

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 19/02/2020.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

Relação entre aminoácidos essenciais em dietas para pacu (*Piaractus mesopotamicus*) na fase inicial de crescimento utilizando o método de deleção

André Zuffo Boaratti

Jaboticabal, SP

2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

Relação entre aminoácidos essenciais em dietas para pacu (*Piaractus mesopotamicus*) na fase inicial de crescimento utilizando o método de deleção

André Zuffo Boaratti

Orientador: Prof. Dr. João Batista Kochenborger Fernandes

Co-orientador: Dr. Thiago Matias Torres do Nascimento

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Jaboticabal, SP

2018

B662r Boaratti, André Zuffo
Relação entre aminoácidos essenciais em dietas para pacu
(*Piaractus mesopotamicus*) na fase inicial de crescimento utilizando o
método de deleção / André Zuffo Boaratti. – – Jaboticabal, 2018
vi, 43 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Centro
de Aquicultura, 2018
Orientador: João Batista Kochenborger Fernandes
Banca examinadora: Dalton José Carneiro, Eduardo Gianini
Abimorad
Bibliografia

1. Nutrição. 2. Peixe. 3. Proteína ideal. 4. Retenção de nitrogênio. I.
Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.3.043

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
– Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Relações entre aminoácidos essenciais em dietas para pacu (*Piaractus mesopotamicus*) na fase inicial de crescimento utilizando o método de deleção

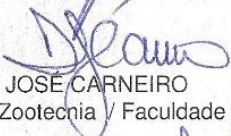
AUTOR: ANDRÉ ZUFFO BOARATTI

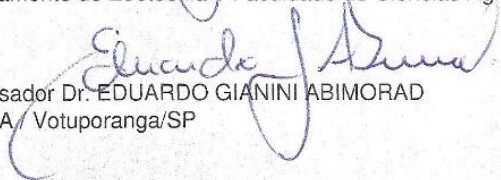
ORIENTADOR: JOÃO BATISTA KOCHENBORGER FERNANDES

COORIENTADOR: THIAGO MATIAS TORRES DO NASCIMENTO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AQUICULTURA,
pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOÃO BATISTA KOCHENBORGER FERNANDES
Laboratório de Peixes Ornamentais / Centro de Aquicultura - CAUNESP


Prof. Dr. DALTON JOSÉ CARNEIRO
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal/ UNESP


Pesquisador Dr. EDUARDO GIANINI ABIMORAD
/ APTA / Votuporanga/SP

Jaboticabal, 18 de fevereiro de 2018.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
APOIO FINANCEIRO	iv
Resumo.....	v
Palavras chave.....	v
Abstract	vi
Keywords.....	vi
1. Introdução	1
2. Objetivos	3
2.1 Objetivo Geral	3
2.2 Objetivos Específicos	3
3. Revisão Bibliográfica	3
4. Material e Métodos.....	13
4.1. Material biológico, Manejo e Condições experimentais.....	13
4.2. Dietas experimentais.....	16
4.3. Coleta de dados.....	21
4.4. Determinação da relação de AA pelo Método de Deleção.....	22
4.5. Análise estatística.....	23
5. Resultados e discussão	23
5.1. Dietas-teste	23
5.2. Desempenho	25
5.3. Retenção de nitrogênio	29
6. Conclusão	35
7. Considerações finais.....	36
8. Referências Bibliográficas	37

DEDICATÓRIA

Aos meus avôs, Oswaldo Zuffo e Pedro Geraldo Boaratti que mesmo não estando fisicamente presentes, se fazem presentes diariamente em meu coração, me tornando a pessoa e o profissional que hoje posso me orgulhar de ser. Deus sabe a importância de vocês nesse importante passo da minha vida.

“If you want to go fast, go alone.

If you want to go far, go together.”

African Proverb

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. João Batista Kochenborger Fernandes pela orientação, confiança e todos os ensinamentos.

Ao Dr. Thiago Matias Torres do Nascimento, meu co-orientador, por toda a orientação, ajuda, confiança e palavras de incentivo.

