

VALOR NUTRITIVO DE ALIMENTOS ENERGÉTICOS PARA A TILÁPIA-DO-NILO*

Rafael Lopes da SILVA¹; Eric Portilho de ARAÚJO¹; Mariucha Karina Honório Ribeiro ROCHA¹; Flavia Mota DAMASCENO¹; Margarida Maria BARROS¹; Luiz Edivaldo PEZZATO¹

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi determinar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (CDA_{MS}), energia bruta (CDA_{EB}), proteína bruta (CDA_{PB}), aminoácidos (CDA_{AA}) e fósforo (CDA_P) dos alimentos energéticos milho e farelos de arroz e trigo extrusados para juvenis (101,6 ± 3,1 g) de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). Uma dieta de referência (DR) com base proteica em farelo de soja foi formulada. As dietas-teste foram confeccionadas pela mistura de 70% da DR com 30% dos alimentos avaliados. Óxido de crômio-III (0,1%) foi utilizado como indicador inerte. A coleta de fezes foi realizada por sedimentação em tanques com fundo cônico (300 L). Os CDA_{PB} e CDA_{AA} foram 66,71 e 69,9%; 59,71 e 66,08%; e 67,89 e 76,63% para o milho, farelo de arroz e farelo de trigo, respectivamente. Por apresentar os maiores CDA_{MS} (98,42%), CDA_{EB} (93,49%) e CDA_P (67,16%), o milho foi considerado o melhor alimento energético para tilápia-do-nilo.

Palavras-chave: digestibilidade; nutrição de peixes; *Oreochromis niloticus*

NUTRITIVE VALUE OF ENERGETIC FEED FOR NILE TILAPIA

ABSTRACT

The aim of this study was determine the apparent digestibility coefficient (ADC) of dry matter (ADC_{DM}), gross energy (ADC_{GE}), crude protein (ADC_{CP}), amino acids (ADC_{AA}), and phosphorus (ADC_P) of the corn, rice bran and wheat bran subjected to extrusion process for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles (101.6 ± 3.1 g). A reference diet (RD) was formulated based on soybean meal as protein source. Then, test diets were obtained by replacing 30% of the RD with the ingredients tested. Chromic oxide was used as inert marker (0.1%). Feces collection was performed by sedimentation tanks with conical bottom (300 L). The ADC_{CP} and ADC_{AA} were 66.71 and 69.9%, 59.71 and 66.08%, and 67.89 and 76.63% for corn, rice bran and wheat bran, respectively. Corn was considered the best energetic feed to Nile tilapia, for presenting the highest values of ADC_{DM} (98.42%), ADC_{GE} (93.49%) and ADC_P (67.16%).

Keywords: digestibility; fish nutrition; *Oreochromis niloticus*

Artigo Científico: Recebido em 14/03/2016 – Aprovado em 28/06/2016

¹ Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos – AquaNutri. Caixa Postal 560 – CEP: 18618-970 – Botucatu – SP – Brasil. e-mail: silvarl@outlook.com (autor para correspondência); eric.portilho@outlook.com; mariucharocha@yahoo.com.br; fndamasceno@icloud.com; mbarros@fmvz.unesp.br; epezzato@fmvz.unesp.br

*Apoio Financeiro: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (Processo: 2014/16484-0)

Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 42(3): 566-577, 2016
Doi 10.20950/1678-2305.2016v42n3p566

INTRODUÇÃO

A aquicultura é um dos setores da pecuária que mais cresce no mundo (YILDIRIM *et al.*, 2014). Este crescimento acompanha o aumento da demanda de rações (GATLIN *et al.*, 2007), que representa até 80% do custo total da produção (NRC, 2011).

Em razão de seu rápido crescimento, excelente desempenho em sistemas intensivos de criação e ótima aceitação pelo consumidor (EL-SAIDY e GABER, 2005), a tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) encontra-se entre as espécies de peixes mais cultivadas do mundo (MICHELATO *et al.*, 2013). Assim, o conhecimento da composição química e do valor nutritivo dos alimentos para esta espécie, que permitam a formulação de dietas mais precisas, econômicas do ponto de vista nutricional e seguras do ponto de vista ambiental, tornou-se prioridade (PEZZATO *et al.*, 2009).

A determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da energia e/ou nutrientes de um alimento é o primeiro passo quando se pretende avaliar o potencial de sua inclusão em uma dieta balanceada para peixes (ALLAN *et al.*, 2000). A extrusão promove fracionamento, expansão e gelificação do amido, elevando a digestibilidade da energia e a estabilidade do pélete na água. Além disto, a temperatura à qual a mistura é submetida no processo (80 a 200 °C) (JOBILING *et al.*, 2001) reduz os fatores antinutricionais termolábeis presentes nos alimentos de origem vegetal (CHENG e HARDY, 2003a, 2003b).

Embora estudos apresentem os CDA da energia e nutrientes de alimentos energéticos e seus subprodutos para a tilápia-do-nylo (FURUYA *et al.*, 2001a, 2001b; BOSCOLO *et al.*, 2002; PEZZATO *et al.*, 2002; GONÇALVES *et al.*, 2009; TACHIBANA *et al.*, 2010), são poucos os valores digestíveis destes alimentos após o processo de extrusão (GUIMARÃES *et al.*, 2008, 2011; CARVALHO *et al.*, 2012; VIDAL *et al.*, 2015b). Como estes podem compor grande percentagem da dieta, e as rações utilizadas na piscicultura são preferencialmente extrusadas, faz-se necessário o conhecimento dos CDA da energia e dos

nutrientes destes alimentos para a formulação de dietas balanceadas.

