

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AMINOÁCIDOS PARA O LAMبارI-DO-RABO-AMARELO BASEADAS NA COMPOSIÇÃO DA CARÇA E DO MÚSCULO

Eduardo Gianini ABIMORAD¹ e Daniela CASTELLANI¹

RESUMO

O lambari é uma espécie nativa de grande interesse para aquicultura, entretanto, poucos estudos foram realizados sobre sua nutrição. O objetivo deste trabalho foi determinar a composição de aminoácidos da carcaça íntegra e do tecido muscular do lambari e estimar as exigências em aminoácidos essenciais, relacionando a média das exigências de algumas espécies onívoras com a composição da carcaça e do músculo. Inicialmente, exemplares de lambaris foram coletados em uma represa para determinação da composição em aminoácidos da carcaça e do músculo. Também foi calculada a relação A/E (aminoácido essencial em relação ao total de aminoácidos essenciais) de cada tecido, que serviu de base para estimar as exigências em AAE por meio da equação: exigência em AAE para o lambari = [(conteúdo de um AAE na carcaça ou músculo) × (média da somatória das exigências entre bagre-do-canal, tilápia do Nilo, carpa comum, jundiá e pacu)] / (somatória do conteúdo dos AAE na carcaça e/ou músculo). De forma geral, o tecido muscular apresentou maiores concentrações de AAE e menores concentrações de aminoácidos não essenciais em relação à carcaça íntegra ($p < 0,05$). As exigências em AAE estimadas para o lambari são similares as de outras espécies de peixes, podendo ser empregadas, com razoável segurança, para formulação de rações balanceadas, até novas pesquisas conduzidas por outras técnicas, como dose-resposta, serem publicadas.

Palavras chave: *Astyanax altiparanae*; nutrição; aminoácidos essenciais; tecido muscular

AMINO ACID REQUIREMENTS OF LAMبارI-DO-RABO-AMARELO BASED ON WHOLE BODY AND MUSCLE COMPOSITION

ABSTRACT

Lambari is a Brazilian freshwater fish with great interest for aquaculture, but few studies were performed on its nutrition. The objective of this work was to determine amino acid composition of whole body and muscle tissue of lambari and to estimate essential amino acids (EAA) requirements based on the average requirements of other omnivorous fish species and on whole body and/or muscle of lambari. Firstly, some lambaris were sampled in a small reservoir for whole body and muscle composition determination. Also the A/E ratio (essential amino acid/total essential amino acids) for each tissue was calculate, which based to estimate the EAA requirements through formula: lambari dietary EAA requirement = [(content of an individual EAA in lambari whole body or muscle tissue) × (average total EAA requirements among channel catfish, Nile tilapia, common carp, jundiá and pacu)] / (total EAA lambari whole body and/or muscle tissue). In general, muscular tissue showed high EAA and less non-essential amino acid contents in relation to whole body tissue ($p < 0,05$). The EAA requirements estimated for lambari are similar to the other fishes, which may be employed, with moderate accuracy, to formulate balanced diets until new researches, carried out through others techniques as dose-response, will be published.

Key words: *Astyanax altiparanae*; nutrition; essential amino acids; muscular tissue

Artigo Científico: Recebido em 07/12/2010 – Aprovado em 15/03/2011

¹ Pólo Regional do Noroeste Paulista - APTA/SAA/SP. Rodovia Péricles Belini km 121 - Caixa Postal 61 – CEP: 15.500-970 – Votuporanga – SP – Brasil. e-mail: abimorad@apta.sp.gov.br, daniela.castellani@apta.sp.gov.br

INTRODUÇÃO

O lambari-do-rabo-amarelo ou tambuí, anteriormente classificado como *Astyanax bimaculatus*, pertence à família Characidae e subfamília Tetragonopterinae. Peixe de pequeno porte, que ocorre na bacia do alto rio Paraná, recebeu a nova nomenclatura de *Astyanax altiparanae* após revisão realizada por GARUTTI e BRITSKI (2000). Os itens alimentares encontrados no estômago desta espécie estão representados em proporções semelhantes por vegetais (sementes, frutos, algas e macrófitas) e animais (insetos aquáticos e terrestres), mostrando que se trata de uma espécie onívora, com tendência insetívora (ADRIAN *et al.*, 2001).

