

EDGAR DE ALENCAR TEIXEIRA

**Avaliação de alimentos e exigências de energia e proteína para juvenis de surubim
(*Pseudoplatystoma* spp)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Zootecnia.

Área: Nutrição Animal.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Eloísa de Oliveira Simões Saliba

UFMG - Escola de Veterinária
2008

T266a Teixeira, Edgar de Alencar, 1973-

Avaliação de alimentos e exigência de energia e proteína para juvenis de surubim
(Pseudoplatystoma spp) / Edgar de Alencar Teixeira. – 2008.
88 p. : il.

Orientadora: Eloísa de Oliveira Simões Saliba

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária

Inclui bibliografia

1. Surubim (Peixe) – Alimentação e rações – Teses. 2. Exigências nutricionais – Teses.
3. Digestibilidade – Teses. 4. Nutrição animal – Teses. I. Saliba, Eloísa de Oliveira Simões.
II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título

CDD – 639.3

*À minha família,
com gratidão e amor*

AGRADECIMENTOS

A meus pais pelo apoio e exemplo.

Às minhas irmãs Renata, pela contribuição na revisão de português e Patrícia pelo apoio e paciência.

À Carol pelo companheirismo, amor e muita paciência.

Aos amigos que compreenderam a distância e falta de contato.

Ao Professor Lincoln P. Ribeiro, pela constante orientação.

À Professora Eloísa de Oliveira Simões Saliba, pela acolhida, apoio e orientação.

Aos Professores Dalton Fontes e Iran Borges, pelas valiosas contribuições na co-orientação.

Ao Toninho do Lab Nutri, pela disposição em ajudar.

Ao CNPq, pela bolsa de doutorado.

À AGROCERES, pelos alimentos cedidos.

À MAR & TERRA pelos peixes doados.

À SEAP-PR pelo apoio financeiro ao LAQUA.

E finalmente à toda EQUIPE de trabalho, sem a qual não seria possível a realização dos experimentos.

Belo Horizonte
UFMG - Escola de Veterinária
2008
SUMÁRIO

	Página
I. INTRODUÇÃO.....	15
CAPÍTULO I.....	17
REVISÃO DE LITERATURA.....	17
1. RESUMO.....	17
2. ABSTRACT.....	17
3. O surubim.....	17
4. Importância econômica do surubim na Bacia do rio São Francisco.....	18
5. O surubim na aquacultura.....	19
6. Fatores limitantes.....	21
6.1. Reprodução e larvicultura.....	21
6.2. Nutrição.....	22
7. Metodologias de avaliação de alimentos para peixes.....	23
7.1. Métodos <i>In Vitro</i>	24
7.2. Métodos <i>In Vivo</i>	24
7.2.1. Tipos de dietas.....	24
7.2.2. Confeção das dietas experimentais.....	25
7.2.3. Níveis de substituição.....	25

7.2.4. Colheita total de fezes x utilização de indicadores fecais.....	26
7.2.5. Métodos para a colheita de fezes.....	27
7.3. Digestibilidade de aminoácidos.....	28
7.4. Planejamento experimental.....	29
7.5. Avaliação de alimentos através de provas de desempenho.....	30
7.6. Exigências nutricionais.....	30
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
CAPÍTULO II.....	40
COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DE ALIMENTOS PARA JUVENIS DE SURUBIM (<i>Pseudoplatystoma</i> spp).....	40
1. RESUMO.....	40
2. ABSTRACT.....	40
3. INTRODUÇÃO.....	41
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	42
4.1. Material biológico.....	42
4.2. Instalações e qualidade de água.....	42
4.3. Dietas experimentais e alimentos avaliados.....	43
4.4. Delineamento experimental.....	44
4.5. Manejo alimentar e colheita de fezes.....	44
4.6. Preparo das amostras e análises laboratoriais.....	44
4.7. Método de determinação dos CDA.....	44
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45

6. CONCLUSÕES.....	50
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
CAPITULO III.....	54
AVALIAÇÃO DO LIPE [®] COMO INDICADOR EXTERNO NA ESTIMATIVA DA DIGESTIBILIDADE DE ALIMENTOS PARA SURUBIM (<i>Pseudoplatystoma</i> spp).....	54
1. RESUMO.....	54
2. ABSTRACT.....	54
3. INTRODUÇÃO.....	55
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	56
4.1. Material biológico.....	56
4.2. Instalações e qualidade de água.....	56
4.3. Dietas experimentais e alimentos avaliados.....	56
4.4. Delineamento experimental.....	57
4.5. Manejo alimentar e colheita de fezes.....	57
4.6. Preparo das amostras e análises laboratoriais.....	58
4.7. Método de determinação dos CDA.....	58
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
6. CONCLUSÕES.....	63
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
CAPITULO IV.....	66
EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA PARA JUVENIS DE SURUBIM (<i>Pseudoplatystoma</i> spp).....	66
1. RESUMO.....	66

2. ABSTRACT.....	66
3. INTRODUÇÃO.....	66
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	68
4.1. Material biológico.....	68
4.2. Delineamento experimental.....	68
4.3. Parâmetros avaliados.....	68
4.4. Instalações e qualidade de água.....	69
4.5. Dietas experimentais.....	69
4.6. Manejo experimental e alimentar.....	69
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
6. CONCLUSÕES.....	75
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
CAPITULO V.....	77
EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE PROTEÍNA PARA JUVENIS DE SURUBIM (<i>Pseudoplatystoma</i> spp).....	77
1. RESUMO.....	77
2. ABSTRACT.....	77
3. INTRODUÇÃO.....	77
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	79
4.1. Material biológico.....	79
4.2. Delineamento experimental.....	79
4.3. Parâmetros avaliados.....	79

4.4. Instalações e qualidade de água.....	79
4.5. Dietas experimentais.....	80
4.6. Manejo experimental e alimentar.....	80
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
6. CONCLUSÕES.....	85
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
II. CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
III. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPITULO I	
CAPITULO II	
Tabela 1: Composição da dieta referência e das dietas teste.....	43
Tabela 2: Composição bromatológica dos alimentos.....	45
Tabela 3: Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína e energia; e matéria seca, proteína e energia digestíveis dos alimentos protéicos.....	46
Tabela 4 – Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, proteína e energia; e proteína e energia digestíveis dos alimentos energéticos.....	49
CAPITULO III	
Tabela 1: Composição da dieta referência e das dietas teste.....	57
Tabela 2: Coeficientes de digestibilidade aparente para matéria seca (CDAMS) dos alimentos protéicos utilizando óxido crômico e LIPE [®] como indicadores.....	59
Tabela 3: Coeficientes de digestibilidade aparente para proteína bruta (CDAPB) dos alimentos protéicos utilizando óxido crômico e LIPE [®] como	

indicadores.....	60
Tabela 4: Coeficientes de digestibilidade aparente para energia bruta (CDAEB) dos alimentos protéicos utilizando óxido crômico e LIPE [®] como indicadores.....	60
Tabela 5: Coeficientes de digestibilidade aparente para matéria seca (CDAMS) dos alimentos energéticos utilizando óxido crômico e LIPE [®] como indicadores.....	61
Tabela 6: Coeficientes de digestibilidade aparente para proteína bruta (CDAPB) dos alimentos energéticos utilizando óxido crômico e LIPE [®] como indicadores.....	62
Tabela 7: Coeficientes de digestibilidade aparente para energia bruta (CDAEB) dos alimentos energéticos utilizando óxido crômico e LIPE [®] como indicadores.....	62
CAPITULO IV	
Tabela1 – Composição das dietas experimentais na matéria natural (MN).....	70
Tabela 2: Valores de ganho de peso médio (GPM), ganho de peso médio diário (GPMD), consumo médio (CM), consumo médio diário (CMD), conversão alimentar (CA) e taxa de eficiência protéica (TEP) obtidos com as diferentes dietas.....	71
Tabela 3: Valores médios de % de proteína bruta (PB) na carcaça, % de extrato etéreo (EE) na carcaça, taxa de deposição de proteína (TDP), eficiência de retenção de proteína bruta (ER _{PB}), eficiência de retenção de energia bruta (ER _{EB}), proporção de proteína no ganho de peso (PGP) e proporção de gordura no ganho de peso (GGP).....	72
Tabela 4: Níveis de energia bruta (EB), coeficientes de digestibilidade aparente da EB e energia digestível das dietas experimentais.....	74
CAPITULO V	
Tabela 1: Composição das dietas experimentais na matéria natural (MN).....	81
Tabela 2: Valores de ganho de peso médio (GPM), ganho de peso médio diário (GPMD), consumo médio (CM), consumo médio diário (CMD), conversão alimentar (CA) e taxa de eficiência protéica (TEP) obtidos com as diferentes dietas.....	82
Tabela 3: Valores médios de taxa de deposição de proteína (TDP), eficiência de retenção de proteína bruta (ER _{PB}), eficiência de retenção de energia bruta (ER _{EB}), proporção de proteína no ganho de peso (PGP) e proporção de gordura no ganho de peso (GGP).....	83

LISTA DE FIGURAS

	Página
<hr/>	
CAPÍTULO I	
Figura 1. <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i> (acima) e <i>Pseudoplatystoma coruscans</i>	16
CAPÍTULO II	
Figura 1: Tanques de colheita de fezes.....	65
CAPÍTULO III	
Figura 1 – detalhe da colheita de fezes.....	92
CAPÍTULO IV	
Figura 1: Ganho de peso médio de acordo com o nível de energia bruta da dieta	116
Figura 2: Conversão alimentar de acordo com o nível de energia bruta da dieta	117
Figura 3: Taxa de eficiência protéica de acordo com o nível de energia bruta da dieta.....	117
Figura 4: % de proteína na carcaça de acordo com o nível de energia bruta da dieta.....	119
Figura 5: % de gordura na carcaça de acordo com o nível de energia bruta da dieta.....	120
Figura 6: Taxa de deposição de proteína de acordo com o nível de energia bruta da dieta.....	120
Figura 7: Eficiência de retenção de proteína de acordo com o nível de energia bruta da dieta.....	120
Figura 8: Eficiência de retenção de energia de acordo com o nível de energia bruta da dieta.....	121
Figura 9: % de proteína no ganho de peso de acordo com o nível de energia bruta da dieta.....	121
Figura 10: % de gordura no ganho de peso de acordo com o nível de energia bruta da dieta.....	121
CAPÍTULO V	
Figura 1: Ganho de peso médio de acordo com o nível de energia bruta da dieta	138

Figura 2: Consumo médio de acordo com o nível de proteína bruta da dieta	138
Figura 3: Conversão alimentar de acordo com o nível de energia bruta da dieta.	138
Figura 4: Taxa de eficiência protéica de acordo com o nível de energia bruta da dieta.....	139
Figura 5: Taxa de deposição de proteína de acordo com o nível de energia bruta da dieta.....	141
Figura 6: Eficiência de retenção de proteína de acordo com o nível de energia bruta da dieta.....	141
Figura 7: Eficiência de retenção de energia de acordo com o nível de energia bruta da dieta.....	141
Figura 8: % de proteína no ganho de peso de acordo com o nível de energia bruta da dieta.....	142
Figura 9: % de gordura no ganho de peso de acordo com o nível de energia bruta da dieta.....	142

INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta um grande potencial para o desenvolvimento da aqüicultura. Formado por 8.400 km de costa marítima e 5.500.000 hectares em reservatórios de águas doces, o país comporta aproximadamente 12% da água doce disponível no planeta (SECRETARIA ESPECIAL DE AqüICULTURA E PESCA - SEAP, 2007). A disponibilidade de recursos hídricos, o clima extremamente favorável, a mão-de-obra abundante e a crescente demanda por pescado no mercado interno têm contribuído para impulsionar a atividade. Nesse contexto, a produção pesqueira nacional, em 2005, foi em torno de 1,1 milhão de toneladas, sendo 750 mil provenientes da pesca e 260 mil da aquacultura (KUBITZA, 2007).

O Brasil já ocupa posição de destaque na produção de algumas “commodities” da aquacultura mundial. Dentre os países latino-americanos, o Brasil foi o segundo maior produtor de pescado cultivado em 2005, atrás do Chile que produziu 714 mil toneladas. Foi o maior produtor de tilápias, à frente de Honduras e Colômbia, ambos com cerca de 28 mil toneladas, e do Equador com 22 mil toneladas; e o segundo maior produtor de camarão marinho, atrás do México que produziu 72 mil toneladas em 2005 (KUBITZA, 2007).

A aqüicultura brasileira cresce a passos largos, beneficiada por todas as características naturais, geração e difusão de tecnologia, disponibilidade de insumos e oportunidades de mercado (KUBITZA, 2007). Na última década, essa atividade cresceu em média 23,8% ao ano, enquanto a aqüicultura mundial 10,2% (*Food and Agriculture Organization* - FAO, 2007). Alguns setores, como o da carcinicultura marinha e o da ostreicultura, chegaram a ampliar suas produções em mais de 50 % de 2000 para 2001 (SEAP, 2007).

Segundo os dados da FAO, que são baseados nos dados oficiais providos pelo governo dos países (no caso do Brasil, as estimativas da pesca e aqüicultura têm sido elaboradas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais - IBAMA), entre 2000 e 2005, a produção nacional de tilápias dobrou e a de camarão marinho praticamente triplicou. A tilápia, o camarão marinho, os caracídeos (em particular, os peixes redondos) e as carpas somaram 87% da produção

da aqüicultura nacional em 2005 (KUBITZA, 2007).

Do total produzido pela piscicultura nacional, uma grande parcela é atribuída ao cultivo de carpas, trutas e tilápias; sendo o restante distribuído entre outras espécies de peixes tropicais de água doce, como o tambaqui (*Colossoma macropomum*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e o surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) (CREPALDI *et al.*, 2006a).

De acordo com as estatísticas providas pelo IBAMA, em 2005 foram cultivadas 114 mil toneladas de peixes exóticos e 58 mil toneladas de peixes de peixes nativos, respectivamente, 64 e 33% da produção da piscicultura do Brasil. Os peixes redondos (espécies e híbridos do gênero *Colossoma* e *Piaractus*) responderam por 82% da quantidade de peixes nativos cultivados. No entanto, diante do grande número de espécies e híbridos de peixes nativos que estão sendo cultivados em diversos estados brasileiros, a participação dos peixes nativos na piscicultura nacional ainda tem sido muito modesta (KUBITZA *et al.*, 2007).

A produção comercial de surubim pouco contribui com a produção pesqueira nacional. Entretanto, devido a suas características zootécnicas, qualidade de carne e notoriedade no mercado interno, o surubim vem, a cada dia, aumentar esses números.

No Brasil, os surubins são os peixes de água doce de maior valor comercial, considerados produtos nobres por apresentarem carne saborosa, com baixo teor de gordura e ausência de espinhas intramusculares, o que os tornam adequados aos mais variados preparos. Essas características atendem às preferências atuais e futuras do mercado de peixe e fazem da carne do surubim um produto com grandes possibilidades de exportação (KUBITZA *et al.*, 1998).

Poucos produtores têm condições de criar um peixe que tem custo de produção entre R\$4,20 e 5,00/kg. Essa elevada necessidade de capital de giro se deve aos custos mais elevados das rações (com mais proteína e gordura, do que as rações para peixes onívoros) e o alto preço dos alevinos. Um ponto que pode contribuir com melhores resultados na produção é a melhoria na padronização e qualidade das rações comerciais para a espécie (KUBITZA *et al.*, 2007).

Portanto, as principais limitações para a criação do surubim em cativeiro estão relacionadas com sua reprodução, larvicultura e

nutrição, principalmente de fases jovens. Existem diferentes trabalhos tratando da reprodução do surubim como mostra revisão de Crepaldi *et al.* (2006b). No entanto, poucas informações são disponíveis sobre a nutrição, principalmente tratando-se de avaliação de alimentos e determinação de exigências nutricionais para as diferentes fases de produção do surubim.

Essa tese tem como objetivo geral gerar informações preliminares que possam contribuir com novos estudos relacionados à nutrição do surubim e para a formulação de dietas mais precisas para essa espécie. Nesse âmbito, relacionam-se três objetivos específicos, a saber: avaliar o valor nutritivo de alimentos protéicos e energéticos para juvenis de surubim; comparar dois indicadores externos na determinação da digestibilidade dos alimentos; determinar as exigências de proteína e energia para juvenis de surubim.

Essa tese se organiza em cinco capítulos, os quais atendem a momentos específicos da pesquisa. No primeiro capítulo, é realizada uma revisão de literatura, a qual oferece os subsídios teóricos para as demais etapas investigativas. O segundo capítulo trata da avaliação de alimentos para juvenis de surubim através da caracterização bromatológica e da determinação da digestibilidade da proteína e da energia destes. O terceiro capítulo, por sua vez, volta-se para a metodologia, comparando a eficiência de dois indicadores na determinação de coeficientes de digestibilidade. Já o quarto capítulo se dedica à estimativa da exigência de energia para juvenis de surubim. De forma similar o quinto capítulo busca a determinação das necessidades protéicas destes peixes. Finalmente são feitas as considerações finais, as quais buscam sintetizar a contextualização e os resultados deste trabalho.

CAPÍTULO I
REVISÃO DA LITERATURA
A REVIEW

RESUMO

Encontrados nas principais bacias hidrográficas sul-americanas, o surubim (*Pseudoplatystoma sp*) é um peixe da família Pimelodidae. Possui hábito noturno e estritamente piscívoro. De grande importância econômica, é considerado um dos peixes de água doce de maior valor comercial. A diminuição dos estoques naturais vem impulsionando sua produção em cativeiro. Apesar de não se ter um pacote tecnológico completo para a produção, o seu grande potencial produtivo e a qualidade da sua carne despertam grande interesse comercial. As principais limitações para a criação do surubim em cativeiro estão relacionadas com a sua reprodução e a nutrição, principalmente de fases jovens. Aspectos relacionados a sua importância, produção, reprodução, nutrição e estratégias de avaliação de alimentos e de determinação das necessidades nutricionais são abordados nesse capítulo.

ABSTRACT

Found in the major South American river basins, the surubim (Pseudoplatystoma sp) is Pimelodidae family fish and have great economic importance. It possesses nocturnal characteristics and carnivorous alimentary habits. It is one of the freshwater fish with bigger commercial value. Surubim has a great production potential and its meat is of excellent quality. The reduction of the natural reserves is stimulating its farming, but there is still not available a complete technological package for that yet. The main limitations for the surubim farming are the reproduction and the nutrition mainly of the young phase fish. Aspects of importance, production, reproduction, nutrition and strategies of evaluation of foods and determination of nutrition requirements of surubim are approached in this article.

0 SURUBIM

O gênero *Pseudoplatystoma* compreende os maiores peixes da família Pimelodidae, da ordem dos Siluriformes, e esses podem ser encontrados nas principais bacias hidrográficas sul-americanas; regionalmente são conhecidos como “surubins” (ROMAGOSA *et al.*, 2003). Sua distribuição inclui os maiores rios das bacias hidrográficas da América do Sul: os rios Paraná, Amazonas, Orinoco, São Francisco, entre outros (BURGESS, 1989).

Até os dias atuais considerava-se que esse gênero era constituído apenas pelas espécies: *Pseudoplatystoma coruscans* (pintado) da bacia do Prata e São Francisco, *Pseudoplatystoma fasciatum* (cachara) da bacia do Prata e Amazônica e *Pseudoplatystoma tigrinum*

(caparari), somente da bacia Amazônica (WELCOME, 1985; PETRERE, 1995). Contudo, Buitrago–Suárez e Burr (2007) verificaram que existem pelo menos oito espécies não catalogadas até o momento. Segundo esse estudo, o *P. fasciatum* foi a que possibilitou o maior número de descobertas, sendo fragmentado em cinco espécies distintas: *P. fasciatum* (restrito à região das Guianas), *P. punctifer* (originário do *P. fasciatum* do rio Amazonas); *P. orinocoense* (originário do *P. fasciatum* da bacia do rio Orinoco); *P. magdaleniatum* (originário do *P. fasciatum* do rio Magdalena na Colômbia); *P. reticulatum* (originário do *P. fasciatum* dos rios Paraná e Amazonas) (Fig. 1). O *P. tigrinum*, originalmente da bacia Amazônica, foi dividido em duas espécies: o *P. tigrinum* restrito à bacia do rio Amazonas e o *P. metaense* originário do rio Orinoco. Foi constatado também que o *P.*

coruscans (Fig. 1) da Bacia do São Francisco é uma espécie irmã daquela encontrada na bacia do Prata.

Tal descoberta vem indicar a grande diversidade apresentada por esse gênero que, até então, foi subestimada, podendo ter comprometido os resultados de pesquisas direcionadas às linhagens específicas. Possivelmente, resultados de desempenho zootécnico possam ter sido erroneamente interpretados por avaliarem animais de espécies distintas.

A espécie *P. Coruscans* (AGASSIZ, 1829), conhecida no vale do São Francisco como surubim ou moleque, tem corpo alongado e roliço, com o flanco e o dorso cobertos por máculas arredondadas, que lhe conferem a denominação popular de pintado em algumas regiões (BRITSKI *et al.*, 1984). Não apresenta escamas, sendo revestido por pele espessa, com o primeiro raio das nadadeiras dorsal e peitorais precedidos por um acúleo.

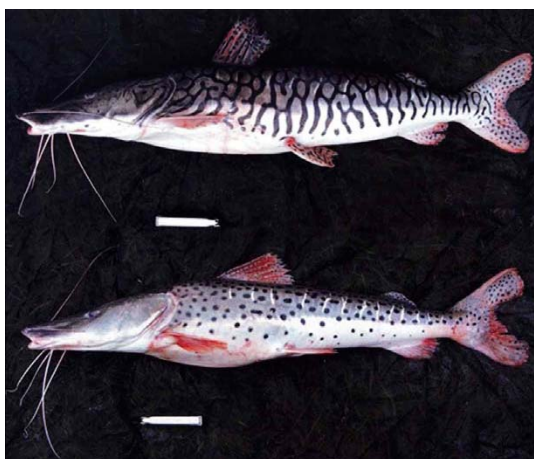


Figura 1. *Pseudoplatystoma reticulatum* (acima) e *P. coruscans* (abaixo).

Foto: Mark. H. Sabaj.

É um peixe de hábito alimentar estritamente piscívoro (MARQUES, 1993), podendo alcançar mais de 100 kg (FOWLER, 1951), sendo que as fêmeas crescem mais do que os machos. Essa espécie migratória parece percorrer grandes distâncias no período reprodutivo (SATO e GODINHO, 2003).

IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO SURUBIM NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

O rio São Francisco percorre 2.780 km em território brasileiro (Fig. 2), passando por sete estados e 450 municípios. Desses municípios, 83% estão dentro dos estados de Minas Gerais e Bahia (PETRERE, 1989). Cerca de 36,8% da bacia e 70% da vazão descarregada no mar vêm do estado de Minas Gerais (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC, 1983).

A principal atividade das populações ribeirinhas é a pesca artesanal e profissional, tanto pela possibilidade de aumento da renda, quanto por ser o peixe a única fonte de proteína no local. Apesar da total dependência do rio, essas pessoas têm pouco conhecimento da importância da preservação dos recursos naturais.

Dentre as 158 espécies de peixes registradas para a bacia (BRITSKI *et al.*, 1988), 115 são endêmicas (GODINHO e VIEIRA, 1998) e 11 figuram entre as espécies ameaçadas de extinção no Brasil (ROSA e MENEZES, 1996). O surubim, *Pseudoplatystoma coruscans*, é indubitavelmente o de maior valor econômico e social, não só pela representatividade das capturas como pelo valor comercial e aceitação pelos consumidores – inclusive com potencial para exportação, apresentando ainda irrefutável importância quanto à possibilidade de seu emprego na piscicultura empresarial (Reprodução..., 1988; SATO *et al.*, 1988; ANDRADE, 1990).

Além da sua grande estima popular, o surubim é também valioso e muito apreciado pelos pescadores desportivos e pela culinária nacional, sendo classificado como “peixe de primeira” devido à ausência de espinhas, procura e preço de mercado. (GODINHO e GODINHO, 2003). As características organolépticas de sua carne – branca, de consistência firme, sem mioespinhas e de sabor agradável – colocaram esse peixe em posição de destaque para o mercado consumidor. Camargo e Petrere (2001) confirmam a importância dessa espécie na pesca artesanal devido ao seu alto valor de mercado.

Apesar de estatísticas pesqueiras pouco consistentes, a pesca no São Francisco mostra sinais evidentes de queda, o que pode ser comprovado pelo rendimento dos pescadores da colônia de pesca de Pirapora que caiu de 11,7 kg/pescador/dia, em 1987 (GODINHO *et al.*, 1990), para 3,1 kg/pescador/dia, em 1999 (FUNDEP, 1999). Godinho *et al.* (1990) registraram que o surubim (*P.coruscans*) foi responsável por 86,3% do pescado desembarcado no segundo semestre de 1986 em uma colônia de pesca de Pirapora, Minas Gerais, no médio São Francisco. Já em 1999, essa quantidade declinou para 27% (GODINHO, 2001).

As capturas dessa espécie eram consideráveis no lago de Sobradinho até o sexto ano após o enchimento do reservatório (década de 70), mas caíram drasticamente durante os três anos seguintes, atingindo aproximadamente metade da quantidade inicial e continuando a diminuir com o passar dos anos, assim como em todo o restante do rio. À jusante do reservatório de Xingó, o surubim representou apenas 0,4% do pescado capturado no ano de 1997 (SATO e GODINHO, 2003).

Devido ao colapso pesqueiro, várias espécies de peixes comerciais e desportivos foram incluídas na lista da fauna presumivelmente ameaçada de extinção no Estado de Minas Gerais (LINS *et al.*, 1997); algumas delas consideradas em estado crítico na região a montante da barragem de Três Marias (SATO *et al.*, 1987) e entre o segmento do rio limitado pelos reservatórios de Sobradinho e Xingó. As populações de surubim do Rio São Francisco mostram claramente sinais de colapso (GODINHO e GODINHO, 2003).

A diminuição dos estoques naturais pode ser atribuída a um conjunto de fatores tais como: uso inadequado do solo, poluição da água, destruição de lagoas marginais, barramentos e sobrepesca.

O trecho do rio compreendido entre a cidade de Pirapora (MG) e a barragem de Sobradinho (BA) é rico em lagoas marginais e ainda está livre de barragens hidrelétricas, sendo considerado segmento importante para o recrutamento de peixes migradores (SATO *et al.*, 1987).

