

Artigo Número 3

**FATORES QUE AFETAM OS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE
NOS ALIMENTOS PARA PEIXES**

Marcos Antonio Delmondes Bomfim
madbomfim@hotmail.com

Eduardo Arruda Teixeira Lanna
rlanna@ufv.br

Introdução

A aferição dos coeficientes de digestibilidade de um alimento é um importante instrumento na avaliação de seu valor nutricional. Contudo, tem-se observado, na literatura, uma grande variação nos coeficientes de digestibilidade aparente, obtidos para um mesmo alimento entre e dentro as espécies de peixe. O conhecimento e o efeito dos fatores que contribuem para essa variação são de suma importância.

Vários são os fatores que influenciam os coeficientes de digestibilidade dos alimentos em peixes: a metodologia utilizada para a coleta de fezes (técnicas com o peixe dentro ou fora d'água), a espécie do peixe, a idade do peixe, a composição do alimento, a salinidade, a temperatura da água e o tipo de processamento do alimento.

Esta abordagem tem como finalidade avaliar os fatores que interferem nos coeficientes de digestibilidade dos alimentos para peixes.

Metodologia empregada

Os métodos para determinação dos coeficientes de digestibilidade incluem o método direto, que envolve a coleta total de fezes, e o indireto em que a coleta de fezes é parcial, utilizando-se marcadores como substância-referência. Como o ambiente aquático dificulta a separação entre as fezes e água, e a mensuração do consumo de alimento, além de facilitar a sua contaminação pelo alimento não ingerido, praticamente o método direto não tem sido utilizado rotineiramente para determinação dos coeficientes de digestibilidade dos alimentos para peixes, apesar de existirem técnicas adaptadas para coleta total de fezes, como: câmara metabólica (Halver, 1989), sistema de filtragem contínua adaptada para a coleta total de fezes (Halver, 1989) e sistema de bolsa coletora de fezes (Vidal Júnior, 2000). Em virtude disto e pela escassez de trabalhos comparativos na literatura, apenas serão abordados os efeitos das técnicas de coleta de fezes e do tipo de marcador indigestivo no método indireto sobre o coeficiente de digestibilidade dos alimentos.

No método indireto, os coeficientes de digestibilidade aparente são estimados pela diferença de concentração do marcador e nutriente no alimento e nas fezes (fórmula abaixo), de forma que a coleta total das fezes não é necessária, apenas uma amostra representativa. (NRC, 1993; Halver, 1989). Contudo, a coleta das fezes pode ser efetuada de duas maneiras: na primeira, as excretas podem ser obtidas diretamente de um cultivo com tanque ou aquário após a defecação (coleta com o peixe dentro d'água); e na segunda as amostras podem ser coletadas diretamente do intestino posterior antes de serem defecadas pelo peixe (coleta com o peixe fora d'água) (NRC, 1993; Portz, 1999). Uma comparação entre as formas de coleta de fezes e suas principais críticas está apresentada na Tabela 1.

$$\text{Digestibilidade (\%)} = 100 - \left[100 \frac{\% \text{ indicador no alimento}}{\% \text{ nutriente nas fezes}} \right]$$

% indicador nas fezes % nutriente no alimento

Tabela 1 Metodologias utilizadas em coletas de fezes para determinação dos coeficientes de digestibilidade pelo método indireto