Com base no exposto, este estudo teve por objetivo determinar os CDA da matéria seca (MS), energia bruta (EB), proteína bruta (PB), aminoácidos (AA) e fósforo (P) dos alimentos energéticos milho, farelo de arroz e farelo de trigo, comumente utilizados na formulação de dietas para a tilápia-do-nylo, submetidos ao processo de extrusão.

MATERIAL E MÉTODOS

Local

O estudo foi conduzido na Universidade Estadual Paulista, FMVZ, Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos - AquaNutri, Câmpus de Botucatu. Os procedimentos adotados na condução deste experimento foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Instituição (protocolo nº 132/2014).

Preparo das dietas

De forma a atender às exigências nutricionais da tilápia-do-nylo (FURUYA *et al.*, 2010), confeccionou-se uma dieta de referência (DR) com base proteica em farelo de soja (Tabela 1). Para obtenção das dietas-teste, procedeu-se à mistura de 70% da DR e 30% do alimento a ser avaliado (milho, farelo de arroz e farelo de trigo) (MCGOOGAN e REIGH, 1996). Para determinação do CDA da MS, EB, PB, AA e P pelo método indireto, adicionou-se óxido de crômio-III (Cr_2O_3 ; 0,1%) (m/m) (BREMER NETO *et al.*, 2003).

Para preparo das rações, os ingredientes foram moídos de forma a se obterem partículas com diâmetro inferior a 0,42 mm. Após pesagem e homogeneização, as misturas foram umedecidas com água a 55 °C (20% do peso total) e submetidas ao processo de extrusão (Exteec®, Ribeirão Preto, SP, Brasil), obtendo-se péletes com aproximadamente 4 mm de diâmetro. Após resfriamento, as rações foram desidratadas em estufa (55 °C por 24 h), acondicionadas em embalagens plásticas identificadas e armazenadas em câmara fria (5 °C) até utilização.

Tabela 1. Formulação da dieta de referência.

Ingrediente	%
Farelo de soja	56,16
Milho	36,77
Óleo de soja	1,42
L-Lisina	0,13
DL-Metionina	0,35
L-Treonina	0,31
Fosfato bicálcico	3,96
Sal comum	0,1
Premix vitamínico e mineral ¹	0,5
Cloreto de colina	0,13
Vitamina C ²	0,05
BHT ³	0,02
Óxido de crômio-III ⁴	0,1

¹Premix vitamínico e mineral (kg^{-1} do produto): vitamina A, 1000000 UI; vitamina D₃, 500000 UI; vitamina E, 20000 mg; vitamina K₃, 500 mg; vitamina B₁, 1900 mg; vitamina B₂, 2000 mg; vitamina B₆, 2400 mg; vitamina B₁₂, 3500 mcg; vitamina C, 25 g; niacina, 5000 mg; ácido pantotênico, 4800 mg; ácido fólico, 200 mg; biotina, 40 mg; manganês, 7500 mg; zinco, 25 g; ferro, 12,5 g; cobre, 2000 mg; iodo, 200 mg; selênio, 70 mg; antioxidante, 300 mg.

²Vitamina C Rovimix® Stay-35, DMS Nutritional Products, Suíça.

³Butil Hidroxi Tolueno (Antioxidante).

⁴Vetec Química Fina Ltda., Duque de Caxias, RJ, Brasil.

Estrutura experimental

Doze tanques de fibra de vidro com formato circular (250 L), conectados a um filtro físico-biológico e sistema de recirculação contínua de água, foram utilizados para alimentação dos peixes, e seis tanques de fibra de vidro com formato cilíndrico e fundo cônico (300 L), providos de filtro biológico e sistema de recirculação contínua de água individuais, foram utilizados para coleta de fezes por sedimentação. A temperatura e a concentração de oxigênio dissolvido da água foram mantidas, respectivamente, por meio de aquecedores conectados a termostato eletrônico e de pedras porosas acopladas a mangueiras de silicone ligadas a soprador externo. O fotoperíodo foi mantido em 12 h luz : 12 h escuro por meio de lâmpadas fluorescentes.

A temperatura da água ($26,3 \pm 0,9$ °C) foi aferida diariamente. O monitoramento dos parâmetros físicos e químicos foi realizado

semanalmente utilizando-se sonda multiparâmetros YSI 556® (YSI Environmental, Yellow Spring, OH, USA). Foram determinados o pH ($6,66 \pm 0,04$), oxigênio dissolvido ($6,23 \pm 0,22$ mg L⁻¹) e amônia tóxica ($0,002 \pm 0$ ppm) (Alcon®, Camboriú, SC, Brasil). As variáveis mantiveram-se dentro das condições de conforto para a espécie estudada (BOYD, 1990).

Peixes e procedimento experimental

Cento e vinte juvenis masculinizados de tilápia-do-nilo ($101,6 \pm 3,1$ g) foram alojados em doze tanques-rede de formato circular (120 L), confeccionados em tela plástica (malha de 1,5 cm entre nós), inseridos dentro dos tanques de alimentação. Estes tanques-rede foram utilizados para abrigar os peixes e facilitar o manejo entre os tanques de alimentação e de coleta de fezes. As dietas experimentais (DR + dietas-teste) foram aleatoriamente distribuídas ($n = 3$) e fornecidas, até saciedade aparente, quatro vezes ao dia (08h, 11h, 14h e 17h).

Após período adaptativo de sete dias, a alimentação foi intensificada a cada hora (08h às 17h) sendo, ao final do dia (18h), os peixes transferidos aos tanques de coleta de fezes. Na manhã do dia subsequente (08h), os peixes retornaram aos respectivos tanques de alimentação e a coleta de fezes foi realizada empregando-se tubos coletores (200 mL) acoplados ao fundo dos tanques de coleta (PEZZATO *et al.*, 2002). Para adequada utilização da estrutura experimental (12 tanques de alimentação e seis tanques de coleta de fezes), o manejo descrito foi aplicado a seis dos tanques-rede em dias subsequentes (GUIMARÃES *et al.*, 2008). As fezes coletadas foram desidratadas em estufa (55 °C por 48 h), moídas e armazenadas em freezer (-20,0 °C) para posterior análise.