O SURUBIM NA AQUACULTURA

A escolha de uma espécie que atenda às exigências para sua produção comercial pressupõe, dentre outros fatores, existência de mercado, rusticidade e crescimento rápido, além de oferta contínua de alevinos. Portanto, uma espécie só pode ser empregada na aquacultura comercial após ter seu sistema de produção testado biologicamente e economicamente (RIBEIRO *et al.*, 1996) porque toda produção comercial está voltada para o mercado, o que significa que ter sucesso na atividade é obter lucro (AVAULT JR., 1995).

Apesar de não se ter um pacote tecnológico bem definido para a produção do surubim, seu grande potencial produtivo e a qualidade da sua carne (REID, 1983) despertam interesse de diversos pesquisadores e órgãos de fomento, há muitos anos, sendo prioridade em projetos de pesquisa e desenvolvimento nacional e estadual. Contudo, somente na década de 1980, iniciaram-se estudos sobre alguns aspectos da pesca, biologia reprodutiva e fisiologia de exemplares provenientes de ambiente natural e em condições de cultivo.

Os índices zootécnicos e as características de carcaça comprovam que essa espécie tem um excelente potencial para a produção comercial (RIBEIRO e MIRANDA, 1997), sendo também adaptável a diferentes sistemas de cultivo. Kubitza *et al.* (1998) e Inoue *et al.* (2002) relatam a criação de alevinos e juvenis em sistemas de fluxo contínuo de água (“raceway”) e em viveiros, respectivamente. Behr (1997), em sistema com renovação contínua de água, obteve sobrevivência média das larvas de 65,6% após oito dias de cultivo.

Uma importante característica de interesse para a produção comercial é o rendimento de processamento. O surubim, apesar de não ter passado por nenhum melhoramento genético, apresenta alto rendimento. Crepaldi (2004) demonstrou rendimentos de carcaça de 66,9% e 70,9% em duas classes de peso estudadas, 1,5 e 2,7kg, respectivamente. Faria *et al.* (2006), avaliando peixes mais pesados, em média 12kg, encontraram rendimentos de carcaça de 71,63%. Os rendimentos de carcaça observados nesses trabalhos são compatíveis com a produção comercial, sendo semelhantes ao rendimento do

bagre africano em 69,04% (SOUZA *et al.*, 1999) e inferiores ao da tilápia do Nilo em 78,18% (SOUZA e MARANHÃO, 2001). Porém, quando se compara o rendimento de filé de ambas as espécies, o surubim atinge valores de 49,16% (CREPALDI, 2004), superando o bagre africano em 46,28%, assim como a tilápia do Nilo em 36,50% (FARIA *et al.*, 2006).

Coelho (1997) cita o pintado como uma das espécies nativas que apresenta excelente desempenho em sistemas de produção em regime semi-intensivo. Campos (2003) avaliou como positivos os indicadores de viabilidade socioeconômica e ambiental da criação do pintado criado em sistema intensivo (tanques-rede) no Pantanal do Estado do Mato Grosso do Sul. O desempenho do surubim, nesse mesmo sistema de cultivo, foi avaliado por Burkert *et al.* (2002) durante um ano, observando-se um ganho de peso médio entre 1.090,63g a 1.250,29g e sobrevivência entre 49,8% a 65,4%, com conversão alimentar média de 3,11. A baixa sobrevivência nesse experimento foi atribuída à presença de jacarés no local do experimento. As densidades de estocagem de 50; 75; 100 e 150 peixes/m³ em tanques-rede foram avaliadas por Coelho e Cyrino (2006) com o híbrido entre *P. coruscans* e *P. fasciatum*. Os autores concluíram que o menor custo fixo foi atribuído para a maior densidade de estocagem.

Scorvo Filho *et al.* (2004) compararam o desempenho do *P. coruscans* criado em tanques-rede de 2,0m³ com densidade de estocagem de 150 e 300 peixes e em viveiros escavados de 600m² com 450 animais. Os peixes criados em viveiros escavados apresentaram melhor desempenho produtivo, com peso médio final de 1.179,17g; ganho de peso médio de 1.106,03g; ganho diário de peso de 1,11g dia⁻¹; conversão alimentar aparente de 4,6; e sobrevivência de 72,96%. Liranço e Romagosa (2005) estudaram o efeito de dois sistemas de criação sobre o desempenho do pintado, concluindo que os peixes criados em viveiros escavados desenvolviam-se melhor do que aqueles criados em tanques-rede.

A avaliação de diferentes densidades de estocagem em tanques-rede (Fig. 3 e 4) foi analisada por Turra (2001). Alevinos de surubim de 50 gramas (*P. coruscans*) foram estocados nas

densidades de 35, 70, e 105 peixes / m³. O peso médio alcançado pelos animais foi de 197,4 g, 171,15 g e 161,45 g, respectivamente. O maior peso final foi atribuído à menor densidade de estocagem inicial, sendo que as sobrevivências foram de 95,97%, 97,80% e 96,73%, e conversão alimentar de 1,49; 1,60 e 1,56 para cada tratamento. Mesmo cultivado sob temperatura baixa (média de 20,65 °C ± 0,35°C), o surubim apresentou bom desempenho, maior até do que outras espécies de mesma ordem e de grande significado econômico no mundo. A relativa eficiente conversão alimentar e a alta sobrevivência sob altas densidades nos tanques-rede sugerem um enorme potencial para a piscicultura. Altas densidades de estocagem no cultivo não acarretaram em maiores mortalidades e diminuições na eficiência de conversão alimentar, apesar de diminuir a sua taxa de ganho de peso.

Sousa (2005) comparou sistemas de criação semi-intensivo (viveiros escavados) e intensivo (tanques-rede), com o mesmo número de peixes. Foram avaliados: comprimento total (Ct) e peso (Pt), relação Pt x Ct, fator de condição (K), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar aparente (CAA), consumo de ração (CR) e sobrevivência (S%). Dos 300 peixes, com um ano de idade, foram estocados 150 em viveiros escavados (600 m²) e 150 em 03 tanques-rede (2,0 m³) 50 em cada, durante um ano, verificando-se interação significativa para os parâmetros entre os sistemas de criação e mês (P>0,05). Ao final do experimento, foram estimadas as taxas de sobrevivência: 97,33% nos viveiros escavados e 90,67% nos tanques-rede. Os resultados indicaram que, nas condições experimentais propostas, o sistema semi-intensivo mostrou melhor desempenho produtivo.

Com o intuito de verificar a afirmativa dos produtores de que os híbridos apresentam melhor desempenho que o surubim puro, Crepaldi *et al.* (2003) compararam o desempenho do híbrido *P. coruscans* X *P. fasciatum* com o surubim do São Francisco *P. coruscans* num ensaio com duração de 84 dias. Os tratamentos constaram de três densidades de estocagem com aproximadamente 8,5, 17 e 25,5 Kg / m³, em caixas de 0,150 m³ (Fig. 5), num sistema de recirculação fechado, utilizando-se peixes com 210 e 230 gramas. A

relação fluxo de água por kg de peixe foi padronizada em 1l de água / kg de peixe / min. Os animais foram alimentados, diariamente, na taxa de 2,5 % da biomassa corrigida de acordo com o consumo. A quantidade diária de ração (40% PB) foi dividida em duas porções de 70 % e 30 %, fornecidas em dois horários, respectivamente às 18h e às 6h. Os peixes foram pesados e medidos inicialmente e a cada quatro semanas, obtendo-se médias de peso e comprimento. Constatou-se que, para a classe de peso avaliada, a linhagem híbrida apresentou melhor desempenho do que a pura, independente das densidades de estocagem, confirmando a afirmação de produtores e fornecedores de alevinos. Isso pode ter ocorrido, em parte, devido à expressão da heterose advinda de tais cruzamentos.

A linhagem usualmente comercializada hoje é o híbrido entre *P.coruscans* X *P. fasciatum*. Tal escolha se deu a partir da premissa de que os híbridos teriam um maior desenvolvimento e docilidade, quando comparados aos peixes de linhagem pura. Dados obtidos por Crepaldi *et al.* (2003), em um ensaio de 84 dias comparando as linhagens pura e híbrida, confirmaram que os primeiros cresceram mais, dentro da classe de peso analisada, porém mais estudos são necessários a fim de se avaliar esses peixes em outras fases de cultivo.

Os mercados da região Sudeste, Sul e Centro-Oeste consomem a maior parte do surubim comercializado no país. Praticamente todos são oriundos da pesca extrativa na região do Pantanal do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, bem como na Amazônia brasileira (KUBITZA *et al.*,1998). Os exemplares do rio São Francisco são geralmente comercializados nos centros consumidores próximos aos locais de captura, visto que a quantidade desse peixe nessa bacia caiu drasticamente.

Nos últimos anos, a oferta se manteve bem inferior à demanda, sendo até mesmo necessária a importação desses peixes de países vizinhos, como o Paraguai, a Argentina, a Bolívia e a Colômbia. A indústria do extrativismo pode ser assim caracterizada: oferta menor que a demanda; fornecimento irregular de produtos; transporte longo até os grandes centros consumidores; necessidade de longos períodos de armazenamento de produtos para regularizar a

oferta durante os meses de proibição da pesca e inconstância na qualidade, padronização e preço dos produtos. O alto custo social e ambiental também são características marcantes desse tipo de atividade (KUBITZA *et al.*,1998).

Estas características intrínsecas apontam o grande potencial de expansão do mercado e abrem grandes perspectivas para os empreendimentos voltados ao cultivo industrial dos surubins. O pintado e o cachara, criados comercialmente, são produzidos de forma planejada e em ambientes de boa qualidade. Os peixes recebem plano nutricional completo e são abatidos e processados poucos minutos após a despesca. Dessa forma, é possível garantir a oferta constante e a padronização do tamanho, frescor, textura, teor de gordura, coloração, sabor e preço do produto colocado no mercado. As características sensoriais dos surubins cultivados dentro dos mais exigentes padrões de qualidade foram testadas e aprovadas com distinção em painéis de degustação nos quais participaram “gourmets”, comerciantes de pescado e consumidores ordinários (KUBITZA *et al.*,1998).

Outro nicho de mercado explorado é o fornecimento de espécimes vivos para “pesque e pague”. A agressividade e o grande porte que alcançam fizeram com que conquistassem rapidamente esse mercado. Nesse tipo de comércio, o quilo do peixe tende a alcançar maiores valores, tornando-se uma alternativa extremamente interessante para os piscicultores.

FATORES LIMITANTES

REPRODUÇÃO E LARVICULTURA

No Brasil, existem poucos piscicultores produzindo alevinos dessa espécie, sendo a reprodução em cativeiro de baixa eficiência devido a problemas como a dificuldade na identificação do momento ideal de início do protocolo de indução à desova, o que acarreta em baixos índices reprodutivos e, conseqüentemente, menor eficiência econômica. Segundo Kubitzza *et al.* (1998), a complexa reprodução, larvicultura e alevinagem dos surubins restringem o número de produtores de alevinos.

A ausência de dimorfismo sexual no surubim torna difícil sua sexagem e a definição desse estágio de maturação, tornando a reprodução induzida imprecisa e casual, sendo, portanto, necessária a adoção de uma técnica confiável, prática não invasiva e não letal para determinação do sexo e do estágio de desenvolvimento das gônadas.

Normalmente, utiliza-se o mecanismo de indução hormonal da desova com o emprego de extrato de hipófise de peixes. Entretanto, o sucesso dessa é totalmente dependente da potência hormonal das hipófises adquiridas e, principalmente, da determinação exata do momento do início do protocolo de indução, o qual depende do estágio de maturação gonadal.

Na fase larval, é encontrada uma das principais limitações tecnológicas para sua criação. O pequeno tamanho é o fator limitante quanto ao uso de certos alimentos naturais e rações comerciais, podendo aumentar o canibalismo nesta fase. De acordo com Behr (1997), o canibalismo, embora presente nas várias fases de larvicultura do surubim, tem dependência direta sobre a oferta de alimento adequado.

As larvas de surubim nascem com tamanho médio de 2,6 a 3,0 mm e, após 2-3 dias de idade e com tamanho de 4,5 mm, já iniciam a alimentação exógena (alimentos encontrados no ambiente). Nas primeiras semanas de larvicultura, náuplios de artêmia salina são comumente empregados para alimentar as larvas, obtendo-se resultados bastante satisfatórios (INOUE *et al.*, 2002).

Ao contrário de muitas espécies nativas como o pacu, o tambaqui e o matrinxã – cujas larvas, após quatro a cinco dias de idade, são colocadas em viveiros até se tornarem alevinos prontos para a engorda –, as larvas do surubim e do cachara (*P. fasciatum*) necessitam ser criadas em laboratório e tanques tipo *raceway* até que se tornem alevinos, já que os melhores resultados em viveiros de engorda estão sendo obtidos quando são estocados peixes entre 12 e 20cm de comprimento. Apesar das técnicas empregadas, a sobrevivência média de juvenis prontos para a comercialização é aproximadamente de 30 a 40% (INOUE *et al.*, 2002). Estudos relacionados à larvicultura de peixes nativos do Brasil vêm se desenvolvendo rapidamente, no entanto, ainda

são poucos os relacionados com o surubim (CAMPAGNOLO e NUÑER, 2006).

NUTRIÇÃO

A alimentação assume uma importância fundamental no desempenho econômico da aquicultura, sendo responsável por mais de 60% do custo operacional da atividade. Nesse contexto, desenvolveram-se linhas de pesquisa no sentido de se produzir rações de baixo potencial poluidor, o que torna o tratamento dos efluentes menos oneroso ao sistema de produção. Para isso, é necessário desenvolver rações de alta densidade nutricional, alta digestibilidade, grande palatabilidade e, finalmente, que tenham como base para sua formulação, as exigências nutricionais para a espécie e fase de criação a ser alimentada (TEIXEIRA, 2003) e o conhecimento da digestibilidade dos alimentos.

A formulação de dietas para peixes conta com o suporte das informações contidas no “National research council” - NRC (1993); entretanto, inúmeras espécies de peixes de interesse zootécnico, como o surubim, ainda não possuem informações precisas no que se refere a exigências nutricionais (FAGBENRO, 2000).

A falta de dados concretos sobre a avaliação de alimentos e exigências nutricionais nas diferentes fases de crescimento faz com que as deficiências na alimentação e na nutrição desses peixes sejam responsáveis por altos índices de mortalidade, além de baixa eficiência alimentar e baixo desempenho.

O primeiro entrave está no momento de substituição da alimentação natural para uma dieta artificial. Apesar de existirem dietas microencapsuladas, que em teoria resolveriam o problema do tamanho, estas ainda são de alto custo. Além disso, é necessária a avaliação de alimentos e a correta determinação das exigências nutricionais para as diferentes fases de vida do surubim.

Nos últimos anos, alguns autores têm empenhado esforços em pesquisas relacionadas à nutrição e alimentação desta espécie; entretanto, os trabalhos ainda são escassos.

Fujimoto e Carneiro (2001) avaliaram a utilização de ascorbil polifosfato (AP) como

fonte de vitamina C para alevinos de pintado, concluindo que 500mg de AP foram suficientes para prevenir deformidades e infestações parasitárias, possibilitando melhor desempenho dos alevinos.

Alvarado (2003) trata do treinamento alimentar de alevinos de surubim na transição de alimento vivo para dietas completas, avaliando a sobrevivência, crescimento e aspectos econômicos.

Seixas Filho *et al.* (2001) concluíram que o arranjo intestinal do surubim é compatível com a maioria dos peixes carnívoros, apresentando-se quase retilíneo, e que o surubim apresenta algumas particularidades como circunvoluções das alças finais do intestino médio, as quais podem ser vistas como possíveis adaptações para um regime onívoro.

Martino *et al.* (2002a), avaliando crescentes níveis de energia bruta (4400, 4650, 4840 e 5140kcal/kg) fornecida por lipídeos (6, 10, 14 e 18%), concluíram que os melhores resultados para desempenho foram obtidos com o maior nível de energia e gordura. Ao avaliarem fontes de lipídeos de origem animal e vegetal, Martino *et al.* (2002b) relataram que ambas são bem metabolizadas pelo surubim e que é possível manipular a composição de ácidos graxos da carcaça através da utilização de diferentes fontes de gordura na dieta. Em estudo complementar, Martino *et al.* (2005) testaram a utilização de lipídeos (19 - 27%) e carboidratos (18 - 11%) como fonte de energia, em dietas isoenergéticas. Os autores observaram que não ocorreram diferenças significativas no desempenho com este acréscimo de lipídeos na dieta. O aumento do nível de lipídeos na dieta acarretou uma maior deposição de gordura visceral.

Lundstedt (2003) estudou os aspectos adaptativos dos processos digestivo e metabólico de juvenis de pintado (*P. coruscans*) arraçoados com diferentes níveis de proteína e energia. Dentre as conclusões da autora, destaca-se que o surubim é uma espécie carnívora com habilidade em utilizar carboidratos não fibrosos na dieta, em quantidades ainda a serem estabelecidas. Lundstedt (2003), portanto, contraria Del Carratore (2001), que concluiu que o pintado possui reduzida capacidade de digestão de carboidratos complexos como o amido.

Gonçalves (2002) trabalhou com alevinos de surubim para determinar as exigências de proteína digestível. Para tal utilizou seis níveis de proteína digestível (22, 24, 26, 28, 30 e 32%) em dietas com energia digestível (ED) de 2650kcal/kg. Os resultados sugeriram exigência maior ou igual a 32% de proteína digestível (43,33% PB), e a relação ED/PB de 6,12kcal/g.

Machado (1999) utilizou oito dietas para alevinos de pintado contendo os níveis de proteína bruta de 30, 36, 42 e 48% e os níveis estimados de energia digestível de 3500 e 4000Kcal/kg, com dados determinados para a truta-arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). O autor considerou que os alevinos de pintado tiveram melhor desempenho usando níveis de proteína bruta de 36 ou 42%, com o nível energético estimado de 3500Kcal de ED, e com relações ED/PB variando de 8,33 a 9,72kcal/g.

METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE ALIMENTOS PARA PEIXES

A avaliação de alimentos para peixes, assim como para outros animais, passa, inicialmente, pela determinação da composição químico-bromatológica destes. Nessa etapa preliminar são utilizadas as metodologias tradicionais para a determinação da energia e dos nutrientes segundo (AOAC, 2005), além das determinações de vitaminas e aminoácidos por cromatografia.

Ainda preliminarmente, é fundamental conhecer o potencial de toxidez e a presença de fatores antinutricionais nos alimentos para a espécie e fase de vida a serem trabalhadas.

É importante considerar, também, a espécie alvo da investigação bem como seu hábito alimentar (carnívoro, onívoro e herbívoro) e suas particularidades morfofisiológicas; por exemplo: posicionamento da boca, capacidade de apreensão do alimento e funcionalidade dos cecos.

Após estas etapas preliminares pode-se passar à determinação da digestibilidade dos nutrientes e da energia do alimento. Para Hiquera (1987), (citado por SALLUN *et al.*, 2002), o valor nutritivo de um alimento depende não somente de seu conteúdo em nutrientes, mas também da capacidade do animal para digerir e absorver

esses nutrientes, a qual varia em função da espécie, condições ambientais, quantidade e qualidade do nutriente, proporção relativa a outros nutrientes, processos tecnológicos, entre outros. Assim, a digestibilidade descreve a fração do nutriente ou da energia do alimento ingerido, a qual não é excretada nas fezes (NRC, 1993).

A determinação da digestibilidade dos nutrientes presentes em alimentos comumente utilizados na elaboração de dietas para peixes é de fundamental importância para a melhoria da sua eficiência alimentar. Em peixes, esses estudos são relativamente recentes, tendo adquirido maior volume a partir da década de 1960 (SALLUN *et al.*, 2002). Recentemente, destacam-se os trabalhos de Hajen *et al.* (1993b), Yamamoto *et al.* (1997) e Sugiura *et al.* (1998) com salmonídeos, WILSON e POE (1985) e Khan (1994) com bagres, Degani *et al.* (1997) e Erfanullah-Jafri (1998) com carpas, e Hanley (1987) e Fagbenro (1998) com tilápias. De maneira geral, os trabalhos têm demonstrado baixa eficiência no uso da energia dos alimentos de origem vegetal (FURUYA *et al.*, 2001).

Embora exista bastante conhecimento no campo da nutrição para algumas espécies exóticas, no Brasil, são poucos os trabalhos com as espécies nativas. Conseqüentemente, inexistem tabelas para confecção de rações para peixes como encontram-se para outros animais de produção, como aves e suínos (SALLUN *et al.*, 2002).

MÉTODOS “IN VITRO”

Devido à facilidade e rapidez na determinação da digestibilidade dos diferentes alimentos por métodos *in vitro*, estes tem recebido considerável atenção nas investigações (DIMES e HAARD, 1994). Eid e Matty (1989) ressaltaram que, em métodos *in vitro*, a combinação e quantidade correta de enzimas proteolíticas, pH ótimo, tempo e temperatura de incubação adequados são necessários para o sucesso da determinação.

Enzimas comerciais como pepsina, tripsina e quimiotripsina têm sido utilizadas em ensaios desta natureza (HSU *et al.*, 1977; SATERLEE *et al.*, 1979; LAZO *et al.*, 1998). Do mesmo modo, diferentes trabalhos relatam o uso de enzimas digestivas extraídas da espécie estudada (GRABNER, 1985; DONG *et al.*, 1993; DIMES *et al.*, 1994a,b; CARTER *et al.*, 1999).

Devido às pronunciadas diferenças anatomofisiológicas existentes entre as diferentes espécies e a grande dificuldade de padronização destas técnicas, elas não são rotineiramente utilizadas em peixes e os trabalhos disponíveis na literatura são inconsistentes e de difícil repetibilidade. Segundo Chong *et al.* (2002), as diferentes metodologias de determinação *in vitro* são variáveis quanto à eficiência na determinação da digestibilidade.

MÉTODOS “IN VIVO”

Os métodos para determinação de digestibilidade em animais aquáticos diferem daqueles aplicados para aves e suínos, principalmente em relação à coleta de fezes (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

Em peixes, os métodos *in vivo* usando indicadores inertes são os mais utilizados (AUSTRENG, 1978; HAJEN *et al.*, 1993b) e a técnica comumente escolhida é a de substituição do alimento testado numa ração referência descrita por Matterson *et al.* (1965).

Alguns autores se destacam na avaliação do método de substituição em peixes como: Aksnes *et al.* (1996), Aksnes e Opstvedt (1998) e Sales e Britz (2002). Esses autores apontam o referido método como adequado para peixes.

TIPOS DE DIETAS

Podem ser utilizadas dietas purificadas, nas quais se escolhem ingredientes bem conhecidos e padronizados como a albumina, caseína, amido, sacarina, óleos, minerais e vitaminas como compostos puros. Tais dietas possibilitam a inclusão ou retirada de um dado nutriente com interferência mínima nos outros nutrientes. Esta é a opção mais comum quando o objetivo é avaliar a digestibilidade dos aminoácidos para peixes. As críticas às dietas purificadas estão relacionadas ao fato de que, em dietas comerciais, com seus diferentes ingredientes, existe efeito associativo entre os nutrientes dos alimentos e, nas purificadas, esse efeito é perdido. Tal fato levaria a uma mudança, mesmo que discreta, na digestibilidade dos nutrientes assim determinadas. Além disso, os ingredientes destas dietas não podem ser considerados absolutamente puros (MAYNARD e LOOSLI, 1974).

Para se obter dietas purificadas realmente eficazes para cada espécie diferente, é preciso conhecer todas as exigências nutricionais da espécie alvo – o que não é ainda uma realidade para diversas espécies (MAYNARD e LOOSLI, 1974), principalmente as nativas.

Também são usadas dietas semi-purificadas, as quais são formuladas com ingredientes purificados e ingredientes sabidamente deficientes em algum nutriente. O exemplo clássico são os glutens, que são conhecidamente deficientes em lisina.

No entanto, a maioria das investigações é feita com dietas referência formuladas com ingredientes comumente empregados na alimentação de peixes.

CONFECÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS

As dietas referência devem atender às exigências nutricionais para a espécie estudada (ROSTAGNO e SAKOMURA, 2007) e as teste devem conter os mesmos níveis de micronutrientes que a referência. Portanto, seja qual for o nível de inclusão do alimento testado, esse deve substituir a fração macro-ingrediente da ração.

A incorporação de indicadores externos deve ser efetuada de forma a garantir sua estabilidade na água. Por isso, o mais indicado é que se incorpore o indicador aos micro-ingredientes ou às misturas vitamínico-minerais e depois misture aos outros ingredientes antes da peletização ou extrusão. Furuya et al. (2001) e Pezato et al. (2004) descrevem em seus trabalhos a incorporação de óxido crômico nas dietas experimentais dando detalhes, inclusive, do processamento.

O tipo de processamento deve ser definido em função da espécie estudada, considerando o hábito alimentar (fundo, coluna d'água ou superfície) ou treinamento prévio dos animais. Felizmente, a maioria das espécies é facilmente condicionada à alimentação na superfície. Entretanto, a extrusão facilita o acompanhamento experimental por ser mais prático e rápido verificar o consumo e coletar as sobras na superfície da água. Sempre que for possível (disponibilidade de extrusora), deve-se fazer a

opção por dietas extrusadas, pois, no Brasil, a maioria das rações comerciais para peixes passa por esse tipo de processamento. Como a extrusão interfere consideravelmente na digestibilidade dos nutrientes e da energia, os dados obtidos em pesquisas serão mais aplicáveis se esse tipo de processo for aplicado.

Sobretudo, a forma de confecção escolhida deve proporcionar uma boa estabilidade física ao grânulo para que não ocorram perdas dos indicadores, nutrientes e energia por lixiviação na água.

NÍVEIS DE SUBSTITUIÇÃO

O ideal seria avaliar cada alimento em diferentes níveis de substituição na dieta referência de forma a abranger desde quantidades sub ótimas até super ótimas. Assim, seria possível obter equações que pudessem prever a digestibilidade da energia e dos nutrientes em qualquer porcentagem de inclusão.