Tipo	Metodologia	Críticas
<i>Coleta com o peixe fora d'água</i> Dissecação ¹	O peixe é previamente anestesiado e sacrificado, sendo feito um corte longitudinal sob sua cavidade abdominal para a coleta do conteúdo fecal na parte terminal do intestino.	Possibilidade de ocorrer redistribuição de material fecal no trato intestinal após a eutanásia, passando material menos digerido para o intestino posterior.
Compressão abdominal ² ou massagem	O peixe é previamente anestesiado e as fezes são extraídas através de uma cuidadosa compressão ventral.	Possibilidade de contaminação das fezes pela urina, estresse provocado pela manipulação e coleta de fluidos do intestino ou material não digerido ou absorvido.
Sucção anal ³	Uma cânula é introduzida no ânus do peixe previamente anestesiado, e uma leve sucção é empregada com o auxílio de uma seringa para coleta fecal na região posterior do intestino.	Estresse provocado pela manipulação excessiva dos peixes e coleta dos fluidos e/ou epitélio intestinal ou de material não digerido ou absorvido.
<i>Coleta com o peixe dentro d'água</i> Pipetagem direta no fundo do tanque ⁴	Os tanques possuem fundo com leve declividade para acumulação das fezes em um determinado ponto para serem removidas da água através de uma fina mangueira de pipetagem (sifão) para uma coluna separada do tanque.	Possibilidade maior de lixiviação dos componentes das fezes, em virtude do turbilhonamento proporcionado com a sifonagem.
Filtragem contínua ⁵	As fezes são coletadas por sistemas de filtragem contínua, feita através de um filtro biológico externo acoplado a tanques com declividade. A água passa através de uma tela separadora que se move através de uma esteira, separando todas as fezes e depositando-as em uma caixa de coleta.	Requer equipamento especializado e um sistema de drenagem projetado especialmente para o viveiro ou tanque e lixiviação do material fecal.
Decantação ⁶	É um dos mais utilizados em experimentação com peixes, sendo também chamado de Sistema Guelph. Consiste de tanque (s) com fundo inclinado ou afunilado e sistema (s) de drenagem comum a uma única coluna de decantação.	Lixiviação do material fecal.

¹ Austreng (1978); Ferraris et al. (1986); Storebakken et al. (1998); Allan et al. (1999); Percival et al. (2001). ² Nose (1960); Nose (1961); Austreng (1978); Storebakken et al. (1998); Percival et al. (2001). ³ Percival et al. (2001). ⁴ Watanable & Ohta (1995). ⁵ Choubert et al. (1979) e Choubert et al. (1982), citados por Portz, 2001. ⁶ Cho et al. (1985); Law et al. (1985); Lee (1999); Allan et al. (2000).

Observa-se que, em geral, o maior problema relacionado às metodologias de coleta, estando o peixe fora d'água, é a possibilidade de se coletar digesta que ainda não foi completamente digerida e absorvida, uma vez que pode ainda haver digestão e/ou absorção na porção final do trato digestivo, conforme demonstrado por Austreng (1978). Somada a isto, há a possibilidade de as fezes conterem material endógeno em quantidade representativa, em ambos os casos, pode subestimar os coeficientes de digestibilidade (Tabela 2). Por outro lado, a principal fonte de erro dos métodos de coleta com o peixe dentro da água é a perda de parte do material fecal por lavagem ou lixiviação, o que pode superestimar os coeficientes de digestibilidade, conforme demonstrado por Allan et al. (1999) (Tabela 3). Desta forma, dependendo da metodologia de coleta de fezes adotada, há a possibilidade de obter-se uma variação significativa dos resultados.

Tabela 2 Coeficientes de digestão de diferentes partes do trato intestinal em trutas arco-íris

Local de coleta	Proteína	Gordura	Carboidrato	Cinza	Energia bruta
estômago	16,5	8,5	0,4	18,7	12,7
intestino anterior	47,8	47,9	2,6	16,6	34,4
intestino posterior	72,2	75,6	14,4	23,1	57,8
início do reto	83,5	85,9	20,9	33,3	67,3
final do reto	84,5	89,9	25,9	37,4	71,3

Fonte: Adaptado de Austreng (1978)

Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade calculados em fezes coletadas pelo método de decantação em diferentes períodos

Método de coleta	Coeficientes de digestibilidade (%)		
	Matéria seca	Energia	Nitrogênio
Período de decantação (h)			
2	55,7 ^b	69,7 ^a	90,3 ^a
6	58,9 ^b	70,0 ^a	91,3 ^{ab}
12	63,8 ^c	74,0 ^{ab}	92,3 ^b
18	64,9 ^c	76,0 ^b	90,9 ^{ab}

Fonte: adaptado de Allan et al. (1999)

Portz (2001), comparando o efeito de diferentes métodos de coleta de excretas, em diferentes laboratórios, sobre os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes da farinha de arenque em truta arco-íris, verificou que os valores inferiores para todas as técnicas de compressão podem ser resultado da contaminação com os fluidos corporais. Além disso, segundo o autor, os altos valores de digestibilidade protéica obtidos pelo método da pipetagem contínua, podem ser resultados de uma excessiva lixiviação causada pelo manuseio das fezes na água. Os valores observados nos métodos de dissecação, sucção anal e no sistema de "Guelph" apresentaram-se aproximados para proteína e lipídio (Tabela 4).

