CAPÍTULO 5

Importância dos ácidos orgânicos na nutrição de peixes

Danilo Gomes de Oliveira[1], Edirlene Andréa Arnhold[1], Samuel Ijabo Ogah[1], Mateus Luan da Rosa Bosse[1], Verônica Koling do Couto Santos[1], Rafael Lazzari[1]

https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-50-3.c5

Resumo

Com a restrição aos antibióticos como promotores de crescimento, pelo risco da resistência bacteriana e por possíveis resíduos em produtos de origem animal, busca-se alternativas para uso em dietas para peixes. Os ácidos orgânicos são uma alternativa, usados como aditivos na nutrição animal. Eles são separados em ácidos carboxílicos (R-COOH) de cadeia curta (fórmico, acético, propiônico e butírico), média (caproico, caprico e láurico), longa (linolênico e linoleico). A forma de ação de cada ácido varia dependendo do seu pKa e do pH do meio. Com a redução do pH do trato digestório, em alguns casos ele favorece a atividade enzimática, melhorando a absorção de nutrientes e limitando os patógenos. Na forma não dissociada, atravessam a membrana bacteriana e interferem no metabolismo do microrganismo. O efeito sobre o desempenho dos peixes varia bastante e os mecanismos da sinergia entre os ácidos não são totalmente compreendidos. Por isso, a escolha do ácido, da dose e da forma como vai ser incluído na dieta, deve considerar a espécie, a dieta e as condições sanitárias da produção. Neste capítulo serão apresentadas e discutidas algumas informações sobre este aditivo.

[1]Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil

© 2024 Mérida Publishers CC-BY 4.0

Palavras-chave: ácidos orgânicos; aditivo; nutrição de peixes; piscicultura.

1. Introdução

A produção animal atual busca aliar um alto desempenho produtivo à garantia da sanidade e a redução do uso de antimicrobianos. Durante muitos anos, os antibióticos eram usados como promotores de crescimento com doses subterapêuticas, e melhoraram a produtividade.

No entanto, a preocupação com a resistência bacteriana e com resíduos em produtos de origem animal (Nguyen *et al*., 2020) levou a restrições ao seu uso, e a proibição na União Europeia, em 2006, tornou-se um marco para buscar alternativas. Diante disso, surgiram algumas estratégias para se obter alternativas não antibióticas (Ng & Koh 2017).

Entre essas alternativas, os ácidos orgânicos têm se mostrado promissores. São compostos com um ou mais grupos carboxila, podendo ser identificados também como ácidos graxos de cadeia curta, voláteis ou ácidos carboxílicos fracos (Ng & Koh 2017). Os de cadeia curta, de C1 a C7, ocorrem naturalmente em tecidos de plantas e animais e são produzidos por fermentação microbiana, mas os usados na indústria de rações são, em sua maioria, sintéticos. Podem ser empregados como ácidos livres, na forma de sais (potássio, sódio e cálcio) ou em misturas chamados de blend, ou seja, uma mistura de ácidos orgânicos para influenciar em mais de um fator no organismo do animal (Ng & Koh 2017).

O uso em suínos está entre os mais estudados. Inicialmente, os ácidos foram empregados de forma preventiva nas rações para melhorar o desempenho de leitões desmamados, suínos em terminação e matrizes. Os resultados foram menores que os obtidos com antibióticos, mas houve melhora na conversão alimentar (Partanen & Mroz 1999).

Na avicultura o uso dos ácidos orgânicos se destaca por serem seguros e por já serem usados na conservação de alimentos. Nesse contexto, investigou-

se o seu potencial de reduzir microrganismos patogênicos, favorecer a digestibilidade dos nutrientes e melhorar o desempenho das aves (Khan *et al*., 2022).

Na aquicultura, o uso é mais recente, depois de se observar bons resultados em animais monogástricos. Com a intensificação da produção se viu necessário o avanço dos estudos de como estes acidificantes se comportariam na dieta de peixes (Ng & Koh 2017).

Os sistemas de cultivo variam entre modelos extensivos, com baixa densidade de estocagem e pouca interferência humana, até os intensivos e superintensivos, caracterizados por alta densidade populacional e controle rigoroso das variáveis ambientais (Boyd & Tucker, 2012). Embora favoreçam maior produtividade, os sistemas intensivos impõem desafios fisiológicos, como estresse crônico, redução do desempenho zootécnico e maior suscetibilidade a doenças, decorrentes do manejo e da deterioração da qualidade da água (Mansou *et al*., 2023).

