse tecido. Em cada imagem foram quantificados três diferentes pontos, aumentando assim, a confiabilidade das análises. Essa medição foi aplicada para todas as estruturas avaliadas.

Para a realização das análises de ensaios enzimáticos relacionados aos parâmetros redox, como a quantificação da glutathione peroxidase (GPx), da superóxido dismutase (SOD) e do malondialdeído (MDA), foram coletadas amostras do fígado, que foram armazenadas em ultrafreezer a -80 °C até o processamento. As metodologias utilizadas seguiram as descrições de Paglia e Valentine (1967), Buege e Aust (1978) e Gao *et al.*, (1998).

Figura 1. Medidas morfométricas para tecido intestinal de peixes. (A) altura das vilosidades, (B) altura do epitélio, (C) profundidade da cripta, (D) superfície da mucosa intestinal (E) espessura da túnica muscular.



Fonte: Adaptado de Araújo *et al.* (2017).

2.4 QUALIDADE DA ÁGUA

Os seguintes parâmetros físico-químicos de qualidade da água foram monitorados a cada dois dias com o auxílio do multiparâmetro portátil AKSO 88: oxigênio dissolvido ($5,59 \pm 0,55$ mg/L), pH ($6,74 \pm 0,37$), e temperatura ($27,82 \pm 0,34^\circ\text{C}$). Amônia ($0,34 \pm 0,18$ ppm) e nitrito ($0,8 \pm 0,33$ ppm) foram verificados por meio de testes colorimétricos Ecolit (Alfakit, Brasil). Todos os parâmetros apresentaram valores considerados aceitáveis para a espécie, de acordo com Ridha e Cruz (2001).

2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk, e, a partir desse resultado, quando os dados seguiam a distribuição gaussiana, eram submetidos ao Teste One-Way ANOVA com pós-teste de múltiplas comparações de Tukey; e, caso não seguissem distribuição gaussiana, eram submetidos ao Teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo pós-teste de múltiplas comparações de Dunn. Para ambos os testes, a diferença é significativa quando $P < 0,05$. Essas análises foram

realizadas com o *software* estatístico Statistica versão 14.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo, os resultados indicam que, embora haja tendências de melhoras no ganho de peso, conversão alimentar e taxa de crescimento específico com a suplementação de extratos fitogênicos, especialmente com o extrato de *Q. saponaria*, as diferenças não foram estatisticamente significativas, conforme Tabela 3. Isso sugere que, sob as condições testadas, a suplementação com esses extratos não teve um impacto significativo no desempenho de crescimento dos peixes.

Tabela 3. Desempenho produtivo (média \pm desvio padrão) de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes fitogênicos.

Parâmetro	Dieta				P-valor
	Controle	EQS	EU	EQA	
GP	149,48 \pm 32,8	157,38 \pm 27,29	148,95 \pm 28,84	149,86 \pm 23,34	0,3179
SV%	100	100	100	100	-
CA	0,77 \pm 0,06	0,74 \pm 0,03	0,77 \pm 0,04	0,77 \pm 0,02	0,7005
TCE	3,76 \pm 0,29	3,96 \pm 0,16	3,75 \pm 0,21	3,75 \pm 0,1	0,3738

GP = Ganho de Peso, SV% = Sobrevivência, CA = Conversão Alimentar, TCE = Taxa de crescimento específico.

Assim como os resultados encontrados neste trabalho, outros autores também não encontraram melhoras significativas nos parâmetros zootécnicos. Por exemplo, um estudo realizado por Santos *et al.* (2023) avaliou o efeito do extrato de própolis em dietas de tilápias do Nilo (*O. niloticus*) e não observou diferenças significativas no ganho de peso, consumo e conversão alimentar em comparação com o grupo controle, por outro lado os resultados indicaram que a suplementação com 1% de própolis teve efeito positivo na morfometria intestinal dos animais. Resultados como estes sugerem que o impacto dos extratos de plantas no desempenho zootécnico de peixes pode depender de uma série de fatores, incluindo a dose, a forma e o tempo de administração do extrato. Além disso, alguns extratos podem ter efeitos mais pronunciados em parâmetros de saúde do que em parâmetros de crescimento, destacando a complexidade das interações entre os fitogênicos e os organismos aquáticos.