Percival et al. (2001), comparando os três métodos de coleta de fezes com os peixes fora d'água, observaram que a coleta fecal por sucção anal proporcionou resultados similares aos obtidos pelo método de compressão, porém, ambos foram superiores aos obtidos com o método de dissecação (Tabela 5).

O tipo de marcador utilizado também pode afetar os coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos. O marcador pode ser oriundo da adição de um material inerte no alimento (marcador externo) ou de um componente natural inerte

do próprio alimento (marcador interno) (De Silva, 1995; Riche et al., 1995; Morales et al., 1999; Austreng et al., 2000; Goddard & Mclean, 2001; Portz, 2001).

Tabela 4 Coeficientes de digestibilidade aparente de farinha de arenque determinados para truta arco-íris em diferentes laboratórios

Método de coleta de fezes ¹	Proteína na farinha de arenque (%)	Coeficiente de digestibilidade (% média)		
		Matéria seca	Proteína bruta	Lipídio
1 - Filtragem contínua	75,8	-	86,7	-
2 - Dissecção	67,9	80,3	90,2	96,7
3 - Sucção anal	67,9	79,1	90,4	97,4
4 - Pipetagem	67,9	84,4	94,6	96,8
5 - Compressão	67,9	73,3	77,5	62,2
6 - Compressão	66,7	-	88,2	-
7 - Sistema de Guelph	66,7	80,2	91,0	97,3

¹ (1) Smith et al., 1980; (2-5) Windell et al., 1978; (6) Cho e Kaushik (1990); adaptado de Portz (2001).

Tabela 5 - Comparação do peso da amostra fecal e coeficientes de digestibilidade da energia bruta e proteína bruta, usando-se três diferentes técnicas de coleta fecal

Parâmetro	Técnica de coleta fecal			P
	Compressão	Sucção anal	Dissecção	
Peso das fezes (g)	2,58	2,78	3,55	0,50
Coeficiente de digestibilidade aparente (%)				
Matéria orgânica	68,35	67,81	66,64	0,52
Proteína bruta	82,59 ^a	81,40 ^a	79,57 ^b	0,04

Fonte: adaptado de Percival et al. (2001)

Vidal Júnior (2000) comparou a capacidade de recuperação dos marcadores internos cinza insolúvel em ácido, cinza insolúvel em detergente ácido, fibra bruta e fibra em detergente ácido do fubá de milho e farelo de soja, com os externos óxido de cromo e carbonato de bário. O autor verificou que a fibra bruta e a fibra detergente ácido apresentam baixa porcentagem de recuperação, provavelmente devido à digestão microbiana no intestino grosso. Entretanto, a cinza insolúvel em ácido e a cinza insolúvel em detergente ácido mostraram ter alta porcentagem de recuperação, quando presentes no alimento em teores acima de 3,8 e 3,1%, respectivamente, sendo que em valores inferiores podem resultar em imprecisões laboratoriais (Tabela 6).

Tabela 6 - Porcentagem de recuperação dos marcadores internos do fubá de milho e farelo de soja e externos

Indicador	Porcentagem de recuperação (%)		Coeficiente de variação (%)	
	Fubá de milho	Farelo de soja	Fubá de milho	Farelo de soja
Óxido de cromo (1%)	95,80 ^A	99,07 ^A	7,32	5,92
Carbonato de bário (0,5%)	98,67 ^A	98,97 ^A	6,44	7,11
Cinza insolúvel em ácido	88,21 ^B	99,71 ^A	9,71	8,79
Cinza insolúvel em detergente ácido	87,64 ^B	98,66 ^A	7,04	6,25
Fibra bruta	81,24 ^B	82,24 ^B	11,06	9,11
Fibra em detergente ácido	85,47 ^B	84,52 ^B	9,52	8,27

