

# PROTEÍNAS, AMINOÁCIDOS E VARIÁVEIS METABÓLICAS NA NUTRIÇÃO DE PEIXES

*Data de submissão: 08/03/2024*

*Data de aceite: 01/04/2024*

### **Vanessa Ferreira Batista**

Universidade Federal do Maranhão  
(UFMA) Chapadinha – MA  
<https://lattes.cnpq.br/9422418524242720>

### **Maylanne Sousa de Lima**

Universidade Federal do Maranhão  
(UFMA) Chapadinha – MA  
<https://lattes.cnpq.br/6517309368351180>

### **Rafael Silva Marchão**

Universidade Federal do Vale do São  
Francisco (UNIVASF) Petrolina - PE  
<http://lattes.cnpq.br/2846114784139547>

### **Felipe Barbosa Ribeiro**

Universidade Federal do Maranhão  
(UFMA) Chapadinha – MA  
<http://lattes.cnpq.br/5843372571035012>

### **Marcos Antonio Delmondes Bomfim**

Universidade Federal do Maranhão  
(UFMA) Chapadinha – MA  
<http://lattes.cnpq.br/2299520175860743>

### **Gilmar Amaro Pereira**

Universidade Federal do Vale do São  
Francisco (UNIVASF) Petrolina – PE  
<http://lattes.cnpq.br/0224665947793484>

### **Geisiane Silva Sousa**

Universidade Federal do Maranhão  
(UFMA) Chapadinha – MA  
<http://lattes.cnpq.br/1089026314431242>

### **Vanilisa Chaves de Sousa**

Universidade Federal do Maranhão  
(UFMA) Chapadinha – MA  
<http://lattes.cnpq.br/0640928052485717>

### **Milena Sousa Veiga**

Universidade Federal do Maranhão  
(UFMA) Chapadinha – MA  
<http://lattes.cnpq.br/7455478170695732>

### **Luana Cardoso Silva**

Universidade Federal do Maranhão  
(UFMA) Chapadinha – MA  
<https://lattes.cnpq.br/2108295239911349>

### **Marcos Vinicius Silva Bastos**

Universidade Federal do Maranhão  
(UFMA) Chapadinha – MA  
<http://lattes.cnpq.br/1508407677611548>

### **Antonia Francisca Lima Cardoso**

Instituto Estadual de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Maranhão (IEMA) Amarante  
do Maranhão – MA  
<http://lattes.cnpq.br/2440063915138440>

**RESUMO:** A piscicultura no Brasil é representada por Tilápias, Carpas, Trutas e Pangasius. É considerada uma das principais fontes de renda para milhares de brasileiros e ocupa o 4º lugar em produção mundial. Para o êxito no cultivo de peixes é necessário o atendimento da exigência dietética de aminoácidos, a fim de evitar a limitação no desempenho dos peixes. O requerimento aminoacídico varia diante dos estágios de vida, hábito alimentar e ainda pode ser recomendado com valores alterados devido às condições da qualidade da água e estado de saúde dos peixes. As análises hematológicas, plasmáticas e hepáticas são ferramentas complementares na piscicultura, uma vez que, auxiliam na determinação do bem-estar dos animais por meio das análises de hematócrito, contagem de eritrócitos, níveis de colesterol total, triglicérides, proteínas totais, glicose, albumina, concentração de hemoglobina, índices hematimétricos e ainda atividade enzimática de AST.

**PALAVRAS-CHAVE:** Piscicultura; hematologia; hepático

## PROTEINS, AMINO ACIDS AND METABOLIC VARIABLES IN FISH NUTRITION

**ABSTRACT:** Fish farming in Brazil is represented by Tilapia, Carp, Trout and Pangasius. It is one of the main sources of income for thousands of Brazilians and ranks 4th in world production. To be successful in fish farming, it is necessary to meet the dietary requirement for amino acids, in order to avoid limiting the performance of the fish. The amino acid requirement varies depending on life progress and eating habits and can even be recommended with altered values due to water quality conditions and the health status of the fish. Hematological, plasma and liver analyzes are complementary tools in fish farming, as they help determine the well-being of animals through analyzes of hematocrit, erythrocyte count, levels of total cholesterol, triglycerides, total proteins, glucose, albumin, hemoglobin concentration, hematimetric indices and even AST enzymatic activity.