Análises químico-bromatológicas

As análises químico-bromatológica das rações, alimentos e fezes foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da FMVZ-UNESP/Botucatu, conforme padrões da AOAC (2000): Matéria seca, obtida após secagem das amostras em estufa a 105 °C até peso constante; Matéria mineral, por calcinação das amostras em mufla a 550 °C durante 16 horas; Fibra bruta, determinada pelo método de Weende; Nitrogênio (N), pelo método micro-Kjeldahl; Proteína bruta, calculada por $N \times 6,25$; Energia bruta, pela combustão das amostras em bomba calorimétrica (C200, IKA, Staufen, BW, Alemanha); Fósforo, obtido pelo método espectrofotométrico do ácido vanadomolibdofosfórico (WILLIAMS, 1979); e Óxido de crômio-III, determinado conforme metodologia descrita por BREMER NETO *et al.* (2005). A análise de aminoácidos foi realizada pelo laboratório CBO Análises Laboratoriais (Campinas, SP, Brasil) por cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC). Para quantificação, as amostras foram hidrolisadas com 6N HCl durante 22 horas a 110 °C (MOORE e STEIN, 1963). Os valores da composição químico-bromatológica da DR e dos alimentos avaliados encontram-se na Tabela 2.

Cálculo dos coeficientes de digestibilidade aparente

Os CDA de MS, EB, PB, AA e P da DR e das dietas-teste foram calculados conforme as

equações descritas por MAYNARD e LOOSLI (1969):

$$CD_{AMS} = 100 \times [1 - (Cr_2O_3d/Cr_2O_3f)]$$

Em que:

CD_{AMS} = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca; Cr_2O_3d = percentagem de óxido de crômio-III na dieta; e Cr_2O_3f = percentagem de óxido de crômio-III nas fezes.

$$CD_{AN} = 100 \times [1 - (Cr_2O_3d/Cr_2O_3f) \times (Nf/Nd)]$$

Em que:

CD_{AN} = coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente; Cr_2O_3d = percentagem de óxido de crômio-III na dieta; Cr_2O_3f = percentagem de óxido de crômio-III nas fezes; Nf = percentagem de nutriente (ou kcal kg^{-1} de energia bruta) nas fezes; e Nd = percentagem de nutriente (ou kcal kg^{-1} de energia bruta) na dieta.

Os CDA de MS, EB, PB, AA e P dos alimentos avaliados foram calculados com base na digestibilidade dos nutrientes presentes na DR e dietas-teste, utilizando as equações descritas por SALES e BRITZ (2001) e BUREAU *et al.* (1999):

$$CD_{AMS} = CD_{ADT} - [(a \times CD_{ADR})/b]$$

Em que:

CD_{AMS} = coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca; CD_{ADT} = coeficiente de digestibilidade aparente da dieta-teste; a = percentagem da dieta-referência; CD_{ADR} = coeficiente de digestibilidade aparente da dieta-referência; e b = percentagem do alimento avaliado.

$$CD_{AN} = CD_{ADT} + [(CD_{ADT} - CD_{ADR}) \times (a \times NDR/b \times N_A)]$$

Em que:

CD_{AA} = coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente avaliado; CD_{ADT} = coeficiente de digestibilidade aparente da dieta-teste; CD_{ADR} = coeficiente de digestibilidade aparente da dieta-referência; a = percentagem da dieta-referência; NDR = nutriente (ou kcal kg^{-1} de energia bruta) na dieta-referência; b = percentagem do alimento avaliado; e N_A =

nutriente (ou kcal kg⁻¹ de energia bruta) no alimento avaliado.

Análise estatística

Os CDA de MS, EB e nutrientes obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando observada diferença significativa, foi

aplicado o teste de comparação de médias de Tukey (ZAR, 2009). As análises foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico Minitab® 16.1.1.0 (Minitab Inc. 2010).

Tabela 2. Composição químico-bromatológica da dieta-referência e alimentos avaliados (%; base na matéria seca).

	Dieta-referência	Milho	Farelo de arroz	Farelo de trigo
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	4379	4226	4833	4551
Proteína bruta	29,4	6,41	11,73	18,7
Fibra bruta	4,66	0,59	4,68	10,14
Matéria mineral	5,04	0,47	6,57	4,98
Fósforo	1,1	0,1	1,41	0,98
<i>Aminoácidos essenciais</i>				
Arginina	2,09	0,26	1,18	1,7
Histidina	0,75	0,13	0,2	0,35
Isoleucina	0,91	0,12	0,21	0,3
Leucina	2,31	0,86	0,85	1,15
Lisina	1,84	0,18	0,6	0,87
Fenilalanina	1,4	0,32	0,53	0,68
Metionina	0,64	0,08	0,2	0,22
Treonina	1,27	0,12	0,46	0,57
Triptofano	0,25	0,08	0,08	0,22
Valina	0,92	0,23	0,42	0,55
<i>Aminoácidos não essenciais</i>				
Alanina	1,62	0,44	0,82	1,07
Ácido aspártico	3,04	0,28	1,16	1,39
Cistina	0,64	0,12	0,28	0,59
Glicina	1,63	0,28	0,92	1,57
Ácido glutâmico	5,33	1,28	1,95	3,87
Prolina	2,18	0,9	0,95	1,88
Serina	1,55	0,35	0,56	0,92
Tirosina	0,84	0,23	0,33	0,39

RESULTADOS

Os valores de CDA de matéria seca (CDA_{MS}), energia bruta (CDA_{EB}), proteína bruta (CDA_{PB}),

aminoácidos (CDA_{AA}) e fósforo (CDA_P) da DR e alimentos avaliados encontram-se na Tabela 3.

