

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 20/02/2021.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**PERFIL IDEAL DE AMINOÁCIDOS  
ESSENCIAIS EM DIETAS PARA TILÁPIA-DO-  
NILO, NA FASE DE TERMINAÇÃO, PELO  
MÉTODO DE DELEÇÃO**

**Andressa Tellechea Rodrigues**

Jaboticabal, São Paulo

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**PERFIL IDEAL DE AMINOÁCIDOS  
ESSENCIAIS EM DIETAS PARA TILÁPIA-DO-  
NILO, NA FASE DE TERMINAÇÃO, PELO  
MÉTODO DE DELEÇÃO**

**Andressa Tellechea Rodrigues**

**Orientador: Prof. Dr. João Batista Kochenborger Fernandes**

**Coorientador: Prof. Dr. Cleber Fernando Menegasso Mansano**

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, São Paulo

2019

Rodrigues, Andressa Tellechea  
R696p Perfil ideal de aminoácidos essenciais em dietas para tilápia-do-Nilo, na fase de terminação, pelo método de deleção / Andressa Tellechea Rodrigues. -- Jaboticabal, 2019  
vi, 74 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2019

Orientador: João Batista Kochenborger Fernandes

Coorientador: Cleber Fernando Menegasso Mansano

Banca examinadora: Dalton José Carneiro, Eduardo Abimorad

Bibliografia

1. Nutrição. 2. Aminoácidos essenciais. 3. *Oreochromis niloticus*. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.3.043

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP  
Campus de Jaboticabal/SP - Karina Gimenes Fernandes - CRB 8/7418



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Perfil Ideal de AminoÁcidos Essenciais em Dietas para Tilápia-do-Nilo, na fase de TERminação, pelo Método de Deleção

AUTORA: ANDRESSA TELLECHEA RODRIGUES


ORIENTADOR: JOÃO BATISTA KOCHENBORGER FERNANDES

COORIENTADOR: CLEBER FERNANDO MENEGASSO MANSANO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra 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, 20 de fevereiro de 2019.

## SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	i
Lista de Tabelas.....	ii
Dedicatória.....	01
Agradecimentos .....	02
Apoio financeiro .....	04
<b>CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>05</b>
1. Proteína e aminoácidos .....	05
1.1. Aminoácidos essenciais.....	07
1.1.1. Arginina.....	07
1.1.2. Fenilalanina.....	08
1.1.3. Histidina .....	09
1.1.4. Isoleucina.....	10
1.1.5. Leucina .....	11
1.1.6. Lisina.....	11
1.1.7. Metionina .....	12
1.1.8. Treonina.....	14
1.1.9. Triptofano.....	15
1.1.10. Valina .....	16
1.2. Determinação da exigência de aminoácidos .....	16
1.2.1. Método de deleção.....	19
2. OBJETIVOS .....	22
2.1. Geral .....	22
2.2. Específicos.....	22
REFERÊNCIAS.....	23
<b>CAPÍTULO 2 – PERFIL IDEAL DE AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS EM DIETAS PARA TILÁPIA-DO-NILO, NA FASE DE TERMINAÇÃO, PELO MÉTODO DE DELEÇÃO.....</b>	<b>39</b>
RESUMO .....	40
ABSTRACT .....	41

1 INTRODUÇÃO .....	42
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	44
2.1 Delineamento experimental.....	44
2.2 Instalações, manejo e condições experimentais .....	45
2.3 Dietas experimentais.....	46
2.4 Parâmetros de desempenho .....	53
2.5 Análise da composição corporal .....	53
2.5.1 Determinação do perfil de AAs pelo método de deleção .....	53
2.6 Análise de dados.....	54
2.7 Análise estatística .....	55
3 RESULTADOS.....	55
4 DISCUSSÃO .....	60
5 CONCLUSÃO .....	63
AGRADECIMENTOS .....	63
REFERÊNCIAS.....	64

## Lista de Figuras

**CAPÍTULO 1 - REVISÃO DE LITERATURA.....05**

**Figura 1** - Princípio do método de determinação dos níveis de aminoácidos por dedução. A é o primeiro aminoácido limitante; B e C são aminoácidos que estão respectivamente 10 e 20% (ou mais) em excesso em relação a A.....20

**CAPÍTULO 2 - PERFIL IDEAL DE AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS EM DIETAS PARA TILÁPIA-DO-NILO, NA FASE DE TERMINAÇÃO, PELO MÉTODO DE DELEÇÃO.....39**

**Figura 1** - Efeito na retenção de nitrogênio de tilápia-do-Nilo quando 33 a 41% de cada aminoácido essencial é removido da dieta balanceada .....59



## Lista de Tabelas

<b>CAPÍTULO 1 - REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	05
<b>Tabela 1</b> - Agrupamento dos aminoácidos classificados como nutricionalmente essenciais, não essenciais e condicionalmente essenciais para peixes, seguidos de suas abreviações .....	06
<b>CAPÍTULO 2 - PERFIL IDEAL DE AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS EM DIETAS PARA TILÁPIA-DO-NILO, NA FASE DE TERMINAÇÃO, PELO MÉTODO DE DELEÇÃO</b> .....	39
<b>Tabela 1</b> - Agrupamento dos aminoácidos classificados como nutricionalmente essenciais, não essenciais e condicionalmente essenciais para peixes, seguidos de suas abreviações .....	47
<b>Tabela 2</b> - Composição química calculada das onze dietas experimentais (valores com base na matéria seca) .....	48
<b>Tabela 3</b> - Composição química analisada das onze dietas experimentais (valores com base na matéria seca) .....	51
<b>Tabela 4</b> - Níveis encontrados de deleção do AAE específico em cada dieta teste .....	56
<b>Tabela 5</b> - Desempenho, deposição e eficiência de retenção de nitrogênio, nível indicado e relação ideal para <i>O. niloticus</i> na fase de terminação alimentadas com dietas deficientes em aminoácidos essenciais durante 60 dias .....	58

## DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais Rineu e Luciana. A eles, amor e gratidão eternos.

*“Eu vos digo: é preciso, às vezes, ter um pouco de caos dentro de si, para poder dar à luz uma estrela dançante.”*

*Friedrich Nietzsche*

*“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez.”*

*George Bernard Shaw (1856-1950)*

## AGRADECIMENTOS

O espaço limitado desta seção de agradecimentos, não me permite agradecer, como deveria, a todas as pessoas que, ao longo do mestrado me ajudaram, direta ou indiretamente, a alcançar os meus objetivos e a realizar esta etapa da minha formação acadêmica. Assim, deixo apenas algumas palavras, poucas, mas com profundo sentimento de reconhecimento e gratidão.

À Deus, por permitir chegar aonde estou hoje.

Aos meus pais e irmã pela compreensão, incentivo e apoio aos meus estudos. Esta conquista também é para vocês. O meu eterno agradecimento.

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

Ao Prof. Dr. Cleber Fernando Menegasso Mansano pela orientação, ajuda, paciência, atenção, ensinamentos e palavras de incentivo.

Ao Centro de Aquicultura da Unesp (CAUNESP), ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e a Universidade Estadual Paulista (UNESP) “Júlio de Mesquita Filho”, câmpus de Jaboticabal, pelo acolhimento e suporte no mestrado.

Aos professores do Centro de Aquicultura da Unesp (CAUNESP) e da Universidade Estadual Paulista (UNESP) que tive o orgulho de conhecer e que contribuíram com a minha formação, especialmente aos docentes que também contribuíram com esse trabalho. Muito obrigada.

Aos membros da banca do exame geral de qualificação, Prof. Dr. Dalton José Carneiro e Prof. Dr. Edney Pereira da Silva e aos membros da banca de defesa, Prof. Dr. Dalton José Carneiro e Dr. Eduardo Abimorad. Muito obrigada.

Aos professores da graduação que apoiaram e contribuíram para esse momento, formação pessoal e acadêmica. Em especial ao Giovani Taffarel Bergamin, Alexandra Pretto, Deise Castagnara, Antônio Camargo, Marco Aurélio de Souza, Viviani Corrêia, Frederico Ceccon, Alessandra Tamajusuku Neis, Dioni Bonini...

À equipe do laboratório de peixes ornamentais nos anos de 2017 e 2018 pelo auxílio intelectual e atividades referentes a este estudo. André Zuffo Boaratti, Cleber Mansano, Daniel Monge Queiroz, Juliane Santos, Kifayat Khan, Monique Virões, Natália Bassi, Rafael Romaneli, Thiago Torres do Nascimento, Thaís da Silva Oliveira e estagiários. Muito obrigada.

Aos integrantes da equipe do laboratório de nutrição, patologia e fisiologia de peixes do Centro de Aquicultura da Unesp (CAUNESP) pela paciência e auxílio em atividades referentes a este estudo.

Aos funcionários do Centro de Aquicultura da Unesp (CAUNESP), principalmente ao senhor Valdecir, Márcio, Luís, David e Silvinha pela paciência e ajuda em inúmeras atividades relacionadas a este trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo recurso proveniente do Projeto Temático ao qual este trabalho está vinculado (Processo nº 2013/25761-4), a coordenadora Profa Dra Nilva Kazue Sakomura e aos integrantes do Avinesp.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado (Processo nº 134642/2017-1).