**KEYWORDS:** Pisciculture; hematology; hepatic

## PISCICULTURA NO BRASIL

No Brasil, a piscicultura engloba pequenos e grandes produtores, gerando fonte de renda e mantendo cerca de 1 milhão de pessoas formalmente empregadas (PEIXE BR, 2022). Atualmente, o Brasil é o 4º maior produtor de peixes do mundo e o sucesso de produção nessa área é atribuído principalmente ao consumo brasileiro, o que gerou no ano de 2021 cerca de 841.005 toneladas de produção, culminando em um crescimento de 4,7% em comparação ao ano de 2020, onde foram produzidas 802.930 toneladas (PEIXE BR, 2022).

A exportação de peixes inteiros, congelados, filés e refrigerados oriundos da piscicultura brasileira para os Estados Unidos, Colômbia, China e Chile também apresentou um aumento expressivo no ano de 2021, com um acréscimo de 78% em relação ao ano de 2020, refletindo o sucesso de cultivo e produção da piscicultura brasileira (COMEXSTAT, 2022; PEIXE BR, 2022).

Dentre as espécies mais cultivadas no ranking global, destacam-se a Tilápia, Pangasius e Salmão (FAO, 2020; PEIXE BR, 2022). Enquanto que, no Brasil, os peixes exóticos mais representativos para a piscicultura são Tilápias, Carpas, Trutas e Pangasius, assim como as espécies nativas Tambaqui (PEIXE BR, 2022).

Desse modo, para que o crescimento desse setor permaneça crescente, se faz necessário o uso de novas tecnologias e incremento de espécies que possuem alto potencial de cultivo (SILVA et al., 2018).

## PROTEÍNAS E AMINOÁCIDOS

A proteína é um macronutriente formado por aminoácidos unidos por ligações peptídicas, sendo considerado o composto orgânico mais caro das dietas (NRC, 2011; LIMA et al., 2015). As proteínas desempenham papéis importantes no organismo animal, como substrato para produção de enzimas, anticorpos, hormônios e tecido muscular, atendendo as necessidades básicas e vitais dos animais (FRACALLOSSI e CYRINO, 2013).

A proteína está presente nos tecidos de todos os animais, sendo considerada o principal componente da estrutura corporal e visceral do organismo (WU, 2013). No entanto, para a devida utilização da proteína da dieta (formação de tecido muscular, produção de enzimas e proteínas transportadoras, por exemplo), são necessários processos fisiológicos e metabólicos que envolvem desde a digestão da macromolécula até a absorção dos peptídeos e aminoácidos pelos enterócitos (células da mucosa intestinal, responsáveis pela absorção dos nutrientes) e transporte pela corrente sanguínea, até a chegada nas células (WILSON, 2002; NRC, 2011).

No entanto, os peixes, assim como os animais terrestres, não possuem exigência metabólica no que diz respeito a proteína, mas sim de um equilíbrio entre os aminoácidos essenciais e não essenciais (WILSON, 2002) que, dentre os mais de 200 existentes na natureza, o total de 20 aminoácidos são comumente encontrados como componentes das proteínas corporais, sendo 10 aminoácidos essenciais e não essenciais (Tabela 1) (WILSON, 2002; MCDONALD et al., 2010; NRC, 2011; CRAIG, 2017).

Os aminoácidos essenciais são aqueles que não podem ser sintetizados pelo organismo animal, ou apresentam uma síntese lenta em relação a exigência metabólica do animal, sendo estes obrigatórios no fornecimento na dieta. Enquanto que os não essenciais, são aqueles sintetizados pelo organismo do animal, usando como substrato outro aminoácido da dieta (LI et al., 2009; NRC, 2011; CAVALHEIRO et al., 2014; RODRIGUES, 2019).