Dentre os alimentos avaliados, o milho apresentou os maiores CDAMS e CDAEB. No que

concerne ao CDAPB, este alimento apresentou valor semelhante ao obtido para o farelo de trigo, sendo ambos superiores ao observado para o farelo de arroz. Verificou-se, ainda, que estes

coeficientes diferiram em relação ao valor médio de CDA dos aminoácidos, para todos os alimentos avaliados.

Tabela 3. Coeficientes de digestibilidade aparente de matéria seca, energia e nutrientes da dieta-referência e alimentos avaliados para a tilápia-do-nilo.

	Dieta-referência	Ingrediente avaliado			Valor de P
		Milho	Farelo de arroz	Farelo de trigo	
Matéria seca	80,91 ± 0,28	98,42 ± 0,32 ^a	83,5 ± 1,19 ^b	52,22 ± 0,96 ^c	0,0001
Energia bruta	85,26 ± 0,31	93,49 ± 0,29 ^a	84,2 ± 0,91 ^b	42,35 ± 0,94 ^c	0,0001
Proteína bruta	95,87 ± 0,2	66,71 ± 0,51 ^a	59,71 ± 1,2 ^b	67,89 ± 0,48 ^a	0,001
Fósforo	65,98 ± 0,9	67,16 ± 3,13 ^a	61,31 ± 1,87 ^a	30,14 ± 1,6 ^b	0,0001
<i>Aminoácidos essenciais</i>					
Arginina	97,98 ± 0,02	48,45 ± 0,59 ^c	71,59 ± 0,69 ^b	75,91 ± 0,3 ^a	0,0001
Histidina	97,38 ± 0,33	83,81 ± 0,33 ^a	59,13 ± 1,19 ^b	83,4 ± 0,3 ^a	0,0001
Isoleucina	94,06 ± 0,55	23,95 ± 1,24 ^c	81,31 ± 1,46 ^a	56,17 ± 0,86 ^b	0,0001
Leucina	95,34 ± 0,25	90,21 ± 0,26 ^a	66,52 ± 1,17 ^c	76,94 ± 0,45 ^b	0,0001
Lisina	96,13 ± 0,14	36,41 ± 1,03 ^c	67,2 ± 1,13 ^b	74,04 ± 0,45 ^a	0,0001
Fenilalanina	95,42 ± 0,26	86,21 ± 0,39 ^a	76,36 ± 0,96 ^b	76,99 ± 0,45 ^b	0,0001
Metionina	99,65 ± 0,05	94,2 ± 0,08 ^a	67,4 ± 0,66 ^c	85,14 ± 0,17 ^b	0,0001
Treonina	95,7 ± 0,11	36,32 ± 1,1 ^c	61,19 ± 1,24 ^b	75,5 ± 0,47 ^a	0,0001
Triptofano	95,94 ± 0,19	93,19 ± 0,24 ^b	97,9 ± 0,59 ^a	97,75 ± 0,13 ^a	0,0001
Valina	93,85 ± 0,17	63,74 ± 0,61 ^c	83 ± 0,9 ^a	70,11 ± 0,54 ^b	0,0001
Média AAE	96,14 ± 0,16	65,65 ± 0,63 ^c	73,16 ± 1 ^b	77,19 ± 0,41 ^a	0,0001
<i>Aminoácidos não essenciais</i>					
Alanina	94,91 ± 0,18	85,12 ± 0,39 ^a	65,08 ± 1,09 ^b	67,68 ± 0,51 ^b	0,0001
Ácido aspártico	99,15 ± 0,03	64,77 ± 0,37 ^c	85,99 ± 0,36 ^a	82,44 ± 0,22 ^b	0,0001
Cistina	94,89 ± 0,35	60,32 ± 0,67 ^a	27,53 ± 1,86 ^b	60,48 ± 0,53 ^a	0,0001
Glicina	92,91 ± 0,34	57,81 ± 0,91 ^b	50,45 ± 1,47 ^c	73,54 ± 0,44 ^a	0,0001
Ácido glutâmico	98,71 ± 0,05	88,79 ± 0,16 ^b	76,92 ± 0,58 ^c	90,03 ± 0,14 ^a	0,0001
Prolina	94,66 ± 0,07	92,32 ± 0,25 ^a	39,48 ± 1,66 ^c	85,31 ± 0,29 ^b	0,0001
Serina	95,33 ± 0,3	72,99 ± 0,5 ^b	52,48 ± 1,45 ^c	79,72 ± 0,39 ^a	0,0001
Tirosina	95,01 ± 0,15	79,63 ± 0,41 ^a	59,84 ± 1,3 ^c	68,16 ± 0,57 ^b	0,0001
Média AANE	95,7 ± 0,16	75,22 ± 0,49 ^a	57,22 ± 1,22 ^b	75,92 ± 0,39 ^a	0,0001
Média AA	95,95 ± 0,16	69,90 ± 0,53 ^b	66,08 ± 1,1 ^c	76,63 ± 0,4 ^a	0,0001

Valores expressos como média ± erro médio padrão (n = 3).

Médias seguidas por letras sobrescritas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Dentre os aminoácidos essenciais, pode-se verificar que o farelo de trigo apresentou os

melhores CDA para arginina, lisina e treonina. Por sua vez, o farelo de arroz apresentou os

maiores coeficientes para isoleucina e valina. Quanto ao milho, embora tenha apresentado os melhores CDA para leucina, fenilalanina e metionina, exibiu os piores coeficientes para os aminoácidos lisina e treonina. Com relação aos aminoácidos não essenciais, verificou-se que o aminoácido cistina apresentou os menores CDA para os farelos de arroz e trigo, sendo a glicina o aminoácido com pior coeficiente para o milho. No que se refere ao CDA_P, foi observado que o milho e o farelo de arroz apresentaram coeficientes semelhantes, sendo ambos superiores ao verificado para o farelo de trigo.

