

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
CÂMPUS TANCREDO DE ALMEIDA NEVES
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

KAIO FELIPE GODOY AMARO

EFEITO DA INCLUSÃO DE EXTRATOS DE PRÓPOLIS EM DIETAS DE ALEVINOS
DE TILÁPIA-DO-NILO: CONTROLE DE *Flavobacterium columnare*
E HISTOLOGIA

SÃO JOÃO DEL-REI

2026

KAIO FELIPE GODOY AMARO

**EFEITO DA INCLUSÃO DE EXTRATOS DE PRÓPOLIS EM DIETAS DE
ALEVINOS DE TILÁPIA-DO-NILO: CONTROLE DE *Flavobacterium columnare*
E HISTOLOGIA**

Trabalho de Conclusão do Curso de
Graduação em Zootecnia da
Universidade Federal de São João
del-Rei, apresentado como
requisito parcial à obtenção do título
de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Dr. Eduardo Pahor Filho

SÃO JOÃO DEL-REI

2026

TERMO DE APROVAÇÃO

KAIO FELIPE GODOY AMARO

EFEITO DA INCLUSÃO DE EXTRATOS DE PRÓPOLIS EM DIETAS DE ALEVINOS DE TILÁPIA-DO-NILO: CONTROLE DE *Flavobacterium columnare* E HISTOLOGIA

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia pela Universidade Federal de São João del-Rei.

Defesa aprovada pela Comissão Examinadora em 26/06/2026

Documento assinado digitalmente
 **EDUARDO PAHOR FILHO**
Data: 20/07/2026 12:13:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Eduardo Pahor Filho
Departamento de Zootecnia da UFSJ
Presidente da Banca

Documento assinado digitalmente
 **DEODORO MAGNO BRIGHENTI DOS SANTOS**
Data: 21/07/2026 12:35:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Deodoro Magno Brighenti dos Santos
Departamento de Zootecnia da UFSJ

Documento assinado digitalmente
 **LEONARDO ROCHA VIDAL RAMOS**
Data: 21/07/2026 11:49:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Leonardo Rocha Vidal Ramos
Departamento de Produção Animal da UFRRJ

SÃO JOÃO DEL-REI
2026

DEDICATÓRIA

Dedico esse TCC aos meus pais, Wellington e Elisa, e ao meu amor, Mylena Amaro, meus maiores incentivadores; sem eles, eu não conseguiria.

AGRADECIMENTOS

A Jesus, meu primeiro amor, que nunca desistiu de mim e sempre me conduziu ao centro da Sua vontade.

À minha esposa, Mylena Amaro, que sempre esteve ao meu lado, me incentivando a buscar minha melhor versão, cuidando de mim e sendo a motivação para que eu perseverasse e fizesse tudo dar certo. Amo você para sempre.

À minha mãe, Elisa Cristina, meu exemplo de fé, por sempre me fazer acreditar em mim e me ensinar a olhar para o futuro com esperança, além de me mostrar, com amor, o verdadeiro sentido de servir. Amo você.

Ao meu pai, Wellington Amaro, meu exemplo de caráter, por me ensinar a buscar excelência em tudo, a não me prender às coisas desta terra, mas a valorizar o que é eterno, e a cultivar um coração generoso. Te amo.

Ao professor Deodoro Magno Brighenti, por ceder a própolis verde; aos professores Ralph Gruppi Thomé e Hélio Batista dos Santos, pelas análises histológicas.

Ao meu orientador, Professor Eduardo Pahor Filho, que, mesmo recém-chegado à universidade, me acolheu e confiou a mim este trabalho, disponibilizando seu tempo e recursos para que tudo isso se tornasse possível. Meu sincero agradecimento.

SUMÁRIO

RESUMO.....	VII
ABSTRACT	VIII
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Situação da aquicultura no Brasil	2
2.2. Criação de tilápia nilótica no Brasil	3
2.3. Alimentação e nutrição de peixes	4
2.4. Própolis	5
2.5. Benefícios da própolis para animais domésticos.....	6
2.6. Uso de própolis em peixes de água doce.....	6
2.7. Sistemas de recirculação de água (RAS)	7
2.8. Análises histológicas de hepatopâncreas e baço	8
2.9. Doenças de peixes e columnariose.....	8
3. OBJETIVO	9
4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
5.1 PROTOCOLO EXPERIMENTAL E QUALIDADE DE ÁGUA	10
5.2 SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA (RAS)	11
5.3 ACLIMATAÇÃO	14
5.4 ADMINISTRAÇÃO ORAL DE PRÓPOLIS E AMOSTRAGENS.....	14
5.5 IDENTIFICAÇÃO DA BACTÉRIA	15
5.6 ANÁLISE DE SOBREVIVÊNCIA E HISTOLOGIA HEPÁTICA E ESPLÊNICA.....	16
5.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	16
6. RESULTADOS	16
6.1 Sobrevivência dos peixes	16
6.2 Histologia hepática e esplênica	17
7. DISCUSSÃO	19
8. CONCLUSÃO	22
Referências Bibliográficas	23

RESUMO

A alimentação de peixes é uma área de notória importância na piscicultura, podendo melhorar a produtividade e a saúde animal. Dentre os peixes com destaque na aquicultura, a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie exótica considerada rústica, com rápido crescimento e adaptabilidade aos sistemas de produção aquícolas. O presente estudo teve como objetivo analisar a sobrevivência e a histologia hepática e esplênica de alevinos de tilápia-do-Nilo previamente infectados com *Flavobacterium columnare* e suplementados com diferentes tipos de extratos de própolis na ração. Após um período de aclimação de sete dias, os alevinos de tilápia ($0,67 \pm 0,26$ g, $3,0 \pm 0,4$ cm) infectados com a bactéria foram alimentados, diariamente, com ração comercial para peixes onívoros (5% do peso vivo), três vezes ao dia (8, 10 e 12h), durante quarenta dias. Um grupo controle (T0) sem própolis e três tratamentos contendo ração mais própolis – T1 (própolis verde), T2 (própolis marrom) e T3 (própolis vermelha) – foram testados em triplicata, contendo 10 peixes por repetição. Como resultado, a sobrevivência das tilápias após quarenta dias de suplementação com os extratos de própolis foi maior no grupo controle (72,73%), seguida do grupo T1 (60,00%), T2 (57,14%) e, por último, T3 (50,00%). Sobre a análise histológica, as tilápias suplementadas com diferentes extratos de própolis na ração, inclusive o grupo controle, apresentaram hepatopâncreas com morfologia normal dos tecidos, arranjo normal de hepatócitos e presença de tecido pancreático em todos os grupos. Já em relação ao baço, os peixes do grupo controle apresentaram maior concentração de centros de melanomacrófagos quando comparados aos grupos tratados com os extratos de própolis na ração. Nossos resultados sugerem que os extratos de própolis foram eficientes no controle da infecção pela bactéria. No entanto, com sobrevivência abaixo de 70%. Os peixes alimentados com própolis na dieta, em todos os tratamentos, apresentaram morfologia normal do hepatopâncreas e do baço, além da redução de centros de melanomacrófagos, sugerindo uma possível recuperação dos peixes infectados pela bactéria.

Palavras-chave: Alimentação, desempenho produtivo, histologia, tilápia, própolis alcoólica.

ABSTRACT

Fish feeding is a field of notable importance in aquaculture, as it can improve productivity and animal health. Among the fish prominent in aquaculture, Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) is an exotic species considered hardy, with rapid growth and adaptability to aquaculture production systems. This study aimed to analyze the survival and liver and spleen histology of Nile tilapia fry previously infected with *Flavobacterium columnare* and supplemented with different types of propolis extracts in their feed. After a seven-day acclimation period, tilapia fingerlings ($0,67 \pm 0,26$ g, $3,0 \pm 0,4$ cm) were fed daily with commercial feed for omnivorous fish (5% of body weight), three times a day (8, 10, and 12 a.m.), for forty days. A control group (T0) without propolis and three treatments containing feed plus propolis – T1 (green propolis), T2 (brown propolis), and T3 (red propolis) – were tested in triplicate, with 10 fish per replicate. As a result, the survival of tilapias after forty days of supplementation with the propolis extracts was higher in the control group (72.73%), followed by group T1 (60.00%), T2 (57.14%), and lastly T3 (50.00%). Regarding the histological analysis, tilapias supplemented with different propolis extracts in the feed, including the control group, showed hepatopancreas with normal tissue morphology, normal arrangement of hepatocytes, and the presence of pancreatic tissue in all groups. As for the spleen, the fish in the control group showed a higher concentration of melanomacrophage centers compared to the groups treated with the propolis extracts in the feed. Our results suggest that propolis extracts were effective in controlling bacterial infection; however, survival rates were below 70%. Fish fed propolis in the diet, in all treatments, showed normal hepatopancreas and spleen morphology, as well as a reduction in melanomacrophage centers, suggesting a possible recovery of fish infected by the bacteria.

