

---

## **Ciência, tecnologia e inovação voltadas à produção otimizada de peixes**

Sílvio Teixeira da Costa, Mauro Alves Cunha, Bernardo Baldisserotto, Rafael Lazzari, Leila Picolli da Silva, Naglezi Lovato

<https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-19-0.c9>

### **Resumo**

O consumo de pescados no mundo tem aumentado, principalmente aqueles oriundos da aquicultura. No Brasil, apesar de diversas características importantes, existem muitas lacunas tecnológicas e de estudos de mercado para potencializar a produção de peixes em sistemas intensivos. A produção brasileira, em grande parte, está baseada na produção de tilápias. Entretanto, espécies nativas como o pintado, o pacu, o tambaqui, o pirarucu, o jundiá, o dourado entre outras, apresentam boas características. A realização de pesquisas na área de piscicultura objetiva maior rendimento de pescado, com menor custo e diminuição de impactos ao meio ambiente e a saúde dos animais. Entre alguns temas podemos destacar a nutrição (produtos naturais, ingredientes, enzimas, resíduos de biocombustíveis), melhoramento genético, fisiologia (incluindo qualidade da água), reprodução, qualidade do filé e sanidade. A produção de peixes é uma atividade que pode ser realizada em pequena ou grande escala, em diferentes condições criatórias. Neste sentido, algumas questões importantes na produção de peixes são elencadas neste capítulo.

### **1. A morfofisiologia de peixes teleósteos aplicada à produção animal**

A vastidão dos ecossistemas aquáticos abriga uma incrível diversidade de espécies, cada uma habilmente adaptada às condições específicas de seu habitat. Entre essas espécies, os peixes teleósteos envolvem ampla gama de exemplares que podem ser reconhecidas desde pequenos peixes de água doce até predadores marinhos de grande porte. Também se destacam como uma notável classe taxonômica, exibindo considerável capacidade de adaptação, o

que lhes permite prosperar em vários ambientes aquáticos e se ajustar a diferentes padrões dietéticos e de manejo.

A relação intrincada entre dieta, ambiente, manejo e aspectos fisiológicos e morfométricos nos peixes teleósteos oferece um fascinante campo de estudo, que lança luz sobre os mecanismos subjacentes à evolução e sobrevivência das espécies. Dessa forma, é possível explorar as complexas interações entre dietas, ambiente, adaptações celulares e de tecidos. Destacam-se como propostas de estudo, a análise de distintos insumos que possam agregar valor nutricional e de desenvolvimento aos peixes e induzir modificações notáveis nas características biológicas desses animais.

A dieta desempenha papel crucial na determinação das características zootécnicas e produtivas dos peixes teleósteos. A variação na composição dos alimentos consumidos pode resultar em mudanças significativas na morfologia das estruturas digestivas, como boca, dentes, estômago, intestino e fígado. Exemplificando, peixes que se alimentam predominantemente de presas duras, como crustáceos e moluscos, desenvolveram mandíbulas e dentes adaptados para esmagar cascas rígidas. Por outro lado, peixes herbívoros podem exibir rastros branquiais e intestinos mais longos e enrolados, para facilitar a digestão de material vegetal de difícil assimilação. Peixes alimentados com dietas ricas em lipídios podem apresentar aumento no tamanho e na quantidade de células hepáticas, demonstrando adaptação para o processamento e armazenamento de gorduras. Da mesma forma, alterações na dieta podem influenciar a densidade de células secretoras no pâncreas, impactando a capacidade de produção de enzimas digestivas.

Assim, os tecidos biológicos desses peixes exibem adaptações, modificações e até mesmo alterações microscópicas notáveis em resposta às novas propostas ambientais. Exemplificando, estudos têm demonstrado que a variação na disponibilidade de íons e nutrientes na água podem sensibilizar diretamente a estrutura morfológica das brânquias. Peixes teleósteos expostos a águas ricas em nutrientes podem desenvolver brânquias mais densas e bem vascularizadas, permitindo maior absorção de oxigênio e nutrientes dissolvidos. Essa adaptação histológica é essencial para otimizar a capacidade respiratória e metabólica, especialmente quando as condições ambientais flutuam.