<b>Aminoácidos essenciais</b>	<b>Abreviação</b>	<b>Aminoácidos não essenciais</b>	<b>Abreviação</b>
Lisina	Lys	Cistina	Cys
Metionina	Met	Tirosina	Tyr
Treonina	Thr	Glicina	Gly
Triptofano	Trp	Serina	Ser
Valina	Val	Alanina	Ala
Histidina	His	Aspartato	Asp
Isoleucina	Ile	Glutamino	Glu
Leucina	Leu	Prolina	Pro
Arginina	Arg	Asparagina	Asn
Fenilalanina	Phe	Glutamato	Gln

Tabela 1. Aminoácidos proteicos essenciais e não essenciais, seguidos de suas abreviações

Adaptado: NRC (2011)

A lisina é um dos primeiros aminoácidos essenciais limitantes em ingredientes vegetais, como milho, usado na formulação de dietas para peixes, além de ser encontrada em grande proporção na carcaça desses animais (FURUYA et al., 2004). Desse ponto de partida, a lisina - assim como metionina, treonina e triptofano - são alvos de estudos constantes, pois em quantidades balanceadas, proporciona maior ganho de peso, deposição de proteína e melhora na conversão alimentar (FURUYA et al., 2006; SILVA et al., 2018; MARCHÃO et al., 2020).

O crescimento dos peixes está condicionado ao fornecimento dos aminoácidos dietéticos, tomando como base os valores digestíveis (fração de aminoácidos perdidos nas fezes) (FURUYA et al., 2001), uma vez que, dietas formuladas levando em conta apenas o teor de proteína bruta (nitrogênio total da amostra X 6,25) pode não garantir o atendimento das exigências de todos os aminoácidos, principalmente os essenciais, limitando o desenvolvimento do animal (BOMFIM, 2013). Enquanto que seu excesso promove redução no desempenho, pela necessidade da excreção de resíduos nitrogenados (amônia) no ambiente aquático com elevado custo energético (BOTARO et al., 2007; CYRINO, 2010; NRC, 2011; BOMFIM, 2013).

Uma forma de minimizar a deficiência do aminoácido essencial na dieta é a suplementação deste aminoácido na forma sintética. Já o efeito ocasionado pelo excesso de aminoácidos na dieta, pode ser minimizado com a redução da proteína bruta na dieta e a suplementação dos aminoácidos limitantes na forma sintética, proporcionando o balanceamento entre os aminoácidos (BOTARO et al., 2007; QUADROS et al., 2009).

## LISINA NA NUTRIÇÃO DE PEIXES

A lisina é o aminoácido essencial com maior número de estudos na nutrição de peixes, pelo fato de ser encontrada em maior proporção na carcaça desses animais, uma vez que, apresenta função quase que exclusiva na deposição de proteína corporal (NRC, 2011; ABIMORAD et al., 2010; MARCHÃO et al., 2020). Dentre todos os aminoácidos essenciais, a lisina geralmente é um dos primeiros limitantes, principalmente quando a fonte proteica é de origem vegetal (DA COSTA SOUSA et al., 2021).

A lisina, assim como a metionina, possivelmente participa da síntese da carnitina, molécula que atua como transportadora dos ácidos graxos para a mitocôndria, onde ocorre a geração de energia através da  $\beta$ -oxidação (ADABI et al., 2011). Além disso, esse aminoácido indispensável, assim como a leucina, é um aminoácido cetogênico, sendo incapaz de ser precursor da glicose através do seu esqueleto carbônico. Contudo, pode produzir corpos cetônicos, gerando moléculas intermediárias como acetoacetil-CoA ou acetil-CoA, importantes componentes para síntese de energia metabólica (NELSON e COX, 2011; CAMPELO et al., 2018).

A suplementação de lisina em dietas deficientes deste aminoácido para peixes, proporciona aumento no ganho de peso, melhora da conversão alimentar, redução de gordura na carcaça e maior retenção de nitrogênio (MARCHÃO et al., 2020; TEIXEIRA et al., 2020). Em contrapartida, sua deficiência na dieta ocasiona impacto negativo no desempenho de peixes, devido a limitação de síntese proteica (FURUYA et al., 2004; NRC, 2011). Já o excesso de lisina provoca catabolismo, devido a incapacidade de armazenamento dos aminoácidos e competição por sítios de absorção em função da semelhança na estrutura química com arginina, além de promover a excreção de compostos nitrogenados no ambiente aquático, provocando eutrofização (poluição do ambiente aquático) (NRC, 2011; BOMFIM, 2013). Assim, para que a suplementação seja adequada, é imprescindível o conhecimento sobre o requerimento aminoacídico dietético da espécie (FURUYA et al., 2004), conforme exemplificado na Tabela 2.