Keywords: Nutrition, productive performance, histology, tilapia, alcoholic propolis.

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura tem se consolidado como uma atividade estratégica para a produção sustentável de alimentos, além de contribuir significativamente para a geração de emprego e renda. No contexto brasileiro, a piscicultura continental destaca-se pelo expressivo volume de produção, devido ao clima tropical e à extensão territorial (PeixeBR, 2026), além de ser impulsionada por um mercado consumidor abrangente, recordes na produção de carne e diversificação na indústria de rações (FAO, 2026).

A tilapicultura, com foco na espécie *Oreochromis niloticus*, representa o principal motor de crescimento da aquicultura no Brasil, consolidando-se como a espécie mais cultivada no país (Valenti et al., 2021). Esse protagonismo deve-se a características produtivas favoráveis, como rusticidade, ampla adaptabilidade geográfica, filé de alta qualidade com ausência de espinhas e o maior nível de desenvolvimento tecnológico aplicado entre as espécies cultivadas. Destacam-se ainda sua elevada conversão alimentar de proteína vegetal em proteína animal, baixo custo de produção, reprodução contínua ao longo do ano e resistência a condições ambientais adversas (Valenti et al., 2021).

A intensificação da produção está frequentemente associada ao aumento da incidência de enfermidades, como a columnariose, causada pela bactéria *Flavobacterium columnare*. Isso é resultante, em grande parte, da implementação inadequada de práticas de biossegurança, da limitação de conhecimentos técnicos quanto às exigências nutricionais e ao manejo zootécnico das espécies, da utilização de reprodutores com baixo valor genético e da adoção de elevadas densidades de estocagem (Albuquerque et al., 2022).

Pesquisas indicam que a utilização da própolis em sistemas de cultivo aquícola é segura, promovendo melhorias significativas nos indicadores zootécnicos devido às suas funções terapêuticas e propriedades farmacológicas (Sforcin e Bankova, 2011), por exemplo, o aumento da atividade bactericida (Soltani et al., 2017) e maior conversão alimentar e ganho de peso em tilápias nilóticas (ABD-EL-RHMA, 2009).

O presente estudo objetivou analisar a sobrevivência e a histologia hepática e esplênica de alevinos de tilápia-do-Nilo previamente infectados com *F. columnare* e suplementados com diferentes tipos de extratos de própolis na ração.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Situação da Aquicultura no Brasil

No Brasil, a aquicultura tem ganhado destaque na cadeia de produção de alimentos. O clima tropical e a extensão territorial são fatores que contribuem para o crescimento (SEBRAE, 2022), além de ser impulsionado por um mercado consumidor abrangente, recordes na produção de carne e diversificação na indústria de rações (FAO, 2026).

Atualmente, a aquicultura brasileira está representada em cinco grandes grupos: peixes de água doce (tilápia e peixes redondos), camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*), rã-touro (*Lithobates catesbeianus*), camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) e moluscos marinhos (mexilhões e ostras).

Segundo a Pesquisa da Pecuária Municipal 2023 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os produtos da aquicultura foram responsáveis pelo valor de R\$ 10,2 bilhões no último ano, com um aumento de 16,6% de 2022 para 2023. O novo relatório da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) estima que o Brasil deve registrar um crescimento de 104% na produção da pesca e aquicultura até 2026.

O município que se destacou como o maior produtor da piscicultura foi Morada Nova de Minas, em Minas Gerais (Figura 1, Pesquisa da Pecuária Municipal, 2023), que aumentou exponencialmente sua produção e, agora, responde por 3,1% do volume nacional (MPA, 2024).

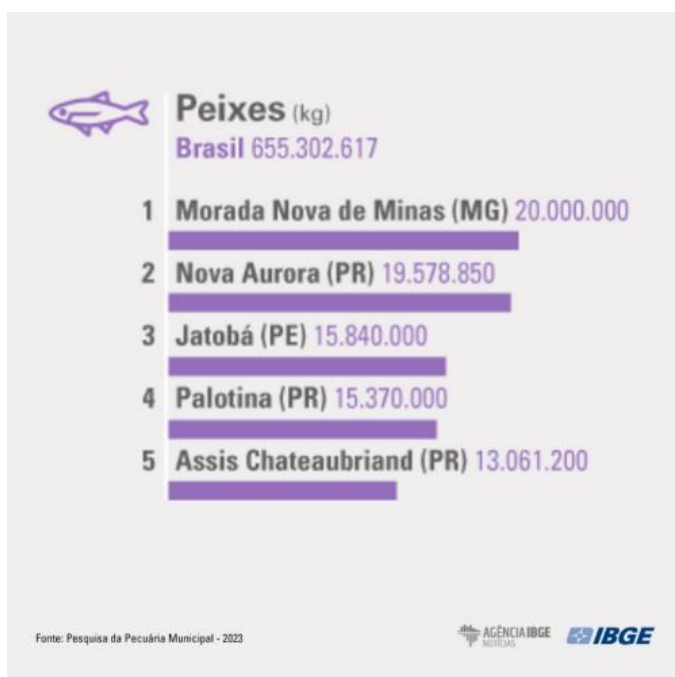


Figura 1 – Cidades que mais produziram peixes no Brasil em quilos (kg). Pesquisa da Pecuária Municipal (2023).

2.2. Criação de tilápia nilótica no Brasil

A cadeia produtiva da Tilápia (Figura 2), *Oreochromis niloticus*, tem se consolidado como o principal fator de alavancagem do crescimento da aquicultura brasileira, sendo o peixe mais produzido no Brasil (Valenti et al., 2021), segundo o diretor do Departamento de Desenvolvimento e Inovação da Aquicultura do MPA, Paulo Faria, esse fator é devido a diversas características como sua rusticidade e adaptabilidade a diferentes regiões; qualidade de sua carne e ausência de espinhas; além de ser o peixe que possui maior pacote tecnológico já desenvolvido. Em 2023, sua produção correspondeu a 67,5% do total de espécies produzidas (MPA, 2024).

Entre as principais características dessa espécie, destacam-se a alta eficiência na conversão de proteína vegetal em proteína animal, o baixo custo de produção em comparação com outras espécies, a capacidade de desovar durante todo o ano e sua resistência a doenças, altas temperaturas, baixa concentração

de oxigênio dissolvido e altas concentrações de amônia na água (EMATER, 2009).



Figura 2 – Juvenil de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) em amostragem de 40 dias. Foto: Acervo pessoal.

2.3. Própolis

A palavra própolis tem origem no grego, sendo composta por "pró", que significa "em proteção", e "poli", que se traduz como "cidade" ou "comunidade", ou seja, algo como "em defesa da comunidade". Trata-se de uma substância formada por uma combinação de resinas e compostos balsâmicos coletados pelas abelhas (*Apis mellifera* e abelhas sem ferrão) a partir de ramos, flores, pólen, secreções e exsudatos de árvores, além das secreções salivares das próprias abelhas (Burdock, 1998). As abelhas utilizam a própolis para selar fissuras na colmeia e embalsamar invasores, evitando sua decomposição e funcionando como um agente antimicrobiano. A composição da própolis inclui uma variedade de componentes, como fenóis, ésteres, terpenos, hidrocarbonetos, açúcares e minerais. Além disso, são encontrados compostos bioativos, como flavonas,

flavonóis, flavanóis, diidroflavonol, flavanonas e fenólicos totais, substâncias que estão diretamente relacionadas à sua atividade biológica (Farang et al., 2021).