Fonte: adaptado de Vidal Júnior (2000)

A espécie do peixe e a composição do alimento

Os diferentes hábitos alimentares dos peixes determinam acentuadas diferenças anatômicas e fisiológicas acentuadas no aparelho digestivo. Os peixes carnívoros têm intestino relativamente curto, com baixo coeficiente intestinal; os peixes onívoros apresentam comprimentos intermediários de intestino; e os herbívoros têm intestino longo permitindo um maior tempo para os processos de digestão e absorção (Castagnolli, 1979; Logato, 1998; NRC, 1993).

As pesquisas têm demonstrado que espécies de menor nível trófico, de água doce e de água quente digerem os carboidratos mais eficientemente que os peixes de maior nível trófico (carnívoros obrigatórios), marinhos e de água fria, sendo que níveis excessivos de carboidratos para estas espécies normalmente comprometem não só os coeficientes de digestibilidade dos carboidratos, mas também dos demais macronutrientes, principalmente do extrato etéreo e energia da dieta. Isto-se deve, à elevação da viscosidade da digesta, prejudicando a difusão e o transporte convectivo das enzimas e substratos, bem como de sais biliares e micelas no trato gastrintestinal. No entanto, a digestibilidade do amido aumenta à medida que se eleva o seu grau de gelatinização (NRC, 1993; Wilson, 1994; Storebakken et al., 1998; Lee, 2002) (Tabela 7 e Figura 1). Esta diferença entre espécies deve estar relacionada com a quantidade relativa de atividade amilolítica presente no trato digestivo, apresentando uma correlação com o hábito alimentar e a elevação da temperatura (Kuz'mina et al., 1996) (Tabela 8).

Tabela 7 – Efeito da fonte, nível e tratamento térmico na digestibilidade de carboidratos

Espécie/Fonte	% na dieta	% digestível	Referência
<i>Truta arco-íris</i>			
Dextrina	20	77,2	Singh & Nose (1967)
	60	45,5	Singh & Nose (1967)
Amido de batata cozido	20	69,2	Singh & Nose (1967)
	60	26,1	Singh & Nose (1967)
Amido cozido	11,5	90,0	Inaba et al. (1963)
	40,2	48,2	Inaba et al. (1963)
<i>Bagre do canal</i>			
Amido de milho	12,5	72,8	Saad (1989)
	25	60,9	Saad (1989)
	50	55,1	Saad (1989)
Amido de milho cozido	12,5	83,1	Saad (1989)
	25	78,3	Saad (1989)
	50	66,5	Saad (1989)

Fonte: Wilson (1994)

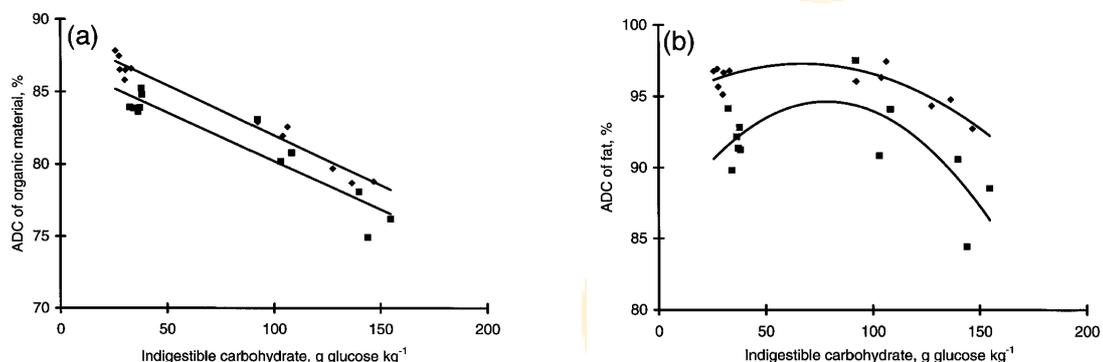


Figura 1 – Coeficientes de digestibilidade aparente (ADC) da matéria orgânica (a) e gordura (b) em função do teor de carboidrato indigestível oriundo do amido e da dextrina, na dieta de trutas arco-íris mantidas em água doce (♦) e água salgada (□).