Adaptações fisiológicas também são observadas em teleósteos de água doce quando há variações nos níveis de oxigênio, pH, dureza e resíduos nitrogenados (SOUZA et al., 2016; MARX et al., 2022). Os peixes precisam ajustar seus mecanismos de osmorregulação para evitar desequilíbrios eletrolíticos prejudiciais, modificando a disponibilidade de íons branquiais como forma de adaptação ao local. Outros tecidos e órgãos dos peixes também sofrem diferentes adaptações na tentativa de manter sua homeostasia e resistir a eventos que podem ser prejudiciais a sua saúde.

Esses complexos mecanismos de interação destacam a plasticidade fenotípica dos peixes teleósteos, que pode ser definida como a capacidade do indivíduo ou organismo de ajustar suas características em resposta a mudanças no ambiente, no manejo ou na dieta, permitindo que ele maximize sua adaptação às novas condições. Essa flexibilidade ou plasticidade fenotípica pode ser marcante em peixes teleósteos ao serem transferidos de um ambiente para outro, onde suas características histológicas, morfológicas e fisiológicas podem variar ao longo do tempo para melhor se adequar às novas condições.

Uma análise das adaptações histológicas, morfológicas e fisiológicas em peixes teleósteos submetidos a diferentes dietas e padrões ambientais oferece uma visão rica e fascinante da complexa rede de interações que moldam esses organismos. Essas adaptações não apenas refletem a incrível diversidade de ambientes aquáticos, mas também, destacam a capacidade inata dos peixes de se ajustar e evoluir em resposta a desafios em constante mudança. Através da investigação dessas adaptações, os cientistas estão desvendando os segredos da evolução, diversificação e sobrevivência dessas espécies notáveis, proporcionando valiosas inspirações para a compreensão mais profunda dos ecossistemas aquáticos e da biologia em geral.

Na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), o Laboratório de Morfofisiologia Experimental (LABITEX) busca associar suas expertises e propor linhas de pesquisa em comum. Logo no início de suas atividades ficou claro que existia uma grande demanda por análises histológicas da parte de outros grupos de pesquisa, o que levou ao estabelecimento de parcerias científicas com diferentes pesquisadores. Em parceria como o LABITEX, o Laboratório de Fisiologia de Peixes (LAFIPE) tem desenvolvido investigações com diferentes

desafios utilizando produtos naturais (ex. óleos essenciais e extratos naturais) como inibidores do estresse, agentes antioxidantes, imunomoduladores, promotores de crescimento, antibacterianos, antiparasitários e promotores de bem-estar para peixes.

Aditivos naturais, vegetais e herbais atuam como promotores de crescimento, tendo sido observada sua utilização desde a antiguidade. Com o passar do tempo, o conhecimento sobre as plantas evoluiu como consequência das modernas tecnologias, ocasionando o isolamento sistemático e a caracterização dos princípios ativos contidos nestas fontes vegetais. Os efeitos exercidos pelas plantas em animais aquáticos podem ser explicados pela presença e constituição de seu(s) princípio(s) ativo(s). Esses micros ingredientes vêm sendo efetivamente utilizados como aditivos com resultados muito satisfatórios na piscicultura (SOUZA et al., 2019). Estratégias profiláticas focadas na nutrição são testadas como estimulantes da imunidade para uma otimização do desempenho, diminuição do estresse pela maior resistência a enfermidades e melhor saúde do trato gastrintestinal e conseqüentemente, melhor eficiência dos nutrientes das rações.

A adição de óleos essenciais ou extratos de diferentes plantas na ração de peixes, quando comparados a um controle sem adição de qualquer aditivo, aumentou o seu crescimento (SOUZA et al., 2019). Pesquisas de óleos essenciais como anestésicos foram realizadas com sucesso pelo LAFIPE (ALMEIDA et al., 2019; SILVA et al., 2019; SOUZA et al., 2019; SANTOS et al., 2022). Essas pesquisas também deram origem a várias patentes de óleos como anestésicos registradas no INPI: PI 0904839-1, PI 0706182-0, PI11039663.