No Brasil, existem três tipos principais de própolis, que se diferenciam pela região de coleta e produção, além das variações na cor, odor e propriedades biológicas. A própolis verde é produzida a partir da resina e do pólen extraídos do alecrim-do-campo (*Baccharis dracunculifolia*), planta típica do cerrado e da Mata Atlântica. A própolis vermelha, por sua vez, é originada da resina e pólen coletados da planta de mangue rabo-de-bugio (*Dalbergia ecastophyllum*), encontrada nas regiões Norte e Nordeste do país, sendo reconhecida por sua forte atividade antimicrobiana e antioxidante, superior aos outros tipos. Finalmente, a própolis marrom, a mais comum, não depende de plantas ou flores específicas para sua produção, podendo ser uma mistura de resinas e pólen, é encontrada principalmente nas regiões Sul e Sudeste, sendo produzida a partir de plantas como a laranjeira (*Citrus sinensis*), o eucalipto (*Eucalyptus spp.*) e outras (Farang et al., 2021).

2.4. Benefícios da própolis para animais domésticos

A própolis é uma substância natural amplamente utilizada como suplemento para a saúde humana, podendo também ser aplicada na saúde animal, devido às suas funções terapêuticas e propriedades farmacológicas (Sforcin e Bankova, 2011). Diversos estudos científicos destacam suas propriedades antibacteriana, antitumoral, cariostática, antioxidante, antiviral, hepatoprotetora e antimicrobiana. Além disso, há registros de suas propriedades imunomoduladora, anti-inflamatória, antidiabética e antiparasitária.

2.5. Uso de própolis em peixes de água doce

Estudos mostram que a própolis pode ser utilizada com segurança em peixes de cultivo, proporcionando benefícios tanto nos parâmetros produtivos quanto na saúde dos animais. De acordo com Acar (2018), foram observados efeitos promissores no crescimento e na resposta imunológica específica da

tilápia moçambicana (*O. mossambicus*) contra *Streptococcus iniae*. Após 60 dias de suplementação com extrato etanólico de própolis, os peixes foram expostos à concentração de 9×10^1 UFC/mL de *S. iniae*. Os peixes suplementados com 2 e 4 g/kg de própolis apresentaram desempenho superior, com taxas de sobrevivência de 72,55% e 68,63%, respectivamente, em comparação aos outros grupos.

Em outro estudo, o uso de própolis resultou na redução do estresse oxidativo em trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Durante 14 dias, os peixes foram alimentados com uma superdosagem de oxitetraciclina (100 mg/kg), o que causou imunossupressão, redução no número de leucócitos, produção de radicais oxidativos, proteínas plasmáticas e níveis de imunoglobulinas. Após mais 14 dias de tratamento com 50 mg/kg de própolis na dieta, observou-se uma diminuição no estresse oxidativo e na imunossupressão (Yonar et al., 2011).

Além disso, outros estudos têm mostrado diversos benefícios da própolis, como o aumento de linfócitos circulantes e centros de melanomacrófagos (Dotta et al., 2018), atividade bactericida e modulação de eucócitos in vitro (Soltani et al., 2017), melhoria na atividade das enzimas digestivas (Eslami et al., 2022) e redução dos picos de cortisol em situações de frio extremo (Islam et al., 2024). Por fim, foi constatado que a suplementação de própolis na ração resultou em melhor conversão alimentar e maior ganho de peso em tilápias nilóticas (ABD-EL-RHMA, 2009), reforçando o potencial da substância para melhorar o desempenho zootécnico de organismos aquáticos.

2.6. Análises histológicas de hepatopâncreas e baço

O hepatopâncreas dos peixes é um órgão biotransformador, sendo comum em ciclídeos como a tilápia, e desempenha um papel fundamental no metabolismo nutricional (carboidratos, proteínas e lipídeos), no metabolismo hormonal (insulina e glucagon), no armazenamento de glicogênio e na excreção de substâncias tóxicas (Klein, 2014). Apresenta função primordial na digestão, apresentando tecidos de fígado e pâncreas conjuntamente. Nesse sentido, substâncias adicionadas à ração podem provocar alterações nos tecidos hepáticos, como a

dilatação do sinusoide, congestão e infiltração de leucócitos (Pahor-Filho et al., 2017).

Em contrapartida, o baço é o maior órgão do sistema linfático e está intimamente ligado à filtração sanguínea e ao sistema imunológico dos peixes. Ele desempenha um papel importante na produção de linfócitos, além de capturar microrganismos patogênicos e células sanguíneas defeituosas, removendo-os do organismo. O baço é composto por uma cápsula, trabéculas, polpas vermelha e branca, linfócitos ativados e não ativados (ambos com arteríola), cordões esplênicos e sinusoides. Em ambientes tóxicos ou estressantes, o baço forma centros de melanomacrófagos, cuja função é desintoxicar o organismo (Agius e Roberts, 2003; Steinel e Bolnick, 2017).

Por essa razão, a histologia dos tecidos tem se mostrado uma ferramenta fundamental para investigar se as substâncias adicionadas à dieta são seguras para a ingestão e para o metabolismo de animais domesticados (Eurell e Frappier, 2012).

2.7. Doenças de peixes e columnariose

Apesar do notável avanço da piscicultura como setor produtivo, a atividade ainda enfrenta obstáculos significativos, sobretudo no que tange à sanidade aquícola. O incremento da produção frequentemente está associado à elevação da incidência de enfermidades, decorrente, em grande parte, da adoção inadequada de medidas profiláticas, da carência de conhecimento técnico sobre as exigências nutricionais e o manejo específico das espécies cultivadas, da utilização de reprodutores com baixa qualidade genética e da prática de estocagem em densidades elevadas, fatores que comprometem o equilíbrio sanitário dos sistemas de cultivo (Albuquerque et al., 2022)

As enfermidades que acometem os organismos aquáticos cultivados são multifatoriais e exigem medidas profiláticas e terapêuticas específicas, conforme sua etiologia. Entre as principais, destacam-se as doenças bacterianas, como a columnariose (*Flavobacterium columnare*), virais, como a septicemia

hemorrágica, fúngicas, como a síndrome ulcerativa epizoótica, e parasitárias, como a ictiofitiríase (*Ichthyophthirius multifiliis*), causada por um protozoário.

Os peixes infectados pela columnariose apresentam sintomas iniciais que não são específicos, como apatia, falta de apetite, natação descontrolada, respiração acelerada, além de manchas acinzentadas ou áreas amareladas de erosão, geralmente cercadas por uma zona avermelhada na cabeça, no corpo e nas brânquias. Com a evolução da doença, essas áreas desenvolvem necroses que afetam a epiderme, a derme e os músculos. (Davis, 1923; Pacha e Ordal, 1970; Farkas e Olah, 1986; Bertolini e Rohovec, 1992).

3. OBJETIVO

O presente estudo objetivou analisar a sobrevivência e a histologia hepática e esplênica de alevinos de tilápia-do-Nilo previamente infectados com *F. columnare* e suplementados com diferentes tipos de extratos de própolis na ração.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mensurar a sobrevivência de alevinos de tilápias suplementadas com ração contendo diferentes extratos de própolis e infectados com bactéria.
- Identificar alterações histológicas no hepatopâncreas de tilápias suplementadas com ração contendo diferentes extratos de própolis.
- Identificar alterações histológicas no baço de tilápias suplementadas com ração contendo diferentes extratos de própolis.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os procedimentos envolvendo animais foram realizados de acordo com os princípios éticos em experimentação animal, adaptados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação (COBEA), Brasília – Brasil, e aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Minas Gerais, Brasil – protocolo 4164070524.

5.1 PROTOCOLO EXPERIMENTAL E QUALIDADE DE ÁGUA

Um total de 120 alevinos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) com peso médio de 0,67 g e comprimento médio de 3 cm, obtidos da piscicultura comercial, foi distribuído em 12 tanques de polipropileno de 40 litros, em sistema de recirculação. Neste experimento, os peixes vieram infectados com a bactéria *Flavobacterium columnare*. Portanto, não foi realizada a infecção bacteriana experimental. O fotoperíodo foi 12 h de luz: 12 h de escuro. Antes do período experimental, os peixes foram aclimatados ao sistema de recirculação por uma semana. Após este período, os peixes foram alimentados, diariamente, com dietas experimentais (5% do peso vivo), três vezes ao dia (8, 10 e 12h), durante quarenta dias. Um grupo controle (T0) sem própolis e três tratamentos contendo própolis – T1 (própolis verde), T2 (própolis marrom) e T3 (própolis vermelho), com 10 peixes por repetição, foram testados em triplicata. Durante o período experimental, a água foi mantida em parâmetros adequados para peixes tropicais como a tilápia (Vinatea-Arana, 2003), com os seguintes valores: temperatura (27 ± 0.18 °C), pH (7.50 ± 0.13), oxigênio dissolvido (6.50 ± 0.82 mg L⁻¹) e amônia total (0.21 ± 0.03 mg L⁻¹). Os parâmetros de temperatura, pH, condutividade e oxigênio dissolvido foram mensurados por aparelho multiparâmetros YSI-556MPS (USA) e a amônia total por kit colorimétrico Labcon Test (Brasil). Os protocolos experimentais foram conduzidos no Laboratório de Aquacultura (LAQUA) - Departamento de Zootecnia e no Campus Centro-Oeste - Universidade Federal de São João del-Rei, Minas Gerais.

