

Avaliação de dois métodos de determinação do coeficiente de digestibilidade aparente com a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.)

Luiz Edivaldo Pezzato*, Edma Carvalho de Miranda, Luis Gabriel Quintero Pinto, Wilson Massumitu Furuya, Margarida Maria Barros, Guilherme Jordão Magalhães Rosa e Eduardo Arruda Teixeira Lanna

Departamento de Nutrição Animal, FMVZ, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, C.P. 560, 18618, Botucatu, São Paulo, Brasil. Autor para correspondência. e-mail: epezzato@fca.unesp.br

RESUMO. O presente estudo teve por objetivo, no primeiro experimento, avaliar a digestibilidade aparente da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), de uma ração purificada marcada com o indicador externo Cr_2O_3 , nos três terços do intestino (proximal, intermédio e distal) da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* L (Perciformes Cichlidae). No segundo, objetivou-se comparar os coeficientes de digestibilidade obtidos pelos métodos da excreção natural em aquário de digestibilidade e os coeficientes resultantes da técnica da dissecação intestinal. Concluiu-se que na porção distal do intestino ocorre um incremento na absorção da ração, que o método da dissecação subestima a digestibilidade do material colhido (MS=41,79%; PB=48,98a; EE=35,10%b), que são mais confiáveis e reais os coeficientes de digestibilidade medidos pelo método indireto, com fezes colhidas nos aquários de coleta (MS=63,99%b; PB=85,62b; EE=73,60%b).

Palavras-chave: nutrição, digestibilidade, tilápia do Nilo, coeficientes de digestibilidade, *Oreochromis niloticus*.

ABSTRACT. Evaluation of two methods to determine the digestibility apparent coefficients in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). The objective of this study was, in the first experiment, to evaluate the apparent digestibility of dry matter (DM), crude protein (CP) and ether extract (EE) of purified diet using chromic oxide as inert marker, in the three parts of intestine (proximal, middle and distal) of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L (Perciformes Cichlidae). In the second experiment, the aim was to compare the digestibility coefficients obtained by natural excretion in the digestibility aquarium and by intestine dissection. The results showed that in the distal portion there was an increase in the absorption, the dissection method underestimates the digestibility of collected material (DM=41.79%, CP=48.98a, EE=35.10%b) and that the digestibility coefficients obtained by indirect method with feces collected in the digestibility aquariums are more reliable and real (DM=63.99%b, CP=85.62b, EE=73.60%b).

Key words: fish nutrition, digestibility, Nile tilapia, digestibility coefficients, *Oreochromis niloticus*.

Introdução

Várias metodologias e estruturas têm sido utilizadas para determinar os coeficientes de digestibilidade de ingredientes e rações para peixes. Dentre os métodos mais empregados, destacam-se: a) aquário coletor provido de válvula para concentração de fezes (Windell *et al.*, 1978; Cho e Slinger, 1979), b) extrusão do conteúdo final do intestino (Nose, 1960; Hajen *et al.*, 1993), c) dissecação da porção distal do intestino (Austreng, 1978), d) sucção mecânica anal (Windell *et al.*, 1978)

e e) captação das fezes liberadas no aquário (Cyrino *et al.*, 1986).

Esses estudos têm demonstrado preocupação com o estresse a que são submetidos os peixes durante tal processo. Estresse esse resultante do manejo para a coleta das fezes, uma vez que os peixes geralmente são alojados em tanques de contenção e alimentação para obtenção de fezes, seja pela pressão abdominal ou sucção anal, pelo alojamento em gaiolas metabólicas com alimentação forçada e mesmo, por meio do sacrifício deles para a dissecação intestinal.

Em estudo com trutas arco-íris, Inaba *et al.* (1962) verificaram que os coeficientes de

digestibilidade da proteína foram maiores nas fezes obtidas por excreção natural, em aquários de coleta, do que aquelas estimadas a partir de pressão abdominal. Tal resposta atribui-se ao nitrogênio presente nas fezes, proveniente de enzimas digestivas, de células da descamação da parede do intestino e, ainda, do alimento que seria digerido ao longo do trato digestório.