Tempos atrás, o lambari era considerado um invasor nos viveiros de piscicultura. Atualmente, é visto como uma espécie de grande potencial para aquicultura. O lambari possui algumas características desejáveis, como alta prolificidade, facilidade para obtenção de alevinos, adaptação a variações térmicas e crescimento precoce, atingindo peso comercial (10 - 15 g) em aproximadamente três meses (GARUTTI, 2003). Adicionalmente, o lambari apresenta um mercado promissor, pois é bem aceito como petisco e bastante procurado como isca viva para a pesca esportiva ou, ainda, pode ser industrializado na forma de conserva (PORTO-FORESTI *et al.*, 2005). Características importantes como biologia reprodutiva, densidade de estocagem e manejo alimentar tem sido estudadas (AGOSTINHO *et al.*, 1984; VILELA e HAYASHI, 2001; MEURER *et al.*, 2005). Por outro lado, poucos estudos foram realizados sobre sua nutrição, os quais poderiam aprimorar a criação e a qualidade do produto.

Em uma dieta balanceada, a proteína é o nutriente mais oneroso e de maior importância para o crescimento animal. Os peixes, como outros animais, não possuem exigência nutricional específica para proteína, mas sim, por um adequado balanceamento de aminoácidos (BICUDO e CYRINO, 2009).

Tradicionalmente, a metodologia utilizada para determinação das exigências em aminoácidos para peixes baseia-se em experimentos individuais de dose-resposta para cada aminoácido, o que leva à realização de pesquisas com alto custo e longo tempo de duração. A partir

da década de 60, com o conceito de proteína ideal proposto por Mitchell para suínos, o perfil de aminoácidos do corpo revelaria a proporção dos aminoácidos em relação a um aminoácido referência, geralmente o mais limitante. Assim, ARAI (1981) foi um dos primeiros pesquisadores a usar este conceito para peixes, mostrando que a exigência dos aminoácidos essenciais (AAE) poderia ser expressa como taxa ideal de um aminoácido em relação ao total de AAE, incluindo cistina e tirosina, do tecido animal (relação A/E). Mais adiante, WILSON e COWEY (1985) observaram altas correlações entre as exigências em AAE da truta arco-íris e do salmão do Atlântico com as relações A/E de suas carcaças.

Usando análise multivariada de dados, MAMBRINI e KAUSHIK (1995) postularam que o perfil de aminoácidos da carcaça íntegra melhor representa o padrão ideal de uma proteína de referência, e que este pode ser usado como diretriz para formulação de rações. Por outro lado, o perfil de aminoácidos da proteína do músculo esquelético foi utilizado em algumas pesquisas, por ser o tecido substancialmente formado durante o crescimento (SMALL e SOARES, 1998; PORTZ e CYRINO, 2003; MEYER e FRACALOSSI, 2005; AGUIAR *et al.*, 2005; ALAMI-DURANTE *et al.*, 2010). Entretanto, a relação A/E não quantifica exatamente os valores a serem usados na formulação de dietas. Para isso, uma das alternativas seria determinar a exigência de um AAE, geralmente o mais limitante, para estimar a exigência dos demais com base na relação A/E do tecido (MONTES-GIRAO e FRACALOSSI, 2006; ABIMORAD *et al.*, 2010). Outra forma mais rápida seria estimar a exigência dos AAE se baseando na proporção relativa entre a relação A/E do tecido do peixe e as exigências de espécies de similar hábito alimentar (KAUSHIK, 1998; MEYER e FRACALOSSI, 2005; BICUDO e CYRINO, 2009).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi determinar a composição de aminoácidos da carcaça íntegra e do tecido muscular do lambari-do-rabo-amarelo e estimar as exigências em aminoácidos essenciais relacionando a média das exigências de algumas espécies onívoras com a composição da carcaça e do músculo do lambari.

MATERIAL E MÉTODOS

Em junho de 2009, 24 exemplares de lambari-do-rabo-amarelo foram coletados em uma represa localizada na sede do Pólo Regional do Noroeste Paulista, no município de Votuporanga, SP (20°27'50"S; 50°03'53"W), pertencente à APTA/SAA-SP (Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios/Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo).