Fonte: Kuz'mina et al. (1996)

A presença de fatores antinutricionais, como o tanino e os níveis de fibra bruta (insolúvel), também pode afetar a digestibilidade dos alimentos. Pinto et al. (2000) verificaram que os níveis dietéticos de tanino, até 0,42% não afetaram de modo significativo a digestibilidade da proteína bruta, matéria seca e extrato etéreo. Entretanto, níveis iguais ou superiores a 0,63% proporcionaram efeito deletério altamente significativo sobre a digestibilidade dos nutrientes analisados. Com relação aos níveis de fibra na dieta, Lanna (2000) verificou em tilápias do Nilo que a inclusão de níveis excessivos de fibra acarretou redução nos coeficientes de digestibilidade dos alimentos testados, provavelmente pela redução do tempo de transito gastrointestinal (Tabela 9).

Tabela 8 – Atividade amilolítica total da mucosa intestinal em alguns peixes

Espécie	Hábito alimentar	Atividade amilolítica total ($\mu\text{mol/g/min.}$)	
		Temperatura de incubação	
		5°C	20°C
Pike	Carnívoro	0,11	0,17
Perca	Carnívoro facultativo e bentófago	0,42 ^a	0,93 ^b
Burbot	Carnívoro facultativo e bentófago	0,51 ^a	1,24 ^b
Bream	Bentófago	1,38 ^a	2,80 ^b
Roach	Bentófago	1,60 ^a	4,40 ^b
Crucian carp	Bentófago	2,00 ^a	12,00 ^b

Fonte: Kuz'mina et al. (1996)

Tabela 9 – Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo e tempo de trânsito intestinal (TTI) em função dos níveis de fibra bruta da dieta

Parâmetro	Nível de fibra bruta (%)					CV %
	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	
<i>CDA</i>						
Matéria seca (%) ¹	92,6	89,68	84,11	80,43	73,48	3,03
Proteína bruta (%) ²	97,25	97,84	96,89	97,21	96,28	0,46
Extrato etéreo (%) ¹	98,51	98,53	97,58	96,00	95,54	0,79
<i>TTI</i>						
Hora ¹	13:32	12:45	11:49	11:22	9:56	

¹ Efeito linear ² Efeito quadrático Fonte: Lanna (2000)

Idade do peixe

A digestibilidade dos alimentos pode aumentar com o tamanho dos peixes (principalmente onívoros e herbívoros) em razão do aumento relativo do comprimento do intestino, desta forma prolongando a digestão e o tempo da assimilação (Ferraris, et al., 1986). Watanabe et al. (1996) verificaram que a digestibilidade de energia em carpas não diferiu nos peixes com peso até 10 g, nem para trutas arco-íris com peso até 100g. Contudo, apresentou elevações nestes coeficientes com o aumento subsequente do tamanho dos peixes.

Salinidade

Constatou-se em alguns estudos que os coeficientes de digestibilidade foram significativamente maiores em água doce que em água salgada. Segundo os autores, isto pode ser atribuído à elevação da taxa de passagem (alta motilidade intestinal) em ambientes salinos, função das alterações nos processos osmorregulatórios dos peixes, reduzindo, desta forma, o tempo requerido para adequada digestão e absorção (Ferraris, et al., 1986; Storebakken et al., 1998).

Temperatura da água

Como os peixes são animais de sangue frio (pecilotérmicos), a variação da temperatura afeta seu metabolismo como um todo. Consequentemente, o consumo de ração, os processos de digestão e absorção, a taxa de passagem e as atividades enzimáticas, podem ser umas das principais causas do elevado coeficiente de variação dos ensaios de digestibilidade em teleósteos (Vidal Júnior, 2000).