Aos membros da banca de defesa Prof. Dr. Dalton José Carneiro e Dr. Eduardo Gianini Abimorad pela disponibilidade e enorme contribuição para a melhoria e refinamento final deste trabalho.

Aos membros da banca de qualificação Profa. Dra. Elisabeth Criscuolo Urbinati e Prof. Dr. Dalton José Carneiro pela enorme contribuição para a melhoria deste trabalho.

À equipe do laboratório de peixes ornamentais dos anos de 2015, 2016 e 2017, pela ajuda intelectual e nas atividades referentes a este projeto. Não citarei nomes para evitar esquecer de algum.

Ao prof. Dr. Euclides Braga Malheiros por todo o tempo dedicado e auxílio nas análises estatísticas.

À profa. Dra. Nilva Kazue Sakomura e toda sua equipe de alunos e funcionários, pela ajuda intelectual e braçal. E pela disponibilização de material de consumo e equipamentos para a elaboração deste projeto.

A Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP de Jaboticabal, ao Centro de Aquicultura da Unesp (Caunesp) e ao Programa de Pós Graduação em Aquicultura pelo acolhimento e total suporte no mestrado.

Ao meu pai e minha mãe, pelo enorme apoio e incentivo desde o início da realização deste sonho.

A todos da minha família, irmã, avós, tios, tias e primos por todo o incentivo.

À minha filha de quatro patas, Bisteca, que sempre é independente de qualquer coisa, esteve do meu lado nos melhores e piores momentos, sempre muito fiel. Fazendo com que sua alegria contagiante e seu estilo ogro de ser, tornasse qualquer dia ruim em um momento de descontração, risadas e alegria.

À minha noiva, Letícia Aparecida Revolti Praxedes, pela enorme ajuda e determinação durante a fase de alimentação dos peixes, fazendo verdadeiros milagres, e pelo grande apoio e incentivo neste mestrado.

À minha família de amigos que conheci durante a fase final e determinante do mestrado, sem o apoio e ajuda de vocês nada seria possível.

Aos funcionários do Centro de Aquicultura da Unesp, principalmente ao Valdecir, Márcio e Luiz pela ajuda no transporte e em várias outras etapas deste experimento.

- 1 A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização deste
- 2 trabalho.

APOIO FINANCEIRO

FAPESP, auxílio proveniente do Projeto Temático ao qual este estudo está vinculado (2013/25761-4).

FAPESP, bolsa de mestrado (2016/07673-9).



Ajinomoto® do Brasil, doação dos aminoácidos



Evonik industries, doação dos aminoácidos e aminogramas dos alimentos e dietas.



Resumo

Na produção animal busca-se sempre a eficiência, com menor impacto no ambiente e consequentemente maior rentabilidade. Para tal sucesso, uma das principais ferramentas é a alimentação correta e balanceada fornecida para o animal, onde a proteína exerce grande influência. O pacu (*Piaractus mesopotamicus*) é uma das espécies de peixe nativas mais estudadas e cultivadas principalmente nas regiões sudeste e centro oeste do Brasil, justamente por apresentar características ideais para a aquicultura. Desta forma o presente estudo objetiva estimar, com o uso da metodologia de deleção, a relação dos aminoácidos essenciais (AAE) em dietas para juvenis de pacu, a fim de garantir uma melhor e mais eficiente utilização da proteína fornecida, melhorando consequentemente os aspectos produtivos e ambientais. Sendo assim, 634 juvenis de pacu com peso inicial médio de 6,23g foram distribuídos em 33 tanques de 180L ligados a um sistema de recirculação de água, equipado com filtragem mecânica e biológica, trocador de calor e aeração. O experimento teve duração de 113 dias, onde os peixes foram alimentados até a saciedade aparente. O estudo foi composto por 11 tratamentos com três repetições, em um delineamento inteiramente ao acaso. As 11 dietas experimentais (basal e 10 dietas com um AAE deletado), semipurificadas e extrusadas, foram formuladas pela técnica da deleção e apresentaram a deleção de apenas um AAE para cada tratamento, mantendo-se isonutritivas. Com os valores de retenção de nitrogênio corporal e a quantidade de aminoácido deletado da dieta avaliada obteve-se a seguinte proporção ideal de AAE digestíveis (relativo a lisina): lisina 1,000; metionina 0,089; treonina 0,336; triptofano 0,047; arginina 0,593; histidina 0,154; isoleucina 0,147; leucina 0,358; fenilalanina 0,158; valina 0,282. Os resultados mostraram, com algumas exceções, uma relação semelhante entre as proporções de AAE encontradas neste estudo e em outros estudos utilizando a mesma metodologia para outras espécies de peixes.