Quinze peixes, pesando em média $9,96 \pm 4,2$ g, foram utilizados para retirada do filé (sem pele), para compor três amostras de tecido muscular (cinco peixes por amostra). Outros nove peixes, pesando em média $9,17 \pm 4,3$ g, foram abertos ventralmente para remoção do conteúdo gastrointestinal, para compor três amostras de carcaça íntegra (três peixes por amostra). Todas as amostras, de ambos os tecidos, foram picadas em pedaços de aproximadamente 1 cm³, com auxílio de bisturi, e congeladas em freezer para posteriores análises.

As três amostras de cada tecido foram enviadas ao Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos do ITAL (Instituto de Tecnologia de alimentos da APTA/SAA-SP) para as análises de umidade, proteína e aminoácidos. Antes de ser submetida às análises, cada amostra de tecido foi moída e homogeneizada em micro moinho modelo A11 basic, marca IKA®, equipado com lâmina de corte.

Para determinação de umidade, as amostras foram secas em estufa a 105°C até peso constante. O teor de proteína dos tecidos foi determinado pelo método de micro Kjeldahl ($N \times 6,25$), de acordo com a AOAC (2000).

Para determinação de aminoácidos totais, as amostras de tecido foram hidrolisadas com HCl 6,0 N, a vácuo, à temperatura de 110°C por 22 horas e, posteriormente, recuperadas em diluente pH 2,2. Uma alíquota de 25 µL foi injetada no analisador Dionex Dx 300 para separação dos aminoácidos em coluna de troca iônica (HPLC) e reação pós-coluna com ninidrina, usando como referência solução padrão de aminoácidos Pierce, de acordo com o método descrito por SPACKMAN *et al.* (1958).

Para determinação de triptofano, as amostras de tecido foram hidrolisadas enzimaticamente

com Pronase a 40°C por 24 horas, seguido de reação colorimétrica com 4-Dimetil-Amino-Benzaldeído (DAB) em ácido sulfúrico 21,1 N e leitura em espectrofotômetro a 590 nm. O teor de triptofano foi calculado a partir de uma curva padrão, segundo SPIES (1967).

A relação A/E (aminoácido essencial em relação ao total de aminoácidos essenciais) foi calculada para comparar o perfil de aminoácidos essenciais de ambos os tecidos, de acordo com a fórmula sugerida por ARAI (1981): relação A/E = (aminoácido essencial / total de aminoácidos essenciais + Cistina + Tirosina) $\times$ 1000.

Adicionalmente, as exigências em AAE para o lambari foram estimadas de acordo com a equação proposta por MEYER e FRACALLOSSI (2005), porém acrescentando os dados de exigências em AAE de duas espécies, jundiá (*Rhandia quelen*) e pacu (*Piaractus mesopotamicus*): exigência em AAE = [(conteúdo de um AAE na carcaça ou músculo do peixe) $\times$ (média da somatória das exigências entre bagre-do-canal, tilápia do Nilo, carpa comum, jundiá e pacu)] / (somatória do conteúdo dos AAE na carcaça e músculo do peixe).

Outra proposta deste trabalho foi escolher os AAE que apresentaram as maiores relações A/E dentro de cada tecido, carcaça íntegra ou músculo para compor o perfil de proteína ideal, baseado na hipótese de que, para obterem-se maiores rendimentos de carcaça via acréscimo de filé, alguns aminoácidos são mais importantes para hipertrofia muscular (AGUIAR *et al.*, 2005; ALAMI-DURANTE *et al.*, 2010).

As médias dos valores de aminoácidos com base na proteína e a relação A/E foram submetidas ao teste t de Student, a 5% de probabilidade, com igual variância; e os dados foram analisados no programa SAS (SAS INSTITUTE, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tecido muscular apresentou maior teor de umidade em relação à carcaça ($p < 0,05$); entretanto, não houve diferença significativa para o teor de proteína bruta, com base na matéria seca (Tabela 1). Desta forma, estão apresentadas as composições de aminoácidos determinadas para

carcaça íntegra e tecido muscular de lambari, com base na proteína. Apenas para triptofano e cistina

não houve diferença significativa entre os tecidos ($p > 0,05$).