À empresa Ajinomoto® Animal Nutrition, Evonik Industries AG e Evonik Brasil Ltda, pelo apoio, pelas análises e doação de insumos para a viabilização desta dissertação, especialmente ao Zootecnista Nei André Arruda Barbosa, da Evonik do Brasil pela atenção e encaminhamento de amostras para a análise de aminogramas das dietas.

Aos meus amigos que mesmo longe, me apoiaram sempre... Especialmente a Nicole Maldonado, Juliana Silveira, Mônica Fenner, Lúcia Rios, Taynara Bruning, Ândrea Enque, Cláudia Quintana, Jardel Palma, João Adelino, Victor Blanco...

Aos amigos conquistados nesse período de 2 anos, em especial a Joseane Silva, Daiane Vanecí, Aline Guedes, Mikaely Andrade, Amanda Zucatto, Allana Feitoza, Cleber Mansano, Rafael de Graaf e Kifayat Khan. Obrigada pelo companheirismo, conselhos, carinho e ajuda.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho. Muito obrigada!

## APOIO FINANCEIRO

FAPESP, recurso proveniente do Projeto Temático ao qual este trabalho está vinculado (Processo nº 2013/25761-4).



**FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA  
DO ESTADO DE SÃO PAULO**

CNPq, bolsa de mestrado (Processo nº 134642/2017-1).



Ajinomoto® Animal Nutrition, doação de aminoácidos.



Evonik Industries AG e Evonik Brasil Ltda, doação de aminoácidos e aminogramas dos alimentos e dietas.



## **CÁPITULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA**

### **1. Proteína e aminoácidos**

A alimentação é o item de maior custo na produção animal (SCORVO-FILHO, 2003; SIDONIO et al., 2012; SANTOS et al., 2014), podendo atingir até 70% conforme a espécie de cultivo (SIDONIO et al., 2012). A proteína corresponde ao nutriente mais oneroso (LI et al., 2009; WILSON, 2002), além de apresentar-se como o componente mais dispendioso nas rações para peixes, disponibilizando aminoácidos para o reparo e crescimento dos tecidos, e a exigência pelos peixes pode variar, em virtude de fatores como a idade, peso corporal e temperatura da água (WILSON, 2002; LUO et al., 2006; PORTZ; FURUYA, 2013; RIEGEL, 2012).

Porém os peixes não possuem necessidade nutricional específica de proteína, mas de um adequado balanceamento entre aminoácidos essenciais e não essenciais (WILSON; HALVER, 1986; DACOSTA-CALHEIROS; ARNASON; BJORNSDOTTIR, 2003; BICUDO; CYRINO, 2009), sendo ambos necessários para a constituição da cadeia polipeptídica, uma vez que as células precisam dos aminoácidos para a síntese proteica (WILSON, 1985; FURUYA et al., 2010). Assim temos o conceito de proteína ideal, que foi inicialmente definido por Mitchell (1964) como o adequado balanço de aminoácidos que atendem as exigências para processos de manutenção e máximo crescimento dos animais.

Os aminoácidos não apresentam apenas papel na composição e síntese de proteínas, mas também são importantes para o controle e manutenção das principais vias metabólicas que regulam o metabolismo, manutenção, crescimento, reprodução, respostas imunes, comportamento, estresse e osmorregulação (MEIJER, 2003; JOBGEN et al., 2006; LI et al., 2009; PORTZ; FURUYA, 2013). Os peixes possuem a capacidade de biossintetizar alguns aminoácidos a partir de precursores prontamente disponíveis, seja pelo metabolismo celular ou pela transaminação de outros aminoácidos (GREEN; HARDY, 2002), sendo esses classificados como aminoácidos não essenciais (AANE).

Os aminoácidos que não são sintetizados suficientemente pelo organismo animal, são classificados como aminoácidos essenciais (AAE), os quais devem ser incluídos em níveis adequados na dieta para garantir as funções fisiológicas, metabólicas e de crescimento (LI et al., 2009; WU, 2013; WU, 2014). De acordo com Li et al. (2009), atualmente, são considerados dez aminoácidos como essenciais para peixes (Tabela 1), sendo de fundamental importância sua disponibilidade na dieta. Os peixes são incapazes de sintetizar alguns aminoácidos como a lisina, metionina, arginina, fenilalanina, histidina, isoleucina, leucina, treonina, triptofano e valina, sendo que esses devem ser adquiridos através da ingestão de proteínas ou misturas exógenas de aminoácidos para a obtenção do atendimento as suas exigências nutricionais (NRC, 2011).

Tabela 1 - Aminoácidos classificados como nutricionalmente essenciais, não essenciais e condicionalmente essenciais para peixes, seguidos de suas abreviações.

<b>Aminoácido Essencial</b>	<b>Aminoácido Não Essencial</b>	<b>Aminoácido Condicionalmente Essencial</b>
Arginina (ARG)	Alanina (ALA)	Cisteína (CYS)
Histidina (HIS)	Asparagina (ASN)	Glutamina (GLN)
Isoleucina (ILE)	Aspartato (ASP)	Hidroxiprolina
Leucina (LEU)	Glutamato (GLU)	Prolina (PRO)
Lisina (LYS)	Glicina (GLY)	Taurina
Metionina (MET)	Serina (SER)	
Fenilalanina (PHE)	Tirosina (TYR)	
Treonina (THR)		
Triptofano (TRP)		
Valina (VAL)		

**Fonte:** (LI et al., 2009).

Assim, diante da deficiência de um aminoácido essencial, os demais aminoácidos poderão apresentar-se em excesso, gerando a redução do aproveitamento dos mesmos e limitação da síntese proteica (COLE; VAN LUNEN, 1994; PORTZ; FURUYA, 2013; WILSON, 2002; WILSON, 2003). O adequado balanceamento aminoacídico aumenta a capacidade de aproveitamento da dieta com menores teores de proteína, colaborando com a menor excreção de nitrogênio ao ambiente (BOTARO et al., 2007; QUADROS, 2009). Além disso, o

ajuste de aminoácidos essenciais conforme as necessidades nutricionais dos peixes e a fase de desenvolvimento, permitem a formulação de dietas com perfil aminoacídico equilibrado, o que é necessário para a otimização desses nutrientes para a promoção do crescimento (WILSON, 2003; GREEN; HARDY, 2002; ROLLIN et al., 2003; PERES; OLIVA-TELES, 2009).



## REFERÊNCIAS

ABBOUDI, T.; MAMBRINI, M.; OOGHE, W.; LARONDELLE, Y.; ROLLIN, X. Protein and lysine requirements for maintenance and for tissue accretion in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. **Aquaculture**, v. 261, n. 1, p. 369-383, 2006.

ABBOUDI, T.; OOGHE, W.; LARONDELLE, Y.; ROLLIN, X. Determination of the threonine requirement for maintenance in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fry with the diet dilution procedure. **Aquaculture Nutrition**, v. 13, n. 4, p. 281-290, 2007.

ABE, H.; OHMAMA, S. Effect of starvation and sea-water acclimation on the concentration of free L-histidine and related dipeptides in the muscle of eel, rainbow trout and Japanese dace. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry**, v. 88, n. 2, p. 507-511, 1987.

ABIDI, S. F.; KHAN, M. A. Dietary leucine requirement of fingerling Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton). **Aquaculture Research**, v. 38, p. 478-486, 2007.

ABIDI, S. F.; KHAN, M. A. Dietary threonine requirement of fingerling Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton). **Aquaculture Research**, v. 39, p. 1498-1505, 2008.

ABIDI, S. F.; KHAN, M. A. Dietary Tryptophan Requirement of Fingerling Rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), Based on Growth and Body Composition. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 41, n. 5, p. 700-709, 2010.

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**, v. 16, n. 4, p. 370-377, 2010.

AHMED, I. Dietary amino acid L-threonine requirement of fingerling Indian catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch) estimated by growth and biochemical parameters. **Aquaculture International**, v. 15, n. 5, p. 337-350, 2007.

AHMED, I. Dietary total aromatic amino acid requirement and tyrosine replacement value for phenylalanine in Indian major carp: *Cirrhinus mrigala* (Hamilton) fingerlings. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 25, n. 6, p. 719-727, 2009.

AHMED, I. Dietary amino acid L-tryptophan requirement of fingerling Indian catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch), estimated by growth and haemato-biochemical parameters. **Fish Physiology and Biochemistry**, 38, n. 4, p. 1195-1209, 2012.

AHMED, I.; KHAN, M. A. Dietary tryptophan requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture Research**, v. 36, n. 7, p. 687-695, 2005a.

AHMED, I.; KHAN, M. A. Dietary histidine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture Nutrition**, v. 11, n. 5, p. 359-366, 2005b.

AHMED, I.; KHAN, M. A. Dietary branched-chain amino acid valine, isoleucine and leucine requirements of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **British Journal of Nutrition**, v. 96, n. 3, p. 450-460, 2006.

AISSA, A. F.; TRYNDYAK, V.; DE CONTI, A.; MELNYK, S.; GOMES, T. D.; BIANCHI, M. L.; JAMES, S. J.; BELAND, F. A.; ANTUNES, L. M.; POGRIBNY, I. P. Effect of methionine-deficient and methionine-supplemented diets on the hepatic one-carbon and lipid metabolism in mice. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 58, p. 1502-1512, 2014.