Palavras chave

Nutrição, peixe, proteína ideal, retenção de nitrogênio.

Abstract

In animal production, efficiency is always sought, with less environmental impact and consequently increased profitability. One of the main factors that can help in these difficulties is the correct and balanced feeding supplied to the animal, where the protein exerts a great influence. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) is one of the most studied and cultivated native fish species mainly in the southeast and central west of Brazil and is considered very suitable for aquaculture because of its ideal characteristics. Thus, the present study aimed to estimate, by the deletion method, the essential amino acids (EAA) ratio for juveniles of pacu in order to ensure better and more efficient use of the provided protein. So 634 juvenile of pacus with an initial average weight of 6.23g were distributed in thirty three 180L tanks connected to a closed water recirculation system, equipped with mechanical and biological filtration, water heater and aeration. The experiment lasted 133 days, and the fish were fed until the apparent satiation. The study was consisted of 11 experimental diets with three replications each, distributed in a completely randomized design. The 11 experimental, semi-purified and extruded diets (basal and 10 diets with EAA deletion), formulated by the deletion technique, present the deletion of just one EAA for each treatment, keeping up isonutrient. With the body nitrogen retention values and the deleted amount of amino acid from evaluated diet, we could obtain the following ideal proportion of digestible EAA (relative to lysine): lysine 1.000, methionine 0.089, threonine 0.336, tryptophan 0.047, arginine 0.593, histidine 0.154, isoleucine 0.147, leucine 0.358, phenylalanine 0.158, valine 0.282. The results showed, with some exceptions, a similar profile between the EAA ratios founded in this study and in other studies using the same methodology for other species of fish.

Keywords

Nutrition, fish, ideal protein concept, nitrogen retention.

1. Introdução

Com a expansão da aquicultura, os principais desafios estão associados a diminuição dos custos sem afetar o desempenho dos animais, ao aumento da produtividade e a redução do impacto dessa produção no ambiente. Um dos aspectos importantes neste contexto é a nutrição de organismos aquáticos, a qual busca, por exemplo, encontrar mecanismos mais precisos para elaboração de dietas equilibradas, fontes alternativas de alimentos e aprimoramento tecnológico dos processos de produção das dietas.

Sabendo que a alimentação corresponde ao maior gasto da produção de peixes, e que a proteína das dietas é um dos maiores responsáveis por este alto custo, os estudos de nutrição que focam nos níveis de proteína, e nos aminoácidos (AA) que as compõem, se tornam uma das principais ferramentas para a melhoria da eficiência na produção e diminuição dos impactos ambientais.

Como os AA são os principais componentes das proteínas, o seu estudo se torna cada vez mais necessário. Os AA não têm papel importante apenas na composição das proteínas, mas também são componentes principais de controle e manutenção das principais vias metabólicas. Alguns aminoácidos não podem ser sintetizados pelo organismo, são esses os aminoácidos essenciais (AAE), que precisam ser ingeridos para que o organismo possa manter, de forma adequada, suas funções metabólicas. Estes são considerados os AA mais importantes a serem estudados e devem ser encontrados nas dietas em quantidades adequadas. Desta forma, pode-se entender o conceito de proteína ideal, como um conjunto de AA com total disponibilidade de digestão e metabolismo, que são determinados em quantidades e proporções que atendam, sem excessos, as exigências do animal para plena realização dos processos de manutenção e da máxima eficiência de crescimento.