Tabela 1. Composição de aminoácidos essenciais (AAE) e não essenciais (AANE) de lambari *Astianax altiparanae* (g/100 g de proteína)

Aminoácidos	Carcaça ⁽¹⁾	Músculo ⁽²⁾	Valor de p
<i>AAE</i>			
Arginina	6,73 ± 0,04 a ⁽³⁾	6,19 ± 0,03 b	0,0042
Histidina	2,65 ± 0,05 b	2,82 ± 0,04 a	0,0396
Isoleucina	4,50 ± 0,02 b	4,75 ± 0,04 a	0,0035
Leucina	6,40 ± 0,05 b	8,33 ± 0,03 a	0,0024
Lisina	7,70 ± 0,03 b	9,39 ± 0,04 a	0,0010
Metionina	3,90 ± 0,02 a	3,14 ± 0,03 b	0,0014
Fenilalanina	4,50 ± 0,03 b	4,64 ± 0,02 a	0,0090
Treonina	3,96 ± 0,03 b	4,43 ± 0,06 a	0,0029
Triptofano	1,57 ± 0,04	1,53 ± 0,03	0,5004
Valina	4,66 ± 0,06 b	5,12 ± 0,03 a	0,0025
<i>AANE</i>			
Ácido Aspártico	10,25 ± 0,04 b	11,42 ± 0,05 a	0,0028
Ácido Glutâmico	14,97 ± 0,09 b	16,29 ± 0,08 a	0,0079
Alanina	7,10 ± 0,04 a	6,45 ± 0,03 b	0,0038
Cistina	0,43 ± 0,05	0,52 ± 0,04	0,2643
Glicina	8,74 ± 0,05 a	5,12 ± 0,03 b	0,0023
Prolina	3,79 ± 0,02 a	2,45 ± 0,03 b	0,0012
Serina	4,29 ± 0,02 a	3,99 ± 0,01 b	0,0034
Tirosina	3,85 ± 0,02 a	3,41 ± 0,02 b	0,0028
<i>Composição proximal (%)</i>			
Umidade	74,8 ± 1,0 b	81,0 ± 0,9 a	0,0440
Proteína bruta	18,6 ± 0,5	18,9 ± 0,7	0,7606

⁽¹⁾ Valores são médias ± erro padrão de três amostras de 9 peixes inteiros, pesando, em média 9,17 ± 4,3 g

⁽²⁾ Valores são médias ± erro padrão de três amostras de filés de 15 peixes, pesando, em média, 9,96 ± 4,2 g

⁽³⁾ Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste t de Student, a 5% de probabilidade; sendo a maior média representada pela letra a

As concentrações dos aminoácidos essenciais, com exceção da arginina e metionina, foram maiores no tecido muscular (Tabela 1). Por outro lado, as concentrações dos aminoácidos não essenciais, com exceção dos ácidos aspártico e glutâmico, foram maiores na carcaça íntegra. Isto sugere que, para priorizar a formação de tecido muscular, o peixe necessitaria de maior aporte de aminoácidos essenciais na dieta.

Apenas três aminoácidos (histidina, cistina e triptofano) não apresentaram diferenças significativas entre as relações A/E da carcaça e do músculo ($p > 0,05$). Por outro lado, o triptofano é um aminoácido amplamente exigido para síntese de outros compostos, além da proteína muscular (NRC, 1993). Os aminoácidos arginina, isoleucina, metionina, fenilalanina e tirosina

apresentaram maiores relações A/E para a carcaça, enquanto que leucina, lisina, treonina e valina apresentaram maiores relações A/E para o tecido muscular ($p < 0,05$); embora, algumas dessas diferenças tenham sido pequenas (Tabela 2). NG e HUNG (1994) também observaram diferenças entre as relações A/E da carcaça e do músculo de esturção (*Acipenser transmontanus*), com similares resultados aos do presente trabalho para arginina, leucina, fenilalanina, triptofano e valina.

Apesar de o músculo representar de 50-60% do corpo do peixe, proteínas do tecido muscular apresentam baixas taxas de “turnover” comparada a de outros tecidos de órgãos menores, com metabolismo mais acelerado como as brânquias, fígado e tecidos viscerais. Por outro lado, pele e escamas apresentam baixo

“turnover” protéico, além de alta concentração de colágeno e queratina, respectivamente (NG e HUNG, 1994; DUAN *et al.*, 2009). Outra explicação para as diferenças observadas na composição de aminoácido da carcaça e do músculo é que, provavelmente, cada tecido possui diferentes tipos de proteínas em

proporções específicas. Por exemplo, a proteína do colágeno apresenta altas concentrações de glicina e prolina (DUAN *et al.*, 2009). Outros estudos relatam altas concentrações de lisina e treonina (BUCHTOVÁ *et al.*, 2007) e baixas concentrações de histidina (LIMIN *et al.*, 2006) na proteína muscular de peixes.