No sentido de evitar esse erro, Smith e Lovell (1973) desenvolveram um estudo, com o bagre do canal. Contornaram com a alimentação natural o estresse provocado pela alimentação forçada e a maior excreção de nutrientes nas fezes a partir da extrusão abdominal, anestesiando os peixes antes da coleta das fezes no reto. Métodos de obtenção de fezes, para determinação dos coeficientes de digestibilidade, foram comparados com trutas arco-íris por Austreng (1978). Os resultados obtidos por meio da coleta por pressão abdominal (extrusão) e por dissecação, em cinco regiões do intestino, demonstraram que o primeiro método foi mais conveniente e acurado. Com o objetivo de comparar metodologias de coleta de fezes, em estudo de digestibilidade com o bagre africano, Henken et al. (1985) obtiveram material para análise a partir das seguintes técnicas: coleta total (fezes por sedimentação e sem o uso de marcador); pela dissecação do terço final do intestino dos peixes, a partir de ração marcada com o Cr_2O_3 como marcador externo e; coleta por sedimentação também com ração marcada com o Cr_2O_3 . Concluíram que os valores dos coeficientes de digestibilidade obtidos pelo último método foram mais seguros.

Shahat (1993) desenvolveu estudo com o bagre *Clarias lazera*, para comparar os métodos de determinação da digestibilidade, através da coleta de amostras no estômago, reto e pela filtragem diária da água envolvida no sistema. Os coeficientes de digestibilidade da proteína e energia, segundo esse autor, não revelaram diferenças significativas entre os métodos, exceto para as amostras de farelo de algodão colhidas no reto.

Preocupados com as possíveis perdas pela lixiviação de nutrientes e marcador, em função da permanência das fezes na água dos aquários de coleta, Choubert et al. (1982) desenvolveram um equipamento capaz de recuperá-las 15 segundos após sua excreção. Nesse sentido, Cho et al. (1985) e Cho (1987) propuseram o *Sistema Guelf* para estudos de digestibilidade com peixes. Esse sistema consiste basicamente num conjunto de aquários de 80 L, interligados, com fluxo contínuo de água, fundo inclinado para facilitar a coleta de fezes e uma coluna externa para concentração e sedimentação desse material.

De la Noue e Choubert (1986) determinaram, com trutas arco-íris, a digestibilidade da proteína, matéria seca e energia, a partir das técnicas apresentadas por Cho et al. (1985) e Cho (1987). Esses autores não encontraram diferenças significativas entre os resultados apresentados pelas técnicas de obtenção de fezes.

A digestibilidade aparente de ingredientes energéticos, utilizando o método direto, pela tilápia do Nilo, foi determinada por Barros et al. (1988a). Esses autores encontraram pequenas variações nos coeficientes de digestibilidade das frações proteína bruta (94,2 a 95,2%), lipídeos (92 a 93,6%) e matéria seca (86,8 a 88,9%), respectivamente, entre os ingredientes fubá de milho, farelo de arroz e farelo de mandioca. Barros et al. (1988b) consideraram a levedura de álcool como fonte alimentar alternativa e determinaram a digestibilidade aparente para tilápia do Nilo, obtendo 93,2% para a proteína bruta, 93,6% para lipídeos e 87,1% para a matéria seca.

Hajen et al. (1993a) determinaram a digestibilidade de diferentes ingredientes por meio da obtenção de fezes pelo *Sistema de Guelf* e por dissecação intestinal, para o *chinook salmon* (*Oncorhynchus tshawytscha*), e não encontraram diferenças significativas entre os valores obtidos pelos dois métodos.

O presente estudo teve por objetivo avaliar a digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo, de uma ração prática marcada com o indicador externo Cr_2O_3 , nos três terços do intestino (proximal, intermédio e distal) da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* L (Perciformes, Cichlidae), e comparar os resultados dos coeficientes de digestibilidade obtidos pelos métodos da excreção natural, em aquário de digestibilidade, e os coeficientes resultantes da técnica da dissecação intestinal.

Material e métodos

Esse estudo foi realizado no Laboratório de Nutrição de Peixes do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal - *NutriPeixe* - FMVZ - Unesp - Campus de Botucatu (Laboratório Associado ao Caunesp), Estado de São Paulo. Dois experimentos foram desenvolvidos no sentido de avaliar os métodos de obtenção de fezes em estudo de digestibilidade com juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

No primeiro experimento, avaliou-se o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA), ao longo do intestino dos peixes, pelo sistema de obtenção de fezes por dissecação. Para tal, dividiu-se,

didaticamente, o intestino em três porções de igual dimensão (proximal, intermédio e distal).