Quando isso não é possível faz-se necessário estabelecer qual nível de inclusão deve ser adotado para cada situação. Essa determinação deve ser feita em função de diferentes fatores, tais como:

- porcentagem de proteína da dieta referência e a natureza do alimento (protéico ou energético). As dietas teste, se possível, devem manter os níveis de proteína e energia não muito distantes dos encontrados na dieta referência. Entretanto, variações dessa natureza são inevitáveis;
- quantidade de amido e o hábito alimentar do peixe (em animais carnívoros, o amido em excesso pode causar lesões à mucosa intestinal, reduzir a digestibilidade de outros nutrientes ou, simplesmente, reduzir a palatabilidade da dieta);
- toxidez do alimento;
- fatores anti-nutricionais;
- níveis práticos de inclusão, considerados a partir da disponibilidade e custo;
- palatabilidade (alimentos pouco palatáveis ou que possam causar repulsa devem ser incluídos em quantidades pequenas para não deprimir o consumo);

A porcentagem de substituição do alimento na dieta referência também afeta a precisão dos valores de digestibilidade determinados (SIBBALD e PRICE, 1975). Segundo Leeson e

Summers (2001), o erro de determinação da dieta-teste é multiplicado por um fator dividido pela porcentagem de substituição no cálculo da digestibilidade do alimento.

À medida que se reduz o nível de inclusão do alimento teste na ração referência ocorre aumento dos desvios padrão. Geralmente, a porcentagem de substituição é de 30 ou 40%. No caso de testes de óleos, substitui-se 7 a 12 % e, para compensar, deve-se aumentar o número de repetições (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

COLHEITA TOTAL DE FEZES X UTILIZAÇÃO DE INDICADORES FECAIS

O método de colheita total baseia-se no princípio de mensurar o total de alimento consumido e o total de fezes produzidas durante um certo período de tempo (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

Vários critérios têm sido utilizados em animais terrestres para definir o início e o término das coletas. O estabelecimento do mesmo horário para iniciar e terminar as coletas baseia-se no fato de que parte das excretas que estavam no trato digestivo, no início, são compensados pelas perdas no final da coleta. Outra maneira é o uso de marcador, por exemplo, 1% de óxido férrico (vermelho) nas dietas no primeiro e no último dia de coleta para marcar o início e o final do período de coleta.

A colheita total de fezes em peixes se torna mais complicada do que em animais terrestres devido ao ambiente aquático. Poucos são os trabalhos publicados que descrevem esse método para peixes. O método direto é descrito por alguns autores, como sendo trabalhoso e impreciso (NOSE, 1960; DE SILVA, 1985; NUNES, 1996). Mais recentemente, Vidal Jr. *et al.* (2004) compararam o método direto ao uso de diferentes indicadores em tambaquis (*Colossoma macropomum*) e concluíram que a técnica de colheita total foi eficiente para estimar os coeficientes de digestibilidade dos alimentos.

A determinação precisa do consumo também é dificultada, sobretudo, quando as dietas experimentais não são extrusadas e, por isso, afundam.

Como alternativa faz-se o uso de indicadores, sejam eles internos ou externos. Indicadores são compostos usados para monitorar aspectos químicos (como hidrólise e síntese de compostos) e físicos da digestão (como a taxa de passagem) (SILVA e LEÃO, 1979), promovendo estimativas quantitativas da fisiologia animal (SALIBA, 1998).

Entre as principais vantagens da utilização de indicadores pode-se citar que não é necessário a mensuração do consumo de ração e do total de excretas produzidas. Entretanto, para que se obtenha bons resultados com a utilização de indicadores, é necessário que estes estejam uniformemente misturados à ração e sejam padronizadas as análises químicas para determinar a sua concentração nas rações e fezes em diferentes laboratórios (SIBBALD, 1987).

A escolha adequada do indicador é o ponto de partida para o sucesso de sua utilização. Considera-se que um bom indicador deve: ser inerte e atóxico; de preferência, ocorrer naturalmente no alimento; ser absolutamente indigerível e inabsorvível; não apresentar função fisiológica; poder ser processado com o alimento; misturar-se bem ao alimento e permanecer uniformemente distribuído na digesta; ter total recuperação nas fezes; não influenciar ou ser influenciado pelas secreções intestinais, absorção, motilidade, nem pela microbiota intestinal; possuir método específico e sensível de determinação (SILVA e LEÃO, 1979; SALIBA, 1998).

Nenhum dos indicadores propostos até hoje pode ser considerado ideal, pois não atendem a todos os critérios. Entretanto, o grau tolerável de erro difere de acordo com a variável medida (OWENS e HANSON, 1992).

Existem diversos artigos comparando diferentes indicadores na determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente de alimentos para peixes. Vidal Jr. *et al.* (2004) compararam óxido crômico, carbonato de bário (indicadores externos), cinzas insolúveis em ácido clorídrico, cinzas insolúveis em detergente ácido, fibra bruta e fibra em detergente ácido (indicadores internos) como indicadores na determinação da digestibilidade de alimentos para tambaqui. Esses autores concluíram que o óxido crômico e o carbonato de bário foram efetivos como

indicadores externos, que a fibra bruta e a fibra em detergente ácido não estimaram de forma consistente a digestibilidade dos alimentos e que as cinzas insolúveis em ácido clorídrico e em detergente ácido foram eficientes quando presentes no alimento acima de 3,8 e 3,1%, respectivamente.

Outros autores como Vandenberg e La Noüe (2001) e Storebakken, *et al.* (1998) compararam diferentes indicadores como cinzas insolúveis e dióxido de *titanium* com o óxido crômico em trutas e não apontaram diferenças nos resultados.

O óxido crômico tem sido o indicador externo mais utilizado; entretanto, existem algumas críticas ao seu uso. Segundo Curran *et al.* (1967), esse indicador proporciona baixa recuperação em função da variabilidade dos resultados ocasionados pela metodologia de análise. Urbinati *et al.* (1998) apontam aumento na eficiência da utilização dos carboidratos quando se usa esse indicador. Segundo Liang e Shiau (1995), o óxido crômico pode ser absorvido em pequenas concentrações e, em casos mais raros, pode causar intoxicações com lesões branquiais e testiculares, produção excessiva de muco e aumento de lactato no sangue (NATH e KUMAR, 1987, 1988). Além disso, o fato de ser carcinogênico também é uma desvantagem do uso do óxido crômico como indicador (PEDDIE *et al.*, 1982).

Outros indicadores externos, principalmente óxidos de metais trivalentes, têm sido utilizados em ensaios de digestibilidade com peixes, destacando-se o itrio (Y), o itérbio (Yb), o disprósio (DY) e o lantânio (La) (AUSTRENG *et al.*, 2000; NORDRUM *et al.*, 2000). Outros compostos também foram usados como ferrito de magnésio (ELLIS e SMITH, 1984) e carbonato de bário (RICHE *et al.*, 1995).

Lopes *et al.* (2007) compararam o LIPE[®] (lignina purificada e enriquecida) com o óxido cômico na determinação da digestibilidade de alimentos para tilápia (*Oreochromis spp.*). O LIPE[®] mostrou-se eficiente como indicador quando comparado ao óxido crômico.

Normalmente, o fornecimento desses indicadores aos peixes é através da incorporação deste na dieta em níveis que podem variar de 0,01 a 1%

da dieta (o mais comum é de 0,1 a 0,5%) em função do consumo esperado.

MÉTODOS PARA COLHEITA DE FEZES

Para todas as formas de coleta discutidas a seguir, é necessário garantir que o consumo de alimento seja normal e conhecer a taxa de passagem da dieta para o peixe trabalhado nas condições experimentais impostas a ele, principalmente a temperatura da água.

Diferentes estratégias podem ser adotadas; as mais comuns são:

- alimentação fracionada em curtos intervalos (2 em 2 ou 4 em 4 horas) com coletas de fezes realizadas alguns minutos após a alimentação, aproveitando-se do estímulo mecânico à defecação.
- alimentação fracionada ao longo de um período estabelecido, por exemplo: às 08:00 e às 18:00 horas, com as coletas realizadas após o término da alimentação com intervalos curtos entre colheitas.
- alimentação apenas uma vez ao dia, quando os animais terão maior voracidade com conseqüente aumento momentâneo do consumo. Essa estratégia proporciona maior produção fecal num período mais curto, podendo em alguns casos facilitar o trabalho de coleta.

A escolha da estratégia alimentar deve ser norteadas pela espécie estudada (docilidade, estresse ao manejo, adaptação e hábito alimentar) e, principalmente, pela metodologia eleita para a coleta de fezes.

As fezes podem ser coletadas na água de diferentes maneiras: por sifonagem dos tanques, mecanizada (separação por peneiras de forma contínua) e em tanques de metabolismo com fundo inclinado e coletor de fezes por decantação (ex.: modelo de Guelf e Guelf modificado descritos por Sakomura e Rostagno, 2007; e modelo de Guelf descrito por Hajen *et al.*, 1993a).

O maior problema desses métodos de colheita na água está relacionado com o tempo de permanência das fezes dentro d'água. Um tempo demasiadamente excessivo leva a perdas de nutrientes e indicadores por lixiviação. Esse tempo pode ser variável em função das características das fezes de cada espécie

(presença de muco encapsulando as fezes), pela movimentação da água no tanque, pela utilização de agregantes indigestíveis na dieta e pela temperatura da água. Alguns trabalhos relatam que até 4 horas as perdas são insignificantes; entretanto para algumas espécies esse tempo pode ser menor, até 30 minutos. Abimorad e Carneiro (2004) avaliaram o melhor intervalo de coleta de fezes na água nos sistemas de decantação e verificaram que em intervalos superiores a 60 minutos promoveram maiores coeficientes de digestibilidade da proteína em relação a 30 minutos de intervalo, indicando perda de nutrientes por lixiviação.

A colheita contínua mecanizada é a que melhor resolve tal problema, contudo, é necessário usar equipamentos e instalações de alto custo, o que inviabiliza sua utilização na maioria das vezes.

A colheita de fezes na água se torna muito complexa na medida que se trabalha com espécies maiores e, conseqüentemente, tanques maiores. Para esses casos, pode-se optar por métodos que envolvam a manipulação dos peixes, por massagem na parede celomática no sentido crânio-caudal de forma a expulsar o conteúdo intestinal ou através de sucção, utilizando-se uma seringa acoplada ao poro urogenital do peixe. Os maiores problemas dessas metodologias são:

- estresse à manipulação: pode ser minimizado com o uso de anestésicos;
- da influência do manipulador devido a diferente emprego de força e técnica;
- do momento, de quanto tempo após a alimentação;
- do risco de expulsar conteúdo ainda não digerido.

Esse tipo de técnica pode proporcionar uma subestimação da digestibilidade dos nutrientes, principalmente da proteína, pela contaminação das fezes com material endógeno (CHO e SLINGER, 1979; citados por SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007; HAJEN et al., 1993a).

Como se pode notar, ambos métodos (colheita na água e por manipulação) têm falhas e problemas. O primeiro acaba superestimando os coeficientes de digestibilidade em função das perdas por lixiviação; o segundo pode subestimar esses coeficientes pela possível expulsão de conteúdo ainda não digerido (WEATHERUP e

MCCRACKEN, 1998; STOREBAKKEN *et al.*, 1998; VANDENBERG e LA NOÛE, 2001). Portanto, cabe aos pesquisadores minimizar as interferências desses problemas adotando critérios bem definidos para a experimentação em qualquer método utilizado.

Existe, ainda, uma terceira possibilidade para obtenção das fezes. O abate e dissecação intestinal, colhendo-se o conteúdo da porção final do trato digestivo (ampola retal). No entanto, esse método também apresenta problemas como a determinação exata do local da coleta, do volume de fezes coletado e da perda do animal, uma vez que envolve seu sacrifício (STOREBAKKEN, *et al.*, 1998; VANDENBERG e LA NOÛE, 2001). No trabalho de Storebakken, *et al.* (1998), os autores observam não haver diferenças nos resultados obtidos através do método de extrusão e dissecação, entretanto, chamam atenção para que a extrusão seja realizada de forma delicada para garantir que somente o conteúdo da porção final do intestino seja coletado. Storebakken, *et al.* (1998) também alertam que é preciso ter cuidado nas comparações de digestibilidades obtidas por diferentes métodos. Esse último método é também utilizado para estudos de digestibilidade ileal, porém o material colhido é obtido na porção do íleo no intestino delgado.

Um problema comum a todos os métodos já mencionados é o pequeno volume de fezes obtidos por colheita, o que leva ao prolongamento do tempo experimental e ao aumento do número de peixes por unidade experimental.

DIGESTIBILIDADE DE AMINOÁCIDOS

Os peixes não possuem exigência de proteína, mas sim de aminoácidos, os quais devem estar presentes em adequadas proporções (FURUYA *et al.*, 2001). Ainda que exista elevada correlação entre os valores médios de digestibilidade da proteína e aminoácidos (HOSSAIN e JAUNCEY, 1989), é importante determinar a digestibilidade individual dos aminoácidos, pois a digestibilidade da proteína nem sempre reflete a digestibilidade de alguns aminoácidos essenciais (WILSON *et al.*, 1981; citado por FURUYA *et al.*, 2001; MASUMOTO *et al.*, 1996)

O coeficiente de digestibilidade aparente dos aminoácidos de fontes protéicas tem sido mais determinado para peixes carnívoros. Para essas espécies, a baixa eficiência de utilização dos aminoácidos do farelo de soja é associada ao elevado teor de carboidratos e inibidores de proteases (KROGDAHL *et al.*, 1994, citados por FURUYA *et al.*, 2001), que são negativamente relacionados com o CDA (ARNESEN *et al.*, 1989; YAMAMOTO *et al.*, 1997; citados por FURUYA *et al.*, 2001), enquanto as diferenças obtidas entre produtos de origem animal são relacionadas com a qualidade da matéria prima e o processo empregado para sua obtenção (ALLAN *et al.*, 2000).

Em estudos de digestibilidade de aminoácidos para peixes é adotada a metodologia de substituição em detrimento ao fornecimento do alimento puro. Isso ocorre, principalmente, devido à dificuldade de se obter níveis de consumo mínimo para muitos ingredientes. A palatabilidade e aceitação são problemas para muitas espécies, sobretudo para os peixes carnívoros.

Outra particularidade dos trabalhos realizados com peixes é a determinação apenas da digestibilidade fecal, não considerando a funcionalidade dos cecos, quando presentes. Para as espécies com cecos funcionais seria importante estudar a digestibilidade ideal dos aminoácidos. O maior desafio é a colheita de conteúdo ideal, sobretudo em espécies pequenas.

PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Devido à grande variação individual existente entre peixes de uma mesma espécie, linhagem e, até mesma desova, é aconselhável que se trabalhe com vários animais por unidade experimental. A quantidade deve ser a maior possível, respeitando-se as limitações das instalações e do tamanho dos peixes. O aumento no número de animais por unidade experimental reduz os desvios padrão das respostas (ROSTAGNO e SAKOMURA, 2007).

O número de repetições também deve ser grande; mesmo se a análise de variância apontar uma necessidade de três ou quatro repetições, é aconselhável utilizar pelo menos seis.

As condições experimentais devem ser equalizadas entre os tratamentos e estas devem envolver:

- densidade de estocagem;
- peso e idade dos peixes;
- qualidade de água (oxigênio dissolvido, pH, temperatura, série nitrogenada, fósforo, matéria orgânica, salinidade, etc.);
- fluxo de água;
- luminosidade.

Para peixes filtradores, como as tilápias, é fundamental que a água utilizada nos ensaios de digestibilidade não contenha plâncton para evitar interferências nos resultados.

Normalmente, as metodologias de determinação de digestibilidade para peixes enfocam a digestibilidade fecal aparente. Entretanto, é possível obter a digestibilidade verdadeira da proteína e aminoácidos empregando dietas livres de proteína para determinação da excreção endógena, como descrevem Vidal Jr. *et al.* (2004).

É possível que para algumas espécies, principalmente carnívoras, a determinação deste fator de correção seja dificultada pela não ingestão das dietas livre de proteínas em função da palatabilidade.

Em estudos de digestibilidade de alimentos em peixes, de modo geral, deve-se levar em conta as particularidades da excreção do nitrogênio. Estes organismos aminotélicos eliminam amônia por via fecal, urinária e por difusão através das brânquias (cerca de 80% do nitrogênio é eliminado através das brânquias). A mensuração deste nitrogênio eliminado pela urina e brânquias se torna metodologicamente difícil, o que deixa os dados de digestibilidade da fração nitrogenada ainda mais distantes dos coeficientes de metabolização desta fração. Assim, nutricionistas de peixes que precisam atribuir valores energéticos a diferentes ingredientes para a formulação de dietas balanceadas devem empregar os valores de ED, devendo evitar os valores de EM, pois estes têm sido obtidos por métodos suscetíveis a erros grosseiros (CHO *et al.*, 1982). Uma alternativa que pode ser utilizada é o uso de predições matemáticas da metabolização do nitrogênio.

AVALIAÇÃO DE ALIMENTOS ATRAVÉS DE PROVAS DE DESEMPENHO

Após o conhecimento da composição químico-bromatológica e coeficientes de digestibilidade para o alimento avaliado, é necessário verificar o comportamento dos peixes ao se alimentarem de dietas contendo diferentes níveis de inclusão desse alimento. Para tal deve-se montar ensaios com dietas isonutritivas com níveis crescentes do alimento em questão. É importante fazer a análise dos resultados em função de diferentes respostas, por exemplo:

- ganho de peso;
- conversão alimentar;
- % de gordura na carcaça;
- deposição de proteína;
- sobrevivência;
- condição (“status”) imunológica;
- características organolépticas da carne;
- coloração / aspecto;
- custo;
- potencial poluidor da dieta.

É comum este tipo de avaliação, buscando alternativas de ingredientes protéicos para a substituição da farinha de peixes na formulação de dietas ou na busca por potenciais usos para diferentes subprodutos da indústria agropecuária.

As metodologias de avaliação de alimentos para peixes, mesmo com suas limitações particulares, são ferramentas imprescindíveis para a melhoria na eficiência alimentar e, conseqüentemente, econômica dos sistemas de produção de peixes.

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS

A identificação das exigências nutricionais no cultivo de organismos aquáticos é fundamental (CASTAGNOLLI e TACHIBANA, 2003). A proteína bruta é o principal nutriente, pois dela são extraídos os aminoácidos para a formação das proteínas musculares (PIEDRAS *et al.*, 2006) e no caso das espécies carnívoras para a obtenção de parte da energia.

A alta exigência de proteínas dos peixes pode ser atribuída ao hábito alimentar, carnívoro ou onívoro, e principalmente, à utilização preferencial dos aminoácidos em detrimento aos carboidratos como fonte de energia (COWEY,

1975; citado por TACON, 1987). Ao contrário dos outros animais domésticos, peixes conseguem obter mais energia metabolizável através do catabolismo das proteínas do que dos carboidratos (TACON, 1987).

A necessidade de proteína na dieta envolve dois componentes: exigência de aminoácidos essenciais, os quais não podem ser sintetizados a partir de outros aminoácidos ou são sintetizados em quantidades insuficientes e que são fundamentais para a deposição de proteínas e produção de diversos compostos com funções metabólicas; e o suprimento dos aminoácidos não essenciais ou de nitrogênio suficiente para que estes possam ser sintetizados pelo peixe. Vale lembrar que a síntese de aminoácidos não essenciais requer gasto de energia e que o fornecimento de aminoácidos essenciais e não essenciais em proporções adequadas proporciona maior eficiência na utilização da proteína e energia contidas na dieta (NRC, 1993).

O balanço ou a relação de aminoácidos e a adequada relação proteína/energia digestíveis são a base do requisito protéico para peixes, uma vez que quando há excesso de algum aminoácido e/ou deficiência de energia disponíveis para a síntese de proteínas este é catabolizado para a geração de energia ou eliminado na forma de amônia. Em peixes, o excesso de proteína ou aminoácido não pode ser estocado, uma vez que estes são utilizados preferencialmente como fonte de energia ao invés de lipídeos e carboidratos (WILSON, 1989; citado pelo NRC, 1993).

Quando comparados aos demais vertebrados, os peixes possuem um sistema digestivo simples e pouco desenvolvido. Como conseqüência, têm pouca habilidade em utilizar carboidratos como fonte de energia exigindo dietas com altos níveis de proteína (MILLWARD, 1989).

Existem diferentes estratégias para se determinar exigências nutricionais de monogástricos, sendo os métodos mais empregados: o de dose-resposta, que determina as necessidades de um nutriente ou energia através do desempenho de animais alimentados com dietas com níveis crescentes do nutriente avaliado; e o fatorial, baseado no princípio que o animal precisa de nutrientes para a manutenção dos processos

vitais e atividades, crescimento e produção (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

As exigências de um animal podem ser interpretadas como sendo as quantidades de um nutriente para atender um determinado nível de produção (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

Segundo a definição de Larbier e Leclercq (1992), citados por Sakomura e Rostagno (2007), a necessidade mínima de um nutriente é a quantidade deste a partir da qual não haverá resposta no desempenho do animal, pois, segundo esses autores, a resposta no desempenho é uma função linear do consumo de nutriente.

A adição de um nutriente limitante na ração, mantendo os níveis adequados dos demais nutrientes, promove crescimento do animal até que sua exigência seja atendida (EUCLYDES e ROSTAGNO, 2001).

A definição dos níveis dos nutrientes a serem avaliados é fundamental para obter a resposta no desempenho animal. As dietas experimentais devem ser formuladas conforme critérios que permitam isolar apenas o efeito do nutriente avaliado. Uma dieta basal é formulada para atender às necessidades de todos os nutrientes, com exceção daquele estudado. Então, de forma crescente, o nutriente é suplementado à dieta basal. Os níveis do nutriente estudado devem ser definidos para promover resposta crescente até atingir um platô, podendo alcançar níveis que proporcionem queda do desempenho (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

Já o método fatorial tem sido a base para a elaboração de modelos que estimam as exigências nutricionais, levando em conta as diferenças de peso, composição corporal, potencial de crescimento e de produção dos animais, assim como do ambiente na definição das exigências (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

O estudo das necessidades energéticas e protéicas dos peixes é um assunto ainda bastante polêmico na aquicultura. A dificuldade de determinar e de chegar a um consenso sobre as exigências protéicas e energéticas está ligada, principalmente, às diferenças entre as diversas espécies de peixes de importância comercial e às distintas fases de produção. Além disso, os peixes, quando comparados com espécies

terrestres, possuem características peculiares quanto às necessidades e utilização dos nutrientes, que estão diretamente relacionadas com o meio em que vivem (ROTTA, 2002).

Segundo vários autores (LEE e PUTNAM, 1973; GARLING JR. e WILSON, 1976; PEZZATO, 1997), existe uma série de fatores que podem alterar as exigências de proteína e energia, podendo afetar a digestão, absorção e utilização metabólica dos alimentos. São citados como promotores dessas diferenças a espécie, a fase de produção, o estado fisiológico dos animais, a temperatura da água, a salinidade da água, a interação com outros nutrientes, os processos tecnológicos de preparação de dietas e as metodologias empregadas nos testes, entre outros (ROTTA, 2002).

As exigências de proteína para uma espécie são influenciadas por fatores como tamanho do peixe, hábito alimentar e função fisiológica. Já o nível de proteína de uma dieta depende do desempenho desejado, da qualidade da proteína, da quantidade de energia e de fatores econômicos. Porém, não há nenhuma evidência de que essa exigência seja influenciada pela temperatura da água (SAMPAIO *et al.*, 2000).

O nutriente mais caro de uma dieta é a proteína (LI e ROBSON, 1997). Se uma dieta apresentar níveis insuficientes de energia ou a proteína for de baixa qualidade, a proteína será desaminada para ser utilizada como fonte de energia para o metabolismo. Uma baixa relação energia/proteína pode reduzir a taxa de crescimento, devido o aumento da demanda metabólica para a excreção do nitrogênio. Já o excesso de energia pode causar deposição excessiva de gordura nos peixes, reduzir o consumo de alimento e inibir a utilização de outros nutrientes (CHO, 1990).

A relação energia/proteína exigida pelos peixes é menor que aquela exigida por animais de sangue quente, porque os peixes não têm que manter a temperatura corporal constante, despendendo menos energia para a atividade muscular e para manter a posição na água do que os animais terrestres, além de gastarem menos energia do que os animais homeotérmicos para a excreção nitrogenada (LOVEL, 1984; citado por SAMPAIO, 2000).

Entretanto, a eficiência da utilização da proteína é inversamente proporcional ao seu nível na dieta (BOWEN, 1987), fato observado por Britz (1996) e Al-Hafedh (1999), com alevinos de “abalone” (*Haliotis midae*) e de tilápia do Nilo, respectivamente.

Segundo Winfree e Stickney (1981), os peixes carnívoros, principalmente, parecem exigir menores relações de energia/proteína que os peixes onívoros e herbívoros. Essas diferenças entre espécies estão diretamente relacionadas com os hábitos alimentares em seus ambientes silvestres, como o tipo de alimento e frequência de alimentação, e com as suas diferenças fisiológicas, como tamanho e funcionalidade do aparelho digestivo. Resultados de estudos em laboratório conduzidos com diversas espécies de peixes carnívoros, como os salmonídeos, os percídeos e alguns peixes marinhos, indicaram que, para um ótimo crescimento ser alcançado, metade da energia da dieta deve ser suprida pela proteína. Assim, é geralmente reconhecido que a proteína deve fornecer de 40% a 55% da energia dietética para estas espécies (ROTTA, 2002).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia dos alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 5, p. 1101 – 1109, 2004.
- AKSNEES, A.; OPSTVEDT, J. Content of digestible energy in fish feed ingredients determined by the ingredient-substitution method. **Aquaculture**, v. 161, p. 45 – 53, 1998.
- AKSNEES, A.; HJERTNES, T.; OPSTVEDT, J. Comparison of two assay methods for determination of nutrient and energy digestibility in fish. **Aquaculture**, v. 140, p. 343 – 359, 1996.
- AL-HAFEDH, Y. S. Effects of dietary protein on growth and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquacult. Res.**, v. 30, p. 385 – 393, 1999.
- ALLAN, G. L.; PARKINSON, S.; BOOTH, M. A. et al. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. **Aquaculture**, v. 186, p. 293 – 310, 2000.
- ALVARADO, C. E. G. **Treinamento alimentar de pintado, *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz, 1829): sobrevivência, crescimento e aspectos econômicos**. Jaboticabal, SP: UNESP, 2003. 72p. Dissertação (Mestrado em aquicultura). Centro de Aquicultura da UNESP, 2003.
- ANDRADE, S. Pesquisa da UFMS garante a preservação do pintado. **Jornal da Universidade**, Campo Grande, n.46, p.3-4, 1990.
- AUSTRENG, E. Digestibility determination in fish using chromium oxide marking and analysis of contents from different segments of the gastrointestinal tract. **Aquaculture**, 13, 265–272, 1978.
- AUSTRENG, E.; STOREBAKKEN, T.; THOMASSEN, M.S. et al. Evaluation of selected trivalent metal oxides as inert markers used to estimate apparent digestibility in salmonids. **Aquaculture**, v.188, n.1-2, p.65-78, 2000.
- AVAULT JR, J. W. How to be successful in commercial aquaculture. **Aquac Mag**, v.21, p.84-89, 1995.
- BEHR, E. R. **Efeitos de diferentes dietas sobre a sobrevivência e crescimento das larvas de *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz, 1829) (Pisces: Pimelodidae)**. 1997. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1997.
- BOWEN, S. H. Dietary protein requirements of fishes – A reassessment. **Can. J. Fisheries Aquatic Sci.**, v. 44, n. 11, p. 1995 – 2001, 1987.
- BRITSKI, H. A.; SATO, Y.; ROSA, A. B. S. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chave de identificação para os peixes da bacia do São Francisco**. Brasília: Câmara dos Deputados/Codevasf, 1984. 143p.
- BRITSKI, H. A.; SATO, Y.; ROSA, A. B. S. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chave de identificação**

para os peixes da bacia do São Francisco. 3. ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1988. p.115.