Frente a esse cenário, estratégias nutricionais vêm sendo exploradas como forma de mitigar tais impactos, promovendo a saúde e o crescimento dos peixes. Entre elas, destaca-se o uso de ácidos orgânicos como alternativa promissora aos antibióticos, devido à sua capacidade de melhorar o crescimento, a digestibilidade e a resposta imune, além de reduzir a carga microbiana no ambiente de cultivo, favorecendo o custo-benefício da produção (Koh *et al*., 2016; Pelusio *et al*., 2020; da Silva *et al*., 2023).

O crescente interesse na aplicação desses compostos está diretamente relacionado à intensificação da aquicultura e à busca por soluções sustentáveis que substituam o uso excessivo de antimicrobianos (Ng & Koh, 2018; Melo *et al*., 2025). Ng & Koh (2017) já haviam relatado um aumento significativo nas pesquisas sobre o tema, e, neste contexto, este trabalho busca dar continuidade à análise crítica da literatura recente sobre o uso de ácidos orgânicos na nutrição de peixes, com ênfase em seus benefícios, mecanismos de ação e limitações.

Em síntese, a adição dos ácidos orgânicos na produção animal nasceu da necessidade de reduzir os antimicrobianos, mas se intensificou por alguns aspectos favoráveis a produção: eles acidificam a dieta e o trato digestório, favorecem a digestão e absorção de nutrientes e minerais além da modulação microbiota. Os estudos abordam também que a resposta depende muito da espécie, do acido usado e da dose. Por isso é indispensável compreender os modos de ação e as condições de uso para aplicar esses aditivos com critério.

2. Ácidos orgânicos

2.1 Propriedades e tipos

Os ácidos orgânicos são compostos carboxílicos (R-COOH) classificados, principalmente pela extensão da sua cadeia carbônica, essa ligação entre os carbonos vai explicar boa parte do comportamento dele. Na química eles são divididos entre curta, média e longa.

Esses ácidos usados na produção animal estão diretamente ligados à sua estrutura molecular, o comprimento da cadeia carbônica a constância de dissociação (pKa) e hidroxilas (-OH), onde o grau de acidez estão ligadas a capacidade da interação dos ácidos com o meio e isso pode explicar o motivo pelo qual cada acido age diferente no trato digestório dos animais (Szabós *et al*., 2023).

O ácido fórmico (CH_2O_2), monocarboxílico e de estrutura simples, possui forte ação antimicrobiana contra bactérias e leveduras (Ferreira *et al*., 2023). Sua aplicação em nutrição animal ocorre principalmente sob a forma de sais, como formiato de sódio ou potássio, que são menos corrosivos e mais seguros (Libanori, 2021; Martins *et al*., 2023). O ácido acético ($C_2H_4O_2$), também com efeito antimicrobiano, é produzido por bactérias do gênero Acetobacter e apresenta absorção intestinal dependente do pH (Silva *et al*., 2015; Mendez *et al*., 2022).

O ácido propiônico ($C_3H_6O_2$) e seus sais atuam principalmente contra fungos e promovem modulação microbiana intestinal (Pereira, 2019; Libanori, 2021). Já o ácido benzóico ($C_7H_6O_2$), de estrutura aromática, apresenta potente ação antibacteriana e antifúngica, com rápida excreção urinária, e tem sido estudado como agente de controle de Enterobacteriaceae e patógenos Gram-positivos (Oliveira & Reis, 2017; Martins *et al*., 2023).

O ácido butírico ($C_4H_8O_2$) destaca-se por sua ação trófica no epitélio intestinal, servindo como principal fonte de energia para os enterócitos, promovendo o aumento da altura das vilosidades e melhor absorção de nutrientes e minerais (Pereira, 2019; Martins *et al*., 2023). Seus efeitos se estendem ao controle de microrganismos patogênicos e à promoção de uma microbiota benéfica.

O ácido lático ($C_3H_6O_3$), produzido naturalmente por bactérias do gênero Lactobacillus e outros, atua na acidificação do trato e favorece o crescimento de bactérias láticas, sendo rapidamente absorvido no intestino delgado (Libanori, 2021; Ferreira *et al*., 2023; Martins *et al*., Hannas & Pupa, 2023).

O ácido cítrico ($C_6H_8O_7$), um dos mais estudados na aquicultura, é eficaz na acidificação da dieta e do trato gastrointestinal, com efeitos positivos sobre crescimento, conversão alimentar e absorção de minerais, especialmente fósforo (Ng & Koh 2018; Ferreira *et al*., 2023). Também exerce ação antioxidante, protegendo os lipídeos dietéticos contra a oxidação (Libanori, 2021).