Para aprofundar o entendimento desses impactos, a avaliação dos parâmetros hematológicos é fundamental para fazer inferências sobre o status sanitário dos animais (Etim *et al.*, 2012). Estudos têm demonstrado que esses parâmetros podem

indicar alterações fisiológicas que precedem sinais clínicos evidentes de doença. A resposta imune também pode ser avaliada através de parâmetros hematológicos, como a contagem de leucócitos e a diferenciação de tipos de leucócitos, fornecendo informações sobre a ativação do sistema imune em resposta a patógenos ou outras formas de estresse (Satkar et al., 2023).

A Tabela 4 resume os resultados hematológicos obtidos neste estudo. Esses dados revelam que a suplementação com extratos fitogênicos, particularmente o extrato de *Q. saponaria*, pode melhorar a capacidade de transporte de oxigênio e a resposta imune dos peixes, enquanto a suplementação com extrato de anis pode levar a uma resposta inflamatória mais pronunciada.

Tabela 4. Parâmetros hematológicos (média \pm desvio padrão) em juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes fitogênicos.

Parâmetros	Controle	EQS	EU	EQA	Anova P-Value
Hemoglobina (g/dl)	8,04 \pm 2,34 ^A	9,95 \pm 2,15 ^B	7,46 \pm 1,56 ^A	7,01 \pm 1,32 ^A	0,0086
Hematócrito (%)	34,67 \pm 10,96	30,87 \pm 5,87	30,6 \pm 7,21	31,8 \pm 10,34	0,5780
VCM (fl)	167,63 \pm 68,61	206,41 \pm 86,06	192,47 \pm 39,61	232,84 \pm 65,15	0,0853
HCM (pg)	33,37 \pm 6,99 ^A	64,17 \pm 19,46 ^B	45,21 \pm 12,57 _A	42,25 \pm 12,31 ^A	>0,0001
CHCM (g dl-1)	24,43 \pm 5,39	30,92 \pm 7,86 ^A	24,23 \pm 7,64	18,43 \pm 6,16 ^B	0,0004
Eritrócitos (10 ⁶ céls/ μ l)	1,81 \pm 0,33	1,84 \pm 0,29	1,75 \pm 0,27	1,63 \pm 0,25	0,3327
Leucócitos (10 ³ céls/ μ l)	92,7 \pm 38,8	107,58 \pm 65,59	116,78 \pm 66,47	105,86 \pm 47,04	0,3503
Trombócitos (10 ³ céls/ μ l)	50,79 \pm 20,17	51,64 \pm 24,16	62,78 \pm 22,76	45,91 \pm 32,02	0,3467
Monócitos (10 ³ céls/ μ l)	3,62 \pm 1,46	3,66 \pm 2,6	2,75 \pm 1,39	3,28 \pm 2,24	0,3688
Neutrófilos (10 ³ céls/ μ l)	7,28 \pm 3,26	6,62 \pm 4,35	7,85 \pm 5,32	7 \pm 3,68	0,6149
Linfócitos (10 ³ céls/ μ l)	77,94 \pm 33,09	91,28 \pm 58,03	98,3 \pm 57,44	87,2 \pm 39,25	0,4251
Celulas jovens (10 ³ céls/ μ l)	3,73 \pm 2,21	5,06 \pm 2,35	5,34 \pm 3,6	6,44 \pm 3,26	0,1016
Eosinófilos	0	0	0	0	0

Abreviações: Extrato de *quillaja saponaria* (EQS); Extrato de uva (EU); Extrato de *quillaja saponaria* e óleo essencial de anis Volume corpuscular médio (VCM); Hemoglobina corpuscular média (HCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM).

Os resultados hematológicos apresentados na Tabela 4 indicam que o grupo suplementado com extrato de *Q. saponaria* obteve hemoglobina de 9,95 \pm 2,15 g/dL e HCM de 64,17 \pm 19,46 pg, valores significativamente superior em relação ao grupo controle, que apresentou hemoglobina de 8,04 \pm 2,34 g/dL e HCM de 33,37 \pm 6,99 pg, bem como em relação aos demais tratamentos avaliados. Embora não haja estudos específicos que correlacionem diretamente a suplementação de saponinas com o aumento da eficiência no transporte de oxigênio e o estímulo ao sistema hematopoiético em peixes, as propriedades bioativas das saponinas, como sua atividade imunomoduladora, sugerem que elas podem influenciar esses parâmetros.

A concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) também diferiu significativamente entre os grupos ($P = 0,0004$). O grupo EQS registrou um valor de

30,92 ± 7,86, indicando que o tratamento com *Q. saponaria* pode favorecer a manutenção de uma concentração de hemoglobina próxima ao ideal. Esse efeito pode ser explicado pelas propriedades antioxidantes das saponinas, que protegem as células vermelhas do sangue contra danos oxidativos. Ao reduzir o estresse oxidativo, as saponinas ajudam a preservar a integridade dos eritrócitos e a estabilizar a concentração de hemoglobina, promovendo um equilíbrio favorável nesse parâmetro hematológico. Em contraste, o grupo EQA apresentou valores mais baixos de CHCM (18,43 ± 6,16) sugerindo uma condição prejudicial que pode ter limitado a produção de hemoglobina.

Por outro lado, parâmetros como hematócritos, contagem de eritrócitos, leucócitos, trombócitos, monócitos, neutrófilos e linfócitos não apresentaram diferenças significativas entre os grupos, indicando que, sob as condições testadas, esses fitogênicos não influenciaram esses aspectos. Não foram detectados eosinófilos em nenhuma das amostras.

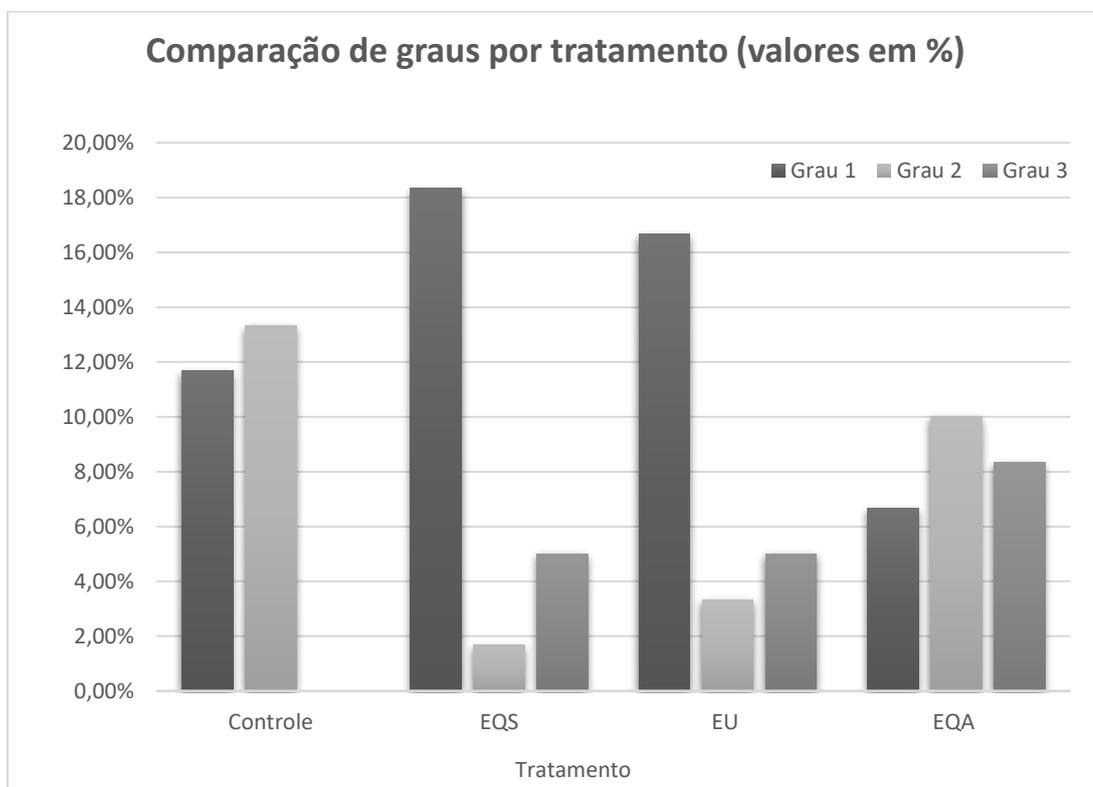
Silva *et al.* (2012), que relataram alterações em parâmetros hematológicos, como leucócitos e neutrófilos, em contextos de estresse, destacando a relevância de monitorar esses indicadores para avaliar a saúde dos peixes. Além disso, Kondera *et al.*, (2021) relatou que fitogênicos como trans-cinamaldeído e óleo de tomilho não comprometeram os parâmetros hematológicos de juvenis de *Cyprinus carpio*, indicando a ausência de efeitos hematotóxicos, fato que reforça o potencial de segurança desses compostos como aditivos em dietas animais.