BRITZ, P. J. Effect of dietary protein level on growth performance of South African abalone, *Haliotis midae*, fed fishmeal-based semi-purified diets. **Aquaculture**, v. 140, p. 55 – 61, 1996.

BUITRAGO-SUÁREZ, U. A.; BURR, B. M. Taxonomy of the catfish genus *Pseudoplatystoma* Bleeker (Siluriformes: Pimelodidae) with recognition of eight species. **Zootaxa**, v.1512, p.1-38, 2007.

BURGESS, W. E. **An atlas of freshwater and marine catfishes: a preliminary survey of the Siluriformes**. Neptune City: TFH Publications, 1989. 784p.

BURKERT, D.; ANDRADE, D. R.; SIROL, R. N.; QUIRINO, C. R.; RASGUIDO, E. A.; SALARO, A. L. Desempenho do surubim (*Pseudoplatystoma* sp.) cultivado em tanques-rede durante um ano e alimentado com rações comerciais. In: URBINATI, E. C.; CYRINO, J. E.P. (Eds.). Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, 12, 2002, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABRAQ, 2002. p.94.

CAMARGO, S. A. F.; PETRERE JR, M. Social and Financial aspects of the artisanal fisheries of Middle São Francisco River, Minas Gerais, Brazil. **Fish Manag Ecol**, v.8, p.163-171, 2001.

CAMPAGNOLO, R.; NUÑER, A. P. O. Sobrevivência e crescimento de larvas de surubim, *Pseudoplatystoma coruscans* (Pisces, Pimelodidae), em diferentes densidades de estocagem. **Acta Sci Anim Sci**, v.28, p.231-237, 2006.

CAMPOS J. L. The culture of pintado, *Pseudoplatystoma* spp. (Pimelodidae). In: World Aquaculture, 2003, Salvador. **Proceedings...** Salvador: World Aquaculture Society, 2003. p.150. Resumo.

CARTER, C.G.; BRANSDEN, M.P.; VAN BARNEVELD, R.J.; CLARKE, S.M. Alternative methods for nutrition research on the southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii*: *in vitro* digestibility. **Aquaculture**, v. 179, p. 57– 70, 1999.

CHO, C.Y. Fish nutrition, feeds, and feeding: with special emphasis on salmonid aquaculture. **Food Reviews International**, v. 6, p. 333 – 357, 1990.

CHO, C.Y.; SLINGER, S.J.; BAYLEY, H.S. Bioenergetics of salmonids fishes: energy intake, expenditure and productivity. **Comparative Biochememistry Physiology. Part B**, Oxford, v.73, n.1, p.25-41, 1982.

CHONG, A. S. C.; HASHIM, R.; ALI, A. B. Assessment of dry matter and protein digestibilities of selected raw ingredients by discus fish (*Symphysodon aequifasciata*) using *in vivo* and *in vitro* methods. **Aquaculture Nutrition**, v. 8, n. 3, p. 229 – 238, 2002.

COELHO, S. R. C. Situação atual e perspectivas da indústria de rações para organismos aquáticos. In: CYRINO, J. E. P.; KUBITZA, F. (Eds.). Simpósio sobre Manejo e Nutrição de Peixes, 1, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: CBNA, 1997. p.102-116.

COELHO, S. R. M.; CYRINO, J. E. P. Custos na produção intensiva de surubins em gaiolas. **Inf Econ São Paulo**, v.36, n.4, p.7-14, 2006.

CREPALDI, D. V. **Avaliação da técnica de ultra-sonografia como indicador de rendimento de carcaça e biometria em surubim (*Pseudoplatystoma* spp.)**. 2004. 39p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 2004.

CREPALDI, D. V.; RIBEIRO, L. P.; MELO, D. C.; TEIXEIRA, E. A.; MIRANDA, M. O. T.; SOUZA, S. N. Comparação do desempenho de surubim puro, *P. Coruscans* e o híbrido *P. Coruscans* x *P. Fasciatum* em 3 densidades de estocagem. In: World Aquaculture 2003, Salvador. **Anais...** Salvador: World Aquaculture Society, 2003. p.211. Resumo.

CURRAN, M.K.; LEADER, J.D.; WESTON, E.W. A note on the use of chromic oxide incorporated in a feed to estimate faecal output in ruminants. **Animal Production**, v.9, p.561-564, 1967.

- DE SILVA, S. S. Evaluation of the use of internal and external markers in digestibility studies. In: CHO, C. Y. (Ed.) **Finfish nutrition in Asia, methodological approaches to research and development**. 1. ed. Ottawa: Int. Dev. Research Center, 1985. p. 96 – 102.
- DEGANI, G.; VIOLA, S.; YEHUDA, Y. Apparent digestibility of protein and carbohydrate in feed ingredients for adult tilapia (*Oreochromis aureus x O. niloticus*). **Israeli J. Aquac.**, v. 49, n. 3, p. 115-123, 1997.
- DEL CARRATORE, C. R. **Desempenho produtivo, digestibilidade e metabolismo energético de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*) alimentados com níveis crescentes de amido**. 2001. 60 p. Tese (Doutorado). Jaboticabal: Centro de aquicultura da UNESP, 2001.
- DIMES, L.E.; GARCIA-CARRENO, F.L.; HAARD, N.F. Estimation of protein digestibility III. Studies on the digestive enzymes from the pyloric ceca of rainbow trout and salmon. **Comp. Biochem. Physiol.**, 109A, 349– 360, 1994a.
- DIMES, L.E.; HAARD, N.F.; DONG, F.M.; RASCO, B.A.; FORSTER, I.P.; FAIRGRIEVE, W.T.; ARNDT, R.; HARDY, R.W.; BARROWS, F.T.; HIGGS, D.A. Estimation of protein digestibility – II. *In vitro* assay of protein in salmonid feeds. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 108A, p. 363– 370, 1994b.
- DIMES, L.E.; HAARD, H.F. Estimation of protein digestibility – I. Development of an *in vitro* method for estimating protein digestibility in salmonids (*Salmo gairdneri*). **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 108A, p. 349– 362, 1994.
- DONG, F.M.; HARDY, R.W.; HAARD, N.F.; BARROWS, F.T.; RASCO, B.A.; FAIRGRIEVE, W.T.; FORSTER, I.P. Chemical composition and protein digestibility of poultry by-product meals for salmonid diets. **Aquaculture**, v.116, p. 149 – 158, 1993.
- EID, A.E. e MATTY, A.J. A simple *in vitro* method for measuring protein digestibility. **Aquaculture**, v. 79, p. 111–119, 1989.
- ELLIS, R. W.; SMITH, R. R. Determining fat digestibility in trout using a metabolic chamber. **The Progressive Fish-Culturist**, v. 46, n. 2, p. 116 – 119, 1984.
- ERFANULLAH-JAFRI, A.K. Evaluation of digestibility coefficients of some carbohydrate-rich feedstuffs for Indian major carp fingerlings. **Aquac. Res.**, v. 29, p. 511-519, 1998.
- EUCLYDES, R.F.; ROSTAGNO, H.S. Estimativa dos níveis nutricionais via experimentos de desempenho. Nutrição de aves e suínos. In: Workshop Latino-Americano Ajinomoto Biolatina, 1., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu.: 2001. p. 77-88.
- FAGBENRO, O.A. Apparent digestibility of various legume seed meals in Nile tilapia diets. **Aquac. Intern.**, v. 6, p. 83-87, 1998.
- FAGBENRO, O. A. Validation of the essential amino acid requirements of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linne 1758), assessed by the ideal protein concept. In: FITZSIMMONS, K. e CARVALHO FILHO, J. (Eds.) **Proceedings from the fifth international symposium on tilapia aquaculture**. Rio de Janeiro: Panorama da Aquicultura Magazine, 2000. p. 154-156.
- FARIA, P. M. C.; TEIXEIRA, E. A.; CREPALDI, D. V.; RIBEIRO, L. P.; MELO, D. C.; SOUSA, A. B.; AGUIAR, T. R. M. L.; COSTA, F. A. A. REIS, M. A.; MORAIS, V. E. Rendimento de carcaça do surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) em diferentes classes de peso. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 43, 2006, João Pessoa, PB. **Anais...** CD-ROM. João Pessoa: SBZ, 2006.
- FUJIMOTO, R. Y.; CARNEIRO, D. J. Adição de ascorbil polifosfato, como fonte de vitamina C, em dietas para alevinos de pintado, *Pseudoplatystoma coruscans* (Adassiz, 1829). **Acta Scientiarum**, v. 23, n.4, p. 855 – 861, 2001.
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Diagnóstico ambiental do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CETEC, 1983. 158p.
- FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA, UFMG. **Programa de ações e**

pesquisa para conservação e restauração de recursos pesqueiros de Minas Gerais: relatório. Belo Horizonte. FUNDEP, 2000. 65p.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; PEZZATO, A. C.; BARROS, M. M.; MIRANDA, E. C. Coeficiente de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1143-1149, 2001.

GARLING JUNIOR, D.L.; WILSON, R.P. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.106, p.1368-1375, 1976.

GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. Breve visão do São Francisco. In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (Org.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p.15-24.

GODINHO, H. P.; VIEIRA, F. Ictiofauna do estado de Minas Gerais. In: Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 1998. 222p.

GODINHO, H. P.; MIRANDA, M. O. T.; GODINHO, A. L.; SANTOS, J. E. Pesca e biologia do surubim *Pseudoplatystoma coruscans* no rio São Francisco em Pirapora, MG. In: **Reunião do grupo de avaliação técnica de Siluriformes do Brasil**, 1, 1990, Pirassununga, SP. Pirassununga, SP: CEPTA/IBAMA, 1990. 9p.

GONÇALVES, E. G. **Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e da energia dos alimentos e exigência de proteína digestível em dietas para o crescimento do pintado, *Pseudoplatystoma coruscans***. Jaboticabal, SP: UNESP, 2002. 52p. Dissertação (Mestrado em aquicultura). Centro de Aquicultura da UNESP, 2002.

GRABNER, M. An *in vitro* method for measuring protein digestibility of fish feed components. **Aquaculture**, v. 48, p. 97 – 110, 1985.

HAJEN, W.E.; BEAMES, R.M.; HIGGS, D.A.; DOSANJH, B.S. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea water. 1. Validation of technic. **Aquaculture**, v. 112, p. 321 – 332, 1993a.

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, 1993b.

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

HOSSAIN, M. A.; JAUNCEY, K. Studies on the protein, energy and amino acids digestibility of fish meal, mustard oilcake, linseed and sesame meal for common carp (*Cyprinus carpio*). **Aquaculture**, v. 83, p. 59 – 72, 1989.

HSU, H.W.; VAVAK, D.L.; SATERLEE, L.D.; MILLER, G.A. A multienzyme technique for estimating protein digestibility. **J. Food Sci.**, v. 42, p. 1269 – 1273, 1977.

INOUE, L. A. K. A.; CECCARELLI, P. S.; SENHORINI, J. A. A larvicultura e a alevinagem do Pintado e do Cachara. **Panor Aquicult**, v.74, p.13-21, 2002.

KHAN, M.S. Apparent digestibility coefficients for common feed ingredients in formulated diets for tropical catfish, *Mystus nemurus* (Cuvier & Valenciennes). **Aquac. Fisheries Manag.**, v. 25, p. 167-174, 1994.

KUBITZA, F.; CAMPOS, J. L.; BRUM, J. A. Surubim: produção intensiva no Projeto Pacu Ltda. e Agropeixe Ltda. **Panor Aquicult**, v.49, p.25-32, 1998.

LAZO, J.P.; ROMAIRE, R.P.; REIGH, R.C. Evaluation of three *in vitro* enzyme assays for estimating protein digestibility in the Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*. **J. World Aquacult. Soc.**, 29, p. 441 – 450, 1998.

LEE, D.J.; PUTNAM, G.B. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in

- a test diet. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.103, p.916-922, 1973.
- LINS, L. V.; MACHADO, A. B. N.; COSTA, C. M. R.; HERMANN, G. **Roteiro metodológico para elaboração de listas de espécies ameaçadas de extinção: contendo a lista oficial da fauna ameaçada de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 1997. 55p.
- LIRANÇO, A. D. S.; ROMAGOSA, E. Efeito de dois sistemas de criação, tanque-Rede e viveiro escavado, no desenvolvimento produtivo do pintado, *Pseudoplatystoma coruscans* (Spix & Agassiz, 1829) (Siluriformes: Pimelodidae). *In*: Encontro Brasileiro de Biologia, 15, 2005, Campo Grande, MS. Campo Grande, MS: UFMS, 2005. p.109. Resumo.
- LOPES, V. E. S. ; TEIXEIRA, E. A. ; CREPALDI, D. V. ; FARIA, P. M. C. ; AGUIAR, T. R. M. L. ; CINTRA, A. P. R. ; COSTA, A.A.P ; COSTA, F. A. A. ; DRUMOND, M. L. ; MORAIS, V. E. ; REIS, M. A. ; PRADO, S. A. ; SALIBA, E. O. S. Utilização do LIPE como indicador externo na determinação da digestibilidade em peixes. *In*: XVI Semana de Iniciação científica da Escola de Veterinária da UFMG, 2007, Belo Horizonte. **Anais...**, 2007.
- LUNDSTEDT, L. M. **Aspectos adaptativos dos processos digestivo e metabólico de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*) arraçoados com diferentes níveis de proteína e energia**. São Carlos, SP: UFSCar, 2003. 140p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, 2003.
- MACHADO, J. H. **Desempenho produtivo de juvenis de pintado, *Pseudoplatystoma coruscans*, arraçoados com diferentes níveis de proteína e energia**. Ilha Solteira, SP: UNESP, 1999. 45p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Estadual Paulista, 1999.
- MARQUES, E. E. **Biologia reprodutiva, alimentação natural e dinâmica da nutrição do pintado *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz, 1829) (Osteichthyes, Pimelodidae) no alto rio Paraná**. 1993. 104p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.
- MARTINO, R. C.; CYRINO, J. E. P.; PORTZ, L.; TRUGO, L. C. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma coruscans*. **Aquaculture**, v. 209, p. 209 – 218, 2002a.
- MARTINO, R. C.; CYRINO, J. E. P.; PORTZ, L.; TRUGO, L. C. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. **Aquaculture**, v. 209, p. 233 – 246, 2002b.
- MARTINO, R. C.; CYRINO, J. E. P.; PORTZ, L.; TRUGO, L. C. Performance, carcass composition and nutrient utilization of surubim *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz) fed diets with varying carbohydrate and lipid levels. **Aquaculture Nutrition**, v. 11, p. 131 – 137, 2005.
- MASUMOTO, T.; RUCHIMAT, T.; ITO, Y. et al. Amino acid availability values for several protein sources for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). **Aquaculture**, v. 146, p. 109 – 119, 1996.
- MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, N. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Research Report n. 7 University of Connecticut, Agriculture Experimental Station**, v.7, p. 3-11, 1965.
- MAYNARD, L. A.; LOOSLI, J. K. Nutrição animal. Trad. GREEN, C., 2 ed., em português. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1974.
- MILLWARD, D. J. The nutritional regulation of muscle growth and protein turnover. Amsterdam: Elsevier, 1989. **Aquaculture**, 79, p.1-28.
- NATH, K.; KUMAR, N. Effect of hexavalent chromium on the carbohydrate metabolism of a freshwater tropical teleost *Colisa fasciatus*. **Bulletin Institute Zoology Academy Science**, v. 26, n. 2, p. 245 – 248, 1987.
- NATH, K.; KUMAR, N. Hexavalent chromium: toxicity and its impact on certain aspects of carbohydrate metabolism of a freshwater tropical teleost *Colisa fasciatus*. **Science Total Environment**, v. 72, n. 1, p. 175 – 181, 1988.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of fish**. Washington: National Academic Press, 1993. 115 p.
- NORDRUM, S.; KROGDAHL, A.; ROSJO, C. et al. Effects of methionine, cysteine and medium chain triglycerides on nutrient digestibility, absorption of amino acids along the intestinal tract and nutrient retention in atlantic salmon (*Salmo salar* L.) under pair-feeding regime. **Aquaculture**, v.186, n.3-4, p.341-360, 2000.
- NOSE, T. On the digestion of food protein by gold-fish (*Carassius auratus* L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* G.) **Bull. Freshwater Fish**. V. 10, p. 11-12, 1960.
- NUNES, C. S. Avaliação do valor nutricional de fontes de proteína. II – Metodologia in vivo aplicável aos animais monogástricos e aos teleósteos. **Revista Portuguesa Ciências Veterinárias**, v. 91, n. 519, p. 144 – 151, 1996.
- OWENS, F. N.; HANSON, C. F. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. **J. Dairy Sci**, v. 75, n. 9, p. 2605 – 2617, 1992.
- PEDDIE, J.; DEWAR, W.A.; GILBERT, A.B.; WADDINGTON, D. The use of titanium dioxide for determining apparent digestibility in mature domestic fowls (*Gallus domesticus*). **J. Agric. Sci.**, v.99, p.233-236, 1982.
- PETREIRE, M. River fisheries in Brazil: a review. **Reg Rivers Res Manag**, v.4, p.1-16, 1989.
- PETREIRE, M. A pesca de água doce no Brasil. **Ciênc Hoje**, v.19, p.28-33, 1995.
- PEZZATO, L. E. ; MIRANDA, E. C.; BARROS, M. M.; FURUYA, W. M.; PINTO, L. G. Q. Digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta e a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 329-338, 2004.
- PEZZATO, L.E. O estabelecimento das exigências nutricionais das espécies cultivadas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1997. p.45-62.
- PIEDRAS, S. R. N.; POUHEY, J. L. O. F.; MORAES, P. R. R.; RODRIGUES, F. V. Desposta de alevitos de juñida (*Rhamdia* sp.) alimentados com diferentes níveis de proteína bruta e energia digestível. **R. Brás. Agrocência**, v. 12, n. 2, p. 217 – 220, 2006.
- ROMAGOSA, E.; PAIVA, P.; ANDRADE-TALMELLI, E. F.; GODINHO, H. M. Biologia reprodutiva de fêmeas de cachara, *Pseudoplatystoma fasciatum* (teleostei, siluriformes, pimelodidae), mantidas em cativeiro. **Bol Inst Pesca**, v.29, p.151-159, 2003.
- REID, S. La biologia de los bagres rayados *Pseudoplatystoma fasciatum* y *P.tigrinus* en la cuenca del Rio Apure, Venezuela. **Rev Unellez Cienc Tecnol**, v.1, p.13-41, 1983.
- Reprodução induzida do surubim da bacia do São Francisco. **Tempo de Pescar**, v.2, n.16, 1988.
- RIBEIRO, L. P.; MIRANDA, M. O. T. Rendimento de processamento do surubim *Pseudoplatystoma coruscans*. In: MIRANDA, M. O. T. (Ed.). **Surubim**. Belo Horizonte: IBAMA, 1997. p.101-111. (Coleção Meio Ambiente, Série Estudos da Pesca, 19).
- RIBEIRO, L. P.; MIRANDA, M. O. T.; MURATORI, M. C. S. **Unidade de pesquisa e demonstração tecnológica em aquacultura**. Belo Horizonte: Departamento de Zootecnia, EV/UFMG, 1996. 72p. (Projeto de pesquisa apresentado a FAPEMIG).
- 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, p. 1323 – 1331, 1995.
- ROBINSON, E. H.; LI, M. H. Low protein diets for channel catfish *Ictalurus punctatus* raised in earthen ponds at high density. **Journal of the world Aquaculture Societ**, v. 28, p. 224 – 229, 1997.
- ROSA, R. S.; MENEZES, N. A. Relação preliminar das espécies de peixes (Pisces, Elasmobranchii, Actinopterygii) ameaças no Brasil. **Rev Bras Zool**, v.13, p.647-667, 1996.

- ROTTA, M. A. Utilização da energia e da proteína pelos peixes. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002. 24 p. – (Embrapa Pantanal. Documentos, 40)
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 2007. 283 p.
- SALES, J.; BRITZ, P. J. Evaluation of the reference diet substitution method for determination of apparent digestibility coefficients of feed ingredients for South African abalone (*Haliotis midae* L.). **Aquaculture**, v. 207, p. 113 – 123, 2002.
- SALIBA, E. O. S. **Caracterização química e microscópica das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e de soja expostas à degradação ruminal e seu efeito sobre a digestibilidade dos carboidratos estruturais**. 1998, 251p. Tese (Doutorado em Ciência Animal). Escola de Veterinária – UFMG, Belo Horizonte – MG.
- SALLUM, W. B. ; BERTECHINI, A. G. ; LOGATO, P. V. R. ; Pezzato, L.E. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo de ingredientes de ração para o matrinhã (*Brycon cephalus*, Gunther 1869). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 174-181, 2002.
- SAMPAIO, A. M. M.; KUBITZA, F.; CYRINO, J. E. P. Relação energia: proteína na nutrição do tucunaré. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 2 p. 213 – 219, 2000.
- SATERLEE, L.D.; MARSHALL, H.F.; TENNYSON, J.M. Measuring protein quantity. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, v. 56, p. 103 – 109, 1979.
- SATO, Y.; GODINHO, H. P. Migratory fishes of the São Francisco River. *In*: Carolsfeld J, Harvey B, Ross C, Baer A (Ed.). **Migratory fishes of South America**. Victoria, BC, Canada: World Fisheries Trust, 2003. p.195–231.
- SATO, Y.; CARDOSO, E. L.; AMORIM, J. C. C. **Peixes das lagoas marginais do São Francisco a montante da represa de Três Marias (Minas Gerais)**. Brasília: Codevasf, 1987. 42p.
- SATO, Y.; CARDOSO, E. L.; SALLUM, W. B. Reprodução induzida do surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) da bacia do São Francisco. *In*: Encontro Anual de Aquicultura de Minas Gerais, 6, Belo Horizonte. **Resumos do...** Belo Horizonte: Associação Mineira de Aquicultura, 1988. p.20.
- SCORVO-FILHO, J.D.; ROMAGOSA, E.; AYROZA, L.M.S.; FRASCÁ-SCORVO, C.M.; MERCADANTE, C.T.J. 2004 Desempenho do pintado, *Pseudoplatystoma coruscans* criado em tanques-rede e em viveiros. *In*: AQUIMERCO 2004, Vitória, 24–28/mai./2004. **Anais...** Espírito Santo: Associação Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática – AQUABIO. p.126.
- SEIXAS FILHO, J. T.; BRÁS, J. M.; GOMIDE, A. T. M.; OLIVEIRA, M. G. A.; DONZELE, J. L.; MENIN, E. Anatomia funcional do intestino do Teleostei (Pisces) de água doce surubim (*Pseudoplatystoma coruscans* – Agassiz, 1829). **Rev. Bras. Zootec.**, v. 30, n. 6, p. 1670 – 1680, 2001.
- SHIAU, S. Y.; LIANG, H. S. Carbohydrate utilization and digestibility by tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) are affected by chromic oxide inclusion in diet. **Journal of nutrition**, v. 125, n. 4, p. 976 – 982, 1995.
- SIBBALD, I.R. Estimation of bioavailable amino acids in feedingstuffs for poultry and pigs: a review with emphasis on balance experiments. **Can. J. Anim. Sci.**, v.67, p.221-300, 1987.
- SIBBALD, I.R.; PRICE, K. Variation in the metabolizable energy values of diets and dietary components feed to adult roosters. **Poultry Science**, v.54, n.2, 448-56, 1975.
- SILVA, J.F.C.; LEÃO, M.I. **Fundamentos da nutrição de ruminantes**. Piracicaba: Livrocere, 1979, 384 p.
- SOUSA, A. D. L. **Efeito dos sistemas de criação semi-intensivo (viveiro escavado) e intensivo (tanque-rede) no desenvolvimento produtivo do pintado, *Pseudoplatystoma coruscans* (spix & agassiz, 1829) (Siluriformes: pimelodidae)**. 2005. 29f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Centro de Aquicultura da UNESP, Campus de Jaboticabal, São Paulo, 2005.