Tem sido observado que o aumento da temperatura, dentro de uma faixa adequada para o desenvolvimento da espécie, resultou num aumento dos coeficientes de digestibilidade aparente nos alimentos (Azevedo et al., 1998; Vidal Júnior, 2000). Segundo Vidal Júnior (2000), isto pode ser atribuído à elevação da atividade enzimática no lúmen intestinal, apesar de ser observado também uma redução do tempo de trânsito intestinal (TTI) e tempo de esvaziamento do tubo digestivo (TETD) com a elevação da temperatura (Tabela 10). O autor ainda enfatiza que o maior TTI e o TETD observados nas temperaturas abaixo da temperatura ótima para a espécie, podem ser um reflexo da diminuição no metabolismo dos animais pecilotérmicos com a diminuição da temperatura ambiente (Tabela 10).

Tabela 10 – Tempo de trânsito intestinal (TTI), tempo de esvaziamento do tubo digestivo (TETD), coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS) e coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB), do fubá de milho (FM) e do farelo de soja (FS) em tambaquis, em função da temperatura

Parâmetro	Alimento	Temperatura da água (°C)				CV %
		20	24	28	32	
TTI (h)	FM ¹	43,92	28,51	12,53	15,43	11,3
	FS ¹	36,93	23,96	9,93	16,03	9,88
TETD (h)	FM ¹	65,07	46,57	21,33	25,67	6,30
	FS ¹	57,94	39,44	19,27	25,54	6,70
CDAMS (%)	FM ¹	59,63	70,13	81,13	77,23	7,40
	FS ¹	59,03	68,53	81,57	79,43	9,30
CDAPB (%)	FM ¹	55,72	68,67	82,03	77,72	9,90
	FS ¹	59,81	78,07	92,13	88,71	8,10

¹ Efeito quadrático

Fonte: Vidal Júnior (2000)

Processamento do alimento

Os alimentos processados por moagem, peletização e extrusão podem ter suas características físicas e químicas afetadas, incluindo-se a dureza e a estabilidade do pélete, bem como a digestibilidade dos nutrientes. Alguns trabalhos têm demonstrado que a extrusão do alimento pode melhorar os coeficientes de digestibilidade dos alimentos, principalmente com relação à energia bruta, provavelmente por proporcionar maior digestibilidade do amido (gelatinização) (Booth et al., 2000) (Tabela 11).

Tabela 11 – Efeito do processamento sobre os coeficientes de digestibilidade aparente de dietas moídas (500 µm) administradas para perca prateada

	Método de processamento		
	Peletizada com vapor	Peletizada sem vapor	Extrusada
Coef. de digestibilidade			
Matéria seca	67,00 ^a	64,76 ^a	71,40 ^b
Energia bruta (Mj/Kg)	77,95 ^a	76,47 ^a	83,22 ^b
Proteína bruta (%)	90,16 ^a	88,97 ^a	89,28 ^a

Fonte: adaptado de Booth et al. (2000)

Alguns aglutinantes, como a goma guar e a carboximetilcelulose, são tipos de fibras solúveis em água indigestíveis pelo peixe que proporcionam um aumento de viscosidade na digesta, influenciando sua taxa de passagem no trato digestivo e podendo, desta forma, influenciar os coeficientes de digestibilidade dos alimentos (Cantelmo et al., 1999).

Considerações Finais

O conhecimento dos coeficientes de digestibilidade de um alimento e dos fatores que influenciam seus valores é de suma importância para a formulação de dietas nutricionalmente balanceadas que maximizem o desempenho e a eficiência alimentar e minimizem a excreção de nutrientes para o meio.