Espécie	Exigência (% da dieta)	Tamanho (g)	Modelo estatístico	Referências
Jundiá ( <i>Rhamdia quelen</i> )	3,0 - 6,5	1,4	Broken line e Regressão polinomial	Montes-Girão e Fracalossi (2006)
Salmão do Atlântico ( <i>Salmo salar</i> )	0,4 - 5,6	4,7 – 642	Equação exponencial	Espe et al. (2007)
Tambaqui ( <i>Colossoma macropomum</i> )	1,73 - 1,58	0,34 – 23	LRP – Regressão polinomial	Silva et al., (2018); Marchão et al., (2020).
Tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	1,04 - 1,9	0,04 - 5,7	Broken-line; Regressão	Santiago e Lovell (1988); Furuya et al., (2006)

Tabela 2. Exigência de lisina (% da dieta) para alguns peixes carnívoros e onívoros

No entanto, as dietas fornecidas aos peixes devem ser ajustadas levando em consideração alguns fatores, como estágio de vida (alevino, juvenil, adulto) e hábito alimentar da espécie (carnívoro, onívoro, herbívoro, detritívoro) visto que as necessidades dietéticas são distintas (WILSON, 2002; NRC, 2011). Além disso, ao determinar o requerimento de lisina para peixes, deve-se atentar as condições físico-químicas da água (pH, oxigênio, nitrito, amônia) e estado de saúde, pois são fatores que podem alterar o nível recomendado (NETA et al., 2023). Outro fator relevante é a energia dietética, uma vez que, dietas com elevado teor energético reduzem o consumo, enquanto que rações com níveis abaixo da exigência, provocam o catabolismo dos aminoácidos, a fim de suprir a demanda energética (NRC, 2011; WU, 2013) podendo interferir no valor a ser recomendado.

## **PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS, HEPÁTICOS E BIOQUÍMICOS NA NUTRIÇÃO DE PEIXES**

As análises sanguíneas e plasmáticas são ferramentas que auxiliam na determinação do bem-estar dos animais e suscetibilidade a doenças, sendo amplamente utilizadas em estudos para determinação de exigências nutricionais (MARCHÃO et al., 2023; AROUCHA et al., 2023). O uso dessa metodologia é atribuído a facilidade da coleta de amostras sem necessidade de levar o peixe a óbito, devido a sucinta quantidade de sangue coletadas para inúmeras análises.

Tais parâmetros, servem de indicadores do estado fisiológico dos peixes, em resposta a nutrientes, estresse e doenças (PEDRO et al., 2005). Assim, sabendo que o estado fisiológico dos peixes responde em função de nutrientes, alterações ambientais e doenças, essa metodologia vem ganhando espaço e destaque em estudos com peixes, uma vez que, auxilia de forma pertinente na elaboração de estratégias voltadas ao bem-estar animal, atreladas a nutrição (MARCHÃO et al., 2022).

Por meio da coleta de sangue é possível diagnosticar a quantidade de eritrócitos, níveis de colesterol total, triglicerídeos, proteínas totais, glicose, albumina, hematócrito e concentração de hemoglobina (MACEDO et al., 2023; ROCHA et al., 2023).

O fígado é um órgão vital e exerce importantes funções metabólicas no organismo dos peixes (NRC, 2011). Além disso, é o local de deposição da maior parte do glicogênio (reserva de glicose), atuando na regulação dos níveis de glicose no sangue (OLIVEIRA et al., 2022; MARCHÃO et al., 2023) e atua na produção de enzimas importantes no processo metabólico e digestivo de nutrientes, como proteínas e lipídeos (RAŠKOVIĆ et al., 2011).

Dessa forma, considerando a importância do fígado e suas funções, as análises hepáticas, como atividade das enzimas aminotransferase (AST e ALT) e concentração do glicogênio hepático, são considerados importantes indicadores na determinação do estado fisiológico dos peixes e utilizadas em estudos voltados a nutrição e bem-estar animal (ROCHA et al., 2023; AROUCHA et al., 2023).

## REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E. G.; FAVERO, G. C.; SQUASSONI, G. H.; CARNEIRO, D. Dietary digestible lysine requirement and essential amino acid to lysine ratio for pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Aquaculture Nutrition**. Malden: Wiley-blackwell, v. 16, n. 4, p. 370-377, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00674.x>
- ADABI, S. G.; COOPER, R. G.; CEYLAN, N.; CORDUK, M. L-carnitine and its functional effects in poultry nutrition. **World's poultry science journal**, v. 67, n. 2, p. 277-296, 2011. <https://doi.org/10.1017/S0043933911000304>
- AROUCHA, R. J. N.; RIBEIRO, F. B.; BOMFIM, M. A. D.; DE SIQUEIRA, J. C.; MARCHÃO, R. S.; DO NASCIMENTO, D. C. N. Digestible methionine plus cystine requirement in tambaqui (*Colossoma macropomum*) diets: Growth performance and plasma biochemistry. **Aquaculture Reports** 32:101725, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101725>
- BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; QUADROS, M.; RIBEIRO, F. B.; SOUSA, M. P. D. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 1-8, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000100001>
- BOMFIM, M. A. D., (2010). Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 1-8.
- BOMFIM, M. A. D. Estratégias Nutricionais para Redução das Excreções de Nitrogênio e Fósforo nos Sistemas de Produção de Peixes no Nordeste: Sustentabilidade Ambiental e Aumento da Produtividade. **Revista Científica de Produção Animal**, v.15, n.2, p.122-140, 2013. <http://dx.doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v15n2p122-140>
- BOTARO, D.; FURUYA, W. M.; SILVA, L. C. R.; SANTOS, L. D. D.; SILVA, T. S. D. C.; SANTOS, V. G. D. Redução da proteína da dieta com base no conceito de proteína ideal para tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.517-525, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000300001>
- CAMPELO, D. A. V.; SALARO, A. L.; LADEIRA, A. L. F.; MOURA, L. B. D.; FURUYA, W. M. Dietary lysine requirement of adult lambari (*Astyanax altiparanae*) (Garutti and Britski, 2000). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.47, 2018. <https://doi.org/10.1590/rbz4720160325>
- CAVALHEIRO, A. C. M.; CASTRO, M. L. S.; EINHARDT, M.; POUHEY, J. L. O. F.; PIEDRAS, S. N.; XAVIER, E. G. Microingredientes utilizados em alimentação de peixes em cativeiro–Revisão. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.109, p.11-20, 2014.
- COMEXSTAT/Ministério da Economia. **Exportação e Importação Geral**. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em 26 outubro de 2022.
- CRAIG, S. R.; HELFRICH, L. A.; KUHN, D.; SCHWARZ, M. H. Understanding fish nutrition, feeds, and feeding, 2017.
- CYRINO, J. E. P.; BICUDO, Á. J. D. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIK, J. K. A piscicultura e o ambiente - o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.68-87, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300009>

DA COSTA SOUSA, M.; BOMFIM, M. A. D.; RIBEIRO, F. B.; DE SIQUEIRA, J. C.; MARCHÃO, R. S.; DE SOUSA, T. J. R.; TAKISHITA, S. S. Lysine requirements of tambatinga (*Colossoma macropomum* × *Piaractus brachypomus*) fingerlings using different diet formulation techniques. **Aquaculture Nutrition**, v. 27, n. 6, p. 1825-1836, 2021. <https://doi.org/10.1111/anu.13320>

DIOGENES, A. F.; FERNANDES, J. B. K.; DORIGAM, J. C. P.; SAKOMURA, N. K.; RODRIGUES, F. H. F.; LIMA, B. T. M.; GONÇALVES, F. H. Establishing the optimal essential amino acid ratios in juveniles of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by deletion method. **Aquaculture nutrition**, v.22, n.2, p.435-443, 2016. <https://doi.org/10.1111/anu.12262>

ESPE, M.; LEMME, A.; PETRI, A.; EL-MOWAFI, A. Assessment of lysine requirement for maximal protein accretion in Atlantic salmon using plant protein diets. **Aquaculture**, v.263, n. 1-4, p.168-178, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.018>

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome, Italy: **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Retrieved from <https://doi.org/10.4060/ca9229en>

FISHBASE, *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878) Striped catfish. Disponível em: <https://www.fishbase.de/Summary/SpeciesSummary.php?ID=14154&AT=panga>. acesso em: 10 de outubro de 2022.

FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis: **Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática**, v. 375, 2013.

FORSTER, I.; OGATA, H. Y. Lysine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream *Pagrus major*. **Aquaculture**, v.161, p.131-142, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00263-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00263-9)

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; PEZZATO, A. C.; BARROS, M. M.; MIRANDA, E. C. D. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, 2001. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000500002>

FURUYA, W. M.; BOTARO, D.; NEVES, P. R.; SILVA, L. C. R.; HAYASHI, C. Exigência de lisina pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase de terminação. **Ciência Rural**, v.34, p. 1933-1937, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000500038>

FURUYA, W. M.; SANTOS, V. G. D.; SILVA, L. C. R.; FURUYA, V. R. B.; SAKAGUTI, E. S. Exigência de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p. 937-942, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000400001>

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; BOSCOLO, W. R.; CYRINO, J. E. P.; FURUYA, V. R. B.; FEIDEN, A. **Tabelas brasileiras para nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 2010. 100p.

HOQUE, M. S.; HAQUE, M. M.; NIELSEN, M.; RAHMAN, M. T.; HOSSAIN, M. I.; MAHMUD, S.; MANDAL, A. K.; FREDERIKSEN, M.; LARSEN, E. P. Prospects and challenges of yellow flesh pangasius in international markets: secondary and primary evidence from Bangladesh. **Heliyon**, v. 7, n. 9, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08060>

HUNG, L. T.; CACOT, P.; LAZARD, J. Larval Rearing of the Mekong catfish, *Pangasius bocourti* (Pangasiidae, Siluroidei): Substitution of *Artemia* nauplii with live and artificial feed. **Aquatic Living Resources**, v.12 (3), p.229-232, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0990-7440\(00\)88473-9](https://doi.org/10.1016/S0990-7440(00)88473-9)

HUNG, L. T.; HUYNH, H. P. V. Análise de rações e fertilizantes para o desenvolvimento sustentável da aquicultura no Vietnã. In: **Estudo e Análise de Rações e Fertilizantes para o Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura**. Documento Técnico de Pesca da FAO, Roma: FAO, n. 497, p.331-361, 2007.

LI, P.; MAI, K.; TRUSHENSKI, J.; WU, G. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. **Amino acids**, v.37, n.1, p. 43-53, 2009. <https://doi.org/10.1007/s00726-008-0171-1>

LIMA, C. S.; BOMFIM, M. A. D.; SIQUEIRA, J. C. D.; FIRMO, D. D. S.; RIBEIRO, F. B.; LANNA, E. A. T. Crude protein reduction with amino acid supplementation in tambaqui fingerling diets. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.6Supl2, p.4531-4540, 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n6Supl2p4531>

MACEDO, J. D. S.; COPATTI, C. E.; COSTA, E. V.; DA SILVA, F. M. A.; DUTRA, L. M.; SANTOS, V. L. D. A.; Almeida, J. R. G. S.; TAVARES-DIAS, M.; MELO, J. F. B. Effects of Citrus limon extract on growth performance and immunity in striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*). **Aquaculture International**, v.31, pag. 719-738, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00995-4>

MARCHÃO, R. S.; RIBEIRO, F. B.; DE SIQUEIRA, J. C.; BOMFIM, M. A. D.; SILVA, J. C.; DE SOUSA, T. J. R.; NASCIMENTO, D. C. N.; DA COSTA SOUSA, M. Digestible lysine requirement for Tambaqui (*Colossoma macropomum*) juveniles using the diet dilution technique. **Aquaculture Reports**, v.18, p.100482, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100482>

MARCHÃO, R. S.; RIBEIRO, F. B.; BOMFIM, M. A.; PEREIRA, G. A.; ROCHA, A. D. S.; VIDAL, L. V.; COPATTI, C. E.; MELO, J. F. Digestible threonine requirement in tambaqui (*Colossoma macropomum*) diets: growth, body deposition, haematology and metabolic variables. **Aquaculture Research**, v.53, p.5697–5709, 2022. <https://doi.org/10.1111/are.16051>