- SOUZA, M. L. R.; MARANHÃO, T. C. F. Rendimento de carcaça, filé e subprodutos da filetagem da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L), em função do peso corporal. **Acta Sci**, v.23, p.897-901, 2001.
- SOUZA, M. L. R.; LIMA, S.; FURUYA, W. M.; PINTO, A. A.; LOURES, B. T. R. R. L.; POVH, J. A. Estudo de carcaça do bagre africano (*Clarias gariepinus*) em diferentes categorias de peso. **Acta Sci**, v.21, p.637-644, 1999.
- STOREBAKKEN, T.; KVIEN, I. S.; SHEARER, K. D.; GRISDALE-HELLAND, B.; HELLAND, S. J.; BERGE, G. M. The apparent digestibility of diet containing fish meal, soybean meal or bacterial meal to Atlantic salmon (*Salmo salar*): evaluation of different faecal collection methods. **Aquaculture**, v. 169, p. 195 – 210, 1998.
- SUGIURA, S. H.; DONG, F. M.; RATHBONE, C. K. *et al.* Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various fed ingredients for salmonid feeds. **Aquaculture**, v. 159, p. 177 – 202, 1998.
- TACHIBANA, L.; CASTAGNOLLI, N. Custo na alimentação dos peixes: é possível reduzir mantendo a qualidade. **Revista Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 75, p. 55 – 57, 2003.
- TACON, A. G. J. **The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp – a training manual**. 1. The essential nutrients. FAO, Brasília, Brasil: FAO, 1987.
- TEIXEIRA, E. A. **Composição corporal e requisitos nutricionais de aminoácidos para alevinos de tilápia (*Oreochromis spp.*)**. 2003. 34 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.
- TURRA, E. M. **Desempenho do Surubim *Pseudoplatystoma spp* sob diferentes densidades de estocagem**. 2000. 31f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.
- URBINATI, E. C.; SILVA, B. F.; BORGES, R.; et al. Inclusão de cromo e vanádio para melhorar o aproveitamento da carboidrato da dieta do pacu, *Piaractus mesopotamicus*. **Aqüicultura Brasil**, 1998. **Resumos...** Recife: Simbraq, 1998. p. 153.
- VANDENBERG, G. W.; LA NOÛE, J. Apparent digestibility comparison in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) assessed using three methods of faeces collection and three digestibility markers. **Aquaculture nutrition**, v. 7, p. 237 – 245, 2001.
- VIDAL JR., M. V.; DONZELE, J. L.; ANDRADE, D. R.; SANTOS, L. C. Determinação da digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta do fubá de milho e do farelo de soja para tambaqui (*Colossoma macropomum*), utilizando-se técnicas com uso de indicadores internos e externos. **R. Bras. Zootec.**, v. 33, n. 6, p. 2193 – 2200, 2004.
- WEATHERUP, R. N.; McCracken, K. J. Comparison of estimates of digestibility of two diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), using two markers and two methods of faeces collection. **Aquaculture Research**, v. 29, p. 527 – 533, 1998.
- WELCOMME, R. L. **River fisheries**. Roma: FAO, 1985. 330p. (FAO Fisheries Technical Papers, 262).
- WILSON, R.P.; POE, W.E. Apparent digestible protein and energy coefficients of common feed ingredients for channel catfish. **Progressive Fisheries Culturist**, v. 47, n. 3, p. 154 – 158, 1985.
- WINFREE, R.A.; STICKNEY, R.R. Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.111, p.1001-1012, 1981.
- YAMAMOTO, T.; IKEDA, K.; UNUMA, T. et al. Apparent availabilities of amino acids and minerals from several protein sources for fingerling rainbow trout. **Fisheries Sci.**, v. 63, n. 6, p. 995 – 1001, 1997.

CAPÍTULO II

COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DE ALIMENTOS PARA JUVENIS DE SURUBIM (*PSEUDOPLATYSTOMA SPP*) *APPARENT DIGESTIBILITY COEFFICIENTS OF DIFFERENT INGREDIENTS FOR SURUBIM JUVENILES (*PSEUDOPLATYSTOMA SPP*)*

RESUMO

O objetivo deste trabalho é determinar o valor nutritivo de diferentes alimentos para juvenis de surubins por meio da caracterização bromatológica e da determinação de coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB). Foram avaliados oito ingredientes protéicos – farinha de peixes, farinha de vísceras de aves, plasma sanguíneo, farelo de soja, concentrado protéico de soja, glutenose, glúten de trigo e uma levedura (*Saccharomyces cerevisiae*); e quatro energéticos – fubá de milho, sorgo baixo tanino, farelo de arroz integral e quirera de arroz. Foi utilizada a metodologia de substituição do alimento teste numa ração referência usando-se 0,1% de óxido crômico como indicador externo. Usaram-se 360 alevinos com 30g de peso médio distribuídos em tanques apropriados para a colheita de fezes. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 12 tratamentos e quatro repetições. A unidade experimental foi composta por um tanque com doze peixes. Os resultados de cada ensaio foram submetidos à ANOVA e comparadas pelo teste SNK ($p < 0,05$). Os resultados de composição dos alimentos foram compatíveis com os dados da literatura. Já os CDA da MS variaram de 38,00 a 82,22%, os da PB entre 71 e 98% e os da EB de 47 a 86%, sendo que os alimentos com maiores CDA foram o glúten de trigo e as farinhas de vísceras e de peixes. Os de menores CDA foram o plasma sanguíneo, a levedura e o sorgo.

Palavras-Chave: Avaliação de alimentos, digestibilidade, *Pseudoplatystoma*, surubim.

Abstract

*The aim of this work is determine the nutritional value of different ingredients for surubim juvenile through the chemical characterization and determination of apparent digestibility coefficients (CDA) of the dry matter (DM), crude protein (CP) and crude energy (CE). Eight protein sources had been evaluated - fishmeal, poultry by-product, blood plasm, soybean meal, soy protein concentrate, corn gluten meal, wheat gluten and a yeast (*Saccharomyces cerevisiae*); and four energy – corn meal, sorghum, ground rice and rice meal. The feed substitution method was used and 0.1% of chromic oxide was added as external indicator. 360 fish with initial weight 30g were used. The experimental design had 12 treatments totally randomly, with four replicates. The results of the present study were submitted to ANOVA and SNK test ($p < 0,05$). The results of composition of feeds had been compatible with the literature. The CDA of the DM had varied of 38 to 82%, the CDA of CP was between 71 and 98% and the CDA of the CE was 47 to 86%, being that the foods with bigger CDA. The wheat gluten, fish meal and poultry by-product had better results and the lower was blood plasm, yeast and sorghum.*

*Keywords: digestibility, feed evaluation, *Pseudoplatystoma*, spotted catfish.*

INTRODUÇÃO

O surubim, pertencente à família Pimelodidae e ao gênero *Pseudoplatystoma*, pode ser encontrado nas principais bacias hidrográficas sul-americanas, Amazônica, Prata e São Francisco (TAVARES, 1997). No Brasil, o surubim é considerado o peixe de água doce de maior valor comercial e preferência na maioria dos Estados, por apresentar carne de coloração clara e textura firme, sabor pouco acentuado, baixo teor de gordura e ausência de espinhos intramusculares. Outras características importantes do surubim são o rápido crescimento, o bom índice de conversão alimentar, a tolerância às baixas temperaturas e à redução na qualidade de água, a tolerância ao manejo e transporte e o alto rendimento em carne no processamento (RIBEIRO e MIRANDA, 1997).

Trabalhos realizados pela Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco – CODEVASF, e pesquisas desenvolvidas no departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG apontam o surubim como um animal de grande potencial para produção comercial (Reprodução ..., 1988; MIRANDA, 1993).

Apesar do interesse comercial, do potencial zootécnico, do aumento da demanda por rações específicas para esse gênero e do fato de o surubim ser uma prioridade dos Governos Federal e Estadual no desenvolvimento da aquicultura, poucos estudos foram realizados no que tange a nutrição desses animais.

O crescente desenvolvimento da piscicultura no Brasil traz consigo a necessidade de se formular dietas que possibilitem uma maior eficiência produtiva, tanto no aspecto do desempenho animal quanto no econômico, uma vez que a alimentação assume um importante papel nos custos de produção, sendo responsável por mais de 60% destes.

Mesmo existindo hoje tecnologia para a produção de alevinos em larga escala, ainda existe um obstáculo importante a ser transposto na produção comercial do surubim – a alimentação em cativeiro. Isso ocorre devido ao alto custo das dietas em função do hábito alimentar e, principalmente, à falta de

conhecimento acerca de suas exigências nutricionais e da digestibilidade dos ingredientes potencialmente utilizáveis na sua alimentação.

Quanto ao hábito alimentar, o surubim é caracterizado como carnívoro (predominantemente piscívoro), o que torna o custo da alimentação ainda maior. Resende *et al.* (1990), estudando surubins na bacia hidrográfica do Rio Miranda, encontraram como conteúdo estomacal basicamente peixes em 92,6% dos pintados analisados.

Segundo Seixas Filho *et al.* (2001), o arranjo intestinal do surubim é compatível com a maioria dos peixes carnívoros, apresentando-se quase retilíneo. Entretanto, o surubim apresenta algumas particularidades como circunvoluções das alças finais do intestino médio, as quais podem ser vistas como possíveis adaptações para um regime onívoro. A relação entre o arranjo das pregas mucosas e a velocidade de trânsito do alimento no intestino médio sugere que o padrão longitudinal com numerosas anastomoses reduz a taxa de passagem, o que possibilita maior tempo de digestão com conseqüente aumento do aproveitamento dos nutrientes, pela exposição do material alimentar à mucosa intestinal por período maior, além de contribuir para a preparação do bolo fecal. Segundo Gonçalves (2002), o tempo de passagem de uma ração para alevinos de surubim, a uma temperatura de 28°C, é de 7 horas e 30 minutos.

A formulação de dietas para peixes conta com o suporte das informações genéricas contidas no NRC (1993). Contudo, inúmeras espécies de peixes de interesse zootécnico, como o surubim, ainda não possuem informações precisas no que se refere às necessidades nutricionais e à digestibilidade de alimentos (FAGBENRO, 2000).

Assim como para outros animais domésticos, as rações para peixes foram formuladas baseadas em proteína bruta por muitos anos. A elaboração de dietas com base em proteína bruta geralmente resulta em excesso de aminoácidos em relação às exigências (ZAVIEZO, 1998).

Para a produção de rações de alto valor nutricional e que possibilitem uma maior eficiência econômica, é necessário o conhecimento da digestibilidade dos nutrientes e

da energia dos principais ingredientes que podem compor uma ração para espécie e fase de vida a qual desejamos produzir (FURUYA, 2000).

Existem diferentes metodologias para se determinar coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia dos alimentos. Na nutrição de peixes destacam-se os métodos indiretos, aqueles que fazem uso de indicadores.

No Brasil, alguns autores têm publicado diversos artigos tratando da digestibilidade de alimentos, principalmente, para tilápias. Pezzato *et al.* (2002) determinaram CDA da proteína e energia de 17 alimentos. Furuya *et al.* (2001) obtiveram CDA de aminoácidos de alguns ingredientes para tilápia (*Oreochromis niloticus*). Oliveira *et al.* (2007) determinaram a digestibilidade de nutrientes em ração com complexo enzimático para tilápia (*Oreochromis niloticus*). Pimenta *et al.* (2006) obtiveram a digestibilidade dos nutrientes da silagem ácida de pescado em diferentes níveis de inclusão para tilápia (*Oreochromis niloticus*).

Outras diferentes espécies de peixe têm sido alvo de estudos dessa natureza. Vidal Jr. *et al.* (2004) determinaram a digestibilidade da matéria seca e proteína do fubá de milho e farelo de soja para o tambaqui (*Colossoma macropomum*), utilizando indicadores internos e externos. Sallum *et al.* (2002) definiram a digestibilidade de diferentes ingredientes para o matrinhã (*Brycon cephalus*) (GUNTHER, 1869).

Dentre os peixes de couro, destacam-se os trabalhos de Oliveira Filho e Fracalossi (2006), nos quais determinaram CDAs da matéria seca, proteína e energia de cinco alimentos (farelo de soja, glúten de milho, farinha de resíduo de peixe, quirera de arroz e milho) para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*). E o trabalho de Gonçalves e Carneiro (2003) onde se encontram CDA de proteína e energia de 12 alimentos comumente utilizados na formulação de dietas para o surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*).

Apesar da crescente demanda por rações comerciais para surubim, existem poucos trabalhos que tratam da avaliação de alimentos para essa espécie.

O objetivo deste trabalho foi determinar o valor nutritivo de diferentes alimentos para

surubins juvenis através da caracterização bromatológica e da determinação de coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB).

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado de agosto a novembro de 2007 no Laboratório de Aquicultura da Escola de Veterinária da UFMG (LAQUA), localizado no Campus Pampulha, em Belo Horizonte, Minas Gerais.

MATERIAL BIOLÓGICO

Foram adquiridos, inicialmente, mil alevinos de surubim híbridos (*Pseudoplatystoma* spp) provenientes de criatório comercial no Mato Grosso do Sul, com peso médio inicial de $9,8 \pm 1,1$ g, e comprimento de $12,0 \pm 1,0$ cm. Os alevinos já chegaram ao LAQUA adaptados à dieta seca e foram alojados em 12 tanques de polipropileno circulares com capacidade de 400 L, onde passaram por um período de quarentena e adaptação à dieta peletizada (de fundo), ambiente e manejo por 30 dias. Os peixes que, eventualmente, apresentaram problemas de qualquer natureza foram descartados.

Em seguida, foram selecionados 432 alevinos, já com 30g de peso médio, para o ensaio de digestibilidade. Esses peixes foram distribuídos em 36 tanques-rede cilíndricos de malha plástica de 80mm (40 litros) dentro de tanques de fibra de vidro com 100 litros úteis apropriados para a colheita de fezes, onde passaram por um novo período de adaptação de 15 dias às condições experimentais e à dieta referência.

INSTALAÇÕES E QUALIDADE DE ÁGUA

Os tanques de coleta de fezes foram semelhantes ao modelo Guelf modificado descrito por Sakomura e Rostagno (2007) e Cho e Slinger (1979) (Figura 1). Feitos em fibra de vidro com 100 litros de volume útil, todos os tanques receberam aeração complementar.



Figura 1 - tanques de colheita de fezes

O abastecimento hídrico foi realizado com água proveniente de poço artesiano apenas para reposição do volume do sistema de recirculação utilizado. Esse sistema era composto por filtragem inicial através de parede de brita, seguida por um filtro de areia (tipo piscina), filtragem biológica, aeração em cada tanque e em diferentes pontos do sistema através de sopradores e difusores de ar, aquecedores elétricos com controle eletrônico de temperatura e bombas centrífugas (sistema descrito por Ribeiro *et al.*, 2003).

A circulação de água nos tanques proporcionou uma troca de 50 litros de água por hora. A temperatura, a concentração de oxigênio dissolvido e o pH foram medidos diariamente pela manhã com o auxílio de termômetros de máxima e mínima, de um oxímetro YSI modelo 55-12 FT e de um medidor de pH eletrônico PORTÁTIL Russell – RL06OP. O nível de nitrito foi monitorado semanalmente através de quites colorimétricos da HACH.

DIETAS EXPERIMENTAIS E ALIMENTOS AVALIADOS

Para a confecção da dieta-referência, foram utilizados ingredientes de origem animal (farinha de peixes e plasma sanguíneo), vegetal (concentrado protéico de soja, farelo de soja, glutenose, fubá de milho, farelo de trigo e óleo de soja), bentonita, premix mineral, premix vitamínico, DL-metionina e os indicadores (óxido crômico e LIPE®). A composição da dieta-referência e seus valores nutricionais estão demonstrados na tabela 1.

Foram avaliados oito ingredientes protéicos – farinha de peixes, farinha de vísceras de aves, plasma sanguíneo, farelo de soja, concentrado protéico de soja, glutenose, glúten de trigo e uma levedura (*Saccharomyces cerevisiae*); e quatro energéticos – fubá de milho, sorgo baixo tanino, farelo de arroz integral e quirera de arroz.

TABELA 1 – Composição da dieta referência e das dietas teste

INGREDIENTES	(%)	
Farinha de Peixes	30,16	
Concentrado protéico de soja	15,00	
Fubá de milho	10,60	
Plasma	10,00	
glutenose 60	10,00	
Óleo de soja	9,18	
Farelo de soja	6,70	
Farelo de trigo	6,00	
Premix	2,00	
DL-metionina	0,06	
Óxido de cromo	0,10	
Bentonita	0,2	
COMPOSIÇÃO	Calculada	Determinada*
Matéria seca (MS)	88,00	92,00
Proteína bruta (PB)	46,00	48,50
Energia bruta (EB)	4.600,00	4.994,00
Extrato etéreo	10,0	16,09
Fibra bruta	1,5	1,75
Ca	1,5	1,49
P	1,2	1,07
Pdisp	0,87	
Arg	2,88	
Lis	2,92	
Met	1,00	

* Como analisado

As dietas foram confeccionadas no LAQUA, utilizando-se um misturador manual com capacidade de cinco quilos por batida e um moedor de carne para peletização das dietas. Após a etapa de mistura dos ingredientes, foi adicionado cerca de 50% de água à 60°C para facilitar a peletização. Para a homogeneização do tamanho dos peletes, a ração úmida foi colocada, em pequenas porções, dentro de um saco plástico insuflado com ar e agitado até a obtenção de partículas de tamanho adequado (8 x 3mm, aproximadamente). Após essa etapa, as dietas foram secas em estufa de ventilação forçada a

55°C e armazenadas em freezer a -18°C até o início do experimento.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Realizaram-se dois ensaios para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta, um com os oito ingredientes protéicos e outro com quatro energéticos.

O delineamento para cada ensaio foi inteiramente casualizado. Para os ingredientes protéicos foram oito tratamentos e quatro repetições cada. E para os energéticos foram quatro tratamentos e quatro repetições cada. A unidade experimental foi composta por um tanque com doze peixes.

Os resultados de cada ensaio foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparados pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de probabilidade utilizando-se o programa SAEG.

MANEJO ALIMENTAR E COLHEITA DE FEZES

A alimentação foi realizada durante a noite em função da maior aceitabilidade pelos peixes. Os horários de fornecimento das dietas foram às 00:00hs e 04:30hs. A alimentação foi *ad libitum* e o consumo de matéria seca foi de cerca de 2,5% da biomassa estocada. Antes do início das coletas de fezes, os animais foram adaptados às dietas experimentais por sete dias.

A colheita de fezes realizou-se na água, utilizando-se o sistema de Guelph modificado, desenvolvido por Cho e Slinger (1979).

No período de adaptação, observou-se que, somente 10 horas após a primeira alimentação, conseguia-se colher quantidades significativas de fezes. Por essa razão, no período de coleta, às 08:00 h da manhã, os tanques eram limpos com uma esponja para retirada de partículas que pudessem contaminar as fezes e às 10:00 hs era realizada uma drenagem brusca, de cerca de 10% do volume de cada tanque, para descarte das fezes acumuladas até o momento. Em seguida, eram colocados os coletores (tubos de centrífuga

adaptados a um registro de esfera). A partir de então as fezes eram recolhidas a cada hora através da substituição do tubo coletor até as 17:00hs.

O material fecal era colhido, descartando-se a água e mantendo-se o material sedimentado e armazenado em frasco de plástico com tampa em freezer a -18°C para posterior preparação das amostras para as análises. O material de cada coleta era armazenado em pool (da mesma unidade experimental); as colheitas se estenderam até que se obtivesse quantidade de material suficiente para as análises laboratoriais, esse período variou entre 10 e 15 dias.

PREPARO DAS AMOSTRAS E ANÁLISES LABORATORIAIS

Após o término do período experimental todas as rações experimentais e amostras de fezes colhidas foram secas em estufa ventilada a 55°C. As amostras foram moídas em peneira de 1mm, homogeneizadas e armazenadas em frascos plásticos para posterior análise no Laboratório de Nutrição – Escola de Veterinária da UFMG.

Realizaram-se as análises de matéria seca (MS), cinzas, proteína bruta (PB), energia bruta (EB) e extrato etéreo (EE), segundo AOAC (2005). A determinação de cromo foi feita por espectrofotometria de absorção atômica (EAA), segundo Williams *et al.* (1962). E o LIPE[®] por espectroscopia no infravermelho, segundo Saliba *et al.* (1998).

MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DOS CDA

Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, da energia e da proteína dos alimentos estudados, foi utilizada a metodologia de substituição do alimento teste numa ração referência (MATTERSON, 1965), a qual teve substituída 30% dos seus macronutrientes pelo alimento estudado. Para a estimativa dos CDA, utilizou-se 0,1% de óxido crômico como indicador externo misturado à dieta.

Os CDA da matéria seca, energia e proteína das rações teste foram calculados de acordo com a fórmula descrita por Nose (1960):

$CDA (\%) = 100 [1 - (\%Cr_2O_3 r / \%Cr_2O_3 f) \cdot (\%N f / \%N r)]$,
onde:

CDA = coeficiente de digestibilidade aparente;
%Cr₂O₃ r = porcentagem de óxido de cromo na ração;
%Cr₂O₃ f = porcentagem de óxido de cromo nas fezes;
%N f = porcentagem do nutriente ou energia nas fezes;
%N r = porcentagem do nutriente ou energia na ração.

Já, os CDA da matéria seca, energia e proteína dos alimentos avaliados foram calculados de acordo com a fórmula descrita por Cho e Slinger (1979).

$CDA = CDA_{RT} - CDA_{RR} \cdot x / y$

onde:

CDA = coeficiente de digestibilidade aparente;
CDA_{RT} = coeficiente de digestibilidade aparente da ração teste;
CDA_{RR} = coeficiente de digestibilidade aparente da ração referência;
x = % da ração referência;
y = % da ração teste.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios observados para os parâmetros de água, mantiveram-se dentro dos padrões recomendáveis para a produção de peixes de clima tropical (médias de oxigênio

dissolvido de $5,1 \pm 0,6$ mg de O₂/ L no efluente, e temperatura de $28 \pm 1^\circ C$). A temperatura média observada para todo o período experimental encontra-se dentro dos limites para o surubim recomendados por Marques *et al.* (1992), citados por Gonçalves (2002). Os valores de nitrito estiveram sempre abaixo de 130mg/l.

A composição dos alimentos avaliados está apresentada na tabela 2, sendo os resultados compatíveis com os encontrados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO, 2005) exceto para as farinhas de peixes e vísceras, que possuem maior extrato etéreo (EE) e energia bruta (EB). Os valores publicados nas Tabelas Brasileiras de Aves e Suínos para a farinha de peixes são de 4114 kcal/kg de EB e 7,5% de EE e para a farinha de vísceras de 5235 kcal/kg de EB e 14,74% de EE. Quando se observa o valor nutricional de alguns alimentos comuns ao trabalho de Gonçalves e Carneiro (2003), percebe-se que a farinha de peixes e a farinha de vísceras deste trabalho foram de melhor qualidade apresentando maiores níveis protéicos e energéticos, já o farelo de soja e o milho têm menores níveis de proteína e energia.

Tabela 2 – Composição bromatológica dos alimentos*

INGR. PROTÉICOS	MS (%)	PB (%)	EB (kcal/kg)	EE (%)	Cinzas (%)	Ca (%)	P (%)
Glúten de trigo	91,96	75,68	5092,60	11,93	0,86	0,02	0,21
Plasma sanguíneo	90,70	71,99	4389,35	2,72	2,70	0,12	0,31
Conc. prot. de soja	92,73	65,76	4375,55	2,90	6,31	0,33	0,89
Farinha de peixe	88,75	63,97	4571,06	14,42	11,53	3,90	2,01
Glutenose	91,96	61,59	5327,18	4,32	1,58	0,04	0,41
Farinha de vísceras	92,30	56,82	5326,72	23,61	11,43	3,45	1,79
Farelo de soja	89,73	46,22	4169,91	1,94	6,52	0,33	0,70
Levedura	94,33	42,42	4428,78	2,53	4,20	0,29	0,77
INGR. ENERGÉTICOS							
Farelo de arroz	87,94	13,86	4490,06	16,37	8,64	0,10	1,56
Sorgo	87,56	9,23	3868,90	2,34	1,72	0,02	0,21
Quirera de arroz	90,34	7,97	3803,80	2,91	0,89	0,03	0,14
Fubá de milho	87,19	6,34	3683,50	1,5	1,35	0,04	0,21

*Como analisado

As tabelas 3 e 4 mostram os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) para matéria seca, CDA da proteína, CDA da energia, proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) dos alimentos protéicos e

energéticos avaliados. Os coeficientes de variação (cv) obtidos no experimento foram baixos (variando de 2,10 a 3,76), o que sugere adequada condução do experimento. Os resultados da comparação de médias e através do teste SNK mostram que os CDAs da MS, PB e EB diferiram entre os alimentos protéicos

avaliados ($P < 0,05$) (Tab. 3). O mesmo ocorreu para os alimentos energéticos (Tab. 4).

Dentre os ingredientes protéicos, os CDAs para MS do glúten de trigo (82,22%), farinha de vísceras (80,59%) e farinha de peixes (79,68%) foram os maiores, seguidos pela glutenose (68,66%) e concentrado protéico de soja (68,13%), em seguida pelo farelo de soja (54,57%), pela levedura (42,02%) e o mais baixo, para o plasma sanguíneo (37,66%).

Para a PB, o CDA mais alto foi o do glúten de trigo (98,40%), seguido pelo concentrado protéico de soja (89,97%), farinha de peixes (86,56%), farelo de soja (83,47%). Em seguida, aparecem farinha de vísceras (80,71%), glutenose (78,91%) e plasma sanguíneo (79,18%), que foram semelhantes; e a levedura obteve o menor CDA para a PB (71,57%). De maneira geral, os CDAs para PB foram elevados ($> 71,5\%$).

No caso da EB a farinha de peixes (86,15%), farinha de vísceras (85,49%), glúten de trigo (84,23%) e concentrado protéico de soja (77,47%) apresentaram os maiores CDAs, seguidos pela glutenose (75,76%), que foi semelhante ao concentrado protéico de soja; farelo de soja (61,52%) e plasma sanguíneo (58,80%); também para a EB a levedura obteve o menor CDA (51,17%). Os CDAs da EB das farinhas animais, exceto para o plasma, foram

altos, principalmente, em função do conteúdo lipídico (Tab. 3) e no glúten de trigo e concentrado protéico de soja em função da alta proteína e das pequenas concentrações de carboidratos.

Da mesma forma, o ingrediente mais rico em proteína digestível (PD) foi o glúten de trigo (74,47%), seguido pelo concentrado protéico de soja (59,16%). O plasma (57,01%) e a farinha de peixes (55,38), apesar de terem diferentes CDAs para PB, têm valores próximos de PD. A levedura apresentou a menor PD (30,36%). Para ED, o alimento protéico mais rico foi a farinha de vísceras (4.554,02 kcal/kg) e o de menor ED foi a levedura (1.266,09 kcal/kg).