5.2 SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA (RAS)

O protocolo experimental foi conduzido em um sistema de recirculação de água (*Recirculating Aquaculture Systems*), denominado RAS. O sistema continha doze caixas (50 x 25 x 32 cm, marca Eco) de polipropileno e coloração preta (volume útil de 40 L), instaladas sobre uma bancada de madeira. Cada caixa foi adaptada com entrada (afluente) e saída (efluente) de água individuais, contendo entrada de água por meio de torneira plástica (com fluxo de água regulável) e saída por um adaptador flange de 3/4, protegida com uma tela de nylon monofilada para evitar escape, presa à flange por uma abraçadeira de nylon. Dessa forma, a água que entrava por cima abastecia cada caixa, com água limpa e, a água que saía por baixo, retirava o excesso de fezes e restos de ração.

As tampas das caixas foram adaptadas com tela de plástico, de modo a facilitar a alimentação diária, reduzindo a manipulação e o estresse dos peixes. A tubulação usada no sistema foi de PVC de 3/4. Um tubo de 100 mm cortado ao meio foi instalado entre as caixas, com uma declividade de 5 mm, para garantir o escoamento do efluente para os filtros. O sistema de filtragem de água foi instalado contendo um filtro biológico e um filtro mecânico, ambos dentro de um tanque de polietileno de 310 L. O filtro biológico foi composto por substrato (40 % de brita) para a colonização de bactérias nitrificantes, especialmente *Nitrosomonas* sp. e *Nitrosococcus* sp. que convertem a amônia (NH_3) em nitrito (NO_2^-) e *Nitrobacter* sp. para a conversão de nitrito (NO_2^-) em nitrato (NO_3^-). Dentro do filtro biológico foi colocado o filtro mecânico, composto por um tanque plástico de 10 L, contendo lã acrílica e furos nas laterais. Dessa forma, o efluente proveniente das caixas caía diretamente no filtro mecânico por uma tubulação de 32 mm, para a retenção de partículas maiores de sujeira e depois era encaminhado para o filtro biológico, para a nitrificação da água.

Uma bomba submersa SB 2700 de 220 V foi colocada dentro do filtro biológico para recircular a água no sistema. O sistema permitia, aproximadamente, 5% de evaporação de água por semana, sendo repostada com água de poço artesiano (Figuras 3 - 6).



Figura 3 – Sistema de recirculação de água (RAS), contendo doze caixas de polipropileno de 40 litros de volume útil. Vista frontal Foto: Acervo pessoal



Figura 4 – Sistema de recirculação de água (RAS). Vista lateral, mostrando a disposição das caixas de criação e os filtros biológico e mecânico. Foto: Acervo pessoal



Figura 5 – Sistema de recirculação de água (RAS). Vista frontal dos filtros biológico e mecânico para nitrificação da água. Foto: Acervo pessoal



Figura 6 – Filtro biológico e mecânico do sistema RAS. O efluente provindo das caixas de criação caíam nos filtros e retornavam para o sistema a partir de uma bomba submersa. Foto: Acervo pessoal

5.3 ACLIMATAÇÃO

Os tratamentos foram sorteados aleatoriamente e etiquetas foram fixadas em cada caixa. Os peixes foram distribuídos nos tanques, considerando a densidade de estocagem igual a 10 peixes por caixa. Os peixes foram aclimatados durante uma semana ao sistema e alimentados três vezes por dia (8, 10 e 12h) com ração comercial extrusada para peixes onívoros (Supra Acqua Line), sem a suplementação com própolis, com 1,7 mm de diâmetro, 46% de proteína bruta e 3600 kcal/kg de energia digestível. Os parâmetros de qualidade de água foram semelhantes aos apresentados no item 5.1 e considerados ideais para a criação de peixes onívoros como a tilápia.

5.4 ADMINISTRAÇÃO ORAL DE PRÓPOLIS E AMOSTRAGENS

Após o período de aclimação, um total de 120 alevinos de tilápia ($0,67 \pm 0,26$ g, $3,0 \pm 0,4$ cm) foram alimentados, durante quarenta e cinco dias, com ração comercial para peixes onívoros suplementada com diferentes tipos de extratos alcoólicos de própolis (EAP) - verde, marrom e vermelho. Um grupo controle (C) sem adição de EAP e mais três tratamentos (T) contendo própolis foram oferecidos aos peixes: T1 (verde), T2 (marrom) e T3 (vermelho), suplementados na ração (Figura 7). O grupo controle e cada tratamento foram mantidos em triplicata. Em cada caixa (repetição) foram mantidos 10 peixes, totalizando 30 animais por tratamento e 120 peixes ao total. A ração utilizada foi a mesma do período de aclimação. Diariamente e antes de cada período alimentar, seringas de insulina foram usadas para a aplicação de 1 ml de cada EAP em cada amostra de ração (5% dividido por três alimentações). Todos os extratos oferecidos tinham concentração igual a 30 % pv. As seringas usadas para cada tratamento eram diferentes para não haver mistura de substâncias. Após a aplicação dos extratos, eram aguardados 5 minutos para secagem e posterior arraçoamento (Figura 3).

Os peixes foram amostrados após quarenta dias de suplementação com os extratos. Na amostragem, fragmentos de hepatopâncreas e baço foram coletados e encaminhados à análise histológica.

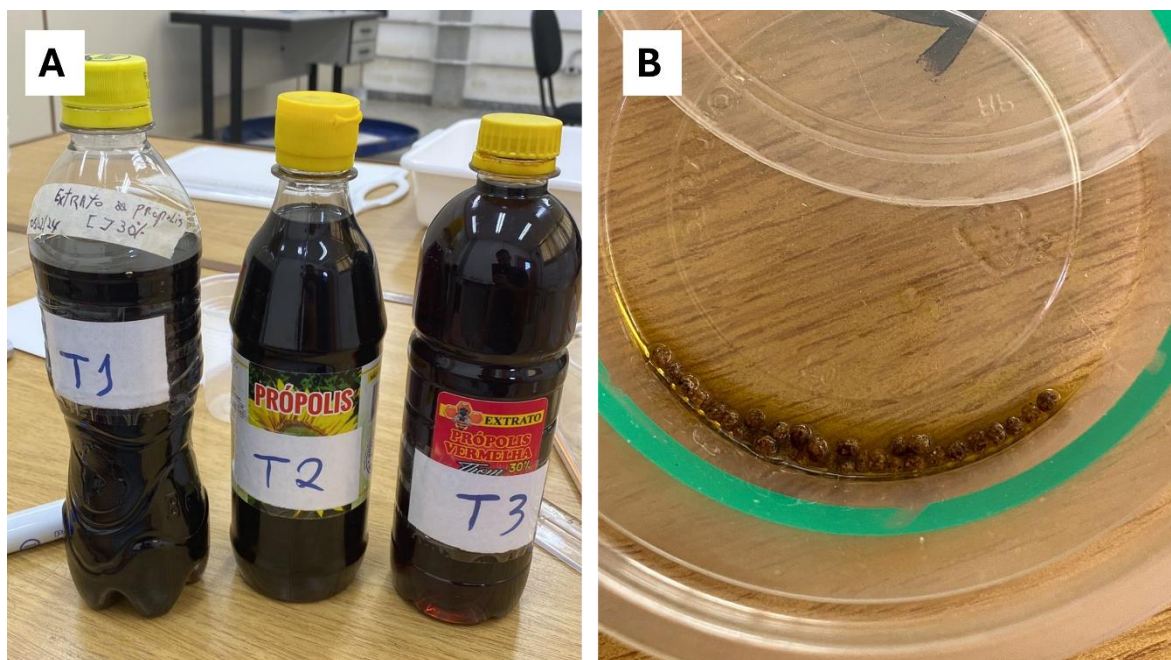


Figura 7 – A) Extratos de própolis T1 (verde), T2 (marrom) e T3 (vermelho) para suplementação de 1 ml na ração dos peixes. B) Ração suplementada com própolis aguardando 5 minutos para secagem e posterior arraçoamento. Foto de Guilherme de Oliveira Silva Cardoso (2024).