## **2. Nutrição racional e sustentável para alavancar a produção piscícola**

No ano de 2012, o estudo realizado pelo Instituto Norte-americano Earth Policy apontou que pela primeira vez no mundo a produção de pescado e frutos do mar (66,5 milhões toneladas) superou a produção de carne bovina (63 milhões toneladas) (LARSEN & RONEY, 2013). Desde então a aquicultura cresce exponencialmente, especialmente liderada pelo rápido avanço da piscicultura (FAO, 2020-SOFIA). Esse fato demonstra que o mercado aquícola

exigirá maior eficiência nos próximos anos, a fim de abastecer a crescente demanda de alimentos para a população mundial. A mudança mais urgente reside em modificações profundas na matriz alimentar, que atualmente utiliza grandes quantidades de ingredientes de origem animal, de alto custo, ampla variabilidade qualitativa e baixa sustentabilidade ambiental.

Naturalmente os estudos têm conduzido a substituição destes ingredientes por fontes proteicas vegetais, o que também exige cautela a fim de evitar competitividade desnecessária entre bases alimentares intensamente usadas por outras espécies zootécnicas (ex. uso de soja na nutrição de aves e suínos). Neste cenário, a prudência deve ser estabelecida por estudos que promovam bases não competitivas, incentivando a aplicação de tecnologias viáveis para obter produtos inovadores, oriundos de espécies vegetais de uso limitado por fatores considerados antinutricionais e/ou de biomassas residuais ainda pouco exploradas.

Algumas culturas vegetais, embora com zoneamento agroclimático favorável e tecnologias de cultivo eficientes, apresentam uso limitado na nutrição animal devido a fatores antinutricionais restritivos (ex. polissacarídeos não amiláceos, ácido fítico, taninos, alcaloides, etc.). Uma grande parcela dos estudos que visam melhorar a eficiência de uso destes ingredientes, baseia-se em tratamentos químicos e enzimáticos para inativação dos compostos de ação antinutricional.

Além destas, existem outras tecnologias não convencionais que podem melhorar as características do produto de origem, com geração de novos produtos promotores de desempenho animal. Neste tema, nosso grupo de pesquisa tem direcionado esforços para o desenvolvimento de estratégias tecnológicas eficientes e de mínimo impacto ambiental, para obtenção de concentrados nutricionais de alto valor biológico (principalmente proteicos) e compostos bioativos, usando ingredientes de uso limitado, subprodutos e resíduos oriundos das agroindústrias de processamento.

### 3. Digestibilidade de nutrientes, manejo e dietas para peixes

A digestão dos nutrientes resulta da combinação coordenada de processos físicos, químicos e enzimáticos. Inicia-se quando o alimento é apreendido e finalizada quando fezes e produtos nitrogenados da digestão são excretados. Um ingrediente alimentar pode parecer, pela sua composição química, uma excelente fonte de nutrientes, mas terá pouco valor real, a menos que possa ser digerido e absorvido pela espécie-alvo (KOPRUCU & OZDEMIR, 2005).

Dentre os peixes teleósteos, pela variedade de espécies existentes, há diferentes órgãos para auxiliar na digestão física dos alimentos, como diferentes formas de dentes, presença de rastros branquiais, placas dentígeras e dentes faríngeos. Algumas espécies também apresentam órgão semelhante à moela das aves (GONÇALVES et. al, 2012).

Por sua vez, a digestão química dos alimentos ocorre através da secreção de suco gástrico (exceto para aquelas espécies que não possuem estômago definido). O suco gástrico é formado pelo ácido clorídrico e pepsinogênio, o qual é transformado em pepsina, pelo baixo pH (DABROWSKI & PORTELLA, 2005).

No pâncreas são armazenadas as enzimas proteolíticas tripsina, quimotripsina, carboxipeptidases e elastase, na forma de zimogênio inativo. Posteriormente o tripsinogênio é convertido em tripsina pelas enteroquinases presentes na mucosa intestinal. Os demais zimogênios são ativados pela tripsina e iniciam sua ação sobre o substrato (FÄNGE & GROVE, 1979).