O glúten de trigo aparece com CDA para PB destacadamente superior aos outros ingredientes. Esse resultado está de acordo com diferentes autores que obtiveram CDAs para PB desse alimento em diferentes espécies. Pfeffer *et al.* (1995) obtiveram 99% e Davies *et al.* (1997) 97%, todos trabalhando com trutas. Ao utilizarem a Perca prateada (*Bidyanus bidyanus*), Allan *et al.* (2000) encontraram 99,8% para a PB e a digestibilidade da energia foi de 94,0%. Storebakken *et al.* (2000) encontraram CDA para EB do glúten de trigo para trutas valores entre 86,1 e 88,5%, resultados também próximos aos obtidos neste trabalho.

Tabela 3 – Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína e energia; e matéria seca, proteína e energia digestíveis dos alimentos protéicos

ALIMENTOS PROTÉICOS	Matéria seca		Proteína		Energia	
	CDA (%)	MSD (%)	CDA (%)	PD (%)	CDA (%)	ED (kcal/kg)
Glúten de trigo	82,22 ^a	75,61	98,40 ^a	74,47	84,23 ^a	4289,44
Farinha de vísceras	80,59 ^a	74,39	80,71 ^c	45,86	85,49 ^a	4554,02
Farinha de peixe	79,68 ^a	70,72	86,56 ^c	55,38	86,15 ^a	3937,91
Glutenose	68,66 ^b	63,14	78,91 ^c	48,60	75,76 ^b	4035,95
Conc. Prot. de soja	68,13 ^b	63,17	89,97 ^b	59,16	77,47 ^{ab}	3389,62
Farelo de soja	54,57 ^c	48,96	83,47 ^d	38,62	61,52 ^c	2586,33
Levedura	42,02 ^d	39,63	71,57 ^f	30,36	51,17 ^d	2266,09
Plasma sanguíneo	37,66 ^e	34,16	79,18 ^e	57,01	58,80 ^c	2581,05
	CV	2,66		2,10		2,95

Médias com letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si ($P < 0,05$).

Nesse experimento, a glutenose (glúten de milho 60) obteve CDAs intermediários para MS, PB e EB. Resultados inferiores aos obtidos para jundiá, *Rhamdia quelen*, (82,2%, 95,0% e 88,0%) por Oliveira Filho e Fracalossi (2006); para tilápia (91,0%, 97,6% e 93,5%) reportados por Meurer *et al.* (2003). Portz (2001), trabalhando com “Black Bass” (*Micropterus salmoides*), obteve CDA para a MS e PB também maiores (75,3% e 93,6% respectivamente); entretanto, para a EB, o CDA foi semelhante ao deste experimento (76,55%). O NRC (1993) apresenta CDA da PB para truta de 87%, valor superior ao obtido aqui para o surubim.

Os CDAs determinados para a glutenose foram significativamente menores do que aqueles determinados para o glúten de trigo. Essa diferença possivelmente se deve à maior granulometria da glutenose e, principalmente, ao processamento, uma vez que a maior diferença entre os CDAs foi para a proteína, a qual pode estar menos disponível na glutenose em função de um sobre-processamento térmico.

Os resultados aqui obtidos para o concentrado protéico de soja foram inferiores aos obtidos para trutas por Mambrini *et al.* (1999), que conseguiram CDA para PB de 92,7% e para EB de 85,8%. Entretanto, foram mais próximos aos obtidos para salmão (85,7% e 83,2%) por Refstie *et al.* (2001). Pode-se atribuir a superioridade dos CDA do concentrado protéico de soja em relação aos obtidos para o farelo de soja ao processo de obtenção deste, que elimina os carboidratos solúveis e os fatores antinutricionais, exceto os fitatos (STOREBAKKEN *et al.*, 2000).

A digestibilidade do farelo de soja obtida nesse experimento foi superior à encontrada por Gonçalves e Carneiro (2003) para PB (67,10%) e semelhante à determinada para EB (61,66%). O NRC (1993) apresenta CDA da PB de farelos de soja de boa qualidade obtidos com salmão (77%), truta (83%) e bagre do canal (93%). Considerando que não ocorreram perdas excessivas de nitrogênio das fezes na água neste experimento devido ao intervalo de uma hora entre colheitas, estes resultados sugerem que o menor CDA para PB obtido por Gonçalves e Carneiro (2003) se deveu a um tratamento térmico menos eficaz do farelo de soja por eles utilizados. Além disso, deve-se considerar a

diferença de peso / idade entre os peixes dos dois trabalhos, sendo que esses autores utilizaram peixes menores (peso médio de 9,8g), os quais provavelmente são menos aptos a digestão de carboidratos e esses podem interferir na digestibilidade da proteína.

Outros autores utilizando diferentes espécies obtiveram altos CDA para proteína e energia do farelo de soja. Portz (2001) obteve CDA 94,3% e 75,37% em “Black Bass” para PB e EB, respectivamente. Oliveira Filho e Fracalossi (2006), trabalhando com jundiá, tiveram resultados pouco superiores ao desta tese, 88,6% e 76,5% para PB e EB. Para outros bagres, Usmani *et al.* (2003) publicaram CDAs para proteína variando de 91 a 97,3%. Para tilápia (*Oreochromis niloticus*), Furuya *et al.* (2001) encontraram 92,72% como CDA para PB do farelo de soja. Os resultados deste experimento sugerem que o surubim é menos eficiente que outras espécies no aproveitamento da proteína e, principalmente, da energia do farelo de soja, possivelmente devido ao nível de carboidratos do mesmo.

Contudo, o farelo de soja não teve seu CDA para a PB superado pela farinha de peixes, mas o seu CDA para EB está entre os menores dentre os ingredientes protéicos avaliados.

Dentre as fontes protéicas de origem animal, destaca-se a farinha de peixes, cujo resultado obtido nesse experimento para CDA da PB foi discretamente superior ao encontrado por Gonçalves e Carneiro (2003) para alevinos de surubim (84,14%). Também para o CDA da EB, esses autores obtiveram menor valor (72,8%) para a farinha de peixes. Essas diferenças, possivelmente, devem-se à qualidade do ingrediente usado em cada experimentação, a qual pode ser notada ao se observar os níveis de PB e EB das farinhas de ambos experimentos (Gonçalves e Carneiro (2003), PB=53,93%, EB=3.833kcal/kg e EE=5,53%; neste experimento, PB=63,97%, EB=4.571kcal/kg e EE=14,42%).

Ao se comparar os CDAs da PB para farinha de peixes deste experimento com dados obtidos para o bagre do canal, Brown e Strang (1985) encontraram valor semelhante (86,0%) e Joshua e Rebecca (2000) obtiveram valor um pouco superior (89,3%), todos utilizando farinha de

peixes de boa qualidade. O NRC (1993) apresenta valores semelhantes para o bagre do canal (88%), truta (87%) e para salmão valores que variam de 83 a 92% de acordo com a farinha de peixes utilizada. Usmani *et al.* (2003), avaliando CDA para PB em diferentes bagres, encontraram valores menores do que esses, variando de 73,1 a 77,9% para farinha de peixes escura e valores maiores variando de 87,0 a 97,3% para uma farinha de boa qualidade feita em condições de laboratório. Portz (2001) obteve resultado para o carnívoro “Black Bass” (*Micropterus salmoides*) semelhante para CDA da PB (87,69%) e inferior para CDA da EB (78,36%). No trabalho de Allan *et al.* (2000), utilizando a Perca prateada (*Bidyanus bidyanus*), os autores obtiveram CDA para MS variando de 76,8 a 93,9%, para PB de 89,0 a 94,2% e para EB de 88,6 a 98,0% para diferentes farinhas de peixes. Já para espécies onívoras, ressaltam-se os trabalhos de Meurer *et al.* (2003), no qual obtiveram CDA para MS, PB e EB para tilápia superiores aos deste experimento (87,63%, 90,66% e 89,53%, respectivamente); Sallum *et al.* (2002) trabalhando com matrinhã (*Brycon cephalus*) encontraram digestibilidade para MS (54,49%) inferior à aqui encontrada para juvenis de surubim e da PB (88,75%) discretamente superior.

Os CDAs obtidos para PB e EB da farinha de vísceras de aves nesse trabalho também foram superiores aos obtidos por Gonçalves e Carneiro (2003) (61,6% e 48,98%, respectivamente). Essa diferença provavelmente se deveu às diferentes origens e composições das farinhas. A farinha de vísceras utilizada por Gonçalves e Carneiro (2003) tinha 58,60% de PB, 4.489,03kcal/kg de EB e 4,00% de EE. A usada neste experimento tinha 56,82% de PB, 5.326,72kcal/kg de EB e 23,61% de EE. Outro aspecto que deve ser levado em consideração é a diferente faixa de peso dos peixes dos dois experimentos. O NRC (1993) apresenta dados inferiores de CDA da PB para salmão e truta de 74 e 69%, respectivamente. Entretanto, para o “Black Bass” (*M. salmoides*), Portz (2001) encontrou CDA de 82,59% para MS, 81,47% para PB e 85,20 para EB, resultados semelhantes aos obtidos neste experimento. Já Pezzato *et al.* (2002), trabalhando com tilápias, encontraram 73,87%, 87,24% e 95,10% para os mesmos parâmetros.

Para o plasma sanguíneo não foram encontradas informações para peixes na literatura. Os valores de digestibilidade publicados por Rostagno (2005) para suínos são: CDA da PB e EB (96 e 85,5%, respectivamente), consideravelmente superiores aos aqui determinados para surubim. No entanto, o conteúdo de PD e ED encontrados nesse experimento denotam possibilidade de utilização do plasma sanguíneo como ingrediente protéico para rações deste peixe. Sendo que, quando comparado à farinha de sangue, o plasma possui maiores CDA. Gonçalves e Carneiro (2003) obtiveram para surubim CDA da PB e EB da farinha de sangue de 10,47 e 16,8%, respectivamente, valores muito inferiores aqui aos obtidos para o plasma sanguíneo.

Dentre os ingredientes protéicos, os menores CDA para PB e EB deste trabalho foram conseguidos para a levedura testada. Não foram encontrados resultados de digestibilidade de leveduras com surubim. Oliva-Teles e Gonçalves (2001), trabalhando com juvenis de “sea bass” (*Dicentrarchus labrax*), conseguiram melhores CDA para MS, PB e EB (79,1%, 91,2% e 88,9%, respectivamente). Meurer *et al.* (2003) encontraram resultados mais próximos ao deste experimento para tilápias (58,68% para MS, 77,39% para PB e 62,77% para EB). Os menores CDA encontrados para levedura se justificam pela grande concentração de carboidratos complexos e de ácidos nucléicos (5 a 12%) (ANDERSON *et al.*, 1995; citados por OLIVATELES e GONÇALVES, 2001). Cerca de 25 % do nitrogênio presente nas leveduras são ácidos nucléicos na forma de RNA (RUMSEY *et al.*, 1991). Contudo, segundo Tacon (1994), na prática as leveduras podem compor uma dieta para peixes carnívoros de 15 a 30%, substituindo 25 a 30% da farinha de peixes.

Os alimentos energéticos apresentaram CDAs para a MS compatíveis para peixes carnívoros devido aos níveis de amido presentes nos ingredientes estudados. Sendo que o milho e o farelo de arroz tiveram os maiores CDAs para MS, 62,30% e 59,67%, respectivamente, seguidos pela quirera de arroz (40,39) e sorgo (38,00).

Os CDAs para PB desses ingredientes não variaram significativamente, oscilando entre 81,11 e 87,40%. Já para a EB, os CDAs diferiram, sendo o maior (66,41%) o do farelo de

arroz, seguido pelo milho (62,43%) e depois pelo sorgo e quirera de arroz (47,76 e 46,92%, respectivamente). O CDA para EB mais alto para o farelo de arroz, possivelmente, foi em função da sua composição, rico em gordura (14,81%) e pobre em amido (22,70%). Quando se verifica a concentração de amido da quirera de arroz e do sorgo (74,45 e 60,79%, respectivamente), pode-se esperar o resultado obtido para o surubim por se tratar de uma espécie carnívora.

O milho, apesar de possuir cerca de 62% de amido e pouca gordura (3,6%), apresentou digestibilidade da energia superior ao sorgo e quirera de arroz, próxima à obtida para o farelo de arroz integral. O amido do milho é mais digestível do que os dois últimos devido às diferentes composições destes. Segundo Teixeira *et al.* (1998), a origem e as características do

amido são de grande importância na alteração das taxas de hidrólise *in vivo* e *in vitro*. Os principais componentes do amido são amilose e amilopectina, sendo a amilose mais solúvel e digerida mais rapidamente que a amilopectina (LARA, 2005). Nesse caso, o amido do milho possui uma maior concentração de amilose em relação à amilopectina, quando comparado ao amido do sorgo e da quirera de arroz. Além disso, o milho possui baixo teor de amido resistente (2,5%) (TEIXEIRA *et al.*, 1998). Contudo deve-se levar em consideração o tipo de processamento pelo qual as dietas deste experimento foram obtidas, nesse caso peletização. Pois quando as dietas são extrusadas a amilopectina é mais solúvel que a amilose e os resultados poderiam ser diferentes.

Tabela 4 – Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, proteína e energia; e proteína e energia digestíveis dos alimentos energéticos

ALIMENTOS ENERGÉTICOS	Matéria seca		Proteína		Energia	
	CDA (%)	MSD (%)	CDA (%)	PD (%)	CDA	ED (kcal/kg)
Milho	62,30 ^a	54,31	87,40 ^a	5,54	62,43 ^b	2299,42
Farelo de arroz	59,67 ^a	52,48	83,84 ^{ab}	11,62	66,41 ^a	2981,67
Quirera de arroz	40,39 ^b	36,49	85,30 ^{ab}	6,80	46,92 ^c	1784,75
Sorgo	38,00 ^b	33,27	81,11 ^b	7,49	47,76 ^c	1847,80
CV	3,76		3,17		3,45	

Médias com letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si (P<0,05).

Ao se comparar esses resultados aos CDA para PB obtidos por Gonçalves e Carneiro (2003) para alevinos de surubim (farelo de arroz 44,21%, quirera 43,24%, milho 64,18% e sorgo 44,87%), nota-se a digestibilidade da proteína muito superior para todos os ingredientes energéticos neste experimento. Já os resultados de digestibilidade da energia do trabalho dos autores citados (farelo de arroz 51,84%, milho 64,95%, sorgo 48,35% e quirera 47,34%) são mais próximos aos aqui encontrados.

A grande diferença entre os CDA para PB entre os dois trabalhos sugere a ocorrência de perdas significativas da fração nitrogenada neste experimento, mesmo com o intervalo entre as colheitas de fezes de uma hora. Entretanto, esses resultados estão próximos aos obtidos em diferentes trabalhos com outras espécies. Isso sugere que essas diferenças são em função ao erro implícito à metodologia de Matterson.

Khan (1994) encontrou, para outro bagre tropical, o *Mystus nemurus*, elevado CDA para a PB do farelo de arroz (81,0%) e para a EB (67,9%). Wilson e Poe (1985) obtiveram em bagre do canal CDA para a PB da quirera de arroz de 73,0%, valor pouco inferior ao aqui obtido. Para o carnívoro marinho, “red drum” (*Sciaenops ocellatus*), McGoogan e Reigh (1996) determinaram CDA para proteína mais próximos aos encontrados neste experimento para surubim (milho 81,56%, sorgo 77,08% e farelo de arroz 77,15%). Em outra espécie marinha carnívora, o híbrido “striped bass” (*Morone saxatilis* x *M. chrysops*), Sullivan e Reigh (1995) obtiveram CDA para a PB e EB do milho de 86,7% e 40,67%, respectivamente. Usmani *et al.* (2003), avaliando CDA para PB em diferentes bagres, encontraram valores variando de 77,3 a 85,0% para o milho, resultados mais próximos ao deste trabalho. O

NRC (1993) traz CDA para PB do milho para truta de 95%.

Em trabalho realizado no Brasil com jundiá (*Rhamdia quelen*), Oliveira Filho e Fracalossi (2006) encontraram CDA para MS, PB e EB do milho (57,2%, 73,0% e 59,1%) e da quirera de arroz (60,5%, 80,7% e 64,8%). Em tilápia, Furuya *et al.* (2001) obtiveram CDA para a PB do milho de 87,12%. Nota-se que em diversos experimentos, mesmo utilizando-se peixes carnívoros, a digestibilidade da fração protéica é elevada e compatível com as encontradas neste trabalho para juvenis de surubim. Então, devido aos resultados encontrados para outros carnívoros e em função das características morfofisiológicas do trato digestivo desta espécie, discutidas por Seixas Filho *et al.* (2001), é possível que os dados aqui obtidos para CDA da PB dos alimentos energéticos não estejam tão superestimados como podem parecer numa comparação direta com os dados de Gonçalves e Carneiro (2003).

CONCLUSÕES

Os valores obtidos em juvenis de surubim para CDA da PB de todos alimentos foram altos (>71,5%).

Os CDA para EB de todos alimentos foram compatíveis por se tratar de uma espécie carnívora, sendo os mais baixos obtidos para o sorgo e a quirera de arroz (47,76% e 46,92%).

Recomenda-se a utilização cautelosa dos alimentos ricos em carboidratos em função da baixa digestibilidade da fração energética deste para peixes carnívoros como o surubim.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAN, G. L.; PARKINSON, S.; BOOTH, M. A. *et al.* Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. **Aquaculture**, v. 186, p. 293 – 310, 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of analysis of association of official analytical chemists**. 18 ed. Maryland: AOAC, 2005.

BROWN, P.B.; STRANG, R.J. Protein digestibility coefficients for yearling channel catfish fed high protein feedstuffs. **The Progressive Fish Culturist**, v.47, n.2, p.94-97, 1985.

CHO, C.Y.; SLINGER, S.I. Apparent digestibility measurement in feedstuff for rainbow trout. In: WORD SIMPOSIUM ON FINFISH NUTRITION AND FISHFEED TECHNOLOGY, Hamburg, 1978. *Proceedings...* Heeneman: Halver, J.; Tiews, K., p. 239-247, 1979.

DAVIES, S.J., MORRIS, P.C. AND BAKER, R.T.M. Partial substitution of fish meal and full-fat soya bean meal with wheat gluten and influence of lysine supplementation in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquacult. Res.**, v. 28, p. 317–328, 1997.

FAGBENRO, O. A. Validation of the essential amino acid requirements of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linne 1758), assessed by the ideal protein concept. In: FITZSIMMONS, K. e CARVALHO FILHO, J. (Eds.) **Proceedings from the fifth international symposium on tilapia aquaculture**. Rio de Janeiro: Panorama da Aqüicultura Magazine, 2000. p. 154-156.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; PEZZATO, A. C.; BARROS, M. M.; MIRANDA, E. C. Coeficiente de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1143-1149, 2001.

FURUYA, W. M. **Digestibilidade aparente de aminoácidos e substituição da proteína da farinha de peixe pela do farelo de soja com base em proteína ideal em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Botucatu, 2000. 69p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

GONÇALVES, E.G.; CARNEIRO, D.J. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista**

Brasileira de Zootecnia, v.32, n.4, p.779-786, 2003.

GONÇALVES, E. G. **Coefficientes de digestibilidade aparente da proteína e da energia dos alimentos e exigência de proteína digestível em dietas para o crescimento do pintado, *Pseudoplatystoma coruscans***. Jaboticabal, SP: UNESP, 2002. 52p. Dissertação (Mestrado em aqüicultura). Centro de Aqüicultura da UNESP, 2002.

JOSHUA, R.; REBECCA, L. Comparative aspects of feed and feedstuff by yaqui and channel catfish. **North American Journal of Aquaculture**, v.62, n.4, p.279-284, 2000.

KHAN, M.S. Apparent digestibility coefficients for common feed ingredients in formulated diets for tropical catfish, *Mystus nemurus* (Cuvier & Valenciennes). **Aquac. Fisheries Manag.**, v. 25, p. 167-174, 1994.

LARA, L. B. Características físico-químicas do amido em alimentos comerciais para cães e gatos. In SAAD, F. M. O. B.; LIMA, L. M. S.; CHIZZOTTI, A. F.; CANTARELLI, V. (Eds.) **Anais do simpósio de nutrição de cães e gatos**. Lavras: UFLA, 2005. 300 p.

MAMBRINI, M.; ROEM, A. J.; CRAVEDI, J. P.; LALLÈS, J. P.; KAUSHIK, S. J. Effects of Replacing Fish Meal with Soy Protein Concentrate and of DL-Methionine Supplementation in High-Energy, Extruded Diets on the Growth and Nutrient Utilization of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*1. **J. Anim. Sci.**, v. 77, p. 2990-2999, 1999.

MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, N. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Research Report n. 7 University of Connecticut, Agriculture Experimental Station**, v.7, p. 3-11, 1965.

McGOOGAN, B.B.; REIGH, R.C. Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. **Aquaculture**, v.141, p.233-244, 1996.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis*

niloticus). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, 2003.

MIRANDA, M.O.T.; RIBEIRO, L.P. Características zootécnicas do surubim *Pseudoplatystoma coruscans*. In: **Miranda, M. O. T.** Surubim. – Belo Horizonte: Instituto brasileiro do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis, 1997.

MIRANDA, M.O.T. **Características zootécnicas e rendimento de carcaça do surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) do rio São Francisco**. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1993. 50 p. Dissertação (Mestrado em zootecnia, área de produção animal).

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of fish**. Washington: National Academic Press, 1993. 115 p.

NOSE, T. On the digestion of food protein by gold-fish (*Carassius auratus* L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* G.) **Bull. Freshwater Fish**. V. 10, p. 11-12, 1960.

OLIVA-TELES, A.; GONÇALVES, P. Partial replacement of fishmeal by brewers yeast (*Saccaromyces cerevisiae*) in diets for sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Aquaculture**, v. 202, p. 269-278, 2001.

OLIVEIRA FILHO, P.R. C.; FRACALOSI, D. M. Coeficientes de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. **R. Bras. Zootec**, v. 35, n. 4, p. 1581 – 1587, 2006.

OLIVEIRA, G. R. ; LOGATO, P. V. R. ; FREITAS, R. T. F. ; FIALHO, E. T. . Digestibilidade de nutrientes em ração com complexo enzimático para tilápia-do-nilo.(*Oreochromis niloticus*). **R. Bras. Zootec**, v. 36, p. 1945-1952, 2007.

PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C.; BARROS, M. M.; PINTO, L. G. Q.; FURUYA, W. M.; PEZZATO, A. C. Digestibilidade Aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **R. Bras. Zootec.**, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.

PFEFFER, E. KINSINGER, S. RODEHUTSCORD, M. Influence of the

proportion of poultry slaughter by-product and of untreated or hydrothermally treated legume seeds in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), on apparent digestibilities of their energy and organic compounds. **Aquacult. Nutr.**, v. 1, p. 111-117, 1995.

PIMENTA, M. E. S. G. ; OLIVEIRA, M. M. ; PIMENTA, C. J. ; FIORINI, J. E. ; CAMARGO, A. C. S. ; LOGATO, P. V. R. . Digestibilidade e desempenho de alevinos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de silagem ácida de pescado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 30, p. 1196-1204, 2006.

PORTZ, L. **Utilização de diferentes fontes protéicas em dietas formuladas pelo conceito de proteína ideal para o “Black Bass” (*Micropterus salmoides*)**. Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP. Piracicaba, SP. 111p. 2001.

REFSTIE, S.; STOREBAKKEN, T.; BAEVERFJORD, G.; ROEM, A. J. Long-term protein and lipid growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with partial replacement of fish meal by soy protein products at medium or high lipid level. **Aquaculture**, v. 193, p. 91 – 106, 2001.

Reprodução induzida do surubim da bacia do São Francisco. **Tempo de pescar**, Brasília, ano II, n. 16, 1988.

RESENDE, E.K.; CATELA, C.A.; NASCIMENTO, L.F. et al. Biologia do Curimatá (*Prochilodus lineatus*), Pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*) e Cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*) na Bacia Hidrográfica do rio Miranda, Pantanal do Mato Grosso do Sul, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 1990, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: 1990. p.140.

RIBEIRO, L. P. ; SOUZA, S. N. ; CREPALDI, D. V. ; MELO, D. C. ; TEIXEIRA, E. A. ; MIRANDA, M. O. T. . Evaluation of a recirculation system in surubim *P. coruscans* culture. In: World Aquaculture Society 2003, Salvador. *Proceedings* World Aquaculture Society 2003.

ROSTAGNO, H. S. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Ed. ROSTAGNO, H. S. – 2. ed. – Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.

RUMSEY, G.L.; KINSELLA, J.E.; SHETTY, K.J.; HUGHES, S.G. Effect of high dietary concentrations of brewer's dried yeast on growth performance and liver uricase in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.33, p. 177–183, 1991.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 2007. 283 p.

SALIBA, E. O. S.; RODRIGUEZ, N. M.; BARRETO, S. L. T.; VELOSO, D. P. Isolation of the lignins from both corn and soybean agricultural residue and infrared spectroscopic characterization. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 50, n. 6, p. 727-730, 1998.

SALLUM, W. B. ; BERTECHINI, A. G. ; LOGATO, P. V. R. ; Pezzato, L.E. . Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo de ingredientes de ração para o matrinhã (*Brycon cephalus*, gunther 1869). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 174-181, 2002.

SEIXAS FILHO, J. T.; BRÁS, J. M.; GOMIDE, A. T. M.; OLIVEIRA, M. G. A.; DONZELE, J. L.; MENIN, E. Anatomia funcional do intestino do Teleostei (Pisces) de água doce surubim (*Pseudoplatystoma coruscans* – Agassiz, 1829). **Rev. Bras. Zootec.**, v. 30, n. 6, p. 1670 – 1680, 2001.

STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K.D.; BAEVERFJORD, G.; NIELSEN, B.G.; ASGARD, T.; SCOTT, T. A.; DE LAPORTE, A. Digestibility of macronutrients, energy and amino acids, absorption of elements and absence of intestinal enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with wheat gluten. **Aquaculture**, v. 184, p. 115–132, 2000.

SULLIVAN, J.A.; REIGH, R.C. Apparent digestibility of selected feedstuffs in diets for hybrid striped bass (*Morone saxatilis femea X*

Morone chrysops). **Aquaculture**, v.138, p.313-332, 1995.

TACON, A. G. J. Feed ingredients for carnivorous fish species: alternatives to fishmeal and other dietary resources. **FAO Fish. Circ.**, v. 881, 35 p., 1994.