O ácido málico ($C_4H_6O_5$), encontrado amplamente em tecidos vegetais, desempenha papel no metabolismo celular e equilíbrio do pH interno, além de apresentar efeitos conservantes e potencial de melhorar o desempenho zootécnico quando suplementado na dieta (Rocha, 2022; Mendez *et al*., 2022). Já o ácido fumárico ($C_4H_4O_4$), além de acidificante, contribui para a redução de bactérias intestinais indesejáveis e melhora da morfometria intestinal (Das Neves *et al*., 2022).

2.2 Modos de ação

A eficácia dos ácidos orgânicos se observa de duas maneiras, contra os microrganismos e sobre a digestão do animal. Contra as bactérias, a forma não dissociada, que é lipossolúvel, atravessa a membrana celular, lá dentro da célula ela se dissocia e libera prótons e ânions, acidificando o meio.

A bactéria gasta energia para tentar bombear esses prontos e ânions para fora, atrapalhando a síntese de macromoléculas e a atividade de enzimas, e consequentemente a morte celular (Ng & Koh, 2017). No anima, o efeito se baseia na modulação do ambiente digestivo e na ação antimicrobiana direta. Os ácidos reduzem o pH da dieta e da digesta, o que podem estimular a ativação das enzimas proteolíticas endógenas, como a pepsina, favorecer a quebra e a absorção dos nutrientes (Partanen & Mroz 1999).

2.3 Influência no desempenho

Alguns estudos mostram os efeitos benéficos dos ácidos orgânicos na produção animal. Por exemplo, para suínos, uma mistura de ácidos orgânicos promove aumento de peso corporal e ganho médio diário, além de elevar a relação entre altura das vilosidades e das criptas do jejuno (Cai *et al*. 2024). Esse resultado corrobora com a revisão de Partanen e Mroz (1999), que destaca o efeito sobre o desempenho depende do tipo de ácido utilizado e do consumo da dieta.

Da mesma forma, na avicultura o uso se mostra benéfico. A suplementação dos ácidos em frangos promoveu alterações morfológicas como o aumento da altura das vilosidades do íleo e da densidade de células caliciformes no jejuno e o aumento da expressão de genes relacionados à barreira intestinal (Dai *et al*. 2021).

Em peixes, o uso é mais recente, e já se observa bons resultados. O uso de ácido fumárico nas dietas de Tilápias do Nilo otimizou o ganho de peso, a taxa de crescimento e a conversão alimentar (Das Neves *et al*. 2021). Houve

ainda uma redução significativa das bactérias gram-negativas e estímulo ao desenvolvimento e à altura das vilosidades intestinais, o que favorece a absorção dos nutrientes.

Esses resultados são coerentes com o que Ng & Koh 2017 discutem em sua revisão: os ácidos orgânicos atuam na melhoria do ambiente gastrointestinal, com redução do pH, o que pode favorecer a ação das enzimas digestivas e absorção de minerais e nutrientes essenciais.

Em ambas as produções o uso dos ácidos orgânicos foi uma alternativa aos antimicrobianos promotores de crescimento. Apesar das diferenças entre elas, o mecanismo converge para um ponto em comum: a melhoria gastrointestinal. Esse processo controla a população microbiana indesejada e reduz o pH que por sua vez favorece a integridade da mucosa, ou seja, esses aditivos proporcionam um melhor aproveitamento das dietas. Com isso, tende-se a ter animais mais saudáveis e menos suscetíveis a doenças e, consequentemente, melhores parâmetros zootécnicos.

Em tilápias, os ácidos cítrico, fumárico e butírico apresentaram efeitos consistentes sobre crescimento e morfologia intestinal, especialmente quando utilizados entre 8 e 15 g/kg de dieta (Neves *et al*., 2022; Dai *et al*., 2018). Contudo, doses elevadas, como 20 g/kg de ácido cítrico, demonstraram perda de eficiência ou efeitos adversos, sugerindo um limiar de tolerância específico para cada espécie.

2.4 Fatores que influenciam resposta

Além dos resultados que cada ensaio de crescimento aborda, alguns fatores gerais podem explicar por que a resposta do ácido orgânico muda. A espécie, por sua anatomia digestiva, por exemplo peixes sem ou com estômago, respondem de forma diferente. A idade também, pois animais jovens produzem pouco ácido clorídrico e tem pH gástrico alto, o que prejudica a ativação da pepsina e a digestão da proteína (Ng & Koh, 2017).