5.5 IDENTIFICAÇÃO DA BACTÉRIA

Dez alevinos de tilápia nilótica provindos de todos os tratamentos foram encaminhados para um laboratório particular de profilaxia de organismos aquáticos em Belo Horizonte e a bactéria *Flavobacterium columnare* foi identificada pela observação de lesões morfológicas como erosão de nadadeiras e manchas esbranquiçadas na pele, bem como por método molecular de PCR, a partir da extração de fragmentos de DNA das amostras.

Para a identificação da cepa bacteriana, fragmentos de rim e baço foram fixados em álcool absoluto, armazenados em potes plásticos e enviados ao laboratório.

5.6 ANÁLISE DE SOBREVIVÊNCIA E HISTOLOGIA HEPÁTICA E ESPLÊNICA

A sobrevivência dos peixes foi mensurada a partir da fórmula:

Sobrevivência (%) = (número final de peixes / número inicial de peixes) x 100.

Para a análise histológica, fragmentos do hepatopâncreas e baço de dois peixes por réplica foram encaminhados para análise histológica (n = 24). Para este procedimento, os peixes foram eutanasiados com 50 mg L⁻¹ de eugenol. Amostras de tecido foram retiradas por meio de pinças e tesouras cirúrgicas e fixadas em solução de formol 10 %. Após 24 h, as amostras foram fixadas em álcool 70 %. Para a confecção de lâminas histológicas, as amostras em blocos de parafina foram cortadas em micrótomo. As secções histológicas de 5 µm foram coradas com hematoxilina e eosina para a confecção de lâminas permanentes. Os tecidos histológicos foram analisados a partir de lâminas histológicas em um microscópio MOTIC no sistema de captura de imagens MOTIC Image Plus 3.0.

5.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O protocolo experimental foi realizado em delineamento inteiramente casualizado. Os resultados de desempenho produtivo foram estudados com a análise de variância One-Way (ANOVA, $\alpha = 0,05$) seguida por teste de Tukey para checar diferenças significativas entre os tratamentos, usando o programa estatístico SAS. Os resultados foram analisados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, para determinar a normalidade dos dados.

6. RESULTADOS

6.2. Peso e comprimento dos peixes

A Tabela 1 apresenta os pesos e comprimentos dos alevinos de tilápia alimentados com diferentes tipos de própolis.

Tabela 1 – Tabela de pesos e comprimentos de alevinos de tilápia-do-Nilo alimentados com diferentes tipos de extratos de própolis. T0 = controle; T2 = verde; T2 = própolis marrom e T3 = própolis vermelha.

Pesagem inicial				
Réplica (cx)	Qnt.	Peso total (g)	Peso $\bar{x}$ (g)	Comprimento $\bar{x}$ (cm)
T3R1	10	6,5	0,65	3,0
T2R1	10	7,9	0,79	3,0
T0R1	10	5,9	0,59	3,0
T1R1	10	6,3	0,63	3,0
T2R3	10	7,9	0,79	3,0
T1R2	10	8,2	0,82	3,0
T3R2	10	5,9	0,59	3,0
T0R2	10	6,5	0,65	3,0
T2R2	10	5,0	0,50	3,0
T0R3	10	5,6	0,56	3,0
T1R3	10	7,0	0,70	3,0
T3R3	10	7,3	0,73	3,0
TOTAL	120	80,0	0,67	

6.2. Sobrevivência dos peixes

A sobrevivência das tilápias após quarenta dias de suplementação foi estatisticamente inferior nos grupos tratados com os extratos de própolis.

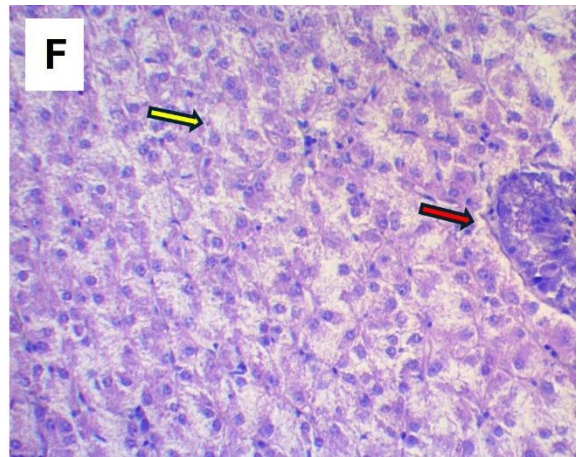
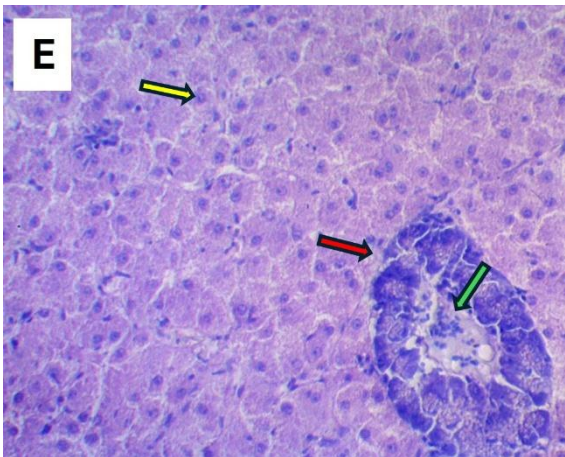
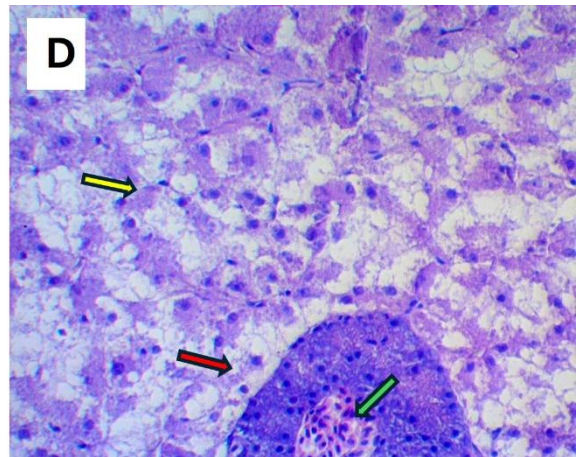
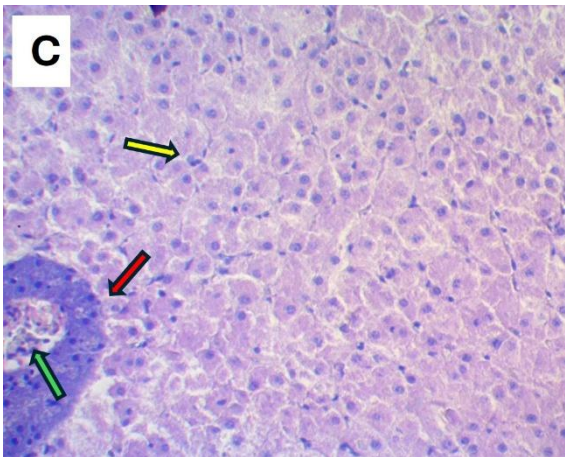
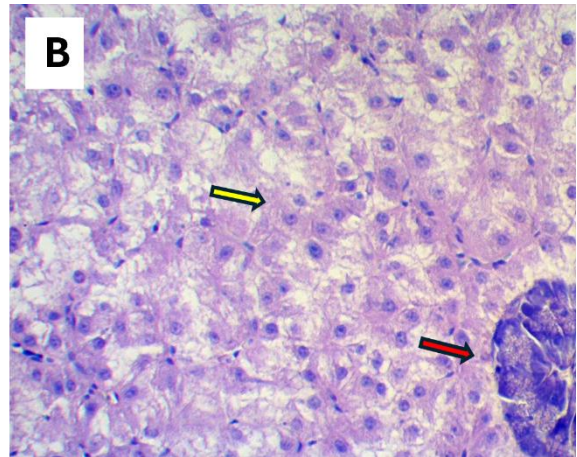
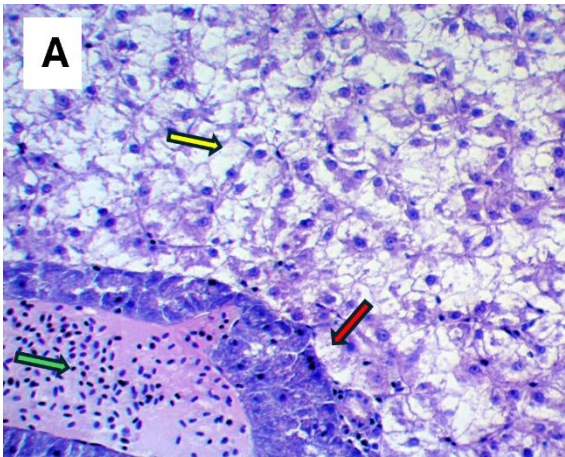
Tabela 2 – Sobrevivência de alevinos de tilápia-do-Nilo alimentados com diferentes tipos de extratos de própolis. T0 = controle; T2 = verde; T2 = própolis marrom e T3 = própolis vermelha.