AKHTAR, M.; PAL, A.; SAHU, N.; CIJI, A.; MEENA, D.; DAS, P. Physiological responses of dietary tryptophan fed *Labeo rohita* to temperature and salinity stress. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 97, n. 6, p. 1075-1083, 2013.

ALAM, M. S.; TESHIMA, S.; ISHIKAWA, M.; KOSHIO, S.; YANIHARTO, D. Methionine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* estimated by the oxidation of radioactive methionine. **Aquaculture Nutrition**, v. 7, n. 3, p. 201-209, 2001.

ALAM, M. S.; TESHIMA, S. I.; KOSHIO, S.; ISHIKAWA, M.; UYAN, O.; HERNANDEZ, L. H. H.; MICHAEL, F. R. Supplemental effects of coated methionine and/or lysine to soy protein isolate diet for juvenile kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus*. **Aquaculture**, v. 248, n. 1, p. 13-19, 2005.

ALEE, S. J.; MARKHAM, M. R.; SALAZAR, V. L.; STODDARD, P. K. Opposing actions of 5-HT<sub>1A</sub> and 5-HT<sub>2</sub>-like serotonin receptors on modulations of the electric signal waveform in the electric fish *Brachyhypopomus pinnicaudatus*. **Hormones and Behavior**, v. 53, n. 3, p. 481-488, 2008.

AMBARDEKAR, A. A.; REIGH, R. C.; WILLIAMS, M. B. Absorption of amino acids from intact dietary proteins and purified amino acid supplements follows different time-courses in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**, v. 291, n. 3-4, p. 179-187, 2009.

AZEREDO, R.; PEREZ-SANCHEZ, J.; SITJA-BOBADILLA, A.; FOUZ, B.; TORT, L.; ARAGAO, C.; OLIVA-TELES, A.; COSTAS, B. European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) immune status and disease resistance are impaired by arginine dietary supplementation. **PLoS ONE**, v. 10, p. 1-19, 2015.

BERGE, G. E.; BAKKE-MCKELLEP, A. M.; LIED, E. In vitro uptake and interaction between arginine and lysine in the intestine of Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 179, n. 1, p. 181-193, 1999.

BICUDO, A. J. A.; CYRINO, J. E. P. Estimating amino acid requirement of Brazilian freshwater fish from muscle amino acid profile. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 40, p. 318-823, 2009.

BICUDO, Á. J.; SADO, R. Y.; CYRINO, J. E. Dietary lysine requirement of juvenile pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Aquaculture**, v. 297, n. 1, p. 151-156, 2009.

BODIN, N.; MAMBRINI, M.; WAUTERS, J.B.; ABOUDI, T.; OOGHE, W.; LE BOULENGE, E.; LARONDELLE, Y.; ROLLIN, X. Threonine requirements for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) at the fry stage are similar. **Aquaculture**, v. 274, n. 2-4, p. 353-365, 2008.

BOISEN, S.; HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M. R. Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation. **Livestock Production Science**, v. 64, n. 2, p. 239- 251, 2000.

BOTARO, D.; FURUYA, W. M.; SILVA, L. C. R.; DOS SANTOS, L. D.; SILVA, T. S. C.; DOS SANTOS, V. G. 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.

BRECK, O.; BJERKÅS, E.; CAMPBELL, P.; RHODES, J. D.; SANDERSON, J.; WAAGBØ, R. Histidine nutrition and genotype affect cataract development in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. **Journal of Fish Diseases**, v. 28, n. 6, p. 357-371, 2005.

CHEN, G.; LIU, Y.; JIANG, J.; JIANG, W.; KUANG, S.; TANG, L.; TANG, W.; ZHANG, Y-A.; ZHOU, X.; FENG, L. Effect of dietary arginine on the immune response and gene expression in head kidney and spleen following infection of Jian carp with *Aeromonas hydrophila*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 44, n. 1, p. 195-202, 2015.

CHENG, Z. J.; HARDY, R. W.; USRY, J. L. Plant protein ingredients with lysine supplementation reduce dietary protein level in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets, and reduce ammonia nitrogen and soluble phosphorus excretion. **Aquaculture**, v. 218, n. 1, p. 553-565, 2003.

CHENG, Z.; BUENTELLO, A.; GATLIN III, D. M. Effects of dietary arginine and glutamine on growth performance, immune responses and intestinal structure of red drum, *Sciaenops ocellatus*. **Aquaculture**, v. 319, n. 1, p. 247-252, 2011.

CHENG, Z.; GATLIN III, D. M.; BUENTELLO, A. Dietary supplementation of arginine and/ or glutamine influences growth performance, immune responses and intestinal morphology of hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *Morone saxatilis*). **Aquaculture**, v. 362, p. 39-43, 2012.

COLE, D. J. A.; VAN LUNEN, T. A. Ideal amino acid patterns. In: D'MELLO, J. P. F. (Ed.). **Amino Acids in Farm Animal Nutrition**. Wallingford, England: CAB International, 1994. p. 99-112.

COLOSO, R. M.; MURILLO-GURREA, D. P.; BORLONGAN, I. G.; CATA CUTAN, M. R. Tryptophan requirement of juvenile Asian sea bass *Lates calcarifer*. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 20, n. 1, p. 43-47, 2004.

COSTAS, B.; ARAGAO, C.; RUIZ-JARABO, I.; VARGAS-CHACOFF, L.; ARJONA, F. J.; MANCERA, M.; DINIS, M. T.; CONCEICAO, L.E. C. Different environmental temperatures affect amino acid metabolism in the eury therm teleost Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) as indicated by changes in plasma metabolites. **Amino Acids**, v. 43, n.1, p. 327-335, 2012.

DA COSTA-CALHEIROS, M. A.; ARNASON, J.; BJORNSDOTTIR, R. Alternative Sources of Protein in Feed for Cultured Fish: A Case Study on Atlantic Cod Fry (*Gadus morhua*). **The United Nations University Fisheries Training Programme, Final project**, p. 1-33, 2003.

DEFA, L.; CHANGTING, X.; SHIYAN, Q.; JINHUI, Z.; JOHNSON, E. W.; THACKER, P. A. Effects of dietary threonine on performance, plasma parameters and immune function of growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 78, n. 3-4, p. 179-188, 1999.

DENG, Y-P.; JIANG, W.-D.; LIU, Y.; JIANG, J.; KUANG, S-Y.; TANG, L.; WU, P.; ZHANG, Y.-A.; FENG, L.; ZHOU, X.-Q. Differential growth performance, intestinal antioxidant status and relative expression of Nrf2 and its target genes in young grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fed with graded levels of leucine. **Aquaculture**, v. 434, p. 66-73, 2014.

DENG, Y-P.; JIANG, W.-D.; LIU, Y.; QU, B.; JIANG, J.; KUANG, S.Y.; TANG, L.; TANG, W.-N.; WU, P.; ZHANG, Y.-A.; ZHOU, X-Q.; FENG, L. Dietary leucine improves flesh quality and alters mRNA expressions of Nrf2-mediated antioxidant enzymes in the muscle of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). **Aquaculture**, v. 452, p. 380-387, 2016.

DIÓGENES, 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 the deletion method. **Aquaculture Nutrition**, v. 22, n. 2, p. 435-443, 2016.

DONG, M.; FENG, L.; KUANG, S. Y.; LIU, Y.; JIANG, J.; HU, K.; JIANG, W. D.; LI, S. H.; TANG, L.; ZHOU, X. Q. Growth, body composition, intestinal enzyme activities and microflora of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian) fed graded levels of dietary valine. **Aquaculture Nutrition**, v. 19, n. 1, p. 1-14, 2013.

DONG, Y-W.; FENG, L.; JIANG, W-D.; LIU, Y.; WU, P.; JIANG, J.; KUANGD, S-Y.; TANG, L.; TANG, W-N.; ZHANGE, Y-A.; ZHOU, X-Q. Dietary threonine

deficiency depressed the disease resistance, immune and physical barriers in the gills of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) under infection of *Flavobacterium columnare*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 72, p. 161-173, 2018.

DORIGAM, J. C. P. **Relação ideal dos aminoácidos essenciais para manutenção, crescimento e produção de aves**. 2016. 192 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2016a.

DORIGAM, J. C. P. Determinação da relação ideal dos aminoácidos essenciais: método de deleção. In: SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2016b. p. 233-244.

DORIGAM, J. C. P. Método dose-resposta para determinar exigências nutricionais. In: SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2016c. p. 132-159.

DORIGAM, J. C. P.; SAKOMURA, N. K.; LIMA, M. B.; SARCINELLI, M. F.; SUZUKI, R. M. Establishing an essential amino acid profile for maintenance in poultry using deletion method. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 100, n. 5, p. 884-892, 2016d.

DUNCAN, D. B. Multiple range and multiple F' tests. **Biometrics**, v. 11, n.1, p. 1-42, 1955.

ESPE, M.; HEVRØY, E. M.; LIASET, B.; LEMME, A.; EL-MOWAFI, A. Methionine intake affect hepatic sulphur metabolism in Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Aquaculture**, v. 274, n.1, p. 132-141, 2008.