Tabela 2. Relação de aminoácidos essenciais (A/E) da carcaça íntegra e do tecido muscular de lambari *Astyanax altiparanae*

	A/E ⁽¹⁾ Carcaça	A/E ⁽¹⁾ Músculo	Valor de p
Arginina	132,3 ± 0,6 a ⁽²⁾	114,0 ± 0,3 b	0,0053
Histidina	52,2 ± 0,4	52,0 ± 0,3	0,7944
Isoleucina	88,5 ± 0,1 a	87,5 ± 0,2 b	0,0092
Leucina	125,8 ± 0,5 b	153,4 ± 0,7 a	0,0014
Lisina	151,4 ± 0,8 b	173,1 ± 0,9 a	0,0030
Metionina	76,8 ± 0,1 a	58,0 ± 0,2 b	0,0038
Cistina	8,5 ± 0,8	9,7 ± 0,7	0,4070
Fenilalanina	88,5 ± 0,1 a	85,4 ± 0,2 b	0,0061
Tirosina	75,8 ± 0,2 a	62,8 ± 0,2 b	0,0023
Treonina	77,8 ± 0,2 b	81,5 ± 0,3 a	0,0068
Triptofano	30,9 ± 0,6	28,3 ± 0,5	0,0830
Valina	91,7 ± 0,2 b	94,4 ± 0,1 a	0,0029

Valores são médias da relação A/E ± erro padrão (n = 3), calculado da Tabela 1

⁽¹⁾ Aminoácido essencial/Total de aminoácidos essenciais + Cistina e Tirosina × 1000 (ARAI, 1981)

⁽²⁾ Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem entre si pelo teste t de Student, a 5% de probabilidade; sendo a maior média representada pela letra a

Até o momento, nenhum estudo sobre exigência em aminoácidos para o lambari foi encontrado. O método proposto por MEYER e FRACALOSSO (2005), para estimar as exigências em AAE para peixes, considera a média da somatória das exigências entre bagre-do-canal, tilápia do Nilo e carpa comum, as quais foram determinadas por ensaios de dose-resposta para cada aminoácido individualmente. No presente estudo, além dessas três espécies, foram selecionados dados das exigências em AAE do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e jundiá (*Rhandia quelen*) para compor a média da somatória (Tabela 3), devido ambas as espécies serem nativas do Brasil, e apresentarem hábito alimentar frugívoro-herbívoros (SILVA, 1985) e onívoro com tendência insetívora (GOMES *et al.*, 2000), respectivamente, similar ao do lambari. Com adição dessas duas espécies, a média da somatória passou de 32,22 para 33,89, devido, principalmente, aos valores de exigência do jundiá.

Outra proposta deste trabalho foi escolher os AAE que apresentaram as maiores relações A/E

dentro de cada tecido, carcaça íntegra ou músculo (p<0,05). De acordo com MAMBRINI e KAUSHIK (1995), o perfil de aminoácidos da carcaça íntegra é o que melhor representa o padrão ideal de uma proteína de referência para ser usada na formulação de rações. Entretanto, outros autores (SMALL e SOARES, 1998; PORTZ e CYRINO, 2003; MEYER e FRACALOSSO, 2005; ABIMORAD *et al.*, 2010), acreditam que o perfil de AAE do tecido muscular do peixe pode estar mais próximo às suas exigências nutricionais, especialmente quando se objetiva maiores rendimentos de carcaça por meio do acréscimo de filé e redução de gordura visceral. Desta forma, para estimar as exigências nutricionais em AAE para o lambari (Tabela 3), recomenda-se utilizar a composição em arginina, histidina, isoleucina, metionina+cistina, fenilalanina+tirosina e triptofano da proteína da carcaça íntegra, e a composição em leucina, lisina, treonina e valina da proteína, do tecido muscular, de acordo com os AAE que apresentaram as maiores relações A/E (p<0,05) dentro de cada tecido: carcaça íntegra ou músculo, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 3. Exigências em aminoácidos para bagre do canal (*Ictalurus punctatus*), tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), carpa comum (*Cyprinus carpio*), jundiá (*Rhamdia quelen*) e pacu (*Piaractus mesopotamicus*), e exigência em aminoácidos para lambari (*Astyanax altiparanae*) estimada a partir de sua carcaça e/ou tecido muscular