Tratamentos	S %
Controle	72,73 ^a
T1 - verde	60,00 ^b
T2 - marrom	57,14 ^b
T3 - vermelho	50,00 ^c

6.2. Histologia hepática e esplênica

Neste estudo, as tilápias suplementadas com diferentes extratos de própolis na ração, inclusive o grupo controle, apresentaram hepatopâncreas com morfologia normal dos tecidos, bem como o arranjo normal de hepatócitos e a presença de tecido pancreático em todos os grupos.

Já em relação ao baço, os peixes do grupo controle apresentaram maior concentração de centros de melanomacrófagos quando comparados aos grupos tratados com os extratos de própolis na ração.



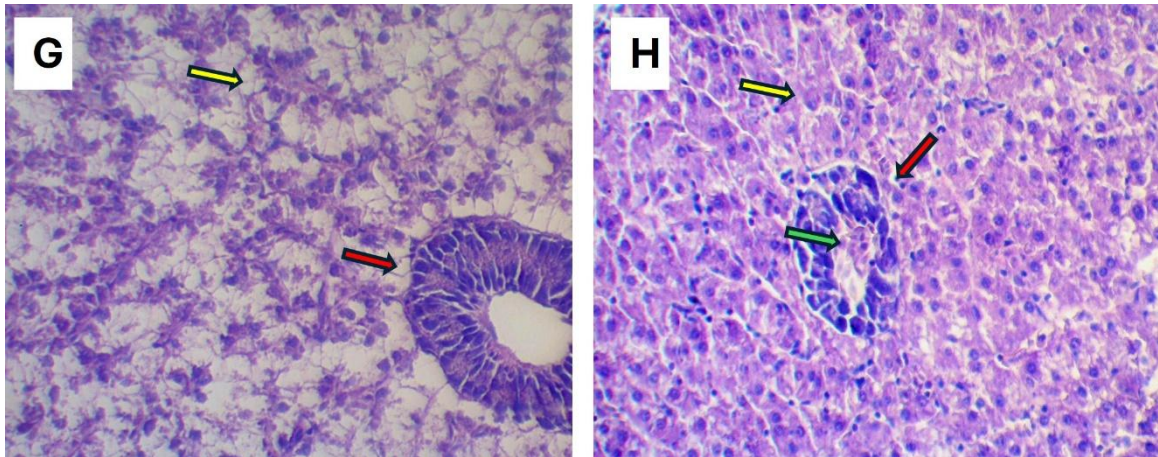


Figura 8. Fotomicrografias de hepatopâncreas de alevinos de tilápia-do-Nilo alimentados durante 40 dias com ração suplementada com diferentes extratos de própolis. A e B) Controle; C e D) T1 – própolis verde; E e F) T2 – própolis marrom; G e H) T3 – própolis vermelha. Todas as figuras apresentaram tecidos normais de fígado, apresentando morfologia hepática normal e presença de tecido pancreático, sem a presença de centros de melanomacrófagos bem definidos. Cordões de hepatócitos (seta amarela), vasos sanguíneos revestidos com tecido pancreático com células acinares (seta vermelha) e sangue (seta verde). Todas coradas com hematoxilina e eosina, 40x.

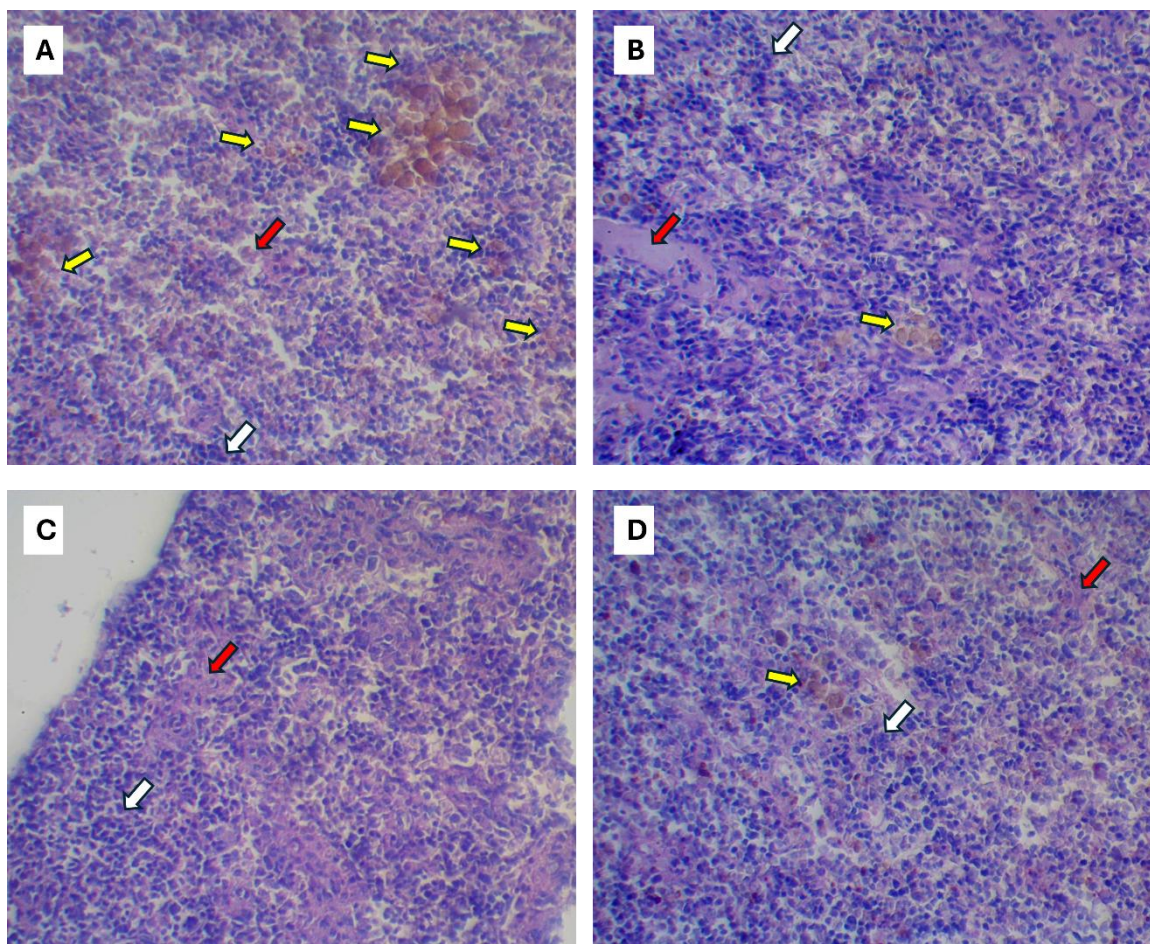


Figura 9. Fotomicrografias do baço de alevinos de tilápia-do-Nilo alimentados por 40 dias com ração suplementada com diferentes extratos de própolis. A) Controle; B) T1 – própolis verde; C) T2 – própolis marrom; D) T3 – própolis vermelha. Todas as figuras apresentaram tecidos normais de baço, com polpas vermelha (seta vermelha) e branca (seta branca), cordões esplênicos e sinusoides preservados, e a presença de centros de melanomacrófagos bem definidos em A, B e D (seta amarela). Todas coradas com hematoxilina e eosina, 40x.