MARCHÃO, R. S.; COPATTI, C. E.; RIBEIRO, F. B.; BOMFIM, M. A. D.; DE LIMA, M. S.; BATISTA, V. F.; ROCHA, A. S.; PEREIRA, G. A.; COSTA, T. S.; ROCHA, D. R.; VIDAL, L. V. O.; MELO, J. F. B. Evaluation of dietary tryptophan requirement on growth, whole-body composition, and hematobiochemical parameters of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in the fattening phase. **Aquaculture International**, p.1-20, 2023 <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01179-4>

MCDONALD, P. **Animal Nutrition**. 7th Edition. London: Pearson Education. 2010.

MONTES-GIRAO, P. J.; FRACALLOSSI D. M. Dietary lysine requirement as basis to estimate the essential dietary amino acid profile for jundia, *Rhamdia quelen*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.37, p.388-396, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00052.x>

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. National Academy Press, Washington, DC, USA, 2011.

NAYLOR, R. L.; HARDY, R. W.; BUSCHMANN, A. H.; BUSH, S. R.; CAO, L.; KLINGER, D. H.; LITTLE, D. C.; LUBCHENCO, J.; SHUMWAY, S. E.; TROELL, M. A 20-year retrospective review of global aquaculture. **Nature**, v.591 (7851), p.551-563, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03308-6>

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger - princípios de bioquímica**, Artmed, Porto Alegre, Brazil, 2011.

NETA, M. G. S.; LIMA, M. S.; BATISTA, V.F.; SOUSA, G. S.; BASTOS, M. V. S.; SOUSA, V. C.; VEIGA, M. S.; SILVA, M. F.; BOMFIM, M. A. D.; RIBEIRO, F. B.; MELO, J. F. B.; MARCHÃO, R. S. Exigência de aminoácidos para peixes redondos. In: **Ciências veterinárias, patologias, saúde e produção animal**. Atena, 2023. p. 123.

OLIVEIRA, I. C.; OLIVEIRA, R. S. M.; LEMOS, C. H. D. P.; DE OLIVEIRA, C. P. B.; FELIX E SILVA, A.; LORENZO, V. P.; LIMA, A. O.; CRUZ, A. L.; COPATTI, C. E. Essential oils from *Cymbopogon citratus* and *Lippia sidoides* in the anesthetic induction and transport of ornamental fish *Pterophyllum scalare*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.48, p.501–519, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10695-022-01075-3>

ORBAN, E. NEVIGATO, T.; DI LENA, G.; MASCI, M.; CASINI, I.; GAMBELLI, L. CAPRONI, R. New trends in the seafood market. Sutchi catfish (*Pangasius hypophthalmus*) filets from Vietnam: Quality and nutritional safety aspects. **Food Chemistry**, v.110, n.2, p.383-389, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.014>

PEDRO, N.; GUIJARRO, A. I.; LÓPEZ-PATIÑO, M. A.; MARTÍNEZ-ÁLVAREZ, R.; DELGADO, M. J. Daily and seasonal variations in haematological and blood biochemical parameters in the tench, *Tinca tinca* Linnaeus, 1758. **Aquaculture research**, v.36, n.12, p.1185-1196, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01338.x>

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário peixe BR da piscicultura (2022)** São Paulo.

PINCINATO, R. B. M.; OGLEND, A.; BERTOLINI, R. M. B.; MUÑOZ, A. E. P. The São Paulo wholesale seafood market: A study of fish prices in Brazil. **Aquaculture Economics & Management**, v.26(3), p.259-282, 2022.

QUADROS, M.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T. D.; RIBEIRO, F. B.; TAKISHITA, S. S. Crude protein reduction and digestible methionine+ cystine and threonine to digestible lysine ratios in diets for Nile tilapia fingerlings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1400-1406, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000800002>

RACHMAWATI, D.; NURHAYATI, D. Effect of dietary lysine on the growth performance of *Pangasius hypophthalmus*. **Depik**, v.11, n.2, p.111-116, 2022.