A digestibilidade da matriz alimentar, pois dietas altamente digestíveis e com ingredientes de alto valor biológico, podem mascarar os benefícios dos acidificantes (Li *et al*., 2018). O ácido usado, pois, os de pKa entre 3 e 5 são os mais ativos contra as bactérias, e os de cadeia curta tendem a agir mais sobre as bactérias gram-negativas, e os de cadeia média sobre as gram-positivas. Optar também por sais facilita o manuseio e reduz a corrosão em relação aos ácidos livres. Quanto à absorção, os ácidos protegidos têm vantagens por serem liberados progressivamente no intestino, enquanto os livres são absorvidos ou degradados logo após saírem do estômago (Ng & Koh, 2017; Tugnoli *et al*., 2020).

Os ácidos orgânicos livres, embora eficazes, apresentam volatilidade e instabilidade térmica, o que limita sua aplicação em rações extrusadas. Já suas formas salinas (ex. formiato de potássio) e microencapsuladas aumentam a estabilidade, a liberação controlada e a biodisponibilidade no intestino distal, onde sua ação é mais desejável (Martins *et al*., 2023; Libanori, 2021). Essa característica parece explicar, em parte, os melhores resultados obtidos por blends comerciais que associam diferentes ácidos e formas químicas (Koh *et al*., 2016).

3. Considerações finais

A utilização dos ácidos orgânicos e suas misturas consolidou-se como uma alternativa viável aos promotores de crescimento antimicrobianos. Eles podem melhorar o aproveitamento das dietas em várias espécies, mas a resposta depende dos fatores apresentados ao longo do capítulo. O uso deve, portanto, ser definido de modo técnico para cada tipo de produção, podendo ser usado apenas um ácido, uma mistura ou até mesmo com outros tipos de aditivos, buscando assim uma sinergia entre as suplementações existentes.

A literatura analisada evidencia que os ácidos orgânicos representam uma alternativa promissora aos antibióticos como promotores de crescimento na piscicultura, apresentando efeitos positivos sobre o desempenho zootécnico, a

digestibilidade, a modulação da microbiota intestinal e a resposta imune de diversas espécies cultivadas. Seus mecanismos de ação, amplamente descritos na literatura, incluem a acidificação do trato gastrointestinal, a inibição de microrganismos patogênicos, a melhora na biodisponibilidade de minerais e o estímulo à integridade intestinal.

Os resultados demonstram que os efeitos benéficos dos ácidos orgânicos são dependentes de múltiplos fatores, como tipo de composto, dose, forma química (livre, salina ou encapsulada), espécie-alvo, composição da dieta e condições de cultivo. Blends comerciais têm se mostrado particularmente eficazes, sobretudo quando associados a estratégias nutricionais complementares, como probióticos e prebióticos.

No entanto, a variabilidade dos resultados entre estudos e espécies evidencia a necessidade de maior padronização metodológica, validação sob condições comerciais e expansão dos ensaios para espécies nativas e sistemas tropicais. Ainda são escassos os estudos que avaliam os efeitos a longo prazo, a estabilidade em dietas extrusadas e o impacto ambiental da excreção destes compostos.

Assim, pesquisas futuras devem priorizar a definição de protocolos seguros e economicamente viáveis de uso dos ácidos orgânicos, considerando o perfil nutricional das espécies e os desafios sanitários dos sistemas de produção intensivos. O aprofundamento desses estudos poderá consolidar os ácidos orgânicos como ferramentas chave na construção de uma aquicultura mais sustentável, eficiente e tecnicamente fundamentada.

4. Referências bibliográficas

BOYD, C. E., & TUCKER, C. S. **Pond Aquaculture Water Quality Management.** Springer Science & Business Media. 2012.

CAI, L. *et al*. Effect of an organic acid blend as an antibiotic alternative on growth performance, antioxidant capacity, intestinal barrier function, and fecal

microbiota in weaned piglets. **Journal of Animal Science**, v. 102, p. skae149, 2024.

DAI, D. *et al***.** Organic acids as alternatives for antibiotic growth promoters alter the intestinal structure and microbiota and improve the growth performance in broilers. **Frontiers in microbiology**, v. 11, p. 618144, 2021.

DAS NEVES, C. V. *et al.* Dietary supplementation with fumaric acid improves growth performance in nile tilapia juveniles. **Animals**, v. 12, n. 1, p. 8, 2021.

DIBNER, J. J.; BUTTIN, P. Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. **Journal of applied poultry research**, v. 11, n. 4, p. 453-463, 2002.