TAVARES, M. P. O surubim. In: **Miranda, M. O. T.** Surubim. – Belo Horizonte: Instituto brasileiro do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis, 1997.

USMANI, N.; AHMAD, K. J.; KHAN, M. A. Nutrient digestibility studies in *Heteropneustes fossilis*, *Clarias batrachus* (Linnaeus) and *C. gariepinus* (Burchell). **Aquaculture Research**, v. 34, p. 1247 – 1253, 2003.

VIDAL JR., M. V.; DONZELE, J. L.; ANDRADE, D. R.; SANTOS, L. C. Determinação da digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta do fubá de milho e do farelo de soja para tambaqui (*Colossoma macropomum*), utilizando-se técnicas com uso de indicadores internos e externos. **R. Bras. Zootec.**, v. 33, n. 6, p. 2193 – 2200, 2004.

WILLIAMS, C. H.; DAVID, D. J.; IISMAA, O. The determination of chromic oxide in feces samples by atomic spectrophotometry. *J. Agric. Sci.*, v. 59, p. 381 – 385, 1962.

WILSON, R.P.; POE, W.E. Apparent digestible protein and energy coefficients of common feed ingredients for channel catfish. **Progressive Fisheries Culturist**, v. 47, n. 3, p. 154 – 158, 1985.

ZAVIEZO, D. Nutrición proteica de las aves: de proteína cruda a proteína ideal. **Alimentos balanceados para animales**, 4:16-19, 1998.

CAPÍTULO III

AVALIAÇÃO DO LIPE[®] COMO INDICADOR EXTERNO NA ESTIMATIVA DA DIGESTIBILIDADE DE ALIMENTOS PARA SURUBIM (*PSEUDOPLATYSTOMA SPP*)

LIPE[®] EVALUATION WITH AN EXTERNAL INDICATOR IN FEED DIGESTIBILITY FOR SURUBIM (*PSEUDOPLATYSTOMA SPP*)

RESUMO

O objetivo deste trabalho é comparar o LIPE[®] e o óxido crômico como indicadores externos na determinação da digestibilidade de alimentos para surubim. Para tal foram determinadas as digestibilidades da matéria seca, proteína e energia de 13 dietas. Realizaram-se dois ensaios, um com ingredientes protéicos e um com energéticos. O delineamento para o ensaio com ingredientes protéicos foi em esquema fatorial (8 x 2) com oito alimentos nas parcelas e dois indicadores nas subparcelas, para cada tratamento foram realizadas quatro repetições. No ensaio com os ingredientes energéticos o arranjo foi fatorial (4 x 2) com quatro alimentos nas parcelas e dois indicadores nas subparcelas, para cada tratamento foram quatro repetições cada. Para ambos ensaios, cada unidade experimental foi composta por um tanque com doze peixes. Os resultados de cada ensaio foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparadas pelo teste de SNK a 5% de probabilidade. Não é possível avaliar qual dos dois indicadores foi mais eficaz na estimativa da digestibilidade. O LIPE[®] foi eficiente na estimativa da digestibilidade dos alimentos quando comparado ao óxido de cromo. Na estimativa dos ingredientes energéticos os CDA obtidos utilizando o LIPE[®] foram superiores aqueles obtidos com o óxido de cromo. O nível de carboidratos presentes nas dietas parece interferir na recuperação do cromo nas fezes do surubim.

Palavras-Chave: Digestibilidade, indicadores, LIPE[®], óxido crômico, surubim.

ABSTRACT

The aim of this work is compare the external indicators LIPE[®] and chromic oxide to determinate the digestibility. The digestibility of dry matter, protein and energy of 13 diets was determinated. Two experiments, one with protein source and one with energy source had been was conducted. The experimental with protein source was a factorial design (8 x 2) - eight feeds on plots and two indicators on subplots, with four replicates. In the energy source experimental a factorial design (4 x 2) - four feeds on plots and two indicators on subplots, with four replicates. The results of the present study were submitted to ANOVA and SNK test (p<0,05). It is not possible to evaluate which of the two indicators was more efficient. The LIPE[®] was efficient in estimate the digestibility when compared with chromium oxide. In the estimate of the energy ingredients the gotten CDA using the LIPE[®] had been superior those gotten with chromium oxide. The level of carbohydrates in the diets seems reduce the recovery of chromium in faces of surubim.

Keywords: Digestibility, markers, LIPE[®], cromium, spotted catfish.

INTRODUÇÃO

A determinação da digestibilidade dos nutrientes e da energia é um importante passo na avaliação de alimentos para todas as espécies de animais. O conhecimento da digestibilidade dos alimentos possibilita maior eficiência de sua utilização e menor impacto ambiental da aquicultura, uma vez que permite a redução nas quantidades de nutrientes excretados. A determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) foi investigada a partir da década de 1970 para diversas espécies de peixes. Em organismos aquáticos, existem algumas particularidades, principalmente no que diz respeito à colheita de fezes e mensuração do consumo, ambas devido ao ambiente aquático. O trabalho de colheita de fezes é ainda mais trabalhoso devido à necessidade de rápida retirada das fezes da água para reduzir as perdas de nutrientes por lixiviação. Por isso, a utilização de indicadores torna-se ainda mais importante nos trabalhos com peixes.

As principais vantagens da utilização de indicadores são a possibilidade de determinar a digestibilidade sem mensurar o consumo de ração e realizar coleta total das fezes. Entretanto, para que se obtenha bons resultados com a utilização de indicadores, é necessário que estes estejam uniformemente misturados à ração e tenham padronizada sua técnica de recuperação através de procedimento seguro, preciso, de alta repetibilidade e que tenha bem difundida as condições de análise para determinar a sua concentração nas rações e fezes em diferentes laboratórios (SALIBA, 2005; RODRIGUEZ *et al.*, 2006).

Diferentes fatores interferem na determinação da digestibilidade dos alimentos, entre eles, o tipo de indicador utilizado. A escolha adequada do indicador é o ponto de partida para o sucesso de sua utilização. Considera-se que um bom indicador deve: ser inerte e atóxico; de preferência, ocorrer naturalmente no alimento; ser absolutamente indigerível e inabsorvível; não apresentar função fisiológica; poder ser processado com o alimento; misturar-se bem ao alimento e permanecer uniformemente distribuído na digesta; ter total recuperação nas fezes; não influenciar ou ser influenciado pelas secreções intestinais, absorção, motilidade, nem pela microbiota intestinal; possuir método

específico e sensível de determinação (SALIBA, 2005; RODRIGUEZ *et al.*, 2006).

Nenhum dos indicadores propostos até hoje pode ser considerado ideal, pois não atendem a todos os critérios. Entretanto, o grau tolerável de erro difere de acordo com a variável medida (HANSON e OWENS, 1992).

O óxido crômico tem sido o indicador externo mais utilizado. Sua determinação em materiais biológicos tem sido realizada por espectrografia de emissão, por polarografia, amperometria, ativação neutrônica, cromatografia gás-líquido, absorção atômica, entre outros menos citados (NETO *et al.*, 2003).

Existem algumas críticas ao seu uso. Segundo Curran *et al.* (1967), esse indicador proporciona baixa recuperação em função da variabilidade dos resultados ocasionados pela metodologia de análise. Urbinati *et al.* (1998) apontam aumento na eficiência da utilização dos carboidratos quando se usa esse indicador. Segundo Shiau e Liang (1995), o óxido crômico pode ser absorvido em pequenas concentrações, e em casos mais raros, pode causar intoxicações com lesões branquiais e testiculares, produção excessiva de muco e aumento de lactato no sangue (NATH e KUMAR, 1987, 1988). Além disso, o fato de ser carcinogênico também é uma desvantagem do uso do óxido crômico como indicador (PEDDIE *et al.*, 1982).

Outros indicadores externos, principalmente óxidos de metais trivalentes, têm sido utilizados em ensaios de digestibilidade com peixes, destacando-se o ítrio (Y), o itérbio (Yb), o disprósio (DY) e o lantânio (La) (AUSTRENG *et al.*, 2000; NORDRUM *et al.*, 2000). Outros compostos também foram usados como ferrito de magnésio (ELLIS e SMITH, 1984) e carbonato de bário (RICHE *et al.*, 1995).

Um dos indicadores mais recentemente utilizados é o indicador LIPE[®] (lignina purificada e enriquecida), desenvolvido por Saliba *et al.* (2003) que, isolaram e enriqueceram a lignina com grupamentos fenólicos não comumente encontrados em ligninas presentes na dieta animal, obtendo um hidroxifenilpropano modificado e enriquecido. O período de adaptação para que sua excreção seja uniforme é

de 48 horas e o de colheita de fezes três a cinco dias dependendo da espécie (LOPES, 2007a).

A técnica analítica para a dosagem do indicador nas fezes e na dieta é a espectroscopia no infravermelho, uma técnica rápida, sensível, barata e não destrutível da amostra. Os cálculos para determinação do LIPE[®] pela espectroscopia no infravermelho são baseados na relação logarítmica das intensidades de absorção das bandas nos comprimentos de onda a 1050 cm⁻¹ e a 1650 (LOPES, 2007a).

Lopes *et al.* (2007b), realizando experimento “piloto” anterior a este trabalho, compararam o LIPE[®] com o óxido crômico na determinação da digestibilidade de alimentos para tilápia (*Oreochromis* spp). O LIPE[®] mostrou-se eficiente como indicador quando comparada ao óxido crômico.

O objetivo deste trabalho é comparar o LIPE[®] e o óxido crômico como indicadores externos na determinação da digestibilidade de alimentos para surubim.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado de agosto a novembro de 2007 no Laboratório de Aquicultura da Escola de Veterinária da UFMG (LAQUA), localizado no Campus Pampulha, em Belo Horizonte, Minas Gerais.

MATERIAL BIOLÓGICO

Foram adquiridos, inicialmente, mil alevinos de surubim híbridos (*Pseudoplatystoma* spp), provenientes de criatório comercial no Mato Grosso do Sul, com peso médio inicial de 9,8±1,1g, e comprimento de 12,0±1,0cm. Os alevinos já chegaram ao LAQUA adaptados à dieta seca e foram alojados em 12 tanques de polipropileno circulares com capacidade de 400 L, onde passaram por um período de quarentena e adaptação à dieta peletizada (de fundo), ambiente e manejo por 30 dias. Os peixes que, eventualmente, apresentaram problemas de qualquer natureza foram descartados.

Em seguida foram selecionados 432 alevinos, já com 30g de peso médio, para o ensaio de

digestibilidade. Esses peixes foram distribuídos em 36 tanques-rede cilíndricos de malha plástica de 80mm (40 litros) dentro de tanques de fibra de vidro com 100 litros úteis apropriados para a colheita de fezes, onde passaram por um novo período de adaptação de 15 dias às condições experimentais e à dieta referência.

INSTALAÇÕES E QUALIDADE DE ÁGUA

Os tanques de coleta de fezes foram semelhantes ao modelo Guelf modificado, descrito por Rostagno e Sakomura (2007) e Cho e Slinger (1979). Feitos em fibra de vidro com 100 litros de volume útil, todos os tanques receberam aeração complementar.

O abastecimento hídrico foi realizado com água proveniente de poço artesiano apenas para reposição do volume do sistema de recirculação utilizado. Esse sistema era composto por filtragem inicial através de parede de brita, seguida por um filtro de areia (tipo piscina), filtragem biológica, aeração em cada tanque e em diferentes pontos do sistema através de sopradores e difusores de ar, aquecedores elétricos com controle eletrônico de temperatura e bombas centrífugas (sistema descrito por Ribeiro *et al.*, 2003).

A circulação de água nos tanques proporcionou uma troca de 50 litros de água por hora. A temperatura, a concentração de oxigênio dissolvido e o pH foram medidos diariamente pela manhã com o auxílio de termômetros de máxima e mínima, de um oxímetro YSI modelo 55-12 FT e de um medidor de pH eletrônico PORTÁTIL Russell – RL06OP. O nível de nitrito foi monitorado semanalmente através de quites colorimétricos da HACH.

DIETAS EXPERIMENTAIS E ALIMENTOS AVALIADOS

Foram utilizadas treze dietas, uma referência e 12 contendo 30% do ingrediente estudado, cada uma contendo 0,1% de óxido crômico e 0,1% do LIPE^{®1} (lignina purificada e enriquecida) como indicadores externos misturados ao premix vitamínico e mineral.

Para a confecção da dieta-referência, foram utilizados ingredientes de origem animal (farinha de peixes e plasma sanguíneo), vegetal (concentrado protéico de soja, farelo de soja, glutenose, fubá de milho, farelo de trigo e óleo de soja), bentonita, premix mineral, premix vitamínico, DL-metionina e os indicadores (óxido crômico e LIPE[®]). A mistura do indicador LIPE[®] foi mais fácil de ser realizada, pois o óxido de cromo tende a formar pequenos grânulos exigindo uma mistura mais cautelosa.

A composição da dieta referência e seus valores nutricionais estão demonstrados na tabela 1.

TABELA 1 – Composição da dieta referência e das dietas teste

INGREDIENTES	(%)	
Farinha de Peixes	30,16	
Concentrado protéico de soja	15,00	
Fubá de milho	10,60	
Plasma	10,00	
glutenose 60	10,00	
Óleo de soja	9,18	
Farelo de soja	6,70	
Farelo de trigo	6,00	
Premix	2,00	
DL-metionina	0,06	
Óxido de cromo	0,10	
Bentonita	0,2	
COMPOSIÇÃO	Calculada	Determinada*
Matéria seca (MS)	88,00	92,00
Proteína bruta (PB)	46,00	48,50
Energia bruta (EB)	4.600,00	4.994,00
Extrato etéreo	10,0	16,09
Fibra bruta	1,5	1,75
Ca	1,5	1,49
P	1,2	1,07
Pdisp	0,87	
Arg	2,88	
Lis	2,92	
Met	1,00	

* Como analisado

Os alimentos avaliados neste experimento foram farinha de peixes, farinha de vísceras, plasma sanguíneo, glúten de trigo, glutenose, farelo de soja, concentrado protéico de soja, levedura, farelo de arroz integral, quirera de arroz, sorgo baixo tanino e fubá de milho.

As dietas foram confeccionadas no LAQUA, utilizando-se um misturador manual com capacidade de cinco quilos por batida e um moedor de carne para peletização das dietas. Após a etapa de mistura dos ingredientes, foi adicionado cerca de 50% de água à 60°C para facilitar a peletização. Para a homogeneização do tamanho dos peletes, a ração úmida foi colocada, em pequenas porções, dentro de um saco plástico insuflado com ar e agitado até a obtenção de partículas de tamanho adequado (8 x 3mm, aproximadamente). Após essa etapa, as dietas foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C e armazenadas em freezer a -18°C até o início do experimento.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Realizaram-se dois ensaios para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB), um com ingredientes protéicos e um com energéticos.

O delineamento para o ensaio com ingredientes protéicos foi fatorial (8 x 2) com oito alimentos nas parcelas e dois indicadores nas subparcelas, para cada tratamento foram realizadas quatro repetições. No ensaio com os ingredientes energéticos, o arranjo foi fatorial (4 x 2) com quatro alimentos nas parcelas e dois indicadores nas subparcelas, para cada tratamento foram quatro repetições cada. Para ambos ensaios, cada unidade experimental foi composta por um tanque com doze peixes.

Os resultados de cada ensaio foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparadas pelo teste de SNK a 5% de probabilidade utilizando-se o programa SAEG.

MANEJO ALIMENTAR E COLHEITA DE FEZES

A alimentação foi realizada durante a noite em função da maior aceitabilidade pelos peixes. Os horários de fornecimento das dietas foram às 00:00h e 04:30h. A alimentação foi *ad libitum* e o consumo de matéria seca foi de cerca de 2,5% da biomassa estocada. Antes do início das coletas

de fezes, os animais foram adaptados às dietas experimentais por sete dias.

A colheita de fezes realizou-se na água, utilizando-se o sistema de Guelph modificado desenvolvido por Cho e Slinger (1979).

No período de adaptação, observou-se que somente 10 horas após a primeira alimentação conseguia-se colher quantidades significativas de fezes. Por essa razão, no período de coleta, às 08:00h da manhã, os tanques eram limpos com uma esponja para retirada de partículas que pudessem contaminar as fezes e às 10:00h era realizada uma drenagem brusca, de cerca de 10% do volume de cada tanque, para descarte das fezes acumuladas até o momento. Em seguida eram colocados os coletores (tubos de centrífuga adaptados a um registro de esfera). A partir de então, as fezes eram recolhidas a cada hora através da substituição do tubo coletor até as 17:00h (Figura 1).



Figura 1 – detalhe da colheita de fezes

O material fecal era colhido, descartando-se a água e mantendo-se o material sedimentado, e armazenado em frasco de plástico com tampa em freezer a -18°C para posterior preparação das amostras para as análises. O material de cada coleta era armazenado em pool (da mesma unidade experimental), as colheitas se estenderam até que se obtivesse quantidade de material suficiente para as análises laboratoriais, esse período variou entre 10 e 15 dias.

PREPARO DAS AMOSTRAS E ANÁLISES LABORATORIAIS

Após o término do período experimental, todas as rações experimentais e amostras de fezes colhidas foram secas em estufa ventilada a 55°C . As amostras foram moídas em peneira de 1mm,

homogeneizadas e armazenadas em frascos plásticos para posterior análise no Laboratório de Nutrição – Escola de Veterinária da UFMG.

Realizaram-se as análises de matéria seca (MS), cinzas, proteína bruta (PB), energia bruta (EB), fibra bruta (FB) e extrato etéreo (EE), segundo AOAC (2005). A determinação de cromo foi feita por espectrofotometria de absorção atômica (EAA), segundo Williams *et al.* (1962). E o LIPE[®] por espectroscopia no infravermelho, segundo Saliba *et al.* (1998).

MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DOS CDA

Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, da energia e da proteína dos alimentos estudados, foi utilizada a metodologia de substituição do alimento-teste numa ração-referência (MATTERSON, 1965), a qual teve substituída 30% dos seus macronutrientes pelo alimento estudado. Para a estimativa dos CDA, utilizou-se 0,1% de óxido crômico e 0,1% de LIPE[®] como indicadores externos misturados às dietas.

Os CDA da matéria seca, energia e proteína das rações-teste foram calculados de acordo com a fórmula descrita por Nose (1960):

$$\text{CDA (\%)} = 100 [1 - (\% \text{indicador } r / \% \text{indicador } f) \cdot (\% \text{N } f / \% \text{N } r)]$$

onde:

CDA = coeficiente de digestibilidade aparente;
 $\% \text{Cr}_2\text{O}_3 r$ = porcentagem de indicador na ração;
 $\% \text{Cr}_2\text{O}_3 f$ = porcentagem de indicador nas fezes;
 $\% \text{N } f$ = porcentagem do nutriente ou energia nas fezes;
 $\% \text{N } r$ = porcentagem do nutriente ou energia na ração.

Já os CDA da matéria seca, energia e proteína dos alimentos avaliados foram calculados de acordo com a fórmula descrita por Cho e Slinger (1979).

$$\text{CDA} = \text{CDA}_{\text{RT}} - \text{CDA}_{\text{RR}} \cdot x / y$$

onde:

CDA = coeficiente de digestibilidade aparente;
 CDA_{RT} = coeficiente de digestibilidade aparente da ração teste;
 CDA_{RR} = coeficiente de digestibilidade aparente da ração referência;
 x = % da ração referência;
 y = % da ração teste.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios observados para os parâmetros de água mantiveram-se dentro dos padrões recomendáveis para a produção de peixes de clima tropical (médias de oxigênio dissolvido de $5,1 \pm 0,6$ mg de O_2/L no efluente, e temperatura de $28 \pm 1^\circ C$). A temperatura média observada para todo o período experimental encontra-se dentro dos limites para o surubim recomendados por Marques *et al.* (1992), citados por GONÇALVES (2002). Os valores de nitrito estiveram sempre abaixo de 130mg/l.

A tabela 2 contém os CDA para MS dos ingredientes protéicos obtidos com diferentes indicadores. A ANOVA apontou que ocorreram interações entre o indicador utilizado e os alimentos testados na estimativa dos CDAMS dos ingredientes protéicos ($P < 0,05$). O farelo de soja obteve CDAMS diferente da glutenose e concentrado protéico de soja utilizando-se o óxido crômico; já usando o LIPE[®] como indicador, os CDA foram semelhantes. A levedura obteve CDAMS semelhante ao do plasma utilizando-se o cromo como indicador e diferente usando-se o LIPE[®].

Tabela 2: Coeficientes de digestibilidade aparente para matéria seca (CDAMS) dos alimentos protéicos utilizando óxido crômico e LIPE[®] como indicadores

ALIMENTOS PROTÉICOS	CDAMS	
	Cr ₂ O ₃	LIPE [®]
Glúten de trigo	82,22 ^{Aa}	84,17 ^{Aa}
Farinha de vísceras	80,59 ^{Ba}	88,37 ^{Aa}
Farinha de peixe	79,68 ^{Aa}	86,38 ^{Aa}
Glutenose	68,66 ^{Ab}	73,13 ^{Ab}
Conc. Prot. de soja	68,13 ^{Ab}	73,40 ^{Ab}
Farelo de soja	54,57 ^{Bc}	74,56 ^{Ab}
Levedura	42,02 ^{Bd}	55,95 ^{Ac}
Plasma sanguíneo	37,66 ^{Ad}	39,84 ^{Ad}
Médias	64,19	71,98
CV		7,13

Médias com letras maiúsculas diferentes na mesma linha ou letras minúsculas na mesma coluna diferem significativamente entre si ($P < 0,05$).

Já na comparação entre os indicadores para a estimativa dos CDAMS de cada alimento, observou-se que, para o glúten de trigo, farinha de peixes, glutenose, concentrado protéico de soja e plasma sanguíneo, não existiu diferença significativa entre os indicadores. Entretanto, para a farinha de vísceras, farelo de soja e levedura, o indicador interferiu significativamente nos resultados.

A tabela 3 contém os CDA para PB dos ingredientes protéicos obtidos com diferentes indicadores. Nesse caso, a ANOVA apontou que

não houve interação entre o indicador utilizado e os alimentos testados na estimativa dos CDAPB ($P < 0,05$). No entanto, ocorreram diferenças significativas nas estimativas dos CDAPB dos alimentos utilizando os diferentes indicadores, sendo que os resultados obtidos com o LIPE[®] foram maiores do que os estimados pelo cromo. Como só foi encontrado o trabalho de Gonçalves (2002) determinando a digestibilidade de

alimentos para o surubim e este utilizou o óxido de cromo como indicador, fica impossível determinar qual indicador foi mais eficiente para obter os coeficientes de digestibilidade.

Tabela 3: Coeficientes de digestibilidade aparente para proteína bruta (CDAPB) dos alimentos protéicos utilizando óxido crômico e LIPE® como indicadores

ALIMENTOS PROTÉICOS	Cr ₂ O ₃	CDAPB	
		LIPE®	Médias
Glúten de trigo	98,40	98,91	98,65 ^a
Farinha de vísceras	80,71	86,21	83,46 ^d
Farinha de peixe	86,56	90,36	88,46 ^c
Glutenose	78,91	81,85	80,38 ^e
Conc. Prot. de soja	89,97	92,00	90,98 ^b
Farelo de soja	83,47	90,02	86,79 ^c
Levedura	71,57	78,34	74,96 ^f
Plasma sanguíneo	79,18	80,22	79,70 ^e
Médias	83,61 ^B	87,24 ^A	
CV			2,84

Médias com letras maiúsculas diferentes na mesma linha ou letras minúsculas na mesma coluna diferem significativamente entre si (P<0,05).

A tabela 4 contém os CDA para EB dos ingredientes protéicos obtidos com diferentes indicadores. Assim como ocorreu para os CDAMS, a ANOVA apontou interações entre o indicador utilizado e os alimentos testados na estimativa dos CDAEB (P<0,05). A glutenose obteve CDAEB menor que os obtidos para o glúten de trigo, farinha de vísceras e farinha de peixes, utilizando-se o óxido crômico como indicador; já usando o LIPE®, o CDAEB da glutenose foi semelhante ao do glúten de trigo e menor que os das farinhas de vísceras e peixes.

Ao se usar o óxido de cromo, o CDAEB do farelo de soja foi semelhante ao do plasma e inferior aos do glúten de trigo, glutenose e concentrado protéico de soja; e ao se utilizar o LIPE®, o farelo de soja obteve CDAEB maior do que o plasma e semelhante aos do glúten de trigo, glutenose e concentrado protéico de soja. A levedura obteve CDAEB diferente ao do plasma utilizando-se o cromo como indicador e semelhante usando-se o LIPE®.

Tabela 4: Coeficientes de digestibilidade aparente para energia bruta (CDAEB) dos alimentos protéicos utilizando óxido crômico e LIPE® como indicadores

ALIMENTOS PROTÉICOS	CDAEB	
	Cr ₂ O ₃	LIPE®
Glúten de trigo	84,23 ^{Aa}	86,21 ^{Aabc}
Farinha de vísceras	85,49 ^{Ba}	91,78 ^{Aab}
Farinha de peixe	86,15 ^{Aa}	91,41 ^{Aab}
Glutenose	75,76 ^{Ab}	79,53 ^{Ac}
Conc. Prot. de soja	77,47 ^{Aab}	81,63 ^{Abc}
Farelo de soja	61,52 ^{Bc}	78,60 ^{Ac}
Levedura	51,17 ^{Bd}	63,02 ^{Ad}
Plasma sanguíneo	58,80 ^{Ac}	63,63 ^{Ad}
Médias	72,64	79,47
CV		5,11

Médias com letras maiúsculas diferentes na mesma linha ou letras minúsculas na mesma coluna diferem significativamente entre si (P<0,05).

Já na comparação entre os indicadores, assim como ocorreu para os CDAMS, para a estimativa dos CDAEB de cada alimento, observou-se que para o glúten de trigo, farinha de peixes, glutenose, concentrado protéico de soja e plasma

sanguíneo não existiram diferenças significativas entre os indicadores. Entretanto, para a farinha de vísceras, farelo de soja e levedura, o indicador interferiu significativamente nos resultados. Quando ocorreram diferenças, os coeficientes

estimados com o LIPE[®] foram superiores aos estimados com o cromo.