No segundo experimento, foram comparados dois sistemas de avaliação do coeficiente de digestibilidade, o da dissecação do intestino com coleta das fezes presentes na porção distal e o sistema convencional de obtenção das fezes, decantadas em aquário de digestibilidade (Pezzato *et al.*, 2000). Para tanto, empregaram-se peixes com semelhantes pesos e condições experimentais.

Para esses experimentos utilizou-se uma ração purificada, composta basicamente por albumina, gelatina e dextrose (Tabela 1). Tal formulação possibilitou a obtenção de uma ração com 46% de proteína bruta, 3556 kcal de ED/kg de ração, 0,39% de cálcio, 0,60% de fósforo disponível, conforme recomendado por Miranda *et al.* (2000) e 0,1% do marcador externo Cr_2O_3 , conforme Graner (1972).

Tabela 1. Composição percentual da ração referência (expressa com base na matéria natural)

Ingrediente	%
Albumina	33,59
Gelatina	20,00
Dextrose	33,95
Óleo de soja	2,70
α - celulose ¹	5,40
Fosfato bicálcico	3,74
Suplemento vitamínico e mineral ²	0,50
Antioxidante (Butil Hidroxi Tolueno)	0,02
Óxido de crômio	0,10
Total	100,00
Proteína Bruta	46,00
Energia Digestível (kcal / kg de ração)	3.556
Cálcio	0,39
Fósforo disponível	0,60

¹ α - celulose: energia bruta = 3658,86 kcal/kg; proteína bruta = 1,80%; fibra bruta = 72,91%; cálcio = 0,28% e fósforo total = 0,08%; ² Suplemento vitamínico e mineral (Suprenais): níveis de garantia por kg do produto: Vit. A 1200.000 UI; vit. D3 200.000 UI; vit. E 12.000 mg; vit. K3 2.400 mg; vit. B1 4.800 mg; vit. B2 4.800 mg; vit. B6 4.000 mg; vit. B12 4.800 mg; á. fólico 1.200 mg; pantotenato de Ca 12.000 mg; vitamina C 48.000 mg; biotina 48 mg; colina 65.000 mg; niacina 24.000 mg; ferro 10.000 mg; cobre 600 mg; manganês 4.000 mg; zinco 6.000 mg; iodo 20 mg; cobalto 2 mg e selênio 20 mg

Os ingredientes utilizados para a confecção da ração purificada foram peneirados para apresentarem diâmetro máximo de 0,42 mm (35 mesh); para a confecção da ração granulada, após pesagem, o material foi homogeneizado em misturador elétrico a 80 rpm / 15 minutos. Durante esse processo, a mistura recebeu 20% de água (60°C) para a obtenção de massa apropriada e gelatinização do amido.

Para a confecção dos grânulos experimentais, essa massa foi submetida a uma peletizadora automática (*Ação Científica*) com matriz de 5 mm de diâmetro. Posteriormente, esses grânulos foram desidratados em estufa de circulação forçada (55°C/12 horas) e, em seguida, fracionados para obtenção de grânulos homogêneos (5x5 mm). Após confecção, a dieta foi armazenada a -5°C.

Condições experimentais - primeiro experimento

Um grupo de 40 juvenis de tilápia do Nilo com $150,0 \pm 6$ g foi alojado em 4 aquários circulares (1000 L) confeccionados em fibra de vidro (10 peixes/aquário), providos de sistema de recirculação de água (250 L/hora) e de aquecimento, monitorados eletronicamente de forma a manter a temperatura constante ($25 \pm 1,2^\circ\text{C}$).

Realizou-se diariamente a limpeza desses tanques, sempre após às 18h, para a retirada de eventuais resíduos. Semanalmente, foi monitorada a qualidade da água do sistema, sendo medidos o teor de oxigênio dissolvido, amônia e pH.

Durante 45 dias esses peixes receberam à vontade a ração experimental, das 8h às 17h, procedimento que visou atender às necessidades nutricionais, homeostase e condicionamento ao manejo intensivo. Após esse período, em dias subsequentes, 5 peixes de cada um desses aquários foram colhidos aleatoriamente para a obtenção do conteúdo intestinal para as análises químicas.

Esses peixes foram sacrificados mediante imersão em aquário com água contendo 6g de xilocaína/litro. Para proceder à coleta, foram realizadas três incisões, uma paralela ao dorso, na região abdominal ventral e duas no sentido dorso ventral, sendo uma próxima ao opérculo e outra na abertura do poro urogenital.