ESPE, M.; LIASET, B.; HEVROY, E. M.; EL-MOWAFI, A. DL-methionine enrichment in diets fed to Atlantic salmon increases apparent digestibility. **Aquaculture Research**, v. 42, p. 1123-1130, 2011.

FARHAT; KHAN, M. A. Response of fingerling stinging catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch) to varying levels of dietary l-leucine in relation to growth, feed conversion, protein utilization, leucine retention and blood parameters. **Aquaculture Nutrition**, v. 20, n. 3, p. 291-302, 2014.

FENG, L.; XIAO, W. W.; LIU, Y.; JIANG, J.; HU, K.; JIANG, W. D.; LI, S. H.; ZHOU, X. Q. Methionine hydroxy analogue prevents oxidative damage and improves antioxidant status of intestine and hepatopancreas for juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* Var. Jian). **Aquaculture Nutrition**, v. 17, p. 595-604, 2011.

FENG, L.; PENG, Y.; WU, P.; HU, K.; JIANG, W.-D.; LIU, Y.; JIANG, J.; LI, S.-H.; ZHOU, X.-Q. Threonine affects intestinal function, protein synthesis and gene expression of TOR in Jian carp (*Cyprinus carpio* Var. Jian). **PLoS ONE**, v. 8, n. 7, p. 1-14, 2013.

FOURNIER, V.; GOUILLOU-COUSTANS, M. F.; METAILLER, R.; VACHOT, C.; GUEDES, M. J.; TULLI, F.; KAUSHIK, S. J. Protein and arginine requirements for maintenance and nitrogen gain in four teleosts. **British Journal of Nutrition**, v. 87, n. 5, p. 459-469, 2002.

FURUYA, W. M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V. R. B.; BOTARO, D.; DA SILVA, L. C.; NEVES, P. R. Exigências de metionina + cistina total e digestível para alevinos revertidos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), baseadas no conceito de proteína ideal. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 4, p. 885-889, 2001.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; PEZZATO, A. C.; BARROS, M. M.; MIRANDA, E. C. Digestibility coefficients and digestible amino acids values of some ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1143-1149, 2001.

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, n. 5, p. 1571-1577, 2004.

FURUYA, W. M. (Ed.). **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 2010. 100p.

GAO, Y.-J.; YANG, H.-J.; LIU, Y.-J.; CHEN, S.-J.; GUO, D.-Q.; YU, Y.-Y.; TIAN, L.-X. Effects of graded levels of threonine on growth performance, biochemical parameters and intestine morphology of juvenile grass carp *Ctenopharyngodon idella*. **Aquaculture**, v. 424-425, p. 113-119, 2014.

GAO, Y.-J.; LIU, Y.-J.; CHEN, X.-Q.; YANG, H.-J.; LI, X.-F.; TIAN, L.-X. Effects of graded levels of histidine on growth performance, digested enzymes activities, erythrocyte osmotic fragility and hypoxia-tolerance of juvenile grass carp *Ctenopharyngodon idella*. **Aquaculture**, v. 452, p. 388-394, 2016.

GAO, Z.; WANG, X.; TANA, C.; ZHOU, H.; MAIA, K.; HE, G. Effect of dietary methionine levels on growth performance, amino acid metabolism and intestinal homeostasis in turbot (*Scophthalmus maximus* L.). **Aquaculture**, v. 498, p. 335-342, 2019.

GATLIN, D. M.; BARROWS, F. T.; BROWN, P.; DABROWSKI, K.; GAYLORD, T. G.; HARDY, R. W.; HERMAN, E.; HU, G.; NELSON, R.; OVERTURF, K.; RUST, M.; SEALEY, W.; SKONBERG, D.; SOUZA, E. J. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, v. 38, n. 6, p. 551-579, 2007.

GAYLORD, T. G.; RAWLES, S. D.; DAVIS, K. B. Dietary tryptophan requirement of hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). **Aquaculture Nutrition**, v. 11, n. 5, p. 367-371, 2005.

GIRI, S. S.; SENB, S. S.; CHIA, C.; KIMA, H. J.; YUNA, S.; PARKA, S. C.; SUKUMARANC, V. Effect of dietary leucine on the growth parameters and expression of antioxidant, immune, and inflammatory genes in the head kidney of

*Labeo rohita* fingerlings. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 167, n. 1-2, p. 36-43, 2015.

GLOVER, C. N.; WOOD, C. M. Histidine absorption across apical surfaces of freshwater rainbow trout intestine: mechanistic characterization and the influence of copper. **Journal of Membrane Biology**, v. 221, n. 2, p. 87-95, 2008.

GRUBER, K.; ROTH, F. X.; KIRCHGEßNER, M. Effect of partial dietary amino acid deductions on growth rate and nitrogen balance in growing chicks. **Archiv Geflügelk**, n. 64, p. 244-250, 2000.

GUILLAUME, J.; KAUSHIK, S.; BERGOT, P.; MÉTAILLER, R. **Nutrition et Alimentation des Poissons et Crustacés**. Paris: Quae, 1999. 489p.

HABTE-TSION, H.-M.; LIU, B.; REN, M.; GE, X.; XIE, J.; ZHOU, Q.; MIAO, L.; PAN, L.; CHEN, R. Dietary threonine requirement of juvenile blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). **Aquaculture**, v. 437, p. 304-311, 2015a.

HABTE-TSION, H.-M.; GE, X.; LIU, B.; XIE, J.; REN, M.; ZHOU, Q.; MIAO, L.; PAN, L.; CHEN, R. A deficiency or an excess of dietary threonine level affects weight gain, enzyme activity, immune response and immune-related gene expression in juvenile blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 42, n. 2, p. 439-446, 2015b.

HABTE-TSION, H.-M.; REN, M.; LIU, B.; GE, X.; XIE, J.; CHEN, R.; ZHOU, Q.; PAN, L. Threonine influences the absorption capacity and brush-border enzyme gene expression in the intestine of juvenile blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). **Aquaculture**, v. 448, p. 436-444, 2015c.

HABTE-TSION, H.-M.; REN, M.; LIU, B.; GE, X.; XIE, J.; CHEN, R. Threonine modulates immune response, antioxidant status and gene expressions of antioxidant enzymes and antioxidant-immune-cytokine-related signaling molecules in juvenile blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 51, p. 189-199, 2016.

HASEK, B. E.; BOUDREAU, A.; SHIN, J.; FENG, D.; HULVER, M.; VAN, N.T.; LAQUE, A.; STEWART, L. K.; STONE, K. P.; WANDERS, D.; GHOSH, S.; PESSIN, J. E.; GETTYS, T. W. Remodeling the integration of lipid metabolism between liver and adipose tissue by dietary methionine restriction in rats. **Diabetes**, v. 62, p. 3362-3372, 2013.

HELLAND, S.; HELLAND, B. G. Dietary threonine requirement of Atlantic salmon smolts. **Aquaculture**, v. 321, n. 3-4, p. 230-236, 2011.

HÖGLUND, E.; BAKKE, M. J.; ØVERLI, Ø.; WINBERG, S.; NILSSON, G. E. Suppression of aggressive behaviour in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) by L-tryptophan supplementation. **Aquaculture**, v. 249, n. 1-4, p. 525-531, 2005.

HÖGLUND, E.; SØRENSEN, C.; BAKKE, M. J.; NILSSON, G. E.; ØVERLI, Ø. Attenuation of stress-induced anorexia in brown trout (*Salmo trutta*) by pre-

treatment with dietary L-tryptophan. **British Journal of Nutrition**, v. 97, n. 4, p. 786-789, 2007.

HOSEINI, S. M.; HOSSEINI, S. A. Effect of dietary L-tryptophan on osmotic stress tolerance in common carp, *Cyprinus carpio*, juveniles. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 36, n. 4, p. 1061-1067, 2010.

HSEU, J. R.; LU, F. I.; SU, H. M.; WANG, L. S.; TSAI, C. L.; HWANG, P. P. Effect of exogenous tryptophan on cannibalism, survival and growth in juvenile grouper, *Epinephelus coioides*. **Aquaculture**, v. 218, n. 1-4, p. 251-263, 2003.

JIANG, W.-D.; DENG, Y.-P.; LIU, Y.; QU, B.; JIANG, J.; KUANG, S.-Y.; TANG, L.; TANG, W.-N.; WU, P.; ZHANG, Y.-A.; ZHOU, X.-Q.; FENG, L. Dietary leucine regulates the intestinal immune status, immune-related signalling molecules and tight junction transcript abundance in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). **Aquaculture**, v. 444, p. 134-142, 2015.

JOBGEN, W. S.; FRIED, S. K.; FU, W. J.; MEININGER, C. J.; WU, G. Regulatory role for the arginine-nitric oxide pathway in metabolism of energy substrates. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 17, n. 9, p. 571-588, 2006.

KETOLA, H. C. Requirement for dietary lysine and arginine by fry of rainbow trout. **Journal of Animal Science**, v. 56, n.1, p. 101-107, 1983.

KETOLA, H. G. Amino acid nutrition of fishes: requirements and supplementation of diets. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry**, v. 73, n. 1, p. 17-24, 1982.

KHAN, M. A.; ABIDI, S. F. Dietary isoleucine requirement of fingerling Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton). **Aquaculture Nutrition**, v. 13, n.6, p. 424-43, 2007.