Referências Bibliográficas

- ALLAN, G.L.; ROWLAND, S.J.; PARKINSON, S.; STONE, D.A.J.; JANTRAROTAI, W. Nutrient digestibility for juvenile silver perch *Bidyanus bidyanus*: development of methods. **Aquaculture** 170, 131-145, 1999.
- ALLAN, G.L.; PARKINSON, S.; BOOTH, M.A.; STONE, D.A.J.; ROWLAND, S.J.; FRANCES, J.; WARNER-SMITH, R. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. **Aquaculture** v.186, p.293-310, 2000.
- ATKINSON, J.L.; HILTON, J.W.; SLINGER, S.J. Evaluation of acid-insoluble ash as an indicator of feed digestibility in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 41, 1384-1386, 1984.
- AUSTRENG, E. 1978. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of content from different segments of gastro-intestinal tract. **Aquaculture** 13, 265-272.
- AUSTRENG, E.; STOREBAKKEN, T.; THOMASSEN, M.S.; REFSTIE, S.; THOMASSEN, Y. 2000. Evaluation of selected trivalent metal oxides as inert markers used to estimate apparent digestibility in salmonids. **Aquaculture** 188, 65-78.
- AZEVEDO, P.A.; CHO, C.I.; LEESON, S.; BUREAU, D.P. 1998. Effects of feeding level and water temperature on growth, nutrient and energy utilization and waste outputs of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquat. Living Resour.** 11(4), 227-238.
- BERGOT, F.; BREQUE, J. Digestibility of starch by rainbow trout: effects of the physical state of starch and of the intake level. **Aquaculture** 34, 203-212, 1983.
- BOOTH, M.A.; ALLAN, G.L.; WARNER-SMITH, R. Effects of grinding, steam conditioning and extrusion of a practical diet on digestibility and weight gain of silver perch, *Bidyanus bidyanus*. **Aquaculture** 182, 287-299, 2000.
- CANTELMO, O.A.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; RIBEIRO, M.A.R. Influência de diferentes aglutinantes na digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína, no pacu (*Piaractus mesopotamicus*) arraçoado com rações elaboradas sem ou com vapor. **Acta Scientiarum** 21 (2), 277-282, 1999.
- CASTAGNOLLI, N. 1979. **Fundamentos de nutrição de peixes**. Jaboticabal: Livroceres. 107p.
- CHO, C.Y.; COWEY, C.B.; WATANABE, T. **Finnfish nutrition in Asia. Methodological approaches to research and development**. Ottawa: IDRC. 1985. 154p.
- De SILVA, S.S. Evaluation of the use of internal and external markers in digestibility studies. In: CHO, C.Y.; COWEY, C.B.; WATANABE, T. (Eds.) **Finnfish nutrition in Asia. Methodological approaches to research and development**. Ottawa: IDRC. 1985. p. 96-102.
- EDIN, H. Orienterande försök över använbarheten av en på "ledkroppsprincipen" grundad metod at bestämma en foderblandings smälbarhed. **Medd. Centralanst. Foersoeksvaes. Jordbruksomraadet** 165, 28 (In Swedish), 1918.
- FERRARIS, R.P.; CATAcutAN, M.R.; MABELIN, R.L.; JAZUL, A.P. Digestibility in milk fish, *Chanos chanos* (Forsskal): effects of protein source, fish size and salinity. **Aquaculture** 59, 93-105, 1986.

GODDARD, J.S.; McLEAN, E. Acid-insoluble ash as an inert reference material for digestibility studies in tilapia, *Oreochromis aureus*. **Aquaculture** 194, 93-98, 2001.

HAJEN, W.E.; HIGGS, D.A.; BEAMES, R.M.; DOSANJH, B.S. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. 2. Measurement of digestibility. **Aquaculture** v.112, p.333-348, 1993.

HALVER, J.E. **Fish nutrition**. San Diego Academic Press. 2 ed. 1989. 798p.

HANLEY, F. The digestibility of foodstuffs and the effects of feeding selectivity on digestibility determinations in tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture** v.66, p.163-179, 1987.

KUZ'MINA, V.L.; GOLOVANOVA, I.L.; IZVEKOVA, G.I. Influence of temperature and season on some characteristics of intestinal mucosa carbohydrases in six freshwater fishes. **Comp. Biochem. Physiol.** 113B (2), p.255-260, 1996.

LANNA, E.A.T. **Níveis de diferentes fibra bruta em dietas para crescimento de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Botucatu, SP: FMVZ/UNESP. 49p. Tese (Doutorado em Zootecnia). FMVZ/UNESP. 2000.

LAW, A.T.; CHEAH, S.H.; ANG, K.J. An evaluation of the apparent digestibility of some locally available plants and a pelleted feed in three finfish in Malaysia. In: CHO, C.Y.; COWEY, C.B.; WATANABE, T. (Eds.) **Finfish nutrition in Asia. Methodological approaches to research and development**. Ottawa: IDRC. 1985. p. 90-95.