O trato digestório foi individualmente alocado em bandeja plástica e submetido à refrigeração (-20°C) por 24 horas, procedimento que possibilitou a divisão didática do intestino em três terços, proximal, intermédia e distal. O conteúdo de cada uma dessas porções foi acondicionado em recipientes de vidro, desidratado (55°C/48 horas), moído e homogeneizado.

Determinou-se a composição químico-bromatológica, segundo o método apresentado pela AOAC (1995) e o óxido de crômio III (Cr_2O_3), segundo Graner (1972). O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo da dieta, em cada porção intestinal, foi calculado com base no teor de Cr_2O_3 da ração e das fezes, segundo o método de determinação do CDA, conforme a seguinte fórmula:

$$Da_{(n)} = 100 - \left[100 \left(\frac{\% \text{Cr}_2\text{O}_{3r}}{\% \text{Cr}_2\text{O}_{3f}} \right) \times \left(\frac{\% \text{N}_f}{\% \text{N}_r} \right) \right]$$

Onde:

$Da_{(n)}$ = Digestibilidade aparente do nutriente;

Cr_2O_{3r} = % de óxido de crômio na ração;

Cr_2O_{3f} = % de óxido de crômio nas fezes;

N_r = Nutrientes na ração;

N_f = Nutriente nas fezes.

Os resultados obtidos foram avaliados pela análise de variância para medidas repetidas, a qual foi complementada com o teste de Tukey para comparação de pares de médias. As análises foram implementadas, utilizando-se o procedimento GLM/*Repeated* do programa computacional SAS (SAS, 1985), e as conclusões foram obtidas considerando-se o nível de 5% de significância.

Condições experimentais - segundo experimento

Esse experimento teve por objetivo comparar os resultados de digestibilidade proporcionados pelos métodos da dissecação intestinal e o convencional, proposto por Cho (1993). Para tanto, utilizaram-se as fezes obtidas do terço distal do intestino (dissecação) do Experimento I e as fezes provenientes do convencional, obtidas a partir do sistema de digestibilidade (Pezzato et al. 2000).

Os peixes, 80 juvenis de tilápia do Nilo, com peso médio de 150 ± 12 g, foram alojados em 5 tanques-rede de formato circular (80 cm de diâmetro e 60 cm de altura), confeccionados em tela plástica (malha de 1,5cm entrenós). Cada um desses tanques rede fazia parte de um conjunto de aquários circulares (aquários de alimentação), confeccionados em fibra de vidro, com capacidade para 250 L.

Esses aquários fazem parte de um sistema fechado de circulação de água, com renovação total a cada 60 minutos. O sistema é dotado de filtro físico e biológico, com aeração e controle elétrico digital para manutenção da temperatura. Realizou-se o mesmo manejo e monitoramento da qualidade da água adotado no Experimento I. Os peixes permaneceram nesses aquários durante o dia, das 8h às 17h, onde receberam a ração (mesma do Experimento I) à vontade, com maior frequência durante o período vespertino.

Às 17h os tanques-rede eram transferidos para os aquários de coleta (um para cada), com capacidade para 300 L, confeccionados em fibra de vidro. Esses aquários têm a parte inferior em formato cônico, provido de registro acoplado hermeticamente a um frasco, de 200 mL de vinil transparente, para coleta de fezes. Os aquários de coleta são dotados de sistema individual de aeração, controle de temperatura e filtro biológico.

Os tanques-rede permaneciam nos aquários de coleta até a manhã do dia seguinte, quando retornavam aos aquários de alimentação, para um

novo ciclo de coleta de fezes. Tal procedimento possibilitou a obtenção de fezes, sem que houvesse contaminação desse com a ração, direta e/ou indiretamente. Após a retirada dos tanques-rede, as micropartículas em suspensão na água foram decantadas por processo manual de centrifugação e colhidas juntamente com o material fecal já presente nos frascos coletores.

Esse manejo foi realizado por 4 dias, caracterizando as repetições utilizadas para as análises químicas. As fezes presentes em cada frasco foram centrifugadas (10000 rpm/20 minutos), desidratadas (55°C/48 horas), moídas e homogeneizadas. As análises químico-bromatológicas e a determinação do coeficiente de digestibilidade seguiram a mesma metodologia adotada no Experimento I.

Os dois métodos para a determinação do coeficiente de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo, foram comparados utilizando-se o teste *t* para amostras independentes, para cada nutriente considerado. Adotou-se nível de significância de 5%, conforme Steel e Torrie (1984).

Resultados e discussão

Primeiro experimento

A água apresentou valores médios de $6,6 \pm 1,2$ mg/L de oxigênio dissolvido, $0,02 \pm 0,01$ ppm de amônia, $26,30 \pm 0,26$ °C e pH de $7,1 \pm 0,3$, índices considerados adequados para a espécie, segundo Boyd (1990).

Na Tabela 2 apresentam-se os coeficientes de digestibilidade aparente (%) e o resultado estatístico obtidos para a matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) da ração purificada, nas diferentes porções do intestino da tilápia do Nilo. Pode-se observar que a análise estatística revelou que os coeficientes de digestibilidade da MS, PB e EE diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) entre os terços intestinais.

Tabela 2. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA %) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) da ração nas diferentes porções intestinais e resultado estatístico⁽¹⁾

CDA (%)	Porção intestinal								
	Proximal			Intermédia			Distal		
Repetição	MS	PB	EE	MS	PB	EE	MS	PB	EE
1	-21,51	-58,44	-121,47	30,44	30,85	28,02	42,57	48,88	35,72
2	-21,21	-55,68	-122,28	28,19	31,86	29,81	40,21	48,79	36,63
3	-22,21	-55,31	-133,51	30,30	30,26	26,98	42,81	49,56	33,38
4	-21,37	-56,10	-122,03	28,44	30,47	22,10	41,57	48,72	34,68
Média	-21,57a	-56,38a	-124,82a	29,34b	30,86b	26,72a	41,79c	48,98c	35,10b
DP	(±0,44)	(±1,40)	(±5,80)	(±1,19)	(±0,71)	(±3,29)	(±1,18)	(±0,38)	(±1,39)

¹ letras (linhas) indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as porções intestinais, para cada nutriente

Mostraram-se negativos os CDA do primeiro terço intestinal para a MS (-21,57%), PB (-56,38%) e EE (-124,82%). Esses resultados podem ser explicados pela presença dos produtos digestórios acrescidos à ingesta, provenientes do estômago e hepatopâncreas. Pode-se inferir, portanto, que tais secreções digestórias aumentaram a concentração de MS, PB e EE, diluíram o marcador externo (Cr_2O_3) e possibilitaram essas distorções nos resultados.

Segundo Storebakken *et al.* (1998), o alimento presente na porção posterior do intestino mostra-se parcialmente digerido, sendo subestimada a digestibilidade obtida pela dissecação, uma vez que a digestão e a absorção ocorrem até o final do intestino (Austreng, 1978). Assim, os coeficientes de digestibilidade encontrados nesse estudo, no primeiro terço, demonstram que o método da dissecação deve ser considerado impreciso, com índices menores que os detectados nas porções intermédia e distal do intestino (Tabela 2).

O CDA apresentado pela matéria seca no terço intestinal intermédio (29,34%) e distal (41,79%) revela a significativa digestão ocorrida no terço final do trato digestório. O mesmo foi verificado para a proteína bruta (30,86 e 48,98%) e extrato etéreo (26,72 e 35,10%), nos terços intermédio e distal, respectivamente. Esses resultados confirmam os obtidos por Hepher (1988), o qual destacou que a digestão do alimento depende da ação das enzimas digestivas, da atividade dessas e do tempo de exposição do alimento ao sistema digestório.

No sentido de destacar os resultados obtidos nesse estudo, adotou-se o índice relativo de comparação (IRC %), sendo atribuído índice 100% às médias dos CDA da MS, PB e EE da porção distal do intestino. Assim, pode-se constatar que nessa porção ocorreu um incremento na digestão da ração; o coeficiente de digestibilidade aparente foi menor no terço intermédio, em cerca de 29,79; 36,83 e 23,73%, respectivamente, para a matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo.

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA), apresentados nesse estudo pela tilápia do Nilo, para a matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) da ração purificada apresentaram-se inferiores aos encontrados com essa mesma espécie por Oliveira *et al.* (1994) com os farelos de dendê e de cacau, os quais utilizaram o método indireto com coleta em aquários de digestibilidade. Esses autores obtiveram CDA para a MS que variaram de 64,50 e 70,30% e, para a PB entre 62,90 e 91,50%. Mostraram-se, ainda, com essa mesma espécie, inferiores aos resultados obtidos por Oliveira *et al.* (1998) com o farelo de dendê e, por Pezzato *et al.* (2000) com o

farelo de coco. Utilizando o mesmo método de coleta de fezes, anteriormente descrito, esses autores encontraram CDA, respectivamente, de 78,55 e 60,50% para a MS; 94,75 e 86,80% para a PB e; 95,25 e 94,60% para o EE.