Neste trabalho também foram avaliados cortes histológicos do fígado e do intestino. Os graus de lesão para as alterações encontradas nos cortes histológicos do fígado, são apresentados, conforme Tabela 5 e Figura 2.

Tabela 5. Resultado da análise de porcentagem do total (%) para a frequência das amostras de fígado de tilápia do Nilo suplementadas com diferentes fitogênicos nos três graus de lesão.

Tratamento	Grau 1	Grau 2	Grau 3
Controle	11,67%	13,33%	0,00%
EQS	18,33%	1,67%	5,00%
EU	16,67%	3,33%	5,00%
EQA	6,67%	10,00%	8,33%

Figura 2. Resultados para avaliação histopatológica de amostras de fígado de tilápia do Nilo suplementadas com diferentes fitogênicos (EQS- extrato de *Quillaja saponaria*; EU - extrato de uva; EQA - extrato de *Quillaja saponaria* e óleo essencial de anis).



A presença de vacuolização hepatocítica é extremamente frequente em peixes, de modo que o Grau 1 está próximo ao que seria esperado em um órgão absolutamente normal, em termos histológicos. No grupo que recebeu EQS foi observada a maior proporção de lesões de Grau 1 (18,33%), com valores significativamente menores para os Graus 2 e 3. Isso sugere que o tratamento EQS tem uma tendência a causar lesões leves, seguido pelo tratamento com o EU. O tratamento EQA apresentou maior distribuição de lesões em todos os graus, com predominância de grau 2 (10%) e presença notável de lesões de grau 3 (8,33%). Este tratamento parece ter provocado um impacto mais grave no fígado em comparação com os outros.

O uso de fitogênicos e seu impacto nas condições hepáticas são diversas. Liu *et al.*, (2022) avaliaram os efeitos de um fitogênico composto por subprodutos de oliva e extratos de chá verde e observaram que estes compostos trouxeram diversos benefícios ao fígado de black bass (*Micropterus salmoides*) alimentados com uma dieta rica em farinha de soja. Estes autores observaram que a saúde histológica do fígado foi preservada, sem sinais de esteatose ou fibrose, e a capacidade antioxidante

total foi mantida em níveis favoráveis.

Embora estudos tenham destacado os benefícios dos extratos de plantas na aquicultura, há também evidências de que, em alguns casos, esses extratos podem ter efeitos adversos no fígado dos animais. Por exemplo, Isangedighi *et al.*, (2014) investigaram os efeitos do extrato etanólico de *Piper guineense* (Pimenta-do-Reino Africana) no fígado de *Clarias gariepinus* (bagre-africano) quando expostos a uma concentração subletal de 0,4 g/L durante 21 dias. Os resultados mostraram alterações histopatológicas significativas no fígado, incluindo desorganização celular, vacuolização, congestão vascular, hipertrofia e degeneração vascular. Esses achados indicam que o fitogênico avaliado possui propriedades tóxicas que podem impactar severamente a função hepática, destacando a necessidade de cautela no uso dessa planta. Ambos os trabalhos, indicam que, embora os extratos de plantas ofereçam potencial como suplementos na aquicultura, é crucial considerar as doses e a composição desses extratos para evitar efeitos adversos no fígado dos animais.