DISCUSSÃO

O CDA_{MS} de uma dieta ou de um alimento demonstra o quanto foi digerido (DE SILVA e ANDERSON, 1995). No presente estudo, o valor do CDA_{MS} obtido para o milho foi superior aos encontrados para os farelos de arroz e trigo, e este resultado parece estar associado ao nível de fibra presente nestes alimentos. A fibra dietética não é digerida pela maioria das espécies de peixes (NRC, 2011), e estudos anteriores reportam correlação negativa entre seu nível e o CDA_{MS} (GUIMARÃES *et al.*, 2012; VIDAL *et al.*, 2015a, 2015b). O CDA_{MS} obtido para o milho revelou-se superior aos descritos por FURUYA *et al.* (2001a) (78,08%), PEZZATO *et al.* (2002) (52,52%), BOSCOLO *et al.* (2002) (73,22%) e GONÇALVES *et al.* (2009) (79,3%) em ensaios com a tilápia-do-nilo alimentada com dieta purificada, formulada com base em proteína de albumina e gelatina (INA, 1977) e peletizada. Desta maneira, confirma-se a contribuição do processamento (extrusão) sobre o CDA_{MS} para dietas e/ou alimentos ricos em amido (CHENG e HARDY, 2003b). Com relação aos demais alimentos avaliados, pode-se verificar que os CDA_{MS} obtidos revelaram-se superiores aos relatados por GUIMARÃES *et al.* (2008) que, ao avaliarem o efeito da extrusão sobre o CDA_{MS} dos farelos de arroz e trigo, também obtiveram os valores de 55,59% e 45,88%, respectivamente.

O CDA_{EB} seguiu a mesma tendência do CDA_{MS}, sendo também afetado pelo teor de fibra do alimento avaliado. De fato, VIDAL *et al.* (2015a, 2015b) demonstraram correlação negativa entre o nível de fibra dietética e o CDA_{EB}. Para os alimentos avaliados neste estudo, destacam-se os

CDA_{EB} obtidos para o milho, semelhante ao exposto por VIDAL *et al.* (2015b) (91,2%), e para o farelo de arroz, superior ao descrito por GUIMARÃES *et al.* (2008) (57,58%). Para este último, a diferença entre CDA_{EB} pode estar relacionada ao menor nível de FB apresentada pelo farelo de arroz utilizado nesta pesquisa. Com relação ao farelo de trigo, pode-se observar que o CDA_{EB} se mostrou inferior ao relatado por GUIMARÃES *et al.* (2008) (48,94%).

No que se refere à fração proteica dos alimentos avaliados, pode-se verificar que o valor do CDA_{PB} do milho e o do farelo de trigo foram semelhantes, sendo ambos superiores ao valor obtido para o farelo de arroz. Diferentemente dos resultados de CDA_{MS} e CDA_{EB} determinados nesta pesquisa, parece pouco provável que haja correlação entre o conteúdo em FB do alimento avaliado e o CDA_{PB} obtido. De fato, LANNA *et al.* (2004), ao avaliarem níveis de FB (6, 9 e 12%) na dieta da tilápia-do-nilo, não verificaram alteração, responsivas aos níveis empregados, nos CDA_{PB} determinados. Os resultados obtidos neste estudo revelaram-se inferiores aos descritos por PEZZATO *et al.* (2002) (89,62%) para o milho e por GUIMARÃES *et al.* (2008) (66,88%) para o farelo de arroz e superiores ao exposto por GUIMARÃES *et al.* (2008) (66,04%) para o farelo de trigo.

Ainda quanto ao CDA_{PB}, verificou-se que este apresentou valores discrepantes em relação à média dos CDA dos aminoácidos, para todos os alimentos avaliados, sugerindo que este coeficiente não deve ser utilizado como estimativa de digestibilidade média dos aminoácidos, assim como relatado por GUIMARÃES *et al.* (2008), GONÇALVES *et al.* (2009) e VIDAL *et al.* (2015b).

Pode-se observar que os CDA_{PB} e CDA_{AA} obtidos neste estudo para os alimentos milho e farelo de trigo foram inferiores aos relatados por FURUYA *et al.* (2001b) e GONÇALVES *et al.* (2009). Entretanto, este resultado parece estar associado às diferentes equações empregadas. Os estudos previamente mencionados utilizaram a equação descrita por CHO *et al.* (1982) e recomendada pelo NRC (1993), enquanto o presente estudo utilizou a equação proposta por BUREAU *et al.* (1999) e sugerida pelo NRC (2011). De acordo com FORSTER (1999), a utilização da

equação proposta por CHO *et al.* (1982) pode resultar em valores de CDA não críveis, uma vez que não considera a real contribuição em nutrientes da DR e do alimento avaliado.