Os resultados de digestibilidade da ração purificada, apresentados nesse estudo pela tilápia do Nilo, demonstram que, durante o trânsito pelo intestino, a ingesta é submetida a intenso processo digestório. Revelam, ainda, que a digestão é significativamente diferenciada ao longo desse processo.

Assim, as diferenças dos coeficientes de digestibilidade encontradas, nesse estudo, entre os terços intermédio e distal do intestino, indicam que a absorção é maior na porção distal. Entretanto, essas diferenças são dependentes da técnica de coleta desse material, o qual pode conter frações de material endógeno, resultando em erro experimental (Storebakken *et al.*, 1998).

Segundo experimento

O monitoramento da qualidade da água apresentou os seguintes resultados: $6,5 \pm 0,4$ mg/L, $0,02 \pm 0,01$ ppm, $26,32 \pm 0,27^\circ\text{C}$ e $7,0 \pm 0,4$; para oxigênio dissolvido, amônia, temperatura e pH, respectivamente, demonstrando que esses fatores permaneceram na faixa de conforto para a espécie. A Tabela 3 apresenta os resultados dos CDA, da matéria seca (MS), da proteína bruta (PB) e do extrato etéreo (EE), proporcionados pelo método da dissecação intestinal e pelo método convencional. Conforme pode ser observado, o teste *t* aplicado às variáveis MS, PB e EE, revelou que ambos os métodos, para as três variáveis, apresentaram resultados significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Tabela 3. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA %) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) da ração nos diferentes métodos de coleta de fezes e resultado estatístico⁽¹⁾

Repetição	Método de coleta					
	Dissecação			Convencional		
	MS	PB	EE	MS	PB	EE
1	42,57	48,88	35,72	69,06	86,40	76,86
2	40,21	48,79	36,63	65,93	85,90	69,89
3	42,81	49,56	33,38	61,99	86,10	72,05
4	41,57	48,72	34,68	59,01	84,09	75,61
Média	41,79a	48,98a	35,10b	63,99b	85,62b	73,60b
Desvio Padrão	($\pm 1,18$)	($\pm 0,38$)	($\pm 1,39$)	($\pm 4,40$)	($\pm 1,04$)	($\pm 3,20$)
IRC (%) ²	65,29	57,20	52,30	100,00	100,00	100,00

¹ letras (linhas) indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as porções intestinais, para cada nutriente; ² IRC (%) = Índice relativo de comparação

Os CDA de 63,99; 85,62 e 73,60%, respectivamente, para a MS; PB e EE, determinados a partir das análises químicas das fezes obtidas pelo

método convencional, foram superiores aos CDA de 41,79; 48,98 e 35,10%, provenientes das fezes colhidas no terço distal do intestino da tilápia do Nilo. Esses resultados demonstraram que as fezes colhidas pela dissecação subestimam a digestibilidade da ração. As diferenças encontradas nesse estudo confirmam os resultados obtidos por Windell *et al.* (1978) com juvenis de trutas arco-íris. Esses autores também confrontaram esses dois métodos para estudo de digestibilidade e encontraram coeficientes de digestibilidade significativamente menores para a matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo pelo método da dissecação.

Isso confirma as conclusões apresentadas por Henken *et al.* (1985), quando compararam essas mesmas técnicas de obtenção de fezes com o bagre Africano. Segundo esses autores, os valores de CDA proporcionados pelo método convencional foram mais acurados. Entretanto, contrariam os resultados obtidos por Shahat (1993), com o bagre *Clarias lazera*, quando comparou os CDA resultantes de amostras colhidas no estômago, reto e da filtragem da água do aquário. Segundo esse autor, não houve diferença significativa entre os CDA da PB e da energia da ração. São, ainda, resultados contrários aos encontrados, por Hajen *et al.* (1993), com o salmão chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*), os quais determinaram que os CDA de diferentes ingredientes mostraram-se semelhantes, mesmo quando obtidos pelo método convencional e pelo método da dissecação.