Outra estrutura avaliada neste trabalho, foi o intestino. Este órgão desempenha um papel fundamental na saúde e no desempenho dos organismos aquáticos. O intestino não apenas é responsável pela digestão e absorção de nutrientes, mas também atua como uma barreira de defesa contra patógenos. Podemos observar, de acordo com a tabela 6 que o grupo EQA se destacou por ter a maior superfície de mucosa (39937) e a maior altura do epitélio (35,84), o que pode indicar uma maior capacidade de absorção de nutrientes. O grupo Controle apresentou a maior profundidade das criptas (77,94) e a maior contagem de células calciformes (13,18), sugerindo uma maior capacidade de renovação celular e produção de muco, que tem função de lubrificar o trato intestinal e proteger as células epiteliais. Já os grupos EQS e EU apresentam valores intermediários para várias características, colocando-os entre os resultados obtidos nos grupos Controle e EQA.

Tabela 6. Resultado para análise estatística descritiva quanto à histologia intestinal (média \pm desvio padrão) em juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes fitogênicos.

Histologia Intestinal	Dieta				Anova P-value
	Controle	EQS	EU	EQA	
SM	36907 \pm 9994 AB	22926 \pm 7493 C	24687 \pm 9524 BC	39937 \pm 9223 A	0,0015
MAV	322,13 \pm 66,98	263,78 \pm 61,45	285,73 \pm 57,52	358,17 \pm 108,22	0,0873
MPC	77,94 \pm 13,56 A	55,73 \pm 7,22 C	62,14 \pm 10,5 BC	73,13 \pm 13,91 AB	0,0000
RVC	4,71 \pm 1,4	4,9 \pm 1,36	5,14 \pm 0,99	5,3 \pm 1,59	0,8822
MTM	56,06 \pm 14,67	45,84 \pm 11,87	56,06 \pm 13,69	52,18 \pm 18,24	0,1979
MCC	13,18 \pm 1,34 A	10,95 \pm 1,31 B	11,68 \pm 1,3 B	11,93 \pm 1,58 AB	0,0007

MAE 34,67 ± 5 AB 31,33 ± 4,9 AB 30,76 ± 6,05 B 35,84 ± 5,12 A 0,0263

Abreviações: Extrato de *Quillaja saponaria* (EQS); Extrato de uva (EU); Extrato de *Quillaja saponaria* e anis (EQA); Superfície da mucosa (SM), Média da altura dos vilos (MAV), média da profundidade de criptas (MPC), Relação Vilos:Cripta (RVC), Média túnica muscular (MTM), Média das células calciformes (MCC), Média da altura do epitélio (MAE).

A investigação dos efeitos de extratos de plantas na morfologia intestinal de organismos aquáticos tem sido um tema crescente na literatura científica. Por exemplo, Zhou *et al.*, (2023) avaliaram o extrato de folha de amoreira e notaram uma melhora na morfologia do intestino de robalo-pintado (*Lateolabrax maculatus*), manifestando-se em um aumento significativo no comprimento das vilosidades intestinais, com ampliação da área de superfície do trato intestinal ($P < 0,05$), semelhante aos resultados descritos para o grupo EQA do presente estudo.

Além disso, o estudo conduzido por Salomón *et al.*, (2021) investigou a inclusão de um extrato de folhas de sálvia (*Salvia officinalis*) e verbena-limão (*Lippia citriodora*) na alimentação de dourada (*Sparus aurata*), submetidas a uma dieta com baixo teor de farinha de peixe por 92 dias. A análise histológica indicou que a suplementação com a combinação destes fitogênicos resultou em aumento no número de células calciformes intestinais, além de alterar a composição das glicoproteínas mucinas armazenadas nessas células. Esses trabalhos ilustram a potencialidade dos extratos de plantas como moduladores da fisiologia intestinal em organismos aquáticos, influenciando tanto a absorção de nutrientes quanto a proteção do epitélio intestinal.

Avaliar as enzimas oxidativas, SOD, GPx e o MDA, é crucial para entender a resposta antioxidante e o estresse oxidativo em organismos aquáticos. Estudos como os de Magara *et al.*, (2022) e Taşbozan e Erbaş (2023) destacam a importância dessas enzimas na avaliação do impacto de extratos de plantas na saúde e no bem-estar de peixes. Esses trabalhos mostram que a modulação da resposta antioxidante pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a resistência dos organismos aquáticos.

Na tabela 7, estão apresentados os valores de SOD, GPx e MDA para os grupos EQS, EU e EQA em juvenis de tilápia do Nilo.