As lipases e amilases são sintetizadas principalmente no pâncreas dos peixes e em várias espécies de teleósteos essa síntese pode ocorrer na mucosa intestinal. Essa característica é observada em peixes onívoros e herbívoros, onde há maior concentração da amilase devido à essencialidade dessa enzima para a digestão dos carboidratos.

A ação e atividade das enzimas digestivas, junto a processos fermentativos resultam na digestibilidade e aproveitamento dos nutrientes presentes nos alimentos. Na nutrição e alimentação de peixes, conhecer a forma como cada ingrediente e como as dietas completas são absorvidas pelo organismo animal é estritamente importante, considerando as notáveis diferenças na morfologia digestiva dos teleósteos. O conhecimento da digestibilidade dos

nutrientes dos vários ingredientes utilizados na formulação de rações para peixes é desejável para que a substituição eficaz de um ingrediente por outro possa ser alcançada.

Juntamente com a análise química, a determinação da digestibilidade pode permitir uma estimativa mais completa do valor nutritivo de uma determinada fonte alimentar em um alimento completo para peixes. Usualmente, a qualidade da proteína dos ingredientes dietéticos é o principal fator que afeta o desempenho dos peixes. Assim, a digestibilidade proteica é a principal medida da disponibilidade de proteínas e conseqüentemente de aminoácidos pelos peixes (HALVER & HARDY, 2002). A digestibilidade de um mesmo ingrediente muda de acordo com o hábito alimentar da espécie alvo e também com o tipo de processamento do ingrediente e/ou da dieta.

O correto manejo nutricional é o ponto chave na viabilidade da piscicultura, independente do sistema de criação adotado. Outra questão está relacionada à falta de informações sobre as exigências nutricionais de espécies nativas brasileiras. As rações produzidas no Brasil são formuladas baseadas nos valores apresentados em tabelas não muito recentes.

#### 4. Considerações finais

As pesquisas desenvolvidas pelos grupos na área de piscicultura do PPGZ/UFSM visam atender demandas importantes da atividade. Aplicar a pesquisa gerando tecnologias é uma busca constante, contribuindo para o desenvolvimento da produção piscícola.

#### 5. Referências bibliográficas

ALMEIDA, A. P. G. et al. Stress-reducing and anesthetic effects of the essential oils of *Aloysia triphylla* and *Lippia alba* on *Serrasalmus eigenmanni* (Characiformes: Serrasalminidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 17, n. 2, 2019.

MARX, M. T. S. et al. Expression of ion transporters and Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase and H<sup>+</sup>-ATPase activities in the gills and kidney of silver catfish (*Rhamdia quelen*) exposed to different pHs. **Fishes**, v.7, p. 261, 2022.

- SANTOS, A. C. et al. Essential oil of *Aloysia citriodora* Paláu and citral: sedative and anesthetic efficacy and safety in *Rhamdia quelen* and *Ctenopharyngodon idella*. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v.49, p.104 - 112, 2022.
- SILVA, H. N. P. et al. Anesthetic potential of the essential oils of *Lippia alba* and *Lippia origanoides* in Tambaqui juveniles. **Ciência Rural**, v.49, n.6, 2019.
- SOUZA, C. F. et al. Essential oils as stress-reducing agents for fish aquaculture: a review. **Frontiers in Physiology**, v.10, p.785, 2019.
- SOUZA, C. F. et al. Freshwater parameters in the state of Rio Grande do Sul, southern Brazil, and their influence on fish distribution and aquaculture. **Neotropical Ichthyology**, v.14, n.3, 2016.
- ZEPPENFELD, C. C. et al. Essential oil of *Aloysia triphylla* as feed additive promotes growth of silver catfish (*Rhamdia quelen*). **Aquaculture Nutrition**, v. 22, p. 933–940, 2015.

## Autores

Sílvio Teixeira da Costa<sup>1</sup>, Mauro Alves Cunha<sup>2</sup>, Bernardo Baldisserotto<sup>2</sup>,  
Rafael Lazzari<sup>3</sup>, Leila Picolli da Silva<sup>3</sup>, Naglezi Lovato<sup>3</sup>

1. Departamento de Morfologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.
2. Departamento de Fisiologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.
3. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil