Eugenol na aquicultura: benefícios anestésicos, riscos ecotoxicológicos e desafios para a sustentabilidade ambiental

Autor(res)

Larissa Tinoco Barbosa
Carla Larissa Kovalski Dias
Rosemary Matias
Amanda Carolina Borges Da Silva
Gilberto Gonçalves Facco

Categoria do Trabalho

Pós-Graduação

Instituição

UNIVERSIDADE ANHANGUERA - UNIDERP

Introdução

O uso de anestésicos em peixes é uma prática consolidada na aquicultura e em experimentos científicos, promovendo o bem-estar animal durante procedimentos como manejo, transporte, biometria e intervenções cirúrgicas (Ribeiro et al., 2015). Entre os fármacos empregados, o eugenol, um composto fenólico natural extraído do cravo-da-índia (Syzygiumaromaticum), tem se destacado por sua eficácia, baixo custo e fácil disponibilidade, sendo considerado uma alternativa ao anestésico sintético MS-222 (tricaína metano sulfonato), amplamente utilizado em diversos países (Bagheri et al., 2025).

Estudos apontam que o eugenol apresenta vantagens relevantes para a aquicultura, como indução rápida da anestesia, recuperação eficiente e propriedades antimicrobianas e antioxidantes, que podem contribuir para a redução do estresse fisiológico e aumento da sobrevivência dos peixes durante o manejo (Bagheri et al., 2025). Essas características tornam o composto atrativo para sistemas produtivos que buscam maior eficiência e menor uso de fármacos sintéticos.

No entanto, sua utilização requer cautela. Pesquisas toxicológicas revelam que o eugenol, dependendo da concentração e tempo de exposição, pode apresentar efeitos adversos sobre organismos não-alvo, como microcrustáceos e outros componentes da biota aquática, afetando parâmetros fisiológicos e comportamentais (Gueretz et al., 2017). Além disso, o descarte inadequado de resíduos anestésicos pode acarretar persistência ambiental, contribuindo para desequilíbrios ecotoxicológicos (Souza et al., 2019).

Dessa forma, compreender a dualidade entre benefícios e potenciais riscos do eugenol é essencial para o uso sustentável na aquicultura. A avaliação de sua persistência no ambiente aquático, toxicidade em diferentes níveis tróficos e impactos sobre organismos não-alvo representa um passo necessário para garantir que sua aplicação seja eficiente e ambientalmente segura.

Objetivo

Analisar os impactos ambientais decorrentes do uso de anestésicos na aquicultura, com ênfase no eugenol, considerando toxicidade, persistência ambiental, efeitos sobre organismos não-alvo e impactos a longo prazo nos

ecossistemas aquáticos.

Material e Métodos

Foi realizada uma análise bibliométrica das produções científicas indexadas nas bases Scopus e Science Direct, com o objetivo de compor um portfólio de estudos relacionados aos efeitos ambientais e toxicológicos do eugenol na aquicultura. A busca foi estruturada com o uso de descritores associados por lógica booleana: “eugenol”, “anestésicos em peixes”, “ecotoxicologia”, “impactos ambientais”, “aquicultura” e “organismos aquáticos”. Foram incluídos artigos originais e de revisão, sem restrição de idioma, data de publicação ou área temática, a fim de assegurar um levantamento abrangente e representativo do estado da arte.

As métricas bibliométricas foram organizadas e analisadas por meio dos softwares VOSViewer (v.1.6.15) e SciMAT (v.1.1.04), que possibilitaram a construção de mapas de coocorrência e redes de colaboração científica. Complementarmente, o Microsoft Excel 2019 foi utilizado para tabulação de dados e análise estatística descritiva, enquanto o aplicativo Rayyan QCRI auxiliou na triagem sistemática e na remoção de duplicatas.

Ao todo, foram identificados 125 artigos. O processo de seleção foi conduzido de forma independente por dois revisores, que realizaram a triagem com base em títulos, resumos e textos completos. Os critérios de inclusão priorizaram estudos que apresentassem evidências de toxicidade do eugenol em organismos aquáticos, sua persistência no ambiente e os riscos potenciais associados à sua aplicação na aquicultura. Essa abordagem metodológica permitiu sintetizar informações relevantes sobre os benefícios e limitações do uso do composto, fornecendo subsídios para a compreensão de sua aplicabilidade e de seus possíveis impactos ambientais.

Resultados e Discussão

Dos 125 artigos analisados, apenas quatro investigaram diretamente os efeitos do eugenol na aquicultura, representando 3,2% da amostra total. Apesar da baixa proporção, os trabalhos encontrados ressaltam a relevância crescente desse composto na prática aquícola, tanto pelos benefícios como pelaspotenciais limitações.

Bagheri et al. (2025) destacam que o eugenol, derivado do cravo-da-índia, é amplamente utilizado devido à sua rápida indução anestésica, baixo custo e propriedades antimicrobianas e antioxidantes. Tais atributos o tornam uma alternativa eficiente ao anestésico sintético MS-222, frequentemente empregado em sistemas produtivos. Estudos complementares confirmam sua eficácia em diferentes espécies. He et al. (2020) observaram bons resultados em robalo-pintado (Lateolabraxmaculatus), enquanto Ribeiro et al. (2015) verificaram sua aplicabilidade nos estágios iniciais da tilápia-do-Nilo (Oreochromisniloticus). Da mesma forma, Pattanassiri, Taparhudee e Suppakul (2017) comprovaram efeitos anestésicos seguros em Bettasplendens, e Supriyono et al. (2025) evidenciaram a capacidade do eugenol de mitigar alterações bioquímicas e histopatológicas durante o transporte de juvenis de camarão de água doce.