7. Discussão

Neste estudo, analisamos a eficácia de diferentes tipos de extratos alcoólicos (EAP) de própolis na sobrevivência e na histologia hepática e esplênica de juvenis de tilápia-do-Nilo infectados por *Flavobacterium columnare*. Os resultados indicaram que os extratos de própolis foram eficientes no controle da infecção pela bactéria; no entanto, a sobrevivência foi abaixo de 70% (Tabela 2). Os peixes alimentados com própolis na dieta, em todos os tratamentos, apresentaram morfologia normal do hepatopâncreas e do baço, sugerindo uma recuperação dos peixes infectados pela bactéria.

Os sistemas de recirculação aquícola (RAS) foram criados para otimizar a produção de organismos aquáticos em áreas limitadas, reduzindo o consumo de água e a liberação de efluentes no ambiente. Esses sistemas proporcionam condições adequadas de qualidade da água, a amônia e o nitrito são eliminados do sistema através do processo de nitrificação, realizado por bactérias aeróbias presentes nos biofiltros. Essas bactérias convertem a amônia em nitrito (substância tóxica) e, posteriormente, em nitrato (menos tóxico) favorecendo elevadas taxas de sobrevivência dos organismos cultivados, além da manutenção de concentrações apropriadas de oxigênio dissolvido ao longo da recirculação da água (Avnimelech, 2006; Gutierrez-Wing e Malone, 2006). No presente estudo, as baixas taxas de sobrevivência observadas nos tratamentos não podem ser atribuídas a falhas no funcionamento do sistema de recirculação. Os animais já foram introduzidos no sistema experimental previamente infectados por bactérias, o que influenciou os índices de mortalidade registrados. Ainda assim, a manutenção de parâmetros adequados de qualidade da água ao longo do período experimental sugere que o sistema de recirculação contribuiu para a contenção do agravamento do quadro sanitário, evitando maiores perdas. Dessa forma, é plausível inferir que as condições proporcionadas pelo sistema auxiliaram na estabilidade ambiental, minimizando os efeitos negativos da infecção e prevenindo o aumento da mortalidade.

A própolis, assim como outras substâncias naturais, pode trazer benefícios à saúde de peixes, melhorando a resposta imune (Sforcin e Bankova, 2011; Dotta et al., 2018), a atividade de enzimas digestivas (Eslami et al., 2022) e a redução do estresse oxidativo (Yonar et al., 2011). Em nosso estudo, os animais suplementados com própolis apresentaram taxas de sobrevivência inferiores às observadas no grupo controle. Entretanto, é importante destacar que o próprio grupo controle também exibiu redução na sobrevivência ao longo do período experimental. Esse resultado indica que a mortalidade registrada não esteve restrita exclusivamente aos tratamentos suplementados, podendo ser atribuída à elevada severidade da columnariose já presente nos peixes no momento de sua introdução no sistema experimental. A progressão avançada da infecção bacteriana provavelmente exerceu influência determinante sobre a mortalidade, sobrepondo-se aos possíveis efeitos da suplementação dietética. A identificação

precoce da enfermidade é essencial para minimizar sua disseminação e reduzir os prejuízos (Declercq, Annelies Maria; Haesebrouck, Freddy; Van den Broeck, Wim; Bossier, Peter; Decostere, Annemie, 2013). As lesões ulcerativas podem surgir entre 24 e 48 horas após o início da infecção, e a mortalidade tende a ocorrer no intervalo de 48 a 72 horas na ausência de tratamento (Christie Fournier, 2011).

O hepatopâncreas dos peixes é um órgão com importante função biotransformadora, sendo frequentemente observado em ciclídeos, como a tilápia. Desempenha papel essencial no metabolismo de nutrientes, além de atuar na regulação hormonal, especialmente por meio da insulina e do glucagon. Também participa do armazenamento de glicogênio e dos processos de desintoxicação e excreção de compostos potencialmente tóxicos (Klein, 2014). Por isso, a histologia hepática e esplênica é uma ferramenta importante na análise de possíveis efeitos causados por substâncias adicionadas à ração ou à água (Eurell e Frappier, 2012). Em nosso estudo, as tilápias suplementadas com diferentes extratos de própolis na ração, inclusive o grupo controle, apresentaram tecidos normais de fígado, apresentando morfologia normal hepática e presença de tecido pancreático em todos os grupos, sem a presença de centros de melanomacrófagos bem definidos (Figura 8).

O baço exerce função relevante na hematopoiese (Eurell e Frappier, 2012) e pode apresentar a formação de agregados de centros de melanomacrófagos intensamente pigmentados, assim como observado no fígado, especialmente quando os peixes são expostos a condições ambientais estressantes. Essas estruturas estão diretamente associadas ao sistema imune, desempenhando papel importante nos processos de defesa, incluindo a desintoxicação do organismo e a remoção de substâncias nocivas ou agentes patogênicos (Agius e Roberts, 2003; Steinell e Berlinck, 2017). No presente estudo, os peixes do grupo controle apresentaram maior concentração de centros de melanomacrófagos quando comparados aos grupos tratados com os extratos de própolis na ração (Figura 9). Considerando que essas estruturas estão associadas à resposta imune e aos processos de fagocitose, inflamação e degradação de patógenos, a maior frequência observada no grupo controle pode indicar uma ativação imunológica

mais intensa diante do desafio sanitário. Por outro lado, a menor ocorrência de centros de melanomacrófagos nos grupos suplementados sugere que a própolis possa ter contribuído para a modulação da resposta imune, possivelmente auxiliando no controle da infecção e reduzindo a necessidade de ativação exacerbada do sistema imunológico. Dessa forma, os resultados indicam que a suplementação dietética com própolis pode ter atenuado o estresse imunológico dos animais, enquanto o grupo controle apresentou maior mobilização de mecanismos de defesa para o enfrentamento da enfermidade.

Em síntese, a suplementação com extratos alcoólicos de própolis não aumentou a sobrevivência dos juvenis de tilápia-do-nilo quando comparada ao grupo controle, sendo a mortalidade observada atribuída principalmente à severidade prévia da infecção por *Flavobacterium columnare*. O sistema de recirculação aquícola manteve condições adequadas de qualidade da água, não sendo responsável pelas perdas registradas. Do ponto de vista histológico, a preservação dos tecidos hepáticos e esplênicos indica ausência de efeitos deletérios da própolis, e a menor concentração de centros de melanomacrófagos nos grupos suplementados sugere possível efeito imunomodulador. Com isso, a própolis demonstrou potencial como agente imunomodulador, indicando a necessidade de novos estudos que avaliem diferentes concentrações, períodos de suplementação e condições sanitárias.

Como conclusão, nossos resultados sugerem que os extratos de própolis foram eficientes no controle da infecção pela bactéria, no entanto, com sobrevivência abaixo de 70%. Os peixes alimentados com própolis na dieta, em todos os tratamentos, apresentaram morfologia normal do hepatopâncreas e do baço, além da redução de centros de melanomacrófagos, sugerindo uma possível recuperação dos peixes infectados pela bactéria.

Como o experimento foi realizado com aplicação exógena dos extratos de própolis, é possível que os extratos tenham contaminado o sistema RAS, interferindo nos resultados.

Referências Bibliográficas

- ABD-EL-RHMA, A. M. M. 2009. Antagonism of *Aeromonas hydrophila* by propolis and its effect on the performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Fish & Shellfish Immunology, 27: 454-459.
- Abreu, M.R., Silva, L.M.J., Figueiredo-Ariki, D.G., Sato, R.T., Kuradomi, R.Y., Batlouni, S.R. 2022. The effect of LHRHa with and without dopamine antagonist on reproductive performance in lambari *Astyanax altiparanae*. Aquaculture, 550: 1-11.
- Acar, Ü. 2018. Effects of diet supplemented with ethanolic extract of propolis on growth performance, hematological and serum biochemical parameters and disease resistance of Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*) against *Streptococcus iniae*. Aquaculture, 1-6.27
- Agius, A., Roberts, R.J. 2003. Melano-macrophage centres and their role in fish pathology. Journal of Fish Diseases. 26: 499-509.
- Albuquerque, Maxwell Barroso. Doenças de peixes cultivados em água doce - uma revisão / Maxwell Barroso Albuquerque. – 2022. 45 f. : il. color.
- Arauco, L.; Stéfani, M.; Nakaghi, L. 2007. Efeito do extrato hidroalcoólico de própolis no desempenho e na composição leucocitária do sangue de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana*). Acta Scientiarum 29: 227-234.
- Avnimelech, Y. 2006. Bio-filters: The need for a new comprehensive approach. Aquacultural Engineering 34: 172-178.
- Baldisserotto, B., Cyrino, J.E.P., Urbinati, E.C. 2020. Biologia e Fisiologia de peixes neotropicais de água doce. Ed. Funep, 336p.
- Bastos, E.M.A.F., Galbiati, C., E.M. Loureiro, Scoaris, D.O. 2011. Indicadores físico-químicos e atividade antibacteriana de própolis marrom frente à *Escherichia coli*. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 63: 1255-1259.