KHAN, M. A.; ABIDI, S. F. Optimum histidine requirement of fry African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell). **Aquaculture Research**, v. 40, n. 9, p. 1000-1010, 2009.

KHAN, M. A.; ABIDI, S. F. Dietary histidine requirement of Singhi, *Heteropneustes fossilis* fry (Bloch). **Aquaculture Research**, v. 45, n. 8, p. 1341-1354, 2014.

KIMBALL, S. R.; JEFFERSON, L. S. New functions for amino acids: effects on gene transcription and translation. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 83, n. 2, p. 500S-507S, 2006.

KUMAR, P.; SAURABH, S.; PAL, A. K.; SAHU, N. P.; ARASU, A. R. T. Stress mitigating and growth enhancing effect of dietary tryptophan in rohu (*Labeo rohita*, Hamilton, 1822) fingerlings. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 40, n. 5, p. 1325-1338, 2014.

LEPAGE, O.; TOTTMAR, O.; WINBERG, S. Elevated dietary intake of L-tryptophan counteracts the stress-induced elevation of plasma cortisol in rainbow



trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of Experimental Biology**, v. 205, n. 23, p. 3679-3687, 2002.

LEPAGE, O.; VÍLCHEZ, I. M.; POTTINGER, T. G.; WINBERG, S. Time-course of the effect of dietary L-tryptophan on plasma cortisol levels in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Journal of Experimental Biology**, v. 206, n. 20, p. 3589-3599, 2003.

LI, P.; YIN, Y. L.; LI, D.; KIM, S. W.; WU, G. Y. Amino acids and immune function. **British Journal of Nutrition**, v. 98, p. 237-252, 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.

LI, W.; FENG, L.; LIU, Y.; JIANG, W. D.; KUANG, S. Y.; JIANG, J.; LI, S. H.; TANG, L.; ZHOU, X. Q. Effects of dietary phenylalanine on growth, digestive and brush border enzyme activities and antioxidant capacity in the hepatopancreas and intestine of young grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). **Aquaculture Nutrition**, v. 21, n. 6, p. 913-925, 2015.

LIEBERT, F. Amino acid requirement studies in *Oreochromis niloticus* by application of principles of the diet dilution technique. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 93, n. 6, p. 787-793, 2009.

LIEBERT, F.; BENKENDORFF, K. Modelling of threonine and methionine requirements of *Oreochromis niloticus* due to principles of the diet dilution technique. **Aquaculture Nutrition**, v. 13, n. 6, p. 397-406, 2007.

LIND, D. S. Arginine and cancer. **The Journal of Nutrition**, v. 134, n. 10, p. 2837s-2841s, 2004.

LU, S. C. Regulation of glutathione synthesis. **Current Topics in Cellular Regulation**, v. 36, p. 95-116, 2000.

LUO, Z.; LIU, Y.-J.; MAI, K.-S.; TIAN, L.-X.; YANG, H.-J.; LIANG, G.-Y.; LIU, D.-H. Quantitative L-lysine requirement of juvenile grouper *Epinephelus coioides*. **Aquaculture Nutrition**, v. 12, n. 3, p. 165-172, 2006.

LUO, J.-B.; FENG, L.; JIANG, W.-D.; LIU, Y.; WU, P.; JIANG, J.; KUANG, S.-Y.; TANG, L.; ZHANG, Y.-A.; ZHOU, X.-Q. The impaired intestinal mucosal immune system by valine deficiency for young grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) is associated with decreasing immune status and regulating tight junction proteins transcript abundance in the intestine. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 40, n. 1, p. 197-207, 2014.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2010.

MAI, K.; ZHANG, L.; AI, Q.; DUAN, Q.; ZHANG, C.; LI, H.; WAN, J.; LIUFU, Z. Dietary lysine requirement of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. **Aquaculture**, v. 258, n. 1-4, p. 535-542, 2006a.

MAI, M.; WAN, J.; AI, Q.; XU, W.; LIUFU, Z.; ZHANG, L.; ZHANG, C.; LI, H. Dietary methionine requirement of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* R. **Aquaculture**, v. 253, n. 1-4, p. 564 -572, 2006b.

MAMBRINI, M.; KAUSHIK, S. J. Partial replacement of dietary protein nitrogen with dispensable amino acids in diets of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, v. 109, n. 2, p. 469-477, 1994.

MARAMMAZI, J. G.; YAGHOUBI, M.; SAFARI, O.; PERES, H.; MOZANZADEH, M. T. Establishing the optimum dietary essential amino acid pattern for silvery-black porgy (*Sparidentex hasta*) juveniles by deletion method. **Aquaculture Nutrition**, v. 23, n. 6, p. 1483-1491, 2017.

MARTINEZ, J. B.; CHATZIFOTIS, S.; DIVANACH, P.; TAKEUCHI, T. Effect of dietary taurine supplementation on growth performance and feed selection of sea bass *Dicentrarchus labrax* fry fed with demand-feeders. **Fisheries Science**, v. 70, p. 74-79, 2004.

MEIJER, A. J. Amino Acids as Regulators and Components of Non-proteinogenic Pathways. **Journal of Nutrition**, v. 133, n. 6, p. 2057S-2062S, 2003.

MÉTAYER, S.; SEILIEZ, I.; COLLIN, A.; DUCHÊNE, S.; MERCIER, Y.; GERAERT, P.-A.; TESSERAUD, S. Mechanisms through which sulfur amino acids control protein metabolism and oxidative status. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 19, p. 207-215, 2008.

MITCHELL, H. H. **Comparative nutrition of man and domestic animals**. New York: Academic Press, 1964. 840p.

MICHELATO, M.; FURUYA, W. M.; GRACIANO, T. S.; VIDAL, L. V. O.; XAVIER, T. O.; MOURA, L. B. D.; FURUYA, V. R. B. Digestible methionine+cystine requirement for Nile tilapia from 550 to 700 g. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 1, p. 7-12, 2013.

MICHELATO, M.; ZAMINHAN, M.; BOSCOLO, W. R.; NOGAROTO, V.; VICARI, M.; ARTONI, R. F.; FURUYA, W. M. Dietary histidine requirement of Nile tilapia juveniles based on growth performance, expression of muscle-growth-related genes and haematological responses. **Aquaculture**, n. 467, p. 63-70, 2016.

MICHELATO, M.; ZAMINHAN, M.; BOSCOLO, W. R.; NOGAROTO, V.; VICARI, M.; ARTONI, R. F.; FURUYA, V. R. B.; FURUYA, W. M. Dietary histidine requirement of Nile tilapia juveniles based on growth performance, expression of muscle-growth-related genes and haematological responses. **Aquaculture**, v. 467, p. 63-70, 2017.

MOMMSEN, T. P.; MOON, T. W.; PLISETSKAYA, E. M. Effects of arginine on pancreatic hormones and hepatic metabolism in rainbow trout. **Physiological and Biochemical Zoology**, v. 74, n. 5, p. 668-678, 2001.

MORRIS, S. M. Arginine: beyond protein. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 83, n. 2, p. 508S-512S, 2006.

MURILLO-GURREA, D. P.; COLOSO, R. M.; BORLONGAN, I. G.; SERRANO, A. E. Lysine and arginine requirements of juvenile Asian sea bass *Lates calcarifer*. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 17, n. 2, p. 49-53, 2001.

NGAMSNAE, P.; SILVA, S. S.; GUNASEKERA, R. M. Arginine and phenylalanine requirement of juvenile silver perch *Bidyanus bidyanus* and validation of the use of body amino acid composition for estimating individual amino acid requirements. **Aquaculture**, v. 5, p. 173-180, 1999.

NOSE, T. Summary report on the requirements of essential amino acids for carp. In: HALVER, J. E.; TIEWS, K. (Eds.). **Finfish nutrition and feed technology**. Universidade da Califórnia: Heenemann Verlagsgesellschaft, 1979. p. 145-156.

NRC (National Research Council). **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**. Washington: National Academies Press, 2011.

OEHME, M.; GRAMMES, F.; TAKLE, H.; ZAMBONINO-INFANTE, J. L.; REFSTIE, S.; THOMASSEN, M. S.; RORVIK, K. A.; TERJESEN, B. F. Dietary supplementation of glutamate and arginine to Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) increases growth during the first autumn in sea. **Aquaculture**, v. 310, n. 1-2, p. 156-163, 2010.

OLIVA-TELES, A.; PERES, H.; KAUSHIK, S. Dietary arginine supplementation does not improve nutrient utilisation in gilthead seabream. **Aquaculture**, v. 479, n. 1, p. 690-695, 2017.

OPSTVEDT, J.; AKSNES, A.; HOPE, B.; PIKE, I. H. Efficiency of feed utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with increasing substitution of fish meal with vegetable proteins. **Aquaculture**, v. 221, n. 1-4, p. 365-379, 2003.

PARSONS, C. M.; BAKER, D. H. The concept and use of ideal protein in the feeding of non ruminants. In: Simpósio Internacional de Produção de Não Ruminantes, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: EDUEM, 1994. p. 119-128.

PERES, H.; OLIVA-TELES, A. The effect of dietary protein replacement by crystalline amino acid on growth and nitrogen utilization of turbot *Scophthalmus maximus* juveniles. **Aquaculture**, v. 250, n. 3, p. 755-764, 2005.