Por outro lado, VIDAL *et al.* (2015b) utilizaram processamento (extrusão), metodologia de coleta de fezes (decantação) e equação para cálculo de CDA (BUREAU *et al.*, 1999) semelhantes aos utilizados neste estudo e obtiveram CDA_{PB} e CDA_{AA} superiores para o milho (92,9 e 94,8%, respectivamente). Ainda que CHO e BUREAU (2001) cite a influência da metodologia de coleta, dos fatores biológicos e ambientais (espécie utilizada, tamanho e peso e temperatura da água), erros experimentais (condições experimentais subótimas, erros analíticos, lixiviação dos nutrientes, erros de cálculo) e diferenças no processamento e composição química dos ingredientes (perdas por superaquecimento e fatores antinutricionais) na determinação dos CDA, a discrepância observada entre estudos sugere a influência da DR utilizada na determinação dos resultados. Apesar de a DR utilizada neste estudo apresentar alto valor biológico, com resultados de CDA_{PB} e CDA_{AA} superiores aos obtidos por VIDAL *et al.* (2015b) (93,3 e 94,7%, respectivamente), seu menor conteúdo em PB (29,40% e 32,58%) resultou, na ocasião da confecção das dietas-teste (70% DR + 30% alimento avaliado) (m/m), em valores de PB e AA totais inferiores aos preconizados para esta espécie (NRC, 2011). Como os peixes não possuem exigência verdadeira de proteína, mas sim de adequado balanceamento entre os aminoácidos essenciais e não essenciais que compõem a dieta (BICUDO e CYRINO, 2009), o não atendimento a estas exigências pelas dietas-teste possivelmente tenha interferido na determinação dos CDA da fração proteica e aminoácida destas, com consequente influência na determinação dos CDA_{PB} e CDA_{AA} dos alimentos avaliados. De fato, VIDAL *et al.* (2015a, 2015b) demonstraram correlação positiva entre o nível de PB e o CDA_{PB} determinado.

Entre os alimentos avaliados, o farelo de trigo destacou-se por apresentar os melhores CDA para os aminoácidos essenciais, sendo seguido, consecutivamente, pelo farelo de arroz e pelo milho. Este resultado parece estar associado ao

perfil aminoacídico apresentado pelos alimentos avaliados. De fato, VIDAL (2012), ao determinar a distância Euclidiana entre o perfil de aminoácidos digestíveis dos alimentos milho, soja e trigo e seus respectivos subprodutos e a exigência nutricional da tilápia-do-nylo (NRC, 2011), verificou que o grupo denominado pelo autor como “trigo” (composto pelos alimentos trigoilho, trigo, farelo de trigo, fibra grossa de trigo e gérmen de trigo), apesar de apresentar deficiência em pelo menos sete dos dez aminoácidos essenciais, foi o que mais se aproximou do perfil de exigência da espécie. Desta maneira, pode-se inferir que o melhor aproveitamento dos aminoácidos essenciais pela tilápia-do-nylo está associado ao perfil aminoacídico do alimento avaliado.

Dentre os aminoácidos essenciais avaliados, destacaram-se os CDA determinados para o triptofano, cujos valores foram superiores aos descritos por GUIMARÃES *et al.* (2008) para o milho (72,89%) e farelos de arroz (76,8%) e trigo (79,17%). Para o milho, salienta-se o coeficiente obtido para a metionina, superior ao relatado por GUIMARÃES *et al.* (2008) e semelhante ao exposto por VIDAL *et al.* (2015b), quais sejam, 76,31 e 95,6%, respectivamente. Por sua vez, os CDA determinados para os aminoácidos lisina e treonina revelaram-se inferiores aos descritos por GUIMARÃES *et al.* (2008) (65,56 e 56,69%) e VIDAL *et al.* (2015b) (88,8 e 86,1%), sendo superiores aos relatados por GUIMARÃES *et al.* (2008) para os farelos de arroz (68,37 e 48,88%) e trigo (55,82 e 58,49%). No que concerne aos aminoácidos não essenciais, a glicina apresentou o menor CDA para o milho, enquanto a cistina apresentou os menores coeficientes para os farelos de arroz e trigo. Embora difiram em valores absolutos, estes resultados são concordantes com os relatados por GUIMARÃES *et al.* (2008): 38,8; 35,64 e 57,98%, respectivamente.

Com relação à disponibilidade do mineral fósforo, destacam-se os valores obtidos para o milho e para o farelo de arroz, sendo ambos superiores ao observado para o farelo de trigo. Ainda que ANDERSSON *et al.* (1981) tenham relatado redução de 13 a 35% do conteúdo de fitato em misturas contendo níveis de amido, farelo e glúten de trigo submetidas à extrusão, e que KORNEGAY (1999) tenha verificado nível da

enzima fitase endógena presente no farelo de trigo superior àquele encontrado no milho (1193 e 15 UF kg⁻¹, respectivamente), o conteúdo em FB do farelo de trigo, por alterar a taxa de passagem do bolo alimentar (MEURER *et al.*, 2003), possivelmente tenha implicado a baixa disponibilidade deste mineral para este alimento.

Os CDA_P obtidos revelaram-se superiores aos descritos por MIRANDA *et al.* (2000) (7,33%), GONÇALVES *et al.* (2007) (13,15%), FURUYA *et al.* (2001a) (45,08%) e GONÇALVES *et al.* (2009) (55%) para o milho, e por GONÇALVES *et al.* (2007) (17,29%) para o farelo de arroz. Para o farelo de trigo, o coeficiente verificado revelou-se semelhante ao exposto por MIRANDA *et al.* (2000) (30,49%), FURUYA *et al.* (2001a) (29,51%) e GONÇALVES *et al.* (2009) (35,5%), sendo inferior ao relatado por GONÇALVES *et al.* (2007) (53,11%), devendo-se ressaltar que, embora estes ensaios tenham sido conduzidos em condições experimentais semelhantes às do presente estudo, a diferença no peso dos peixes (16 a 100 g), a composição químico-bromatológica dos alimentos, o tipo de processamento (peletização) e as equações utilizadas (CHO *et al.*, 1982; FORSTER, 1999) podem influenciar os resultados obtidos.