Atualmente, uma das principais ferramentas que auxiliam na elaboração de dietas que buscam o conceito de proteína ideal é a suplementação com AA cristalinos. Estes compostos com elevados níveis de concentração e pureza, proporcionam as dietas níveis adequados dos AA desejáveis. Outro ponto positivo é que através da suplementação desses AA sintéticos, torna-se possível utilizar

1 alimentos proteicos de origem vegetal sem perder a eficiência nutricional e
2 diminuindo os custos.

3 Torna-se então necessário o conhecimento dos níveis de AA adequados para
4 pelo menos cada grupo de peixes com importância para a aquicultura. A forma mais
5 rápida de se encontrar esses níveis é a análise do perfil de AA corporal dos animais,
6 partindo do princípio de que o animal é o que ele come. Porém, esta metodologia
7 apresenta apenas valores aproximados, uma vez que não são considerados todos
8 os gastos metabólicos do animal, somente a deposição dos AA nos tecidos
9 corporais. Entretanto, esta metodologia apresenta grande importância por ser
10 rápida e servir como base para iniciar outros estudos.

11 A metodologia mais utilizada para encontrar as exigências de AA é a baseada
12 no efeito dose-resposta. Esta metodologia, através de tratamentos com diferentes
13 níveis do AA estudado, consegue estimar a exigência do mesmo. Porém, para
14 encontrar a exigência de todos os AAE, faz-se necessário que cada AAE seja
15 estudado isoladamente, acarretando altos gastos financeiros e tempo. Além disso,
16 cada experimento pode apresentar indesejáveis particularidades, pois utiliza
17 peixes, dietas e condições ambientais diferentes.

18 Na tentativa de eliminar estas particularidades, o método de deleção tem por
19 objetivo estimar os níveis de cada AAE em um único experimento, mantendo assim,
20 todas as variáveis. Esta metodologia consiste em elaborar tratamentos nos quais
21 as dietas isonutritivas apresentam apenas um AAE deficiente (deletado) em cada
22 tratamento. Desta forma, cada tratamento tem um nível de retenção de nitrogênio
23 (N) corporal específico, de acordo com o AAE deficiente na dieta. Com esta relação
24 entre AAE deletado na dieta e a retenção de N corporal, os níveis de AAE podem
25 ser estimados para a espécie estudada. Assim, o presente estudo tem como
26 objetivo estimar a relação nutricional entre os AAE para melhor desempenho
27 zootécnico de juvenis de pacu, utilizando a metodologia de deleção.

28 O pacu (*Piaractus mesopotamicus*) é uma das espécies de peixes nativos
29 mais utilizada na piscicultura nacional, principalmente na região sudeste, pois
30 suporta temperaturas mais baixas se comparado com outras espécies do grupo dos
31 peixes redondos. A espécie ainda apresenta alto valor comercial, carne saborosa,
32 rusticidade, rápido crescimento, e fácil adaptação em cativeiro, favorecendo ainda
33 mais sua produção e comercialização. Outra característica favorável está no seu
34 hábito alimentar onívoro e na fácil aceitação de alimento inerte.

6. Conclusão

Os resultados apontam a lisina e arginina como os AA que mais limitaram o desempenho do pacu, e a relação de AAE para juvenis desta espécie determinado pelo método da deleção, com a lisina sendo usada como referência, foram: lisina 1,000; treonina 0,336; arginina 0,593; valina 0,282. As relações para metionina (0,089), triptofano (0,047), histidina (0,154), Isoleucina (0,147), leucina (0,358), e fenilalanina (0,158) foram baseadas no pressuposto de que a quantidade deletada não causou deficiência em retenção de N por estas quantidades estarem em excesso na DC.

7. Considerações finais

O presente estudo possibilitou o levantamento de várias questões, pontos estes que são de grande interesse não apenas para o melhor entendimento da metodologia de deleção mas também para muitos outros estudos da área de conhecimento em nutrição.