PERES, H.; OLIVA-TELES, A. The optimum dietary amino acid profile for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. **Aquaculture**, v. 296, n. 1-2, p. 81-86, 2009.

PIANESSO, D.; RADÜNZ NETO, J.; DA SILVA, L.P.; GOULART, F. R.; ADORIANA, T. J.; MOMBACHA, P.I.; LOUREIRO, B. B.; DALCIN, M. O.;

ROTILI, D. A.; LAZZARI, R. Determination of tryptophan requirements for juvenile silver catfish (*Rhamdia quelen*) and its effects on growth performance, plasma and hepatic metabolites and digestive enzymes activity. **Animal Feed Science and Technology**, v. 210, p. 172-183, 2015.

PINTO, W.; FIGUEIRA, L.; DINIS, M. T.; ARAGÃO, C. How does fish metamorphosis affect aromatic amino acid metabolism? **Amino Acids**, v. 36, n. 2, p. 177-183, 2009.

POHLENZ, G.; BUENTELLO, A.; CRISCITIELLO, M. F.; MWANGI, W.; SMITH, R.; GATLIN III, D. M. Synergies between vaccination and dietary arginine and glutamine supplementation improve the immune response of channel catfish against *Edwardsiella ictaluri*. **Fish Shellfish Immunology**, v. 33, n. 3, p. 543-551, 2012.

PORTZ, L.; FURUYA, W. M. Energia, proteína e aminoácidos. In: FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. (Eds.). **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. 1. ed. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2013. p. 65-77.

QUADROS, M.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; 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. 8, p. 1400-1406, 2009.

RAHIMNEJAD, S.; LEE, K.-J. Dietary valine requirement of juvenile red sea bream *Pagrus major*. **Aquaculture**, v. 416-417, p. 212-218, 2013.

RAHIMNEJAD, S.; LEE, K.-J. Dietary Isoleucine Influences Non-Specific Immune Response in Juvenile Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 14, p. 853-862, 2014.

REMØ, S. C.; HEVRØY, E. M.; OLSVIK, P. A.; FONTANILLAS, R.; BRECK, O.; WAAGBØ, R. Dietary histidine requirement to reduce the risk and severity of cataracts is higher than the requirement for growth in Atlantic salmon smolts, independently of the dietary lipid source. **British Journal of Nutrition**, v. 111, n. 10, p. 1759-1772, 2014.

RIEGEL, R. E. **Bioquímica**. 5. ed. São Leopoldo: Unisinos, 2012. 197p.

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.

ROTH, F. X.; GRUBER, K.; KIRCHGESSNER, M. The ideal dietary amino acid pattern for broiler chicks of age 7 to 28 days. **Archiv fur Gefluegelkunde**, v. 65, p. 199-206, 2001.

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.

SAS (Statistical Analyses System). Version Release 9.4. 2014.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2016. 262p.

SCHJOLDEN, J.; PULMAN, K. G. T.; POTTINGER, T. G.; TOTTMAR, O.; WINBERG, S. Serotonergic characteristics of rainbow trout divergent in stress responsiveness. **Physiology & Behavior**, v. 87, n. 5, p. 938-947, 2006.

SCHUHMACHER, A.; MÜNCH, M.; GROPP, J. M. Non-essential amino acid sources in crystalline amino acid diets for trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of Applied Ichthyology**, v. 11, n. 3-4, p. 317-321, 1995.

SCHUHMACHER, A.; WAX, C.; GROPP, J. M. Plasma amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed intact protein or a crystalline amino acid diet. **Aquaculture**, v. 151, n. 1, p. 15-28, 1997.

SCHUHMACHER, A.; GROPP, J. M. Carnitine a vitamin for rainbow trout? **Journal of Applied Ichthyology**, v. 14, p. 87-90, 1998.

SCORVO-FILHO, J. D. Panorama da aqüicultura nacional. **InformesTécnicos- Associação Catarinense de Aquicultura**, 2003.

SEGOVIA-QUINTERO, M. A.; REIGH, R. C. Coating crystalline methionine with tripalmitin-polyvinyl alcohol slows its absorption in the intestine of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 238, n. 1, p. 355-367, 2004.

SHI, Y. Q.; SUN, Y. X.; LUO, L.; JING, T.; CHEN, Y. J.; WEN, H. Dietary leucine requirement of tilapia (GIFT *Oreochromis niloticus*). **Journal of Fisheries of China**, v. 10, p. 1778-1786, 2014.

SIDONIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L.; MORCH, R.; MAGALHÃES, G.; LIMA, J.; BURNS, V.; ALVES JÚNIOR, A. J.; MUNGIOLI, R. Panorama da aqüicultura no Brasil: desafios e oportunidades. **BNDES Setorial**, v. 35, p. 421-463, 2012.

SINGH, S.; KHAN, M. A. Dietary arginine requirement of fingerling hybrid *Clarias* (*Clarias gariepinus* × *Clarias macrocephalus*). **Aquaculture Research**, v. 38, n. 1, p. 17-25, 2007.

SMALL, B. C.; SOARES JR, J. H. Estimating the quantitative essential amino acid requirements of striped bass *Morone saxatilis*, using fillet A/E ratios. **Aquaculture Nutrition**, v. 4, n. 4, p. 225-232, 1998.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia aplicada à aqüicultura**. Boletim técnico, n. 1. Jaboticabal: FUNEP. 1994. 70p.

SUGIYAMA, K.; KANAMORI, H.; AKACHI, T.; YAMAKAWA, A. Amino acid composition of dietary proteins affects plasma cholesterol concentration through

alteration of hepatic phospholipid metabolism in rats fed a cholesterol-free diet. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 7, n. 1, p. 40-48, 1996.

TAKAGI, S.; SHIMENO, S.; HOSOKAWA, H.; UKAWA, M. Effect of lysine and methionine supplementation to a soy protein concentrate diet for red sea bream *Pagrus major*. **Fisheries Science**, v. 67, n. 6, p. 1088-1096, 2001.

TAN, X.; LIN, H.; HUANG, Z.; ZHOU, C.; WANG, A.; QI, C.; ZHAO, S. Effects of dietary leucine on growth performance, feed utilization, non-specific immune responses and gut morphology of juvenile Golden pompano *Trachinotus ovatus*. **Aquaculture**, v.465, p.100-107, 2016.

TANG, L.; WANG, G.; JIANG, J.; FENG, L.; YANG, L.; LI, S.; KUANG, S.; ZHOU, X. Effect of methionine on intestinal enzymes activities, microflora and humoral immune of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Aquaculture Nutrition**, v. 15, p. 477-483, 2009.

TEJPAL, C. S.; PAL, A.K.; SAHU, N.P.; KUMAR, A.; MUTHAPPA, N. A.; VIDYA, S.; RAJAN, M. G. Dietary supplementation of L-tryptophan mitigates crowding stress and augments the growth in *Cirrhinus mrigala* fingerlings. **Aquaculture**, v. 293, n. 3-4, p. 272-277, 2009.

TESHIMA, S.; ALAM, M. S.; KOSHIO, S.; ISHIKAWA, M.; KANAZAWA, A. Assessment of requirement values for essential amino acids in the prawn, *Marsupenaeus japonicus* (Bate). **Aquaculture Research**, v. 33, n. 6, p. 395-402, 2002.

TWIBELL, R. G.; WILSON, K. A.; BROWN, P. B. Dietary Sulfur Amino Acid Requirement of Juvenile Yellow Perch Fed the Maximum Cystine Replacement Value for Methionine. **American Society for Nutritional Sciences**, v.130, n. 3, p. 612-616, 2000.

TIBALDI, E.; KAUSHIK, S. J. Amino acid requirements of Mediterranean fish species. **Cahiers Options Méditerranéens**, v. 63, p. 59-65, 2005.

VUGHT, A.J.A.H.; NIEUWENHUIZEN, A. G.; BRUMMER, R. M.; WESTERTERPLANTENGA, M.S. Effects of oral ingestion of amino acids and proteins on the somatotrophic axis. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v. 93, n. 2, p. 584-590, 2008.

WAAGBØ, R.; TRÖBE, C.; KOPPE, W.; FONTANILLAS, R.; BRECK, O. Dietary histidine supplementation prevents cataract development in adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in seawater. **British Journal of Nutrition**, v. 104, n. 10, p. 1460-1470, 2010.

WALTON, M. J.; COWEY, C. B.; ADRON, J. W. Methionine metabolism in rainbow trout fed diets of differing methionine and cystine content. **Journal of Nutrition**, v. 112, p. 1525-1535, 1982.

WANG, T. C.; FULLER, M. F. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. **British Journal of Nutrition**, v. 62 n. 1, p. 77-89, 1989.

WANG, B.; FENG, L.; CHEN, G.-F.; JIANG, W.-D.; LIU, Y.; KUANG, S.-Y.; JIANG, J.; TANG, L.; WU, P.; TANG, W.-N.; ZHANG, Y.-A.; ZHAO, J.; ZHOU, X.-Q. Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian) intestinal immune responses, antioxidant status and tight junction protein mRNA expression are modulated via Nrf2 and PKC in response to dietary arginine deficiency. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 51, p. 116-124, 2016.

WEISSBACH, H.; RESNICK, L.; BROT, N. Methionine sulfoxide reductases: history and cellular role in protecting against oxidative damage. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1703, p. 203-212, 2005.