Tabela 7. Resultado para análise estatística descritiva de enzimas oxidativas (média ± desvio padrão) em juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes fitogênicos.

Parâmetro	Dieta				P-value
	Controle	EQS	EU	EQA	
GPx (mU.mL ⁻¹)	115,22 ± 72,66 AB	155,66 ± 64,05 A	77,46 ± 71,58 B	69,67 ± 58,58 B	0,0293
SOD (U.mL ⁻¹)	422,65 ± 72,49 A	243,31 ± 41,31 B	316,6 ± 45,14 AB	341,4 ± 40,42 A	<0,0001
MDA (nmol.mL ⁻¹)	0,41 ± 0,21 B	0,35 ± 0,23 B	1,1 ± 0,08 A	1,08 ± 0,04 A	<0,0001

Abreviações: : Extrato de *Quillaja saponaria* (EQS); Extrato de uva (EU); Extrato de *Quillaja saponaria* e anis (EQA); Superóxido dismutase (SOD), Glutathione peroxidase (GPx) e o Produto de degradação do malondialdeído (MDA).

Os valores de GPx, SOD e MDA indicam que cada grupo responde de maneira distinta, destacando a importância dessas enzimas na avaliação da saúde e do bem-estar dos organismos aquáticos. O grupo EQS apresentou o maior valor de GPx, e baixos níveis de MDA, sugerindo uma maior capacidade de defesa contra o estresse oxidativo. É possível que as saponinas da *Quillaja* tenham contribuído para esse efeito, uma vez que são conhecidas por fortalecer as defesas antioxidantes do organismo ao neutralizar radicais livres, que são subprodutos prejudiciais dos processos metabólicos. O grupo controle também apresentou resultados favoráveis, com altos níveis de SOD e baixos valores de MDA, reforçando sua eficiência antioxidante intrínseca.

Em contraste, as dietas EU e EQA apresentaram menor eficiência antioxidante, com níveis mais altos de MDA e atividade reduzida de GPx. Essa resposta pode ser explicada por fatores como a composição química dos extratos, a dose e o tempo de exposição, além de possíveis efeitos pró-oxidantes. Embora o extrato de uva seja rico em polifenóis antioxidantes, como resveratrol e antocianinas, sua biodisponibilidade pode variar. Além disso, o tempo de exposição pode não ter sido suficiente para que os compostos exercessem seus efeitos antioxidantes de maneira eficaz sob os parâmetros oxidativos avaliados.

5 CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que a suplementação com extratos fitogênicos, especialmente o extrato de *Q. saponaria*, melhorou a resposta antioxidante em juvenis de tilápia do Nilo, com maior atividade de GPx e menores níveis de MDA. No entanto, as dietas com extrato de uva e a combinação de *Q. saponaria* e anis apresentaram menor eficiência antioxidante, possivelmente devido a fatores como biodisponibilidade, dose ou efeitos pró-oxidantes. Não houve diferenças significativas nos parâmetros zootécnicos, mas o grupo EQS destacou-se com melhores indicadores hematológicos, como maior hemoglobina e HCM, sugerindo melhor capacidade de transporte de oxigênio. A análise histológica revelou que o EQS causou menos lesões hepáticas graves, enquanto o EQA promoveu maior superfície de mucosa intestinal, indicando potencial melhora na absorção de nutrientes. Esses resultados oferecem informações importantes para o desenvolvimento de estratégias

nutricionais na aquicultura, buscando não apenas o desempenho zootécnico, mas também a promoção da saúde dos peixes cultivados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Grupo de Estudo de Manejo na Aquicultura — GEMAQ e à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE — Toledo, pelo uso das instalações e laboratórios.

REFERÊNCIAS

ABOZEID, A. M. *et al.* *Quillaja saponaria* and/or *Yucca schidigera* ameliorate water quality, growth performance, blood health, intestine and gills histomorphology of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture Research**, v. 52, n. 11, p. 4599-4610, 2021.

ADEL, M.; EL-HAWARRY, W. N. Influence of dietary anise oil on the growth performance, hematological indices, and intestinal enzyme activities of common carp (*Cyprinus carpio*). **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 42, n. 2, p. 457-465, 2016.