Entretanto, a toxicidade associada ao uso do composto é um aspecto que requer atenção. Gueretz et al. (2017) observaram que, em bioensaios, concentrações elevadas de eugenol podem causar alterações fisiológicas significativas em organismos não-alvo. Resultados semelhantes foram descritos por Santos et al. (2016) em Mollienesia sp., evidenciando risco ambiental em função do acúmulo do anestésico nos corpos d’água. Comparações com outros compostos reforçam esse ponto: Yousefi et al. (2018) concluíram que o eugenol apresenta maior impacto ambiental que o timol, e Zahran et al. (2021) verificaram diferenças nos efeitos fisiológicos quando comparado ao propofol, ressaltando a importância de dosagens adequadas e protocolos específicos.

Além da toxicidade direta, há preocupação com a persistência ambiental e a presença de resíduos. Lin et al. (2025) demonstraram resíduos de anestésicos em peixes cultivados na China entre 2021 e 2023, apontando riscos

potenciais à saúde humana e à qualidade do pescado. Kolygas et al. (2025) reforçam que, embora fitoquímicos como o eugenol tenham potencial para melhorar o desempenho e prevenir doenças em aquicultura, seu uso indiscriminado pode acarretar desafios regulatórios e ambientais.

O contexto dos óleos essenciais como agentes redutores de estresse também deve ser considerado. Souza et al. (2019) apontam que, embora apresentem propriedades benéficas ao bem-estar animal, sua aplicação contínua pode comprometer a qualidade da água e afetar a biota aquática. Dessa forma, o uso do eugenol não deve ser visto como isento de riscos, mesmo sendo uma substância de origem natural e biodegradável.

Os resultados desta análise demonstram que o uso contínuo e o descarte inadequado do eugenol na aquicultura podem gerar efeitos ecotoxicológicos cumulativos e persistentes, capazes de afetar organismos não-alvo e alterar comunidades aquáticas. Torna-se, portanto, necessária a implementação de controles ambientais mais rigorosos, regulamentações específicas e estratégias de mitigação, de forma a equilibrar os benefícios produtivos e sanitários do composto com a preservação da qualidade ambiental.

Conclusão

Os resultados demonstram que, apesar do número reduzido de estudos, o eugenol possui grande relevância para a aquicultura, destacando-se pela eficácia anestésica, baixo custo e propriedades antimicrobianas. Contudo, seus potenciais riscos incluem toxicidade para organismos não-alvo, acúmulo ambiental e resíduos em peixes. Assim, seu uso deve ser orientado por protocolos rigorosos, estratégias adequadas de descarte e regulamentações específicas, aliadas a pesquisas sobre ecotoxicidade, assegurando eficiência produtiva e sustentabilidade ambiental.

Agências de Fomento

FUNDECT-Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul

CAPES-Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

FUNADESP-Fundação Nacional de Desenvolvimento do Ensino Superior Particular

CNPq-Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Referências

BAGHERI, S. et al. Uses of Eugenol in Aquaculture: Benefits and Applications–A Review. Ann. Anim. Sc., v. 25, n. 3, p. 945-953, 2025.

GUERETZ, J. S.et al. Evaluation of eugenol toxicity in bioassays with test-organisms. Ciência Rural, v. 47, n. 12, p. e20170194, 2017.

HE, Ruipeng et al. Eficácia do eugenol como anestésico para robalo-pintado adulto (Lateolabraxmaculatus). Aquaculture, v. 523, p. 735-180, 2020.

KOLYGAS, M. N. et al. Fitoquímicos: Óleos Essenciais e Outros Extratos para Prevenção de Doenças e Melhoria do Crescimento em Aquicultura: Desafios e Oportunidades. Animals, v. 15, n. 18, p. 2653, 2025.

LIN, S. et al. Residues and health risk assessment of anesthetic in fish in Fujian Province of China from 2021 to 2023. Food Control, p. 111387, 2025.

PATTANASIRI, T.; TAPARHUDEE, W.; SUPPAKUL, P. Acute toxicity and anaesthetic effect of clove oil and eugenol on Siamese fighting fish, Betta splendens. Aquac. Int., v. 25, n. 1, p. 163-175, 2017.

SUPRIYONO, E. et al. The effectiveness of eugenol in mitigating water quality, biochemical, and histopathological alterations during transportation of giant freshwater prawn juveniles. Iraqi J. Vet. Sci., v. 39, n. 2, p. 261-270, 2025.

RIBEIRO, P.A.P. et al. Efficiency of eugenol as anesthetic for the early life stages of Nile tilapia (Oreochromis niloticus). An. Acad. Bras. Ciênc., v. 87, n. 01, p. 529-535, 2015.

SOUZA, C F. et al. Essential oils as stress-reducing agents for fish aquaculture: A review. Front. Physiol., v. 10, p. 785, 2019.

YOUSEFI, M. et al. Thymol as a new anesthetic in common carp (Cyprinus carpio): Efficacy and physiological effects in comparison with eugenol. Aquaculture, v. 495, 376–383, 2018.

ZAHRAN, E.; RISHA, E.; RIZK, A. Comparison propofol and eugenol anesthetics efficacy and effects on general health in Nile Tilapia. Aquaculture, v. 534, p. 736251, 2021.