WEN, H.; FENG, L.; JIANG, W.; LIU, Y.; JIANG, J.; LI, S.; TANG, L.; ZHANG, Y.; KUANG, S.; X ZHOU, Y. Dietary tryptophan modulates intestinal immune response, barrier function, antioxidant status and gene expression of TOR and Nrf2 in young grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 40, n. 1, 275-287, 2014.

WILSON, R. P. Amino acid and protein requirements of fish. In: EL-SAYED E.; TESHIMA, C. B.; MACKIE, A. M.; BELL, J. G. (Eds). **Nutrition and feeding of fish**. London: Academic Press, 1985. p. 1-16.

WILSON, R. P. Amino acids and proteins. In: HALVER, J. E. **Fish Nutrition**. London: Academic Press, 1989. p. 111-151.

WILSON, R. P. Amino acids and proteins. In: HALVER, J. E.; HARDY, R. W. (Eds). **Fish nutrition**. 3. ed. Washington: Academic Press, 2002. p.143-179.

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.

WILSON, R. P.; HALVER, J. E. Protein and amino acid requirements of fishes. **Annual Review of Nutrition**, v. 6, n. 1, p. 225-244, 1986.

WINBERG, S.; OVERLI, O.; LEPAGE, O. Suppression of aggression in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) by dietary L-tryptophan. **Journal of Experimental Biology**, v. 204, p. 3867-3876, 2001.

WOLKERS, C. P. B.; SERRA, M.; HOSHIBA, M. A.; URBINATI, E. C. Dietary L-tryptophan alters aggression in juvenile matrinxã *Brycon amazonicus*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 38, n. 3, p. 819-827, 2012.

WU, G. Y.; FANG, Y. Z.; YANG, S.; LUPTON, J. R.; TURNER, N. D. Glutathione metabolism and its implications for health. **Journal of Nutrition**, v. 134, p. 489-492, 2004.

WU, G. **Amino Acids: Biochemistry and Nutrition**. Florida: CRC Press, 2013. 458p.

WU, G. Functional amino acids in nutrition and health. **Amino Acids**, v. 45, n. 3, p. 407-411, 2013.

WU, G. Dietary requirements of synthesizable amino acids by animals: a paradigm shift in protein nutrition. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 5, n. 34, p. 1-12, 2014.

WU, C. L.; CHEN, L.; LU, Z.; GAO, J.; CHU, Y.; LI, L.; WANG, M.; ZHANG, G.; ZHANG, M.; YE, J. The effects of dietary leucine on the growth performances, body composition, metabolic abilities and innate immune responses in black carp *Mylopharyngodon piceus*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 67, p. 419-428, 2017.

ZEHRA, S.; KHAN, M. A. Dietary histidine requirement of fingerlings *Catla catla* (Hamilton) based on growth, protein gain, histidine gain, RNA/DNA ratio, haematological indices and carcass composition. **Aquaculture Research**, v. 47, n. 4, p. 1028-1039, 2014.

ZHAO, B.; FENG, L.; LIU, Y.; KUANG, S.-Y.; TANG, L.; JIANG, J.; HU, K.; JIANG, W.-D.; LI, S.-H.; ZHOU, X.-Q. Effects of dietary histidine levels on growth performance, body composition and intestinal enzymes activities of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Aquaculture Nutrition**, v. 18, n. 2, p. 220-232, 2012a.

ZHAO, J.; LIU, Y.; JIANG, J.; WU, P.; CHEN, G. F.; JIANG, W.; LI, S.; TANG, L.; KUANG, S.; FENG, L.; ZHOU, X. Effects of dietary isoleucine on growth, the digestion and absorption capacity and gene expression in hepatopancreas and intestine of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Aquaculture**, v. 368-369, p.117-128, 2012b.

ZHAO, J.; LIU, Y.; JIANG, J.; WU, P.; JIANG, W.; LI, S.; TANG, L.; KUANG, S.; FENG, L.; ZHOU, X. Effects of dietary isoleucine on the immune response, antioxidant status and gene expression in the head kidney of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 35, n. 2, p. 572-580, 2013.

ZHAO, J.; FENG, L.; LIU, Y.; JIANG, W.; WU, P.; JIANG, J.; Zhang, Y.; Zhou, X. Effect of dietary isoleucine on the immunity, antioxidant status, tight junctions and microflora in the intestine of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 41, n. 2, p. 663-673, 2014.

ZHOU, X.; HE, L.; WAN, D.; YANG, H.; YAO, K.; WU, G.; WU, X.; YIN, Y. Methionine restriction on lipid metabolism and its possible mechanisms. **Amino Acids**, v. 48, p. 1533-1540, 2016.



## 5 CONCLUSÃO

O método da deleção demonstrou eficiência na estimativa da relação ideal dos aminoácidos essenciais para a tilápia-do-Nilo na fase de terminação. Assim, foi possível estimar a seguinte relação dos aminoácidos essenciais em relação à lisina (=100%): arginina (80,73%); fenilalanina (69,73%); histidina (34,15%); isoleucina (51,24%); leucina (66,01%); metionina (41,49%); treonina (88,96%); triptofano (23,07%) e valina (72,63%). Também foi possível expressar a exigência em g kg<sup>-1</sup> de MS na dieta, o equilíbrio ideal para a fase de terminação foi estimado em: arginina (11,98), fenilalanina (10,35), histidina (5,07), isoleucina (7,6), leucina (9,79), lisina (14,84), metionina (6,16), treonina (13,2), triptofano (4,26) e valina (10,78).

## AGRADECIMENTOS

Ao apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo de bolsa nº 134642/2017-1) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (Projeto temático nº 2013/25761-4).

A Ajinomoto® Animal Nutrition, Evonik Industries AG e Evonik Brasil Ltda pela análise de dietas e a doação de aminoácidos para esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

Abboudi, T., Mambrini, M., Ooghe, W., Larondelle, Y., & Rollin, X. (2006). Protein and lysine requirements for maintenance and for tissue accretion in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. *Aquaculture*, 261(1), 369-383. doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.07.041

Alam, M. S., Teshima, S. I., Koshio, S., Ishikawa, M., Uyan, O., Hernandez, L. H. H., & 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. doi: 10.1016/j.aquaculture.2005.04.015

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (1995). *Official Methods of Analysis* (16<sup>th</sup> ed.). Washington, United States: Association of Official Analytical Chemists.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (2016). *Official Methods of Analysis* (20<sup>th</sup> ed.). Rockville, United States: AOAC International.

Bicudo, A. J. A., & Cyrino, J. E. P. (2009). Estimating amino acid requirement of Brazilian freshwater fish from muscle amino acid profile. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40, 318-823. doi: 10.1111/j.1749-7345.2009.00303.x

Boisen, S., Hvelplund, T., & Weisbjerg, M. R. (2000). Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation. *Livestock Production Science*, 64(2), 239- 251. doi: 10.1016/S0301-6226(99)00146-3

Comission Directive 98/64/EC of September 1998, establishing Community methods for the determination of amino acids in feedstuff and amending Directive 71/393/ECC, annex part A, Determination of Amino Acids. *Official Journal of the European Communities*, L257, 14-23, 1998.

Cyrino, J. E. P., Bicudo, A. J. A., Sado, R. Y., Borghesi, R., & Dairiki, J. K. (2010). A piscicultura e o ambiente—o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(suppl.), 68-87. doi: 10.1590/S1516-35982010001300009

Diógenes, A. F., Fernandes, J. B. K., Dorigam, J. C. P., Sakomura, N. K., Rodrigues, F. H. F., Lima, B. T. M., & Gonçalves, F. H. (2016). Establishing the optimal essential amino acid ratios in juveniles of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by the deletion method. *Aquaculture Nutrition*, 22(2), 435-443. doi: 10.1111/anu.12262

Directiva 2000/45/CE da comissão de 6 de Julho de 2000 que estabelece métodos de análise comunitários para a determinação da vitamina A, da vitamina E e do triptofano nos alimentos para animais. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, L 174/32, 1-19, 2000.

Dorigam, J. C. P. (2016). Método dose-resposta para determinar exigências nutricionais. In N. K. Sakomura & H. S. Rostagno, *Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos* (2<sup>th</sup> ed., pp. 132-159). Jaboticabal, Brasil: FUNEP.

Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F' tests. *Biometrics*, v. 11, n.1, p. 1-42, 1955. doi: 10.2307/3001478

Etheridge, R. D., Pesti, G. M., & Foster, E. H. (1998). A comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and Dumas combustion methodologies (Leco CNS 2000) on samples typical of an animal nutrition analytical laboratory. *Animal Feed Science and Technology*, 73, 21-28.

Fournier, V., Gouillou-Coustans, M. F., Metailler, R., Vachot, C., Guedes, M. J., Tulli, F., & Kaushik, S. J. (2002). Protein and arginine requirements for maintenance and nitrogen gain in four teleosts. *British Journal of Nutrition*, 87(5), 459-469. doi: 10.1079/BJN2002564

Furuya, W. M., Dos Santos, V. G., Silva, L. C. R., Furuya, V. R. B., & Sakaguti, E. S. (2006). Exigências de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(3), 937-942. doi: 10.1590/S1516-35982006000400001

Furuya, W. M. (Ed.). (2010). *Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias*. Toledo, Brasil: GFM.