Ainda com relação ao CDA_P, pode-se observar que os valores determinados neste estudo não se mostram concordantes com os descritos por GUIMARÃES *et al.* (2011), que, ao estimarem os CDA_P de alimentos energéticos submetidos à extrusão, também relataram valores inferiores para o milho (19,48%), farelo de arroz (3,25%) e farelo de trigo (1,18%). Esta diferença entre estudos pode estar associada aos diferentes níveis de inclusão dos alimentos utilizados (7:3 e 6:4), haja vista que a determinação dos CDA pode ser comprometida quando a contribuição em nutrientes da DR diferir substancialmente do alimento avaliado (FORSTER, 1999). Deve-se destacar, entretanto, que esta diferença pode estar ainda relacionada com as diferentes equações empregadas. De acordo com BUREAU e HUA (2006), a equação proposta por FORSTER (1999) e utilizada por GUIMARÃES *et al.* (2011) pode resultar em CDA não fiáveis, visto que esta não considera a contribuição em nutrientes da DR e do alimento avaliado em uma mesma base seca.

CONCLUSÃO

Verificou-se variabilidade entre os coeficientes obtidos nesta pesquisa e os valores registrados na literatura. Isto demonstra que os CDA devem ser interpretados com cautela, visto que os fatores previamente elencados contribuem para a divergência entre os resultados. A alta variabilidade apresentada pelos CDA obtidos para os aminoácidos, entre e dentre alimentos avaliados neste estudo, evidencia a importância de se determinarem individualmente estes coeficientes, com o propósito de otimizar o aproveitamento da dieta pelo peixe.

O milho, por apresentar os melhores CDA_{MS}, CDA_{EB}, CDA_{PB} e CDA_P, destacou-se, dentre os produtos avaliados, como o melhor alimento energético para a tilápia-do-nilo.

REFERÊNCIAS

- ALLAN, G.L.; PARKINSON, S.; BOOTH, M.A.; STONE, D.A.J.; ROWLAND, S.J.; FRANCES, J.; WARNER-SMITH, R. 2000 Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*, 186: 293-310.
- ANDERSSON, Y.; HEDLUND, B.; JONSSON, L.; SVENSSON, S. 1981 Extrusion cooking of a high-fiber cereal product with crispbread character. *Cereal Chemistry*, 58(5): 370-374.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 2000 *Official methods of analysis*. 17th ed. Gaithersburg. 1115p.
- 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*, 40(6): 818-823.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. 2002 Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(2): 539-545.
- BOYD, C.E. 1990 *Water quality in ponds for aquaculture*. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University, Auburn, AL, USA. 482p.

- BREMER NETO, H.; GRANER, C.A.F.; PEZZATO, L.E.; PADOVANI, C.R.; CANTELMO, O.A. 2003 Diminuição do teor de óxido de crômio (III) usado como marcador externo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(2): 249–255.
- BREMER NETO, H.; GRANER, C.A.F.; PEZZATO, L.E.; PADOVANI, C.R. 2005 Determinação de rotina do crômio em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida. *Ciência Rural*, 35(3): 691–697.
- BUREAU, D.P.; HARRIS, A.M.; CHO, C.Y. 1999 Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 180: 345–358.
- BUREAU, D.P. e HUA, K. 2006 Letter to the Editor of *Aquaculture*. *Aquaculture*, 252: 103–105.
- CARVALHO, P.L.P.F.; SILVA, R.L.; BOTELHO, R.M.; DAMASCENO, F.M.; ROCHA, M.K.H.R.; PEZZATO, L.E. 2012 Valor nutritivo da raiz e folhas da mandioca para a tilápia do Nilo. *Boletim do Instituto de Pesca*, 38(1): 61–69.
- CHENG, Z.J. e HARDY, R.W. 2003a Effects of extrusion and expelling processing, and microbial phytase supplementation on apparent digestibility coefficients of nutrients in full-fat soybeans for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 218: 501–514.
- CHENG, Z.J. e HARDY, R.W. 2003b Effects of extrusion processing of feed ingredients on apparent digestibility coefficients of nutrients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 9(2): 77–83.
- CHO, C.Y.; SLINGER, S.J.; BAYLEY, H.S. 1982 Bioenergetics of salmonid fishes: Energy intake, expenditure and productivity. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 73(1): 25–41.
- CHO, C.Y. e BUREAU, D.P. 2001 A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. *Aquaculture Research*, 32: 349–360.
- DE SILVA, S.S. e ANDERSON, T.A. 1995 *Fish nutrition in aquaculture*. London: Chapman & Hall. 319p.
- EL-SAIDY, D.M.S.D. e GABER, M.M.A. 2005 Effect of dietary protein levels and feeding rates on growth performance, production traits and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) cultured in concrete tanks. *Aquaculture Research*, 36(2): 163–171.
- FORSTER, I. 1999 A note on the method of calculating digestibility coefficients of nutrients provided by single ingredients to feeds of aquatic animals. *Aquaculture Nutrition*, 5(2): 143–145.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; FURUYA, V.R.B.; BARROS, M.M. 2001a Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alguns ingredientes pela tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus* (L.) (linhagem tailandesa). *Acta Scientiarum*, 23(2): 465–469.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C.; BARROS, M.M.; MIRANDA, E.C. 2001b Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(4): 1143–1149.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; BOSCOLO, W.R.; CYRINO, J.E.P.; FURUYA, V.R.B.; FEIDEN, A. 2010 *Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias*. Toledo: GFM. 100p.
- GATLIN, D.M.; BARROWS, F.T.; BROWN, P.; DABROWSKI, K.; GAYLORD, T.G.; HARDY, R.W.; HERMAN, E.; HU, G.; KROGDAHL, Å.; NELSON, R.; OVERTURF, K.; RUST, M.; SEALEY, W.; SKONBERG, D.; SOUZA, E.J.; STONE, D.; WILSON, R.; WURTELE, E. 2007 Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: A review. *Aquaculture Research*, 38(6): 551–579.
- GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; PADILHA, P.M.; BARROS, M.M. 2007 Disponibilidade aparente do fósforo em alimentos vegetais e suplementação da enzima fitase para tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(5): 1473–1480.
- GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; ROCHA, D.F.; KLEEMAN, G.K.; SANTA ROSA, M.J. 2009 Energia e nutrientes digestíveis de alimentos para a tilápia do Nilo. *Boletim do Instituto de Pesca*, 35(2): 201–213.