Os dois métodos utilizados, nesse estudo, para a determinação do coeficiente de digestibilidade mostram-se sujeitos a críticas. O método convencional pode provocar estresse nos peixes, como resultado do manejo aplicado durante a alimentação e, posteriormente, na coleta das fezes. Tal estresse pode promover maior velocidade da ingestão e, conseqüentemente, menor tempo de contato da dieta com as enzimas do trato digestório e menor absorção. A precisão desse método, nessas condições, pode ser questionada. Por outro lado, o método da dissecação não permite a obtenção de um coeficiente de digestibilidade aparente confiável, uma vez que o material colhido na porção distal do intestino pode conter constituinte endógeno, muco e produtos orgânicos digestíveis, podendo subestimar a digestibilidade da ração avaliada.

No sentido de avaliar as diferenças dos CDA obtidas nesse estudo, atribuiu-se o índice 100% aos valores de digestibilidade proporcionados pelo método convencional. Assim, pode-se verificar que esses coeficientes mostram-se subestimados no

método da dissecação em 34,70% para a MS; 42,80% para a PB e 47,70% para o EE. Essas diferenças confirmam os resultados obtidos por Storebakken *et al.* (1998), com o salmão do Atlântico, os quais avaliaram o CDA de vários ingredientes por meio de três técnicas de coleta de fezes (extrusão, dissecação e convencional). Observaram que os melhores resultados foram proporcionados pelo método convencional, seguido pela extrusão e dissecação. As diferenças entre as mesmas técnicas desse estudo foram de 42% para a MS e 63% para a proteína bruta.

As diferenças observadas entre os CDA desses dois métodos devem ser consideradas efetivas. Os dados desse estudo apresentaram baixos coeficientes de variação e desvio padrão, refletindo a precisão aplicada para coleta das fezes e análises químicas. Assim, as diferenças estatísticas podem ser atribuídas aos métodos de determinação. Refletem, portanto, que são mais precisos os resultados de digestibilidade medidos pelo método indireto, com fezes obtidas nos aquários de coleta, em relação ao método da dissecação.

Podem ter ocorrido erros durante a aplicação desses dois métodos para determinação dos CDA dessa pesquisa. Segundo Windell *et al.* (1987) e Storebakken *et al.* (1998), a digestibilidade avaliada pelo método convencional pode apresentar-se superestimada, em conseqüência da lixiviação de nutrientes e do marcador. Por outro lado, as fezes provenientes do método da dissecação, por conterem material endógeno, podem subestimar a digestibilidade da ração.

Foram adotados cuidados especiais nesse estudo para avaliar de forma efetiva esses métodos. Durante o método da dissecação, os peixes foram anestesiados, no sentido de evitar estresse e facilitar a coleta, e a porção intermédia do intestino foi obtida após congelamento prevenindo a captação de tecido epitelial e material endógeno. O mesmo cuidado foi adotado na aplicação do método do aquário de coleta, uma vez que o sistema e o manejo utilizados facilitam a obtenção de todo material excretado durante o processo.

Nas condições em que foram realizados esses dois experimentos, pode-se concluir que: na porção distal do intestino ocorre significativo processo de absorção da dieta; o método da dissecação subestima a digestibilidade do material colhido e os coeficientes de digestibilidade medidos pelo método indireto, com fezes colhidas nos aquários de coleta, são mais confiáveis.

Agradecimentos

À indústria *Supremais Produtos Bioquímicos Ltda.* pelo apoio científico.