Os resultados de desempenho encontrados mostram que a metodologia de deleção de AAE afeta diretamente o desempenho produtivo (ganho de peso, conversão alimentar) do pacu. Sendo assim, a metodologia apresentou-se viável, desde que para a espécie estudada já hajam estudos prévios que tenham determinado a exigência de pelo menos alguns dos principais AAE para assim garantir a uma formulação mais apurada das dietas-teste, assim a metodologia de deleção deve ser vista como um estudo final para determinar as exigências e relações de AAE para uma determinada espécie, apresentando importante papel como uma metodologia para o refinamento das relações entre os AAE para a espécie alvo.

Acredita-se que os processos de extrusão para esse tipo de dieta semi-purificada e com a adição de *coating* pode ser mais bem estudado, a fim de entender melhor o efeito do processamento na qualidade dos nutrientes e assim produzir uma dieta em que os possíveis efeitos negativos do processamento possam ser minimizados. Um ponto a ser considerado seria a avaliação da digestibilidade das dietas testadas, a fim de entender o efeito do *coating* e do processamento na disponibilidade dos nutrientes.

A implementação de um novo tratamento além dos 11 já descritos poderia possibilitar que uma dieta isonutritiva, mas feita com pouca quantidade de AA cristalinos, fosse comparada com a DC, e assim gerar um melhor entendimento dos efeitos positivos e negativos que uma dieta semi-purificada pode exercer sobre os peixes e na metodologia proposta.

8. Referências Bibliográficas

Abimorad, E. G., e Carneiro, D. J. (2004). Fecal collection methods and determination of crude protein and of gross energy digestibility coefficients of feedstuffs for pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(5), 1101-1109.

Abimorad, E. G., e Carneiro, D. J. (2007). Digestibility and performance of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles—fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. *Aquaculture Nutrition*, 13(1), 1-9.

Abimorad, E. G., Squassoni, G. H., & Carneiro, D. J. (2008). Apparent digestibility of protein, energy, and amino acids in some selected feed ingredients for pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Aquaculture nutrition*, 14(4), 374-380.

Abimorad, E. G., Favero, G. C., Squassoni, G. H., e Carneiro, D. (2010). Dietary digestible lysine requirement and essential amino acid to lysine ratio for pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Aquaculture Nutrition*, 16(4), 370-377.

Alam, M. S., Teshima, S. I., Koshio, S., Ishikawa, M., Uyan, O., Hernandez, L. H. H., e Michael, F. R. (2005). Supplemental effects of coated methionine and/or lysine to soy protein isolate diet for juvenile kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus*. *Aquaculture*, 248(1), 13-19.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists (2000). *Official Methods of Analysis*, 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.

Backström, T., & Winberg, S. (2017). Serotonin coordinates responses to social stress—What we can learn from fish. *Frontiers in neuroscience*, 11.

Bicudo, Á. J., Sado, R. Y., & Cyrino, J. E. (2009). Dietary lysine requirement of juvenile pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). *Aquaculture*, 297(1), 151-156.

Boisen, S., Hvelplund, T., e Weisbjerg, M. R. (2000). Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation. *Livestock Production Science*, 64(2), 239-251.

Boisen, S., e D'Mello, J. P. F. (2003). Ideal dietary amino acid profiles for pigs. *Amino acids in animal nutrition*, (Ed. 2), 157-168.

Buentello, J. A., & Gatlin III, D. M. (2001). Effects of elevated dietary arginine on resistance of channel catfish to exposure to *Edwardsiella ictaluri*. *Journal of Aquatic Animal Health*, 13(3), 194-201.

1 Camire, M. E., Camire, A., & Krumhar, K. (1990). Chemical and nutritional
2 changes in foods during extrusion. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*,
3 29(1), 35-57.

4 Cheftel, J. C. (1986). Nutritional effects of extrusion-cooking. *Food chemistry*,
5 20(4), 263-283.

6 Cheng, Z. J., Hardy, R. W., Usry, J. L. (2003). Plant protein ingredients with
7 lysine supplementation reduce dietary protein level in rainbow trout (*Oncorhynchus*
8 *mykiss*) diets, and reduce ammonia nitrogen and soluble phosphorus excretion.
9 *Aquaculture*, 218(1), 553-565.