FERREIRA, M. L., TORRES, T. D. F. FAUSTO, M. C. Principais ácidos orgânicos indicados para diferentes fases da produção de suínos. **Nutritime,** v.20, n. 06, 2023.

GEBRESAS, G. A. *et al*. Effects of acidity, number of hydroxyl group, and carbon chain length of carboxylic acids on starch cross-linking. **Current Research in Green and Sustainable Chemistry**, v. 6, p. 100354, 2023.

KHAN, R. U. *et al*. Prospects of organic acids as safe alternative to antibiotics in broiler chickens diet. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 22, p. 32594-32604, 2022.

KOH, C. *et al*. Effects of a dietary organic acids blend and oxytetracycline on the growth, nutrient utilization and total cultivable gut microbiota of the red hybrid tilapia, *Oreochromis sp*., and resistance to *Streptococcus agalactiae*. **Aquaculture Research**, V. 47, 357–369, 2016.

LI, S. *et al*. Supplementation with organic acids showing different effects on growth performance, gut morphology, and microbiota of weaned pigs fed with highly or less digestible diets. **Journal of animal science**, v. 96, n. 8, p. 3302-3318, 2018.

LIBANORI, M. C. M. **Efeitos da suplementação dietética de diferentes concentrações do ácido orgânico benzoico na alimentação de tilápia-do-nilo e desafiadas com** *Streptococcus agalactiae***.** Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 57 p. 2021.

MANSOU, A.T. *et al*. Editorial: Physiological performance of aquatic animals under farming-induced stress conditions. Front. Physiol. 14:1136611, 2023. doi: 10.3389/fphys.2023.1136611

MARTINS, A. A. HANNAS, M. I. PUPA, J. M. R. Uso de ácidos orgânicos e óleos essenciais em dietas para leitões. **Nutritime,** v.20, n.03, 2023.

MELO, G. A. F. *et al*. Organic Acids in Aquaculture: A Bibliometric Analysis. **Foods**. 14(14):2512, 2025. https://doi.org/10.3390/foods14142512.

MENDÉZ, M. S. C. *et al*. Uso de ácidos orgânicos na nutrição de suínos nas fases de creche, crescimento e terminação: uma revisão. **Zootecnia: pesquisa e práticas contemporâneas**, p.7, v.3, 2022. Doi: 10.37885/220207574.

NG, W. K., KOH, C. B. The utilization and mode of action of organic acids in the feeds of cultured aquatic animals. **Reviews in aquaculture**, v. 9, n. 4, p. 342-368, 2017.

NG, W. K., KOH, C.B. **Organic acids in aquafeeds: A potential substitute for antibiotics.** Global Aquaculture Alliance, 2018. Disponível em: https://www.aquaculturealliance.org/advocate/organic-acids-aquafeeds-potential-substituteantibiotics/.

NGUYEN, D. H. *et al*. Organic acids mixture as a dietary additive for pigs—a review. **Animals**, v. 10, n. 6, p. 952, 2020.

OLIVEIRA, P. H. R., REIS, R.R. Ácido Benzóico (CAS 65-85-0). **Revista Virtual da Química**. 9 (6). 2017.

PELUSIO, N. F. *et al*. Effects of increasing dietary level of organic acids and nature-identical compounds on growth, intestinal cytokine gene expression and gut microbiota of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared at normal and high temperature. **Fish and Shellfish Immunology**, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.10.021.

PEREIRA, S. A. **Suplementação dietética do ácido propionico quelado aos minerais cálcio ou sódio para juvenis de jundiá** *Rhamdia quelen* (Siluriforme: Heptapteridae). Tese. Universidade Federal de Santa Catarina. 137 p., 2019.

ROCHA, L.T. **Suplementação com ácido málico sobre o desempenho, parâmetros ruminais e metabólitos sanguíneos de ruminantes: estudo meta-analítico.** Tese. Universidade Federal de Santa Maria. 94 p. 2022.

SILVA, P. A. S. *et al*. Ácido acético. **Revista Virtual de Quimica,** v.07, n.06, 2015.

SILVA, V.G. Effect of an organic acid blend in Nile tilapia growth performance, immunity, gut microbiota, and resistance to challenge against francisellosis. **Research in Veterinary Science,** 159, 214–224, 2023. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2023.04.019.

TUGNOLI, B. *et al*. From acidifiers to intestinal health enhancers: how organic acids can improve growth efficiency of pigs. **Animals**, v. 10, n. 1, p. 134, 2020.