AHMAD, M. H. *et al.* The use of *Origanum vulgare* extract in practical diets as a growth and immunity promoter for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings challenged with pathogenic *Pseudomonas aeruginosa* and *Pseudomonas fluorescens*. **Egyptian Journal of Experimental Biology (Zoology)**, v. 5, p. 457-463, 2009.

ARAÚJO, E. P. *et al.* Dietary spray-dried plasma enhances the growth performance, villus: crypt ratio and cold-induced stress resistance in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 479, p. 675-681, 2017.

AWAD, E.; AWAAD, A. Role of medicinal plants on growth performance and immune status in fish. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 67, p. 40-54, 2017.

BUEGE, J. A.; AUST, S. D. Microsomal lipid peroxidation. *In*: **METHODS IN ENZYMOLOGY**, v. 52, p. 302-310, 1978.

ETIM, NseAbasi N. *et al.* Haematological parameters: indicators of the physiological status of farm animals. **British Journal of Science**, v. 10, n. 1, p. 33, 2013.

GAO, R. *et al.* Mechanism of pyrogallol autoxidation and determination of superoxide dismutase enzyme activity. **Bioelectrochemistry and Bioenergetics**, v. 45, p. 41-45, 1998.

HOWARD, D. W. *et al.* Histological techniques for marine bivalve mollusks and crustaceans. **NOAA Technical Memorandum NCCOS**, n. 5, Maryland: NOAA, 2004.

ISANGEDIGHI, I. A. *et al.* Histopathologic lesions in the liver of African catfish (*Clarias gariepinus*) exposed to sublethal concentration of ethanolic extract of *Piper guineense*. **International Journal of Multidisciplinary Research and Development**, v. 1, n. 1, p. 1-5, 2014.

ISHIKAWA, N. M. *et al.* Total leukocyte counts methods in fish, *Oreochromis niloticus*. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 13, p. 54-63, 2008.

JAHANBAKHSI, A. *et al.* Dietary effect of grape seed proanthocyanidin extract on growth performance, serum biochemical parameters, skin mucosal immune response, and antioxidant capacity in goldfish (*Carassius auratus*). **Annals of Animal Science**, v. 23, n. 1, p. 215-223, 2023.

KONDERA, E. *et al.* Hematological and hematopoietic effects of bactericidal doses of trans-cinnamaldehyde and thyme oil on *Cyprinus carpio* juveniles. **Frontiers in Physiology**, Lausanne, v. 12, 2021.

LIU, J. *et al.* Effects of a phytogetic supplement containing olive by-product and green tea extracts on growth performance, lipid metabolism, and hepatic antioxidant capacity in largemouth bass (*Micropterus salmoides*) fed a high soybean meal diet. **Antioxidants**, v. 11, n. 12, p. 2415, 2022.

MADUENHO, L. P.; MARTINEZ, C. B. R. Acute effects of diflubenzuron on the freshwater fish *Prochilodus lineatus*. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 148, n. 3, p. 265-272, 2008.

MAGARA, G. *et al.* Modulation of antioxidant defense in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with a diet supplemented by the waste derived from the supercritical fluid extraction of basil (*Ocimum basilicum*). **Antioxidants**, Basel, v. 11, n. 2, p. 415, 2022.

MARTINS, M. L. *et al.* Hematologia e resposta inflamatória em *Oreochromis niloticus* submetida aos estímulos único e consecutivo de estresse de captura. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 30, p. 71-80, 2004.

RANZANI-PAIVA, M. J. T. *et al.* **Métodos para análise hematológica em peixes**. 1. ed. Maringá: Eduem, 2013. p. 46-68.

RATTANACHAIKUNSOPON, P.; PHUMKHACHORN, P. Assessment of synergistic efficacy of carvacrol and cymene against *Edwardsiella tarda* *in vitro* and in Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **African Journal of Microbiology Research**, v. 4, n. 5, p. 420-425, 2010.

PAGLIA, D. E.; VALENTINE, W. N. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. **Journal of Laboratory and Clinical Medicine**, v. 70, p. 158-169, 1967.

RIDHA, M. T.; CRUZ, E. M. Effect of biofilter media on water quality and biological performance of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. reared in a sample recirculating system. **Aquacultural Engineering**, v. 24, p. 157-166, 2001.