10 Clarke, E. J., e Wiseman, J. (2000). Developments in plant breeding for
11 improved nutritional quality of soya beans II. Anti-nutritional factors. *The Journal of*
12 *Agricultural Science*, 134(02), 125-136.

13 Cowey, C. B. (1994). Amino acid requirements of fish: a critical appraisal of
14 present values. *Aquaculture*, 124(1-4), 1-11.

15 Cyrino, J. E. P., Bicudo, A. J. A., Sado, R. Y., Borghesi, R., e Dairiki, J. K.
16 (2010). A piscicultura e o ambiente—o uso de alimentos ambientalmente corretos
17 em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(supl spe), 68-87.

18 Diógenes, A. F., Fernandes, J. B. K., Dorigam, J. C. P., Sakomura, N. K.,
19 Rodrigues, F. H. F., Lima, B. T. M., e Gonçalves, F. H. (2015). Establishing the
20 optimal essential amino acid ratios in juveniles of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)
21 by the deletion method. *Aquaculture Nutrition*.

22 dos Santos, L. D., de Negreiros Sousa, S. M., da Silva, L. C. R., Bombardelli,
23 R. A., e Meurer, F. (2014). Efeitos da peletização e extrusão sobre a digestibilidade
24 de ingredientes alternativos do Semi-árido Nordeste para a tilápia do Nilo.
25 *Semina: Ciências Agrárias*, 35(6), 3367-3376.

26 de Andrade Ricardo, R. L. B., Wagner, L., e Martins, I. M. R. S. (2005). Custos
27 de produção de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em um modelo de propriedade da
28 região oeste do Estado do Paraná, Brasil. *Ciência Rural*, 35(1).

29 Fang, Y. Z., Yang, S., Wu, G. (2002). Free radicals, antioxidants, and nutrition.
30 *Nutrition*, 18(10), 872-879.

31 FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). The
32 State of World Fisheries and Aquaculture. Contributing to food security and nutrition
33 for all. Rome. 200 pp.

1 FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017). Short-
2 term projection of global fish demand and supply gaps. Rome. 128 pp.

3 Fernandes, J. B. K., Carneiro, D. J., e Sakomura, N. K. (2000). Sources and
4 levels of crude protein in diets for pacu (*Piaractus mesopotamicus*) fingerlings.
5 Revista Brasileira de Zootecnia, 29(3), 646-653.

6 Fernandes, J. B. K., Carneiro, D. J., e Sakomura, N. K. (2001). Sources and
7 levels of crude protein in diets for pacu (*Piaractus mesopotamicus*) fingerlings.
8 Revista Brasileira de Zootecnia, 30(3), 617-626.

9 Fiod, M. S. D. R., Ducatti, C., Cabral, M. C., Teixeira, R. B. G., Abimorad, E.
10 G., e Jomori, R. K. (2010). Efeito da frequência alimentar sobre o crescimento e a
11 composição isotópica ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$) de juvenis de pacu *piaractus mesopotamicus*.
12 Nucleus Animalium, 2(2), 1-12.

13 Førde-Skjærvik, O., Skjærvik, O., Mørkøre, T., Thomassen, M. S., Rørvik, K.
14 A. (2006). Dietary influence on quality of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*): effect
15 on glycolysis and buffering capacity in white muscle. Aquaculture, 252(2), 409-420.

16 Fournier, V., Gouillou-Coustans, M. F., Metailler, R., Vachot, C., Guedes, M.
17 J., Tulli, F., Kaushik, S. J. (2002). Protein and arginine requirements for
18 maintenance and nitrogen gain in four teleosts. British Journal of Nutrition, 87(05),
19 459-469.

20 Fuller, M. F., McWilliam, R., Wang, T. C., e Giles, L. R. (1989). The optimum
21 dietary amino acid pattern for growing pigs. British Journal of Nutrition, 62(02), 255-
22 267.