Furuya, W. M., Graciano, T. S., Vidal, L. V. O., Xavier, T. O., Gongora, L. D., Righetti, J. S., & Furuya, V. R. B. (2012). Digestible lysine requirement of Nile tilapia fingerlings fed arginine-tolysine-balanced diets. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(3), 485-490. doi: 10.1590/S1516-35982012000300003

Furuya, W. M., Michelato, M., Graciano, T. S., Vidal, L. V. O., Xavier, T. O., Furuya, V. R. B., & Moura, L. B. (2013). Exigência de lisina digestível para a tilápia-do-Nilo de 87 a 226 g alimentada com dietas balanceadas para a relação arginina:lisina. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(4), 1945-1954. doi: 10.5433/1679-0359.2013v34n4p1945

Gan, L., Zhou, L. L., Li, X. X., & Yue, Y. R. (2015). Dietary leucine requirement of Juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Nutrition*, 22(5), 1040-1046. doi: 10.1111/anu.12353

Golterman, H. L.; Clymo, R. S.; Ohnstad, M. A. M. (1978). *Methods for physical and Chemical Analysis of Freshwaters*. London, England: Blackwell Science Publishers.

Green, J. A., & Hardy, R. W. (2002). The optimum dietary essential amino acid pattern for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), to maximize nitrogen retention and minimize nitrogen excretion. *Fish Physiology and Biochemistry*, 27(1-2), 97-108. doi: 10.1023/B:FISH.0000021878.81647.6e

Henry-Silva, G. G., & Camargo, A. F. M. (2008). Impacto das atividades de aquicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas -

relato de caso. *Boletim do Instituto de Pesca*, 34(1), 163-173. Retirado de [https://www.pesca.sp.gov.br/34\\_1\\_163-173.pdf](https://www.pesca.sp.gov.br/34_1_163-173.pdf)

Koroleff, F. (1976). Determination of nutrients. In K. Grasshoff (Ed.), *Methods of seawater analysis* (pp. 117-181). Weinheim, Deutschland: Verlag Chemie.

Liebert, F., & Benkendorff, K. (2007). Modeling lysine requirements of *Oreochromis niloticus* due to principles of the diet dilution technique. *Aquaculture*, 267(1-4), 100-110. doi: 10.1016/j.aquaculture.2007.02.022

Mackereth, F. J. H., Heron, J., & Talling, J. F. (1978). *Water Analysis: Some revised methods for limnologists (Scientific Publication/ Freshwater Biological Association)*. London, England: Freshwater Biological Assn.

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

Mambrini, M., & Kaushik, S. J. (1995). Effect of temperature on sulfur amino acid requirements for maintenance and growth of juvenile rainbow trout. In A. F. Nunes, A. V. Portugal, J. P. Costa & J. R. Ribeiro (Eds.), *Protein Metabolism and Nutrition* (pp. 117-122). Portugal: INIA.

Marammazi, J. G., Yaghoubi, M., Safari, O., Peres, H., & Mozanzadeh, M. T. (2017). Establishing the optimum dietary essential amino acid pattern for silvery-black porgy (*Sparidentex hasta*) juveniles by deletion method. *Aquaculture Nutrition*, 23(6), 1483-1491. doi: 10.1111/anu.12524

Michelato, M., Vidal, L. V. O., Xavier, T. O., Graciano, T. S., de Moura, L. B., Furuya, V. R. B., & Furuya, W. M. (2015). Dietary threonine requirement to optimize protein retention and fillet production of fast growing Nile tilapia. *Aquaculture Nutrition*, 22(4), 759-766. doi: 10.1111/anu.12293

Michelato, M., Zaminhan, M., Boscolo, W. R., Nogaroto, V., Vicari, M., Artoni, R. F., Furuya, V. R. B., & Furuya, W. M. (2017). Dietary histidine requirement of Nile tilapia juveniles based on growth performance, expression of muscle-growth-related genes and haematological responses. *Aquaculture*, 467, 63-70. doi: 10.1016/j.aquaculture.2016.06.038

NRC (National Research Council). (2011). *Nutrient requirements of fish and shrimp*. Washington, United States: National Academies Press.

Nguyen, T. N., & Allen Davis, D. (2009). Methionine requirement in practical diets of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of the World Aquaculture Society*, 40(3), 410-416. doi: 10.1111/j.1749-7345.2009.00261.x

Peres, H., & Oliva-Teles, A. (2005). The effect of dietary protein replacement by crystalline amino acid on growth and nitrogen utilization of turbot *Scophthalmus*

*maximus* juveniles. *Aquaculture*, 250(3), 755-764. doi: 10.1016/j.aquaculture.2005.04.046

Peres, H., & Oliva-Teles, A. (2009). The optimum dietary amino acid profile for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquaculture*, 296, (1-2), 81-86. doi: 10.1016/j.aquaculture.2009.04.046

Portz, L., & Furuya, W. M. (2013). Energia, proteína e aminoácidos. In D. M. Fracalossi & J. E. P. Cyrino, *Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aqüicultura brasileira* (1. ed., pp. 65-77). Florianópolis, Brasil: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática.

Resende, E. K. D. (2009). Pesquisa em rede em aquicultura: bases tecnológicas para o desenvolvimento sustentável da aquicultura no Brasil. Aquabrasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(n. spe), 52-57. doi: 10.1590/S1516-3598200900130006.

Riegel, R. E. (2012). *Bioquímica* (5<sup>th</sup> rev. ed.). São Leopoldo, Brasil: Unisinos.

Rollin, X., Mambrini, M., Abboudi, T., Larondelle, Y., & Kaushik, S. J. (2003). The optimum dietary indispensable amino acid pattern for growing Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fry. *British Journal of Nutrition*, 90(5), 865-876. doi: 10.1079/BJN2003973

Rostagno, H. S. et al. (2017). *Tabelas brasileiras para aves e suínos (composição de alimentos e exigências nutricionais)* (4<sup>th</sup> ed., 488p.) Viçosa, Brasil: Departamento de Zootecnia, UFV.

Sakomura, N. K.; Rostagno, H. S. (2016). *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos* (2<sup>th</sup> ed., 262p.). Jaboticabal, Brasil: FUNEP.

Science for Environment Policy. (2015). *Sustainable Aquaculture*. Future Brief 11. Brief produced for the European Commission DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol. Retirado de <http://ec.europa.eu/science-environment-policy>

Schuhmacher, A., Wax, C., & Gropp, J. M. (1997). Plasma amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed intact protein or a crystalline amino acid diet. *Aquaculture*, 151(1), 15-28. doi: 10.1016/S0044-8486(96)01502-5

Sidonio, L., Cavalcanti, I., Capanema, L., Morch, R., Magalhães, G., Lima, J., Burns, V., Alves Júnior, A. J., & Mungiolli, R. (2010). Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. *BNDES Setorial*, 35, 421-463.

Sipaúba-Tavares, L. H. (1994). *Limnologia aplicada à aqüicultura (Boletim técnico, n. 1)*. Jaboticabal, Brasil: FUNEP. 1994.

Sipaúba-Tavares, L. H., & Santeiro, R. M. (2013). Fish farm and water quality management. *Acta Scientiarum*, 35(1), 21-27. doi: 10.4025/actascibiolsci.v35i1.10086

Segovia-Quintero, M. A., & Reigh, R. C. (2004). Coating crystalline methionine with tripalmitin-polyvinyl alcohol slows its absorption in the intestine of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 238(1-4), 355-367. doi: 10.1016/j.aquaculture.2004.05.023

SAS Institute 2014. SAS/STAT ® 13.2. User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Wang, T. C., & Fuller, M. F. (1989). The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. *British Journal of Nutrition*, 62(1), 77-89. doi: 10.1079/BJN19890009

Webster, C. D., & Lin, C. E. (2000). *Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture*. New York, United States: CABI Publishing.

Wilson, R. P. (2003). Amino Acid Requirements of Finfish and Crustaceans. In J. P. F. D'Mello (Ed.), *Amino Acids in Animal Nutrition* (2<sup>th</sup> ed., pp. 427-447). Wallingford, England: CABI Publishing.

Wilson, R. P., & Poe, W. E. (1985). Relationship of whole body and egg essential amino acid patterns to amino acid requirement patterns in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 80(2), 385-388. doi: 10.1016/0305-0491(85)90224-X

Wilson, R. P., & Halver, J. E. (1986). Protein and amino acid requirements of fishes. *Annual Review of Nutrition*, 6(1), 225-244. doi: 10.1146/annurev.nu.06.070186.001301

Wu, G. (2013). Functional amino acids in nutrition and health. *Amino Acids*, 45(3), 407-411. doi: 10.1007/s00726-013-1500-6

Wu, G. (2014). Dietary requirements of synthesizable amino acids by animals: a paradigm shift in protein nutrition. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5(34), 1-12. doi: 10.1186/2049-1891-5-34

Yang, S.-D., Liou, C.-H., & Liu, F.-G. (2002). Effects of dietary protein level on growth performance, carcass composition and ammonia excretion in juvenile silver perch (*Bidyanus bidyanus*). *Aquaculture*, 213(1-4), 363-372. doi: 10.1016/S0044-8486(02)00120-5