Referências

- AOAC. *Agriculture Chemicals: Contaminants, Drugs*. 16.ed. Washington: Official Methods of analysis of AOAC International. 1995.
- AUSTRENG, E. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of the gastrointestinal tract. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 13, p. 265-272, 1978.
- BARROS, M.M. *et al.* Digestibilidade aparente de fontes energéticas pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO E V SIMP. BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 6, 1988, Florianópolis-SC, Brasil. *Anais...* Florianópolis: Simbraq, 1988a, p. 433-437.
- BARROS, M.M. *et al.* Digestibilidade aparente de fontes alimentares alternativas pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO E V SIMP. BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 6, 1988, Florianópolis-SC, Brasil. *Anais...* Florianópolis: Simbraq, 1988b, p. 428-432.
- BOYD, C.E. *Water quality management for ponds fish culture: development in aquaculture and fisheries science*, Oxford, New York: Elsevier Scientific, 1990.
- CHO, S.Y.; SLINGER, S.J. Apparent digestibility measurements in feedstuffs for rainbow trout. In: HALVER, J.E.; TIEWS, K. (Ed.). *Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*. Berlin: Heenemann, 1979. p. 234-247.
- CHO, C.Y. La energia en la nutrición de los peces. In: ESPINOSA DE LOS MONTEROS, J.; LABARTA, U. Madrid: *Nutrición en Acuicultura II*. 1987. p. 197-237.
- CHO, S.Y. Digestibility of feedstuffs as a major factor in aquaculture waste management. In: KANSHIK, S.; LUQUET, P. (Ed.). *Nutrition in Practice*. Paris: Institut National de La Recherche Agronomique, v. 61, 1993. p. 365-374.
- CHO, C.Y. *et al.* *Finfish nutrition in Asia: methodological approaches to research and development*. Ottawa: IDRC, 1985. 154 p.
- CHOUBERT, G. *et al.* Digestibility in fish: improved device for the automatic collection of feces. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 29, p. 185-189, 1982.
- CYRINO, J.E.P. *et al.* Digestibilidade da proteína de origem animal e vegetal pelo matrinxã (*Brycon cephalus*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 5, 1986, Cuiabá. *Anais...* Cuiabá: Simbraq, 1986. p. 49-62.
- DE LA NOUE, J.; CHOUBERT, G. Digestibility in rainbow trout: Comparison of the direct and indirect methods of measurement. *Progres. Fish-Cult.*, Bethesda, v. 48, p. 190-195, 1986.
- GRANER, C.A.F. *Determinação do cromo pelo método colorimétrico da s-difenilcarbazida*. 1972. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1972.
- HAJEN, W.E. *et al.* Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon (*Onchorhynchus tshawytscha*) in sea water. 1. Validation of technique. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 112, p. 321-332, 1993.
- HENKEN, A.M. *et al.* The effect of feeding level on apparent digestibility of dietary dry matter, crude protein and gross energy in the African catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquaculture*, Amsterdam, v. 51, p. 1-11, 1985.
- HEPHER, B. *Nutrition of pond fishes*. New York: Cambridge University Press, 1988.
- INABA, D. *et al.* Digestibility of dietary components in fishes. 1 - Digestibility of dietary proteins and starch in rainbow trout. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, Hakodate, v. 28, n. 3, p. 367-371, 1962.
- MIRANDA, E.C. *et al.* Disponibilidade aparente de fósforo em ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 22, n. 3, p. 669-675, 2000.
- NOSE, T. On the digestion of food proteins by goldfish (*Carassius auratus*) and rainbow trout (*Salmo irideus*). *Bull. Freshw. Fish Res. Lab.*, Tokyo, v. 10, p. 11-22, 1960.
- OLIVEIRA, A.C.B. *et al.* Digestibilidade aparente e efeito macro-microscópico em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) arraçoados com torta de dendê. *Brasilian Journal of Animal Science*, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 210-215, 1998.
- OLIVEIRA, M.C.B. *et al.* Coeficiente de digestibilidade aparente da torta dendê e tegumento de cacau em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 8, 1994, Piracicaba. *Resumos...* Piracicaba: Simbraq, 1994. p. 59.
- PEZZATO, L.E. *et al.* Valor nutritivo do farelo de coco para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 22, n. 3, p. 695-699, 2000.
- SAS-STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE. *SAS/STAT Users guide*, Version 6.4. ed. Cary: Sas Institute, 1985.
- SHAHAT, T.M. Digestibility determination in catfish fingerling using internal and external markers. *Vet. Med. J. Giza, Cairo*, v. 41, n. 3, p. 83-91, 1993.
- SMITH, B.W.; LOVELL, R.T. Determination of apparent protein digestibility in feeds for channel catfish. *Trans. Am. Fish. Soc.*, Bethesda, v. 4, p. 831-835, 1973.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, S.H. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 2. ed. Auckland: McGraw-Hill International, 1984. 633p.
- STOREBAKKEN, T. *et al.* The apparent digestibility of diets containing fish meal, soybean meal or bacterial meal fed to Atlantic salmon (*Salmo salar*): evaluation of different faecal collection methods. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 169, p. 195-210, 1998.
- WINDELL, J.T. *et al.* Effect of fish size, temperature, and amount digestibility of a pellet diet by rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Trans. Am. Fish. Soc.*, Bethesda, v. 107, n. 4, p. 613-616, 1978.
- WINDELL, J.T. *et al.* Methods of fecal collection and nutrient leaching in digestibility studies. *Progr. Fish-Cult.*, Bethesda, v. 40, n. 2, p. 51-55, 1987.

Received on June 18, 2001.

Accepted on March 19, 2002.