SANTOS, E. L. *et al.* Extrato de própolis como aditivo alimentar para juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 75, n. 4, p. 744-752, 2023.

SALOMÓN, R. *et al.* Medicinal plant leaf extract from sage and lemon verbena promotes intestinal immunity and barrier function in gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Frontiers in Immunology**, v. 12, p. 670279, 2021.

SATKAR, S. G. *et al.* Stress-induced hematological and serum alterations as biomarkers in fish health assessment. **International Journal of Advanced Biochemistry Research**, v. SP-8, n. 2, p. 416-420, 2024.

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

TARRICONE, S. *et al.* Effects of Dietary Red Grape Extract on the Quality Traits in Juvenile European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). **Animals**, v. 13, n. 254, 2023.

TAŞBOZAN, O.; ERBAŞ, C. Antioxidant additives in fish feeds. **Black Sea Journal of Agriculture**, Adana, v. 6, n. 3, p. 321-325, 2023.

WANG, Y. *et al.* Adjuvant effect of *Quillaja saponaria* saponin (QSS) on protective efficacy and IgM generation in turbot (*Scophthalmus maximus*) upon immersion vaccination. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 3, p. 325, 2016.

ZHOU, S. *et al.* Effects of mulberry leaf extract on the intestinal health of spotted sea bass (*Lateolabrax maculatus*). **Frontiers in Marine Science**, v. 10, 1185795, 2023.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesse estudo não apenas validam o potencial do extrato de *Q. saponaria* como aditivo funcional, mas também abrem novas perspectivas para o desenvolvimento de formulações inovadoras que reduzam a dependência de aditivos sintéticos. A aquicultura do futuro exige soluções que equilibrem produtividade, saúde animal e responsabilidade ambiental, e este trabalho reforça que os fitogênicos podem ser peças-chave nesse cenário. Que estas conclusões inspirem novas investigações e aplicações práticas, consolidando a aquicultura como um setor cada vez mais eficiente e alinhado com os princípios da produção sustentável.

CONCLUSÃO GERAL

O presente trabalho demonstrou que a inclusão de extratos fitogênicos, em especial o extrato de *Quillaja saponaria* (EQS), pode ser uma estratégia nutricional promissora para a aquicultura. Os resultados revelaram que o EQS melhorou a eficiência alimentar sem prejudicar o crescimento, a saúde intestinal ou a qualidade nutricional dos peixes, destacando-se como uma alternativa viável aos aditivos convencionais. Além disso, seu efeito modulador sobre parâmetros hematológicos e antioxidantes sugere uma possível ação imunorreguladora, com aumento da atividade da glutathione peroxidase (GPx) e redução dos níveis de malondialdeído (MDA), indicando proteção contra o estresse oxidativo. Enquanto os extratos de uva (EU) e a

combinação de *Q. saponaria* e anis (EQA) apresentaram menor eficácia antioxidante, o EQS mostrou benefícios adicionais, como melhoria nos indicadores hematológicos e menor incidência de lesões hepáticas. Por outro lado, o EQA demonstrou potencial para aumentar a superfície de mucosa intestinal, o que pode favorecer a absorção de nutrientes.

Apesar dos resultados positivos, a redução observada em leucócitos e linfócitos no grupo EQS indica a necessidade de investigações mais aprofundadas sobre seu impacto na imunidade a longo prazo, especialmente em condições de desafio patogênico. Futuros estudos poderiam explorar diferentes dosagens desses extratos, avaliar sua palatabilidade e aceitação pelos peixes, além de investigar seus efeitos em períodos experimentais mais prolongados. Análises moleculares e testes de desafio com patógenos também seriam valiosos para elucidar os mecanismos de ação desses compostos.

Este trabalho representa um avanço significativo na busca por estratégias nutricionais sustentáveis na aquicultura, reforçando o potencial dos fitogênicos como alternativas naturais e eficientes. Os achados não apenas contribuem para o conhecimento científico, mas também abrem caminho para aplicações práticas que aliem produtividade, saúde animal e sustentabilidade. Que esta pesquisa sirva como base para futuros desenvolvimentos, consolidando a aquicultura como um setor inovador e comprometido com práticas mais equilibradas e responsáveis.