23 Furuya, W. M., Pezzato, L. E., Pezzato, A. C., Barros, M. M., & Miranda, E. C.
24 D. (2001). Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de
25 alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista Brasileira
26 de Zootecnia, 1143-1149.

27 Furuya, W. M. F. (Ed.). (2010). Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias.
28 GFM.

29 Golterman, H.L., Clymo, R.S., Ohnstad, M.A.M. Methods for physical and
30 Chemical Analysis of Freshwaters. Blackweel Sci. Publ., London, IBP Handbook,
31 v.8, p.214, 1978.

32 Green, J. A., e Hardy, R. W. (2002). The optimum dietary essential amino acid
33 pattern for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), to maximize nitrogen retention and
34 minimize nitrogen excretion. Fish Physiology and Biochemistry, 27(1-2), 97-108.

1 Hayashi, C., Boscolo, W. R., Soares, C. M., e Meurer, F. (2002). Exigência de
2 proteína digestível para larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante a
3 reversão sexual. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(2), 823-828.

4 Khan, K. U., Mansano, C. F., Nascimento, T. M. T., Boaratti, A. Z., Rodrigues,
5 A. T., Queiroz, D. M. A., Romaneli, R. S., Sakomura, N. K., Fernandes, J. B. K.
6 (submetido). Whole body amino acid composition of pacu (*Piaractus*
7 *mesopotamicus*) and an estimation of dietary essential amino acid requirements for
8 the formulation of its basal diets. *Animal Feed Science and Technology*.

9 Koroleff, F. Determination of nutrients. In: Grasshoff (ed.). *Methods of*
10 *seawater analysis*. Verlag Chemie Weinheim, p.117-181, 1976.

11 Li, P., Mai, K., Trushenski, J., & Wu, G. (2009). New developments in fish
12 amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds.
13 *Amino acids*, 37(1), 43-53.

14 Lovell, T., 1989. *Nutrition and Feeding of Fish*. Van Nostrand-Reinhold, New
15 York. 260 pp.

16 Macedo, C. F., e Sipaúba-Tavares, L. H. (2010). Eutrofização e qualidade da
17 água na piscicultura: consequências e recomendações. *Bol. Inst. Pesca*, 36(2), 149-
18 163.

19 Mackereth, F.J.H., Heron, J., Talling, J.F. *Water Analysis: Some revised*
20 *methods for limnologists*. Freshwater Biological Association Scientific Publication,
21 London, n.36, p.121, 1978.

22 Mai, K., Zhang, L., Ai, Q., Duan, Q., Zhang, C., Li, H., ... & Liufu, Z. (2006).
23 Dietary lysine requirement of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*.
24 *Aquaculture*, 258(1), 535-542.

25 Mambrini, M., e Kaushik, S. J. (1994). Partial replacement of dietary protein
26 nitrogen with dispensable amino acids in diets of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*.
27 *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 109(2), 469-477.

28 Mitchell, H.H. 1964. *Comparative nutrition of man and domestic animals*.
29 Academic Press, New York, NY, USA.

30 Nakashima, K., Yakabe, Y., Ishida, A., Yamazaki, M., & Abe, H. (2007).
31 Suppression of myofibrillar proteolysis in chick skeletal muscles by α -
32 ketoisocaproate. *Amino acids*, 33(3), 499-503.

33 Ogata, H. Y. (2002). Muscle buffering capacity of yellowtail fed diets
34 supplemented with crystalline histidine. *Journal of fish biology*, 61(6), 1504-1512.

1 Peres, H., e Oliva-Teles, A. (2005). The effect of dietary protein replacement
2 by crystalline amino acid on growth and nitrogen utilization of turbot *Scophthalmus*
3 *maximus* juveniles. *Aquaculture*, 250(3), 755-764.

4 Peres, H., e Oliva-Teles, A. (2009). The optimum dietary essential amino acid
5 profile for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquaculture*, 296(1), 81-86.