LEE, S.-M. Apparent digestibility coefficients of various feed ingredients for juvenile and grower rockfish (*Sebastes schlegelii*) **Aquaculture** v.207, p.79-95, 2002.

LOGATO, P.V.R. **Anatomia funcional e fisiologia dos peixes de água doce**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE. 1998.108p.

MORALES, A.E.; CARDENETE, G.; SANZ, A.; De La HIGUERA, M. Re-evaluation of crude fibre and acid-insoluble ash as inert markers, alternative to chromic oxide, in studies with rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture** 179, p.71-79, 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of fish**. Washington: National Academy of Science. 1993. 105p.

NOSE, T. On the digestion of food protein by goldfish (*Carassius auratus* L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* g.). **Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.** 10, p.11-22, 1960..

NOSE, T. Determination of nutritive value of food protein on fish: I. On the determination of food protein utilization by carcass analysis. **Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.** 11, p.29-42, 1961.

PERCIVAL, S.B.; LEE, P.S.; CARTER, C.G. Validation of a technique for determining apparent digestibility in large (up to 5 kg) Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in seawater. **Aquaculture** v.201, p.315-327, 2001.

PERERA, W.M.K.; CARTER, G.C.; HOULIHAN, D.F. Apparent absorption efficiencies of amino acids in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), fed diets containing bacterial single-cell protein. **Aquacult. Nutr.** v.1, p.95-103, 1995.

PINTO, L.G.Q.; PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; FURUYA, W.M. Ação do tanino na digestibilidade de dietas para tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum** v.22 (3), p.677-681, 2000.

PORTZ, L. Recentes avanços na determinação das exigências e digestibilidade da proteína e aminoácidos em peixes. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE

ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 2001. CD-ROM. Palestras. Semi 36.

RICHE, M.; WHITE, M.R.; BROWN, P.B. Barium carbonate as an alternative indicator to chromic oxide for use in digestibility experiments with rainbow trout. **Nutrition Research**, v.15, n. 9, 1323-1331, 1995.

SKLAN, D.; PRAG, T.; LUPATSCH, I. Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their prediction in diets for tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Teleostei, Cichlidae). **Aquaculture Research** v.35, p.358-364, 2004.

SUGIURA, S.H.; DONG, F.M.; RATHBONE, C.K.; HARDY, R.W. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. **Aquaculture** v.159, p.177-202, 1998.

STOREBAKKEN, T.; KVIEN, I.S.; SHEARER, K.D.; GRISDALE-HELLAND, B.; HELLAND, S.J.; BERGE, G.M. The apparent digestibility of diets containing fish meal or bacterial meal fed to atlantic salmon (*Salmo salar*): evaluation of different faecal collection methods. **Aquaculture** v.169, p.195-210, 1998.

STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K.D.; REFSTIE, S.; LAGOCKI, S.; McCOOL, J. Interactions between salinity, dietary carbohydrate source and carbohydrate concentration on the digestibility of macronutrients and energy in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture** v.163, p.347-359, 1998.

VIDAL JUNIOR, M. V. **Técnicas de determinação de digestibilidade e determinação da digestibilidade de nutrientes de alimentos para tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. Viçosa, MG: UFV. 96p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa. 2000.

WATANABE, T.; OHTA, M. Digestible and metabolizable energy of various diets for carp and rainbow trout. **Fisheries Science** v.61, n.2, p.215-222, 1995.

WATANABE, T.; TAKEUCHI, T.; SATOH, S.; KIRON, V. Digestible crude protein contents in various feedstuffs determined with four freshwater fish species. **Fisheries Science** v.62 n.2, p.278-282, 1996.

WATANABE, T.; TAKEUCHI, T.; SATOH, S.; KIRON, V. Digestible energy: methodological influences and a mode of calculation. **Fisheries Science** v.62, n.2, p.288-292, 1996.

WILSON, R.P. Utilization of dietary carbohydrate by fish. **Aquaculture** 124, p.67-80, 1994.