- BERTOLINI, J. M.; ROHOVEC, J. S. Electrophoretic detection of proteases from different *Flexibacter columnaris* strains and assessment of their variability. Diseases of Aquatic Organisms, Winsen, v. 12, p. 121-128, 1992.
- Burdock, G. A. Review of the biological properties and toxicity of bee propolis (propolis). Food and Chemical Toxicology 36: 347-363, 1998.
- Cuesta, A., Rodríguez, A., Esteban, M.A., Meseguer, J. 2005. In vivo effects of propolis, a honeybee product, on Gilthead seabream innate immune responses. Fish & Shellfish Immunology 18: 71-80.
- DAVIS, H. S. A new bacterial disease of freshwater fish. Bulletin of the Bureau of Fisheries, v. 28, p. 261-280, 1923.
- DECLERCQ, ANNELIES MARIA; HAESEBROUCK, FREDDY; VAN DEN BROECK, WIM; BOSSIER, PETER; DECOSTERE, ANNEMIE (24 April 2013). "Columnaris Disease in Fish: A Review with Emphasis on Bacterium-Host Interactions". Veterinary Research. 44 (1): 27.
- Dotta, G., Andrade, J.I.A., Garcia, P. 2018. Antioxidant enzymes, hematology and histology of spleen in Nile tilapia fed supplemented diet with natural extracts challenged with *Aeromonas hydrophila*. Fish and Shellfish Immunology 79:175-180.
- Eslami, M., Zaretabar, A., Dawood, M.O.A. 2022. Can dietary ethanolic extract of propolis alter growth performance, digestive enzyme activity, antioxidant, and immune indices in juvenile beluga sturgeon (*Huso huso*)? Aquaculture 552: 1-
- Eurell, J.A., Frappier, B.L. 2012. Histologia veterinária de Dellmann. Editora Manole, 6ª ed. 220p.
- FAO, 2026. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). Transformação azul: transformando visão em impacto.
- Farag, M. R., Abdelnour, S. A., Patra, A. K., Dhama, K., Dawood, M. A O., Elsnesr, S. S., Alagawany, M. 2021. Propolis: Properties and composition, health

benefits and applications in fish nutrition. *Fish and Shellfish Immunology* 115, 1-12

FARKAS, J.; OLÁH, G. Gill necrosis: a complex disease of carp. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 58, n. 1/2, p. 17-26, Nov. 1986.

FOURNIER, CHRISTIE. "Cotton Wool Disease (Flexibacter Columnaris)". *Nippyfish.net*. March 2, 2011. Retrieved March 16, 2011.

Fracalossi, D.M.; Cyrino, J.E.P. 2012. NUTRIAQUA: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis: Sociedade Brasileira e Aquicultura e Biologia Aquática. 375 p.

Frasca-Scorvo, C.M.D., Scorvo-Filho, J.D., Turco, P.H.N. 2018. Desempenho zootécnico da tilápia em tanques-rede em represa rural com diferentes concentrações de proteína bruta. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, EMBRAPA*, 21p.

Gutierrez-Wing, M.T., Malone, R.F. 2006. Biological filters in aquaculture: Trends and research directions for freshwater and marine applications. *Aquacultural Engineering* 34: 163-171.

Islam M.J., Puebla, O., Kunzmann, A. 2024. Mitigation of extreme winter stress in European seabass, *Dicentrarchus labrax* through dietary supplementation. *Aquaculture* 587: 1-15.

Klein, B.G. 2014. Cunningham tratado de fisiologia veterinária. Editora Elsevier. 5ª edição, 1599 p.

Lustosa, S. R., Galindo, A. B., Nunes, L. C. C., Randau, K. P., Neto, P. J. R., 2008. Própolis: atualizações sobre a química e a farmacologia. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 18: 447-454.

Muñoz-Peñuela, M., Nostro, F.L.L., Gomes, A.D.O. 2024. A biomarker approach to study the effects of polluted Brazilian urban reservoirs on a native fish. *Science of the Total Environment* 923, 1-12.

- Nascimento, N.F., Monzanib, P.S., Pereira-Santos, M. 2020. The first case of induced gynogenesis in Neotropical fishes using the yellowtail tetra (*Astyanax altiparanae*) as a model organism. *Aquaculture* 514, 1-9.
- Oliveira, R.H.F., Pereira, E.M., Viegas, E.M.M. 2019. Clove oil attenuates stress responses in lambari, *Astyanax altiparanae*. *Aquaculture Research*, 50: 3350-3356.
- Owatari, M.S., Magnotti, C., Mattos, D.C., Mendonça, R.C., Barros, L.C., Sterzeleck, F.C. 2023. Ciências agrárias: a multidisciplinaridade dos recursos. Cap 4, p. 65-90.
- PACHA, R. E.; ORDAL, E. J. Myxobacterial diseases of salmonids. In: SNIESZKO, S. F. (Ed.). A symposium on diseases of fish and shellfish. Washington, DC: American Fisheries Society, 1970. p. 243-257. (AFS. Special publication, n. 5).
- Pahor-Filho, E.P., Pereira Júnior, P., Pilarski, F., Urbinati, E.C. 2017. Levamisole reduces parasitic infection in juvenile pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Aquaculture* 470: 123-128.
- Peixe BR. 2026. Ultrapassamos um milhão de toneladas.. Editora SP, 63p.
- Pezzato, L.E.; Barros, M.M.; Fracalossi, D.M.; Cyrino, J.E.P. 2004. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (Eds.). Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. São Paulo: TecArt. cap. 5, p. 75-169.
- Salatino, A., Teixeira, E.W., Negri, G., Message, D. 2005. Origin and chemical variation of Brazilian propolis. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine* 2, 33-38.30
- Santos, C.H.A., Lourenço, J.A., Igarashi, M.A. 2005. Crescimento de Tilápia-do-Nilo alimentada com peixes marinhos provenientes da pesca do camarão. *Ciência Animal Brasileira*, 1-9.

- Santos, M.S., Villacorta-Correa, M.A., Oliveira, C.P.F. 2015. Crescimento compensatório de juvenis de matrinxã (*Brycon amazonicus*) submetidos a jejum e realimentação. Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFAM 9: 1-16.
- Sforcin, J.M., Bankova, V. 2011. Propolis: Is there a potential for the development of new drugs? Journal of Ethnopharmacology 133: 253–260.
- Silva, T.S.C., Ota, E.C., Inoue, L.A.K.A. 2021. Manejo alimentar de tilápias de 1 g: efeito da taxa e frequência de alimentação no crescimento e custo da produção em diferentes temperaturas, Dourados – MS, Embrapa 1-12.
- Soltani, E.K., Cerezuela, R., Charef, N. 2017. Algerian propolis extracts: Chemical composition, bactericidal activity and in vitro effects on gilthead seabream innate immune responses. Fish and Shellfish Immunology 62: 57-67.
- Souza, A.V.C. 2003. Interpretando os índices de conversão alimentar (I.C.A) e de eficiência alimentar (I.E.A). Poli-nutri alimentos, 1-3.
- Steinel, N.C., Bolnick, D.I. 2017. Melanomacrophage Centers As a Histological Indicator of Immune Function in Fish and Other Poikilotherms. Frontiers in Immunology, 8:1-8.
- Valenti, W.C., Barros, H.P., Moraes-Valenti, P., Bueno, G.W., Cavalli, R.O. 2021. Aquaculture in Brazil: past, present and future. Aquaculture Reports 19, 1-18.
- Vinatea-Arana, L., 2003. Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. 2ª ed. Ed. da UFSC, Florianópolis.
- Yasui, G.S., Porto-Foresti, F., Castilho-Almeida, R.B., Senhorini, J.A., Nascimento, N.F., Foresti, F. Biologia e criação do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). In: Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Baldisserotto, B. 3ª edição, 544p.
- Yonar, M.E., Yonar, S.M., Silici, S. 2011. Protective effect of própolis against oxidative stress immunosuppression induced by oxytetracycline in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, W). Fish and Shellfish Immunology, 1-8.