6 Resende, E. K. D. (2009). Pesquisa em rede em aquicultura: bases
7 tecnológicas para o desenvolvimento sustentável da aquicultura no Brasil.
8 *Aquabrazil. Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 52-57.

9 Rollin, X., Mambrini, M., Abboudi, T., Larondelle, Y., e Kaushik, S. J. (2003).
10 The optimum dietary indispensable amino acid pattern for growing Atlantic salmon
11 (*Salmo salar* L.) fry. *British Journal of Nutrition*, 90(05), 865-876.

12 Schuhmacher, A., Wax, C., e Gropp, J. M. (1997). Plasma amino acids in
13 rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed intact protein or a crystalline amino acid
14 diet. *Aquaculture*, 151(1), 15-28.

15 Scorvo-Filho, J. D. (2003). Panorama da aquicultura nacional. *Informes*
16 *Técnicos—Associação Catarinense de Aquicultura*.

17 Segovia-Quintero, M. A., e Reigh, R. C. (2004). Coating crystalline methionine
18 with tripalmitin-polyvinyl alcohol slows its absorption in the intestine of Nile tilapia,
19 *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 238(1), 355-367.

20 Sidonio, L., Cavalcanti, I., Capanema, L., Morch, R., Magalhães, G., Lima, J.,
21 ... e Mungioli, R. (2012). Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e
22 oportunidades. *BNDES Setorial*, 35, 421-463.

23 Silva, A. J. (1985). Aspectos da alimentação do pacu adulto, *Colossoma mitrei*
24 (Berg, 1895) (Pisces Characidae), no Pantanal de Mato Grosso. Universidade
25 Federal do rio de Janeiro (Tese de mestrado).

26 Singh, S., Gamlath, S., & Wakeling, L. (2007). Nutritional aspects of food
27 extrusion: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 42(8), 916-
28 929.

29 Sipaúba-Tavares, L. H. (1995). Limnologia aplicada à aquicultura. Funep.

30 Tjernsbekk, M. T., Tauson, A. H., Kraugerud, O. F., & Ahlstrøm, Ø. (2017).
31 Raw mechanically separated chicken meat and salmon protein hydrolysate as
32 protein sources in extruded dog food: effect on protein and amino acid digestibility.
33 *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 101(5), 323-331.

1 Trushenski JT, Kasper CS, Kohler CC (2006) Challenges and opportunities in
2 finfish nutrition. *North Am J Aquac* 68:122–140

3 Vijayan, M. M., Mommsen, T. P., Glémet, H. C., Moon, T. W. (1996). Metabolic
4 effects of cortisol treatment in a marine teleost, the sea raven. *Journal of*
5 *Experimental Biology*, 199(7), 1509-1514.

6 Wang, T. C., e Fuller, M. F. (1989). The optimum dietary amino acid pattern
7 for growing pigs. *British Journal of Nutrition*, 62(01), 77-89.

8 Wilson, R.P. (2002). Protein and amino acids. In: Halver JE, Hardy RW (eds)
9 *Fish Nutrition*, 3rd version. Elsevier Science, San Diego, USA, pp 144–179.

10 Wolkers, C. P. B., Serra, M., Hoshiba, M. A., & Urbinati, E. C. (2012). Dietary
11 L-tryptophan alters aggression in juvenile matrinxã *Brycon amazonicus*. *Fish*
12 *physiology and biochemistry*, 38(3), 819-827.

13 Wolkers, C. P. B., Serra, M., Szawka, R. E., & Urbinati, E. C. (2014). The time
14 course of aggressive behaviour in juvenile matrinxã *Brycon amazonicus* fed with
15 dietary L-tryptophan supplementation. *Journal of fish biology*, 84(1), 45-57.

16 Wu, G. (2013). Functional amino acids in nutrition and health. *Amino Acids*,
17 45(3), 407-411.

18 Wu, G. (2014). Dietary requirements of synthesizable amino acids by animals:
19 a paradigm shift in protein nutrition. *Journal of animal science and biotechnology*,
20 5(1), 1.