RACHMAWATI, P. D.; SAMIDJANP I.; NURHAYATIP D.; RIYADIP, P. H.; SETYOBUDIP, R. H.; ANNEET, O. Effects of Dietary Lysine for River Catfish Juveniles on Protein Digestibility and Body Composition. **Biological**, v.16, p.165-170, 2023. <https://doi.org/10.54319/jjbs/160120>

RAŠKOVIĆ, B.; STANKOVIĆ, M.; MARKOVIĆ, Z.; POLEKSIĆ, V. Histological methods in the assessment of different feed effects on liver and intestine of fish. **Journal of Agricultural Sciences** (Belgrade), v.56, p.87-100, 2011.

ROBINSON, E. H. WILSON, R. P.; POE, W. E. Re-evaluation of the lysine requirement and lysine utilization by fingerling channel catfish. **The Journal of nutrition**, v.110, n.11, p.2313-2316, 1980.

ROCHA, A. D. S.; ROCHA, A. D. S.; COPATTI, C. E.; MARCHÃO, R. S.; COSTA, T. S.; SANTANA, G. S.; COELHO, M. C.; PEREIRA, G. A.; ROCHA, D. R.; CAMARGO, ANTÔNIO, C. S.; RIBEIRO, F. B.; BOMFIM, M. A. D.; MELO, J. F. B. Assessment of methionine plus cystine requirement of tambaqui (*Colossoma macropomum*) based on zootechnical performance, body composition, erythrogram, and plasmatic and hepatic metabolites. **Veterinary Reseach Community**, p.1-15, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11259-023-10175-1>

- RODRIGUES, A. T. **Perfil ideal de aminoácidos essenciais em dietas para tilápia-do-nylo, na fase de terminação, pelo método de deleção**. Dissertação (Pós-graduação), Centro de Aquicultura da UNESP - CAUNESP, Jaboticabal, São Paulo, 2019.
- ROLLIN, X.; MAMBRINI, M.; ABOUDI, T.; LARONDELLE, Y.; KAUSHIK, S. J. The optimum dietary indispensable amino acid pattern for growing Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) fry. **British Journal of Nutrition**, v.90, n.5, p.865-876, 2003. <https://doi.org/10.1079/BJN2003973>
- SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. D.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014.
- SANTIAGO, C. B.; LOVELL, R. T. Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. **The journal of nutrition**, v.118, n.12, p.1540-1546, 1988. <https://doi.org/10.1093/jn/118.12.1540>
- SILVA, J. C.; BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; RIBEIRO, F. B.; DE SIQUEIRA, J. C.; DE SOUSA, T. J. R.; MARCHÃO, R. S.; DO NASCIMENTO, D. C. N. Lysine requirement for tambaqui juveniles. **Semina: Ciências Agrárias**, v.39, n.5, p.2157-2168, 2018. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n5p2157>
- TEIXEIRA, S. O.; NUNES, Z. M. P.; JUNIOR, A. D. S. P.; SALARO, A. L.; DE MOURA, L. B.; VERAS, G. C.; CAMPELO, D. A. V. Optimal dietary lysine improves growth performance, increases protein deposition and reduces lipid accumulation in tambaqui (*Colossoma macropomum*) juveniles. **Aquaculture Research**, v.51, n.12, 5065-5073, 2020. <https://doi.org/10.1111/are.14845>
- WILSON, R. P.; HARDING, D. E.; GARLING JR, D. L. Effect of dietary pH on amino acid utilization and the lysine requirement of fingerling channel catfish. **Journal Nutrition**, v.107, p.166-170, 1977. <https://doi.org/10.1093/jn/107.1.166>
- WILSON, R. P. Amino acids and proteins. In: **Halver, J. E. e Hardy, R. W.** (Ed). Fish Nutrition. Orlando: Academic Press, p.144-179, 2002.
- WILSON, R. P. Amino Acid Requirements of Finfish and Crustaceans. In: D'mello, J. P. F. (Ed.). **Amino Acids in Animal Nutrition**. 2. ed. Wallingford, England: CABI Publishing, 2003. p. 427-447.
- WU, G. **Amino acids: Biochemistry and nutrition**. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 2013.