AAE	Exigências					Composição nos tecidos de lambari <i>A. atiparanae</i>			Exigência estimada para o lambari pelos tecidos:		
	<i>Ictalurus punctatus</i> ⁽¹⁾	<i>Oreochromis niloticus</i> ⁽¹⁾	<i>Cyprinus carpio</i> ⁽¹⁾	<i>Rhamdia quelen</i> ⁽²⁾	<i>Piaractus mesopotamicus</i> ⁽³⁾	Carcaça	Músculo	Carcaça/Músculo ⁽⁴⁾	Carcaça	Músculo	Carcaça/Músculo ⁽⁵⁾
(g/100 g proteína)											
Arg	4,30	4,20	4,30	4,70	4,01	6,73	6,19	6,73	4,48	3,86	4,12
His	1,50	1,72	2,10	1,70	1,52	2,65	2,82	2,65	1,77	1,76	1,62
Iso	2,60	3,11	2,50	4,70	2,49	4,50	4,75	4,50	3,00	2,97	2,75
Leu	3,50	3,39	3,30	7,80	5,05	6,40	8,33	8,33	4,26	5,20	5,10
Lis	5,10	5,12	5,70	4,50	5,67	7,70	9,39	9,39	5,13	5,86	5,74
Met+Cis	2,30	3,22	2,10	3,70	1,72	4,33	3,66	4,33	2,89	2,29	2,65
Fen+Tir	5,30	5,54	4,40	5,30	4,57	8,35	8,05	8,35	5,56	5,03	5,11
Ter	2,00	3,75	3,90	4,30	2,84	3,96	4,43	4,43	2,64	2,77	2,71
Tri	0,50	1,00	0,80	0,90	nd	1,57	1,53	1,57	1,05	0,95	0,96
Val	3,00	2,80	3,60	4,60	2,73	4,66	5,12	5,12	3,11	3,20	3,13
Σ AAE ⁽⁶⁾	30,10	33,85	32,70	42,20	30,60	50,85	54,27	55,40	33,89	33,89	33,89
Média ⁽⁷⁾			33,89								

⁽¹⁾ NRC (1993), determinada por experimentos de dose-respostas para cada aminoácido

⁽²⁾ MONTES-GIRAO e FRACALOSSO (2006), estimada a partir de experimento de dose-resposta para lisina e relação A/E da carcaça

⁽³⁾ ABIMORAD et al. (2010), estimada a partir de experimento de dose-resposta para lisina e relação A/E do tecido muscular

⁽⁴⁾ Ordenado de acordo com os resultados das análises estatística da Tabela 2

⁽⁵⁾ Valores sugeridos para compor o perfil de proteína ideal, de acordo com as maiores relações A/E de cada tecido

⁽⁶⁾ Total de aminoácidos essenciais + Cistina e Tirosina

⁽⁷⁾ Média da somatória das exigências nutricionais em aminoácidos essenciais das cinco espécies escolhidas

nd: não determinado

De SILVA e ANDERSON (1995) tabularam um resumo das variações das exigências em AAE expressas em porcentagem da proteína dietética de várias espécies de peixes. Os valores estimados no presente estudo encontram-se todos dentro das variações relatadas por esses autores, mostrando que esta metodologia empregada para o lambari pode ser utilizada para estimar as exigências em AAE também para outras espécies de peixes, principalmente quando existe a necessidade de desenvolver dietas para espécies onívoras pouco estudadas e com grande potencial para aquicultura, como vem ocorrendo nas regiões neotropicais. WILSON (2002) considera que as exigências em aminoácidos estimadas com base na relação A/E do tecido animal tendem a serem maiores que as determinadas por estudos de dose-resposta, principalmente para leucina (BICUDO e CYRINO, 2009). Contudo, estudos para determinação das exigências em aminoácidos devem ser conduzidos por meio de ensaios de dose-resposta ou por outras técnicas como da deleção (ROLLIN et al., 2003)

ou diluição (LIEBERT e BENKENDORFF, 2007), para confirmar os valores estimados e obter maior precisão nas formulações de ração para o lambari.

CONCLUSÕES

1. De forma geral, a proteína do tecido muscular do lambari-do-rabo-amarelo apresenta maiores concentrações de aminoácidos essenciais e menores concentrações de aminoácidos não essenciais em relação à proteína da carcaça íntegra.
2. As relações A/E calculadas para carcaça íntegra e tecido muscular podem ser usadas como referência em novos estudos de exigências nutricionais para esta espécie de peixe.
3. As exigências em aminoácidos essenciais estimadas para o lambari-do-rabo-amarelo são similares as de outras espécies de peixes, podendo ser empregadas, com razoável segurança, para formulação de rações balanceadas.

REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E.G.; FAVERO, G.C.; SQUASSONI, G.H.; CARNEIRO, D.J. 2010 Dietary digestible lysine requirement and essential amino acid to lysine ratio for pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Aquaculture Nutrition*, Oxford, 16: 370-377.
- ADRIAN, I.F.; SILVA, H.B.R.; PERETTI, D. 2001 Dieta de *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) (Characiformes, Characidae), da área de influência do reservatório de Corumbá, Estado de Goiás, Brasil. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, Maringá, 23: 435-440.
- AGOSTINHO, C.A.; MOLINARI, S.L.; AGOSTINHO, A.A.; VERANI, J.R. 1984 Ciclo reprodutivo e primeira maturação sexual de fêmeas do lambari, *Astyanax bimaculatus* (L) (Osteichthyes-Characidae) do rio Ivaí, Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, 44: 31-16.
- AGUIAR, D.H.; BARROS, M.M.; PADOVANI, C.R.; PEZZATO, L.E.; DAL PAI-SILVA, M. 2005 Growth characteristics of skeletal muscle tissue in *Oreochromis niloticus* larvae fed on a lysine supplemented diet. *Journal of fish biology*, London, 67: 1287-1298.
- ALAMI-DURANTE, H.; WRUTNIAK-CABELLO, C.; KAUSHIK, S.J.; MÉDALE, F. 2010 Skeletal muscle cellularity and expression of myogenic regulatory factors and myosin heavy chains in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effects of changes in dietary plant protein sources and amino acid profiles. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*, Amsterdam, 156: 561-568.
- ARAI, S. 1981 A purified test diet for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, fry. *Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish*, Tokyo 47: 547-550.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 2000 *Official methods of analysis*. Gaithersburg: AOAC International.
- BICUDO, A.J.A. e CYRINO, J.E.P. 2009 Estimating amino acid requirement of Brazilian freshwater fish from muscle amino acid profile. *Journal of the World Aquaculture Society*, Baton Rouge, 40: 318-823.
- BUCHTOVÁ, H.; SVOBODOVÁ, Z.; KOCOUR, M.; VELÍSEK, J. 2007 Amino acid composition of edible parts of three year-old experimental scaly crossbreds of common carp (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758). *Aquaculture Research*, Oxford, 38: 625-634.
- DE SILVA, S.S. e ANDERSON, T.A. 1995 *Fish nutrition in aquaculture*. London: Chapman & Hall. 319p.
- DUAN, R; ZHANG, J; DU, X; YAO, X; KONNO, K. 2009 Properties of collagen from skin, scale and bone of carp (*Cyprinus carpio*). *Food Chemistry*, Amsterdam, 112: 702-706.
- GARUTTI, V. 2003 *Piscicultura ecológica*. São Paulo: Editora UNESP. 332p.
- GARUTTI, V. e BRITSKI, H.A. 2000 Descrição de uma espécie nova de *Astyanax* (Teleostei: Characidae) da bacia do alto rio Paraná e considerações sobre as demais espécies do gênero na bacia. *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia, Série Zoologia*, PUCRS, Porto Alegre, 13: 65-88.
- GOMES, L.C.; GOLOMBIESKI, J.I.; GOMES, A.R.C.; BALDISSEROTTO, B. 2000 Biologia do jundiá *Rhamdia quelen* (Teleostei, Pimelodidae). *Ciência Rural*, Santa Maria, 30: 170-185.
- KAUSHIK, S.J. 1998 Whole body amino acid composition of European seabass (*Dicentrarchus labrax*), gilthead seabream (*Sparus aurata*) and turbot (*Psetta maxima*) with an estimation of their IAA requirement profiles. *Aquatic Living Resources*, Paris, 11: 355-358.
- LIEBERT, F. e BENKENDORFF, K. 2007 Modeling lysine requirements of *Oreochromis niloticus* due to principles of the diet dilution technique. *Aquaculture*, Amsterdam, 267: 100-110.
- LIMIN, L.; FENG, X.; JING, H. 2006 Amino acids composition difference and nutritive evaluation of the muscle of five species of marine fish, *Pseudosciaena crocea* (large yellow croaker), *Lateolabrax japonicus* (common sea perch), *Pagrosomus major* (red seabream), *Seriola dumerili* (Dumeril's amberjack) and *Hapalogenys nitens* (black grunt) from Xiamen Bay of China. *Aquaculture Nutrition*, Oxford, 12: 53-59.
- MAMBRINI, M. e KAUSHIK, S.J. 1995 Indispensable amino acid requirements of fish: correspondence between quantitative data and amino acid profiles of tissue proteins. *Journal of Applied Ichthyology*, Berlin, 11: 240-247.

- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; KAVATA, L.B.; LACERDA, C.H.F. 2005 Nível de arraçoamento para alevinos de lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*) *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 34: 1835-1840.
- MEYER, G. e FRACALOSSO, D.M. 2005 Estimation of jundiá (*Rhamdia quelen*) dietary amino acid requirement based on muscle amino acid composition. *Scientia Agricola*, Piracicaba, 62: 401-405.
- MONTES-GIRAO, P. e FRACALOSSO, D.M. 2006 Dietary lysine requirement as basis to estimate the essential dietary amino acid profile for jundiá, *Rhamdia quelen*. *Journal of the World Aquaculture Society*, Baton Rouge, 37: 388-396.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1993 *Nutrient Requirements of Fish*. Washington: National Academy Press. 114p.
- NG, W.K. e HUNG, S.S.O. 1994 Amino acid composition of whole body, egg and selected tissues of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *Aquaculture*, Amsterdam, 126: 329-339.
- PORTO-FOREST, F.; CASTILHO-ALMEIDA, R.B.; FORESTI, F. 2005 Biologia e criação do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). In: BALDISSEROTTO, B. e GOMES, L.C. *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. Santa Maria: Editora UFSM. p.105-120.
- PORTZ, L. e CYRINO, J.E.P. 2003 Comparison of the amino acid contents of roe, whole body and muscle tissue and their A/E ratios for largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802). *Aquaculture Research*, Oxford, 34: 585-592.
- ROLLIN, X.; MAMBRINI, M.; ABBAUDI, 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*, Cambridge, 90: 865-876.
- SAS INSTITUTE. 2002 *Statistical analysis system*. Versão 9. Cary: SAS Institute.
- SILVA A.J. 1985 *Aspectos da alimentação do pacu adulto, Colossoma mitrei* (Berg, 1895) (Pisces, Characidae), no Pantanal de Mato Grosso. Rio de Janeiro, 92p. (Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro).
- SMALL, B.C. e SOARES JR, J.H. 1998 Estimating the quantitative essential amino acid requirements of striped bass *Morone saxatilis*, using fillet A/E ratios. *Aquaculture Nutrition*, Oxford, 4: 225-232.
- SPACKMAN, D.C.; STEIN, W.H.; MOORE, S. 1958 Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. *Analytical Biochemistry*, New York, 30: 1190-1206.
- SPIES, J.R. 1967 Determination of tryptophan in proteins. *Analytical Chemistry*, Washington, 39: 1412-1415.
- VILELA, C. e HAYASHI, C. 2001 Desenvolvimento de juvenis de lambari *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758), sob diferentes densidades de estocagem em tanques-rede. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, Maringá, 23: 491-496.
- WILSON, R.P. 2002 Amino acids and proteins. In: HALVER, J.E. e HARDY, R.W. *Fish nutrition*. New York: Academic Press. p.144-179.
- WILSON, R.P. e COWEY, C.B. 1985 Amino acid composition of whole body tissue of rainbow trout and Atlantic salmon. *Aquaculture*, Amsterdam, 48: 373-376.