- GUIMARÃES, I.G.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; TACHIBANA, L. 2008 Nutrient digestibility of cereal grain products and by-products in extruded diets for Nile tilapia. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39(6): 781-789.
- GUIMARÃES, I.G.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; TACHIBANA, L.; FERNANDES, R.N. 2011 Digestibilidade do amido e disponibilidade de Ca e P em alimentos energéticos extrusados para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Ciência Animal Brasileira*, 12(3): 415-419.
- GUIMARÃES, I.G.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FERNANDES, R.N. 2012 Apparent nutrient digestibility and mineral availability of protein-rich ingredients in extruded diets for Nile tilapia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(8): 1801-1808.
- INA - American Institute of Nutrition. 1997 Report of the American Institute of Nutrition ad hoc committee on standards for nutritional studies. *Journal of Nutrition*, 107(7): 1340-1348.
- JOBLING, M.; GOMES, E.; DIAS, J. 2001 Feed types, manufacture and ingredients. In: HOULIHAN, D.; BOUJARD, T.; JOBLING, M. *Food intake in Fish*. Blackwell Science Ltd., London, p. 25-48.
- KORNEGAY, E.T. 1999 Feeding to reduce nutrient excretion: effects of phytase on phosphorus and other nutrients. In: LYONS, T.P.; JACQUES, K.A. *Biotechnology in the feed industry*. Nottingham University Press, Nottingham. p. 461-489.
- LANNA, E.A.T.; PEZZATO, L.E.; FURUYA, W.M.; VICENTINI, C.A.; CECON, P.R.; BARROS, M. M. 2004 Fibra bruta e óleo em dietas práticas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(6): 2177-2185.
- MAYNARD, L.A. e LOOSLI, J.K. 1969 *Animal nutrition*. New York: McGraw-Hill. 613p.
- MCGOOGAN, B.B. e REIGH, R.C. 1996 Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. *Aquaculture*, 141: 233-244.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. 2003 Fibra bruta para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(2): 256-261.
- MICHELATO, M.; VIDAL, L.V.O.; FURUYA, W.M.; GRACIANO, T.S.; XAVIER, T.O.; MOURA, L.B.; FURUYA, V.R.B. 2013 Digestible methionine + cystine requirement for Nile tilapia from 550 to 700 g. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42(1): 7-12.
- MIRANDA, E.C.; PEZZATO, A.C.; PEZZATO, L.E.; FURUYA, W.M. 2000 Disponibilidade aparente de fósforo em ingredientes pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum*, 22(3): 669-675.
- MOORE, S. e STEIN, W.H. 1963 Chromatographic determination of amino acids by use of automatic recording equipments. *Methods in Enzymology*, 6: 819-831.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1993 *Nutrient requirements of fish*. National Academic Press, Washington, D.C.. 114p.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2011 *Nutrient requirements of fish and shrimp*. National Academic Press, Washington, D.C.. 376p.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; PINTO, L.G.Q.; FURUYA, W.M.; PEZZATO, A.C. 2002 Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(4): 1595-1604.
- PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FURUYA, W.M. 2009 Valor nutritivo dos alimentos utilizados na formulação de rações para peixes tropicais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38: 43-51.
- SALES, J. e BRITZ, P.J. 2001 Evaluation of different markers to determine apparent nutrient digestibility coefficients of feed ingredients for South African abalone (*Haliotis midae* L.). *Aquaculture*, 202: 113-129.
- TACHIBANA, L.; GONÇALVES, G.S.; GUIMARÃES, I.G.; PEZZATO, L.E. 2010 Digestibilidade aparente do triticale para a tilápia-do-nilo. *Boletim do Instituto de Pesca*, 36(1): 39-44.
- VIDAL, L.V.O. 2012 *Modelagem matemática da proteína digestível e determinação da digestibilidade da proteína e aminoácidos em ingredientes de origem vegetal para tilápias, Maringá, Brasil*. Maringá. 93f. (Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 42(3): 566-577, 2016

- Maringá, UEM). Disponível em: <<http://www.ppz.uem.br/trabalhos-de-conclusao/teses/2012>> Acesso em: 26 abr. 2016.
- VIDAL, L.V.O.; XAVIER, T.O.; MOURA, L.B.; GRACIANO, T.S.; MARTINS, E.N.; FURUYA, W.M. 2015a Apparent digestibility of soybean coproducts in extruded diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Nutrition*, 1-8.
- VIDAL, L.V.O.; XAVIER, T.O.; MICHELATO, M.; MARTINS, E.N.; PEZZATO, L.E.; FURUYA, W.M. 2015b Apparent protein and energy digestibility and amino acid availability of corn and co-products in extruded diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 46(2): 183-190.
- WILLIAMS, W.J. 1979 *Handbook of anion determination*. London: Butterworths. 630p.
- YILDIRIM, Ö.; ACAR, Ü.; TÜRKER, A.; SUNAR, M.C.; KESBIÇ, O.S.; TABLE, I. 2014 Effects of replacing fish meal with peanut meal (*Arachis hypogaea*) on growth, feed utilization and body composition of Mozambique tilapia fries (*Oreochromis mossambicus*). *Pakistan Journal of Zoology*, 46(2): 497-502.
- ZAR, J.H. 2009 *Biostatistical Analysis*. 5^a ed. New Jersey: Prentice Hall. 929p.