Dentre os ingredientes protéicos, as diferenças entre a estimativa dos CDAMS e CDAEB ocorreram para os mesmos ingredientes. Tal fato sugere que pode existir algum fator presente nestes alimentos que possam estar interferindo na recuperação do óxido crômico, pois com esse indicador os CDA foram inferiores. Ao se observar a composição dos alimentos nota-se que, no caso do farelo de soja e da levedura, a característica destacadamente diferente dos outros ingredientes é a presença de maiores concentrações de carboidratos; e, no caso da farinha de vísceras, o alto teor de gordura (23,61%). Tanto os carboidratos quanto o excesso de gordura poderiam estar afetando o trânsito e a distribuição do cromo no trato digestivo, interferindo assim na sua recuperação fecal. Segundo Berchielli et al. (2007), a maior

limitação dos indicadores externos é que eles não se comportam como as partículas do alimento e, quando aderidos à sua porção de carboidratos, podem alterar algumas características químicas e físicas, como a gravidade específica.

A tabela 5 contém os CDA para MS dos ingredientes energéticos obtidos com diferentes indicadores. Assim como nos alimentos protéicos, a ANOVA apontou que ocorreram interações entre o indicador utilizado e os alimentos testados na estimativa dos CDAMS dos ingredientes energéticos ($P < 0,05$). O farelo de arroz obteve CDAMS semelhante ao do milho e superior ao da quireira de arroz e do sorgo utilizando-se o óxido crômico; já usando o LIPE[®] como indicador, o CDAMS do farelo de arroz foi inferior ao do milho e semelhante aos demais.

Tabela 5: Coeficientes de digestibilidade aparente para matéria seca (CDAMS) dos alimentos energéticos utilizando óxido crômico e LIPE[®] como indicadores

ALIMENTOS ENERGÉTICOS	CDAMS	
	Cr ₂ O ₃	LIPE [®]
Milho	62,30 ^{Ba}	82,69 ^{Aa}
Farelo de arroz	59,67 ^{Ba}	71,08 ^{Ab}
Quireira de arroz	40,39 ^{Bb}	70,05 ^{Ab}
Sorgo	38,00 ^{Bb}	72,26 ^{Ab}
Médias	50,09	74,02
CV	4,78	

Médias com letras maiúsculas diferentes na mesma linha ou letras minúsculas na mesma coluna diferem significativamente entre si ($P < 0,05$).

Os dois indicadores estimaram de forma significativamente diferente os CDAMS dos alimentos energéticos ao contrário do que ocorreu com a maioria dos ingredientes protéicos. Os menores valores encontrados com o óxido crômico, possivelmente, se devem às interferências no trânsito e distribuição desse indicador ocasionada pela possibilidade de ligação do cromo aos carboidratos presentes nos alimentos energéticos avaliados, conforme ocorreu nos ingredientes protéicos ricos nesses nutrientes.

Os CDAPB dos ingredientes energéticos obtidos com os diferentes indicadores estão apresentados na tabela 6. Do mesmo modo que para os ingredientes protéicos, a ANOVA apontou que não houve interação entre o indicador utilizado e

os alimentos testados na estimativa dos CDAPB ($P < 0,05$). Contudo, também ocorreram diferenças significativas nas estimativas dos CDAPB desses alimentos utilizando os diferentes indicadores, sendo maiores os coeficientes estimados com o LIPE[®].

Tabela 6: Coeficientes de digestibilidade aparente para proteína bruta (CDAPB) dos alimentos energéticos utilizando óxido crômico e LIPE® como indicadores

ALIMENTOS ENERGÉTICOS	CDAPB		
	Cr ₂ O ₃	LIPE®	Médias
Milho	87,40	96,01	91,70 ^a
Farelo de arroz	83,84	88,68	86,26 ^b
Quirera de arroz	85,30	94,47	89,88 ^{ab}
Sorgo	81,11	94,18	87,65 ^{ab}
	Médias	84,41 ^B	93,33 ^A
	CV		3,96

Médias com letras maiúsculas diferentes na mesma linha ou letras minúsculas na mesma coluna diferem significativamente entre si (P<0,05).

Na tabela 7 estão apresentados os CDA para EB dos ingredientes energéticos obtidos com dois indicadores. Assim como ocorreu para os CDAMS, a ANOVA apontou interações entre o indicador utilizado e os alimentos testados na estimativa dos CDAEB dos ingredientes energéticos (P<0,05). Quando estimou-se o CDAEB através do óxido crômico, o farelo de arroz obteve o maior CDAEB entre os alimentos energéticos seguido isoladamente pelo milho; o sorgo e a quirera obtiveram valores menores e semelhantes entre si. Já ao se usar o LIPE® como indicador, o CDAEB do farelo de arroz foi inferior ao do milho e semelhante aos demais alimentos energéticos.

Para todos os alimentos, protéicos e energéticos, quando houve diferença na determinação das digestibilidades, os resultados obtidos com o LIPE® foram maiores em relação aos obtidos com o óxido de cromo. Esses resultados estão de acordo com os obtidos para outras espécies. Lanzetta *et al.* (2006), comparando em eqüinos os CDA obtidos por coleta total, óxido de cromo e LIPE®, encontraram resultados semelhantes

para coleta total e LIPE®; já o óxido de cromo subestimou os CDA. Souza *et al.* (2007) obtiveram resultados diferentes em aves para CDA obtidos com óxido de cromo e LIPE®, sendo que os valores obtidos através do último foram superiores, como ocorreu neste experimento. Os autores concluíram que o LIPE® foi melhor indicador com base nos resultados de CDA encontrados na literatura para aves. Já no trabalho de Vasconcellos (2004) com frangos de corte não foram encontradas diferenças em relação à coleta total, óxido de cromo e LIPE® para a maioria dos alimentos estudados. Lopes *et al.* (2007b) avaliaram CDAMS e CDAPB para três níveis de inclusão de um resíduo rico em carboidratos em dietas para tilápia e compararam o LIPE® ao óxido de cromo. Seus resultados não apontaram diferenças significativas entre os indicadores, entretanto, demonstraram uma tendência numérica ao aumento das diferenças a favor do LIPE®, conforme se incrementou os níveis do referido resíduo (conseqüentemente de carboidratos) na dieta, principalmente para os CDAMS.

Tabela 7: Coeficientes de digestibilidade aparente para energia bruta (CDAEB) dos alimentos energéticos utilizando óxido crômico e LIPE® como indicadores

ALIMENTOS ENERGÉTICOS	CDAEB	
	Cr ₂ O ₃	LIPE®
Milho	62,44 ^{Bb}	81,14 ^{Aa}
Farelo de arroz	66,41 ^{Ba}	72,54 ^{Ab}
Quirera de arroz	46,92 ^{Bc}	76,00 ^{Ab}
Sorgo	47,76 ^{Bc}	76,27 ^{Ab}
	Médias	55,88
	CV	3,95

Médias com letras maiúsculas diferentes na mesma linha ou letras minúsculas na mesma coluna diferem significativamente entre si (P<0,05).

Não é possível avaliar qual dos dois indicadores foi mais eficaz na estimativa das digestibilidades neste experimento, pois não foi possível realizar colheita total das fezes para uma comparação mais conclusiva. Tão pouco se pode comparar com dados da literatura uma vez que só foi encontrado o trabalho de Gonçalves e Carneiro (2003) avaliando digestibilidade de alimentos para surubim, o qual utilizou óxido de cromo como indicador.

Ao se avaliar os desvios-padrão obtidos para as médias dos CDA para MS e EB dos ingredientes energéticos, é possível notar que as médias obtidas com o LIPE[®] apresentaram menores desvios em relação àquelas obtidas com o óxido de cromo. Isso sugere maior confiabilidade na recuperação fecal do LIPE[®].

CONCLUSÕES

O LIPE[®] foi eficiente na estimativa da digestibilidade dos alimentos protéicos quando comparado ao óxido de cromo.

Na estimativa dos ingredientes energéticos, os CDA obtidos utilizando o LIPE[®] como indicador foram superiores àquelas obtidas com o óxido de cromo.

O nível de carboidratos presentes nos alimentos parece interferir na recuperação do cromo nas fezes do surubim.

Os CDA obtidos com o LIPE[®] apresentaram menores desvios em relação à média do que o cromo.

Devem ser conduzidos trabalhos de determinação da digestibilidade de alimentos ricos em carboidratos para surubim, comparando os indicadores com a colheita total de fezes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSTRENG, E.; STOREBAKKEN, T.; THOMASSEN, M.S. et al. Evaluation of selected trivalent metal oxides as inert markers used to estimate apparent digestibility in salmonids. *Aquaculture*, v.188, n.1-2, p.65-78, 2000.

BERCHIELLI, T.T.; VEJA, A.G.; REIS, R.A. Técnicas de avaliação de consumo em ruminantes: estado da arte. In: RENNÓ, F.P.; SILVA, L.F.P. (Eds.). Simpósio internacional avanços em técnicas de pesquisa em nutrição de ruminantes. 2007, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: USP, 2007. p. 305-341.

CHO, C.Y.; SLINGER, S.I. Apparent digestibility measurement in feedstuff for rainbow trout. In: WORD SIMPOSIUM ON FINFISH NUTRITION AND FISHFEED TECHNOLOGY, Hamburg, 1978. Proceedings...Heeneman: Halver, J.; Tiews, K., p. 239-247, 1979.

CURRAN, M.K.; LEADER, J.D.; WESTON, E.W. A note on the use of chromic oxide incorporated in a feed to estimate faecal output in ruminants. *Animal Production*, v.9, p.561-564, 1967.

ELLIS, R. W.; SMITH, R. R. Determining fat digestibility in trout using a metabolic chamber. *The Progressive Fish-Culturist*, v. 46, n. 2, p. 116 – 119, 1984.

GONÇALVES, E.G.; CARNEIRO, D.J. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.779-786, 2003.

GONÇALVES, E. G. **Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e da energia dos alimentos e exigência de proteína digestível em dietas para o crescimento do pintado, *Pseudoplatystoma coruscans***. Jaboticabal, SP: UNESP, 2002. 52p. Dissertação (Mestrado em aquicultura). Centro de Aquicultura da UNESP, 2002.

LANZETTA, V.A.S.; REZENDE, A.S.C.; SALIBA, E.O.S et al. Comparação entre coleta total, óxido crômico e LIPE[®], na determinação da digestibilidade dos nutrientes, em equinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa – PB. **Anais...** Paraíba: SBZ, 2006.

LOPES, V. E. S. ; TEIXEIRA, E. A. ; CREPALDI, D. V. ; FARIA, P. M. C. ;

- AGUIAR, T. R. M. L. ; CINTRA, A. P. R. ; COSTA, A.A.P ; COSTA, F. A. A. ; DRUMOND, M. L. ; MORAIS, V. E. ; REIS, M. A. ; PRADO, S. A. ; SALIBA, E. O. S. Utilização do LIPE como indicador externo na determinação da digestibilidade em peixes. In: XVI Semana de Iniciação científica da Escola de Veterinária da UFMG, 2007, Belo Horizonte. **Anais...**, 2007.
- LOPES, F.C.F. Métodos para estimativa do consumo de forrageiras tropicais por vacas em lactação em condição de pastejo. In: Simpósio mineiro de nutrição de gado de leite, 4, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2007. p. 83-70.
- MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, N. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Research Report n. 7 University of Connecticut, Agriculture Experimental Station**, v.7, p. 3-11, 1965.
- NATH, K.; KUMAR, N. Effect of hexavalent chromium on the carbohydrate metabolism of a freshwater tropical teleost *Colisa fasciatus*. **Bulletin Institute Zoology Academy Science**, v. 26, n. 2, p. 245 – 248, 1987.
- NATH, K.; KUMAR, N. Hexavalent chromium: toxicity and its impact on certain aspects of carbohydrate metabolism of a freshwater tropical teleost *Colisa fasciatus*. **Science Total Environment**, v. 72, n. 1, p. 175 – 181, 1988.
- NETO, H.B.; GRANER, C.A.F.; PEZZATO, L.E.; PADOVANI, C.R.; CANTELMO, O.A. Diminuição do teor de óxido de crômio (III) usado como marcador externo. **R. Brás. Zootec.**, v. 32, n. 2, p. 249-255, 2003.
- NATH, K.; KUMAR, N. Effect of hexavalent chromium on the carbohydrate metabolism of a freshwater tropical teleost *Colisa fasciatus*. **Bulletin Institute Zoology Academy Science**, v. 26, n. 2, p. 245 – 248, 1987.
- NATH, K.; KUMAR, N. Hexavalent chromium: toxicity and its impact on certain aspects of carbohydrate metabolism of a freshwater tropical teleost *Colisa fasciatus*. **Science Total Environment**, v. 72, n. 1, p. 175 – 181, 1988.
- NOSE, T. On the digestion of food protein by gold-fish (*Carassius auratus* L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* G.) **Bull. Freshwater Fish**. V. 10, p. 11-12, 1960.
- OWENS, F. N.; HANSON, C. F. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. **J. Dairy Sci.**, v. 75, n. 9, p. 2605 – 2617, 1992.
- PEDDIE, J.; DEWAR, W.A.; GILBERT, A.B.; WADDINGTON, D. The use of titanium dioxide for determining apparent digestibility in mature domestic fowls (*Gallus domesticus*). **J. Agric. Sci.**, v.99, p.233-236, 1982.
- RIBEIRO, L. P. ; SOUZA, S. N. ; CREPALDI, D. V. ; MELO, D. C. ; TEIXEIRA, E. A. ; MIRANDA, M. O. T. . Evaluation of a recirculation system in surubim *P. coruscans* culture. In: World Aquaculture Society 2003, Salvador. *Proceedings* World Aquaculture Society 2003.
- 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, p. 1323 – 1331, 1995.
- RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. Anais de simpósios da 43^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (Suplemento Especial de **Rev. Bras. de Zootec.**, v. 35, 2006), João Pessoa – PB, 24 a 27 de julho de 2006. Eds.: NETO, S.G.; COSTA, R.G.; FILHO, E.C.P.; CASTRO, J.M.C. João Pessoa: SBZ: UFPB, 2006.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 2007. 283 p.
- SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BARRETO, S.L.T.; VELOSO, D.P. Isolation of the lignins from both corn and soybean agricultural residue and infrared spectroscopic characterization. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 50, n. 6, p. 727-730, 1998.

SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M.; PILÓ-VEOSO, D. et al. Estudo comparativo da digestibilidade pela técnica de coleta total com lignina purificada como indicador da digestibilidade para ovinos em experimento com feno de Tifton 85. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria – RS. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003 (CD-ROM).

SALIBA, E.O.S. Uso de indicadores: Passado, presente e futuro. In: I TELECONFERÊNCIA SOBRE INDICADORES EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 2005, Belo Horizonte: **Anais...** Belo Horizonte – MG: Escola de Veterinária da UFMG, 2005. p. 04-22.

SHIAU, S. Y.; LIANG, H. S. Carbohydrate utilization and digestibility by tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) are affected by chromic oxide inclusion in diet. **Journal of nutrition**, v. 125, n. 4, p. 976 – 982, 1995.

URBINATI, E. C.; SILVA, B. F.; BORGES, R.; et al. Inclusão de cromo e vanádio para melhorar o aproveitamento da carboidrato da dieta do pacu, *Piaractus mesopotamicus*. *Aqüicultura Brasil*, 1998. **Resumos...** Recife: Simbraq, 1998. p. 153.

WILLIAMS, C. H.; DAVID, D. J.; IISMAA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic spectrophotometry. *J. Agric. Sci.*, v. 59, p. 381 – 385, 1962.

VASCONCELOS, C. H. F. **Lignina purificada e modificada (LIPE®), óxido crômico e coleta total de excretas, como métodos de determinação da digestibilidade em frangos de corte.** 2004.46p. Dissertação de Mestrado. Escola de Veterinária/UFMG. Belo Horizonte.

CAPÍTULO IV

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA PARA JUVENIS DE SURUBIM (*PSEUDOPLATYSTOMA* SPP)

ENERGY REQUIREMENTS OF JUVENILE SURUBIM (PSEUDOPLATYSTOMA SPP)

RESUMO

O objetivo desse trabalho é determinar a exigência de energia para juvenis de surubim (*Pseudoplatystoma* spp). Foram utilizados 240 peixes pesando $89,27 \pm 4,89$ g distribuídos aleatoriamente em 20 tanques de 400 L. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos (níveis de energia bruta: 4000, 4200, 4400, 4600 e 4800kcal/kg) e quatro repetições, sendo considerada unidade experimental um tanque com 12 peixes. Os dados experimentais foram submetidos a ANOVA para verificar a significância de modelos propostos. Através dos resultados de ganho de peso, conversão alimentar, taxa de eficiência protéica, taxa de deposição de proteína, eficiência de retenção de proteína bruta, eficiência de retenção de energia bruta, proporção de proteína no ganho de peso e proporção de gordura no ganho de peso foram obtidas equações de regressão para identificar a exigência de energia bruta. Essa foi determinada como 4.820kcal/kg com uma relação entre energia e proteína de 10,96kcal/g.

Palavras-Chave: Exigência de energia, juvenis de surubim.

ABSTRACT

The aim of this work was determinate the juveniles surubim energy requirement. It was used 240 fishes, with mean weight of $89,27 \pm 4,89$ g. The juveniles was separated in 20 tanks with 400l. The experimental design was totally randomly in five treatments (energy levels) and four repetitions, and the tank with 12 fish having been considered a experimental unit. The results of the present study were submitted to ANOVA and SNK test ($p < 0,05$). Regression equations was determinate to identify the requirement of crude energy through the results of weight gain, feed conversion, protein efficiency rate, protein deposition rate, retention protein efficiency, retention energy efficiency, ratio of protein in the gain weight and ratio of fat in the gain weight. It was determined that 4.820kcal/kg with a relation between energy and protein of 10,96kcal/g was the juveniles surubim energy requirements.

Keywords: Energy requirements, juvenile spotted catfish.

INTRODUÇÃO

A piscicultura no Brasil tem se desenvolvido fundamentalmente com espécies exóticas, em função da pouca tecnologia de criação de espécies nativas (MIRANDA e RIBEIRO, 1997), apesar de existirem diversas informações para várias das espécies nativas com características próprias à piscicultura. Para a maioria dessas espécies, ainda não existe um pacote tecnológico

que agregue informações e tecnologias que envolvam a produção animal em toda sua cadeia.

De acordo com as estatísticas providas pelo IBAMA, em 2005, foram cultivadas 114 mil toneladas de peixes exóticos e 58 mil toneladas de peixes nativos, respectivamente, 64 e 33% da produção da piscicultura do Brasil. No entanto, diante do grande número de espécies e híbridos de peixes nativos que estão sendo cultivados a participação destes na piscicultura nacional ainda

tem sido muito modesta (KUBITZA *et al.*, 2007).

O surubim do gênero *Pseudoplatystoma* pode ser encontrado nas principais bacias hidrográficas sul-americanas, Amazônica, do Prata e São Francisco (TAVARES, 1997). No Brasil, o surubim é considerado o peixe de água doce de maior valor comercial e preferência na maioria dos Estados, por apresentar carne de coloração clara e textura firme, sabor pouco acentuado, baixo teor de gordura e ausência de espinhos intramusculares. Outras características importantes do surubim são o rápido crescimento, o bom índice de conversão alimentar, a tolerância às baixas temperaturas, menor exigência quanto à qualidade de água, a tolerância ao manejo e transporte e o alto rendimento em carne no processamento (MIRANDA e RIBEIRO, 1997).

Apesar do interesse comercial, do potencial zootécnico e do conseqüente aumento da demanda por rações específicas para esse Gênero, poucos estudos foram realizados no que tange a nutrição destes animais.

A demanda do mercado aumenta o interesse de empreendedores em produzir o surubim com conseqüente melhoria na produção dessa espécie. Para que esse desenvolvimento ocorra de forma consistente é necessário que se desenvolvam dietas mais eficientes do ponto de vista produtivo e econômico, uma vez que a alimentação representa o principal componente nos custos de produção. Para espécies carnívoras, como o surubim, as dietas precisam ser nutricionalmente mais densas, contendo altos níveis de proteína de boa qualidade e energia digestível.

O conhecimento da exigência nutricional de cada espécie é necessário para permitir a elaboração de rações de mínimo custo que permitam aos peixes o desempenho produtivo/reprodutivo esperado de forma a se obter produtos de qualidade, sem comprometer a qualidade da água do ambiente de criação (FURUYA, 2007).

A concentração ótima de proteína nas dietas para peixes está marcada por um delicado balanço entre proteína e energia, ao qual se tem que dispensar especial atenção à qualidade protéica, padrão adequado de aminoácidos essenciais

disponíveis, e fontes de energia não protéica, lipídios e carboidratos (FURUYA, 2007).

A hipótese de que o consumo de alimentos em peixes é limitado quando as exigências de energia são supridas tem sido aceita (LEE e PUTNAM, 1973; BROMLEY, 1980; RAMSEYER e GARLING JR, 1998). Portanto a relação proteína/energia deve ser mantida adequada. Pois quando essa é menor do que a ideal (excesso de energia) os peixes demonstram saciedade antes de consumirem proteína suficiente para atingir máximo desempenho. Se a relação for maior que a ideal, os aminoácidos presentes em excesso serão utilizados como fonte de energia ou deposição de gordura (RAMSEYER e GARLING JR, 1998; SÁ e FRACALOSI, 2002). Segundo Lundstedt (2003) o crescimento não é otimizado somente elevando-se o nível de proteína da dieta, mas levando-se em conta o balanço correto dos compostos energéticos e os teores de proteína.

Existem diferentes vantagens em se reduzir o excesso de proteína na dieta em relação à exigência. Como a proteína é o componente mais caro na alimentação dos peixes, custos relativos à alimentação podem ser reduzidos substituindo a porção de proteína não utilizada para o crescimento por uma fonte de energia mais barata. Além disso, utilizar níveis adequados de proteína permite reduzir a excreção nitrogenada e conseqüentemente o potencial poluidor da dieta (RAMSEYER e GARLING JR, 1998).

Trabalhos com salmonídeos e carpas demonstram que a exigência de proteína é afetada pela qualidade e quantidade da energia dietética (PAGE e ANDREWS, 1973). Para a maioria das espécies cultivadas a eficiência de utilização da proteína pode aumentar com o incremento da utilização de lipídeos e carboidratos na dieta (MARTINO *et al.*, 2005). Portanto utilizar níveis adequados de energia é reduzir o desperdício de proteína. O uso de alimentos mais baratos (carboidratos e lipídeos) substituindo ingredientes caros ricos em proteína pode ter um grande significado econômico (MARTINO *et al.*, 2005).

Os peixes têm menor exigência energética dentre os animais de produção, porque não necessitam manter constante a temperatura corporal. Segundo Paulson (1980), estes gastam

relativamente menos energia para se movimentar na água que os mamíferos e aves e, também porque excretam os metabólitos nitrogenados na água em forma de amônia em lugar de uréia e ácido úrico, perdendo menos energia no catabolismo protéico e excreção de nitrogênio. As informações de energia digestível de todos os alimentos convencionais e alternativos não são disponíveis para todas as espécies de peixes. Em animais amoniotéticos, a energia digestível e a energia metabolizável podem ser consideradas como iguais, uma vez que as perdas associadas com a excreção de amônia são pequenas (STEFFENS, 1989).

O objetivo desse trabalho foi determinar a exigência de energia para juvenis de surubim (*Pseudoplatystoma* spp) pesando entre 90 e 160 gramas.

MATERIAL E MÉTODOS

Com o propósito de estimar a exigência de energia para juvenis de surubim foi conduzido um experimento de 45 dias no Laboratório de Aquacultura da Escola de Veterinária da UFMG (LAQUA) de 05 de novembro a 20 de dezembro de 2007.

MATERIAL BIOLÓGICO

Foram utilizados 246 juvenis de surubim híbridos (*Pseudoplatystoma coruscans* x *P. fasciatum*) pesando $89,27 \pm 4,89$ g (Figura 1). Foram distribuídos 240 peixes aleatoriamente em 20 tanques de 400 L. Seis animais foram insensibilizados em gelo fundente, armazenados em sacos plásticos e congelados em freezer à -18°C para posterior determinação do conteúdo de proteína, extrato etéreo e energia.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos (níveis de energia bruta: 4000, 4200, 4400, 4600 e 4800 kcal/kg) e quatro repetições, sendo considerada unidade experimental um tanque com 12 peixes. Os dados experimentais foram submetidos a ANOVA pelo programa SAEG

para verificar a significância de modelos propostos. Através dos resultados de ganho de peso, conversão alimentar, taxa de eficiência protéica, taxa de deposição de proteína, eficiência de retenção de proteína bruta, eficiência de retenção de energia bruta, proporção de proteína no ganho de peso e proporção de gordura no ganho de peso foram obtidas equações de regressão para identificar a exigência de energia bruta (EB).

PARÂMETROS AVALIADOS

Os animais foram pesados individualmente no primeiro e no último dia do experimento com o auxílio de uma cuba de água com tampa e uma balança analítica digital *Marte AS5500C*. Os pesos iniciais e finais foram anotados para o cálculo do ganho de peso médio. O consumo foi obtido por diferença entre o fornecido e a sobra de cada alimentação. As sobras foram sifonadas e secas em estufa de ventilação forçada à 55°C por 12 horas e então pesadas.

Os parâmetros de desempenho estudados foram calculados de acordo com as seguintes fórmulas:

Ganho de peso (GP) = peso final – peso inicial;
Ganho de peso diário (GPD) = GP / número de dias (45);
Taxa de eficiência protéica (TEP) = GP / proteína bruta consumida;
Conversão alimentar (CA) = GP / consumo.

As amostras dos peixes colhidas ao início e ao final do experimento foram trituradas em um processador de alimentos doméstico, secas em estufa de ventilação forçada à 55°C por 48 horas moídas em peneira de um milímetro e analisadas no laboratório de nutrição animal da Escola de Veterinária da UFMG. Foram determinadas matéria seca (MS) em estufa à 105°C, proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) segundo metodologias descritas por AOAC (2005) e energia bruta (EB) em bomba calorimétrica.

Com os resultados de composição de carcaça foram calculados a taxa de deposição de proteína (TDP), a eficiência de retenção de proteína bruta (ER_{PB}), eficiência de retenção de energia bruta (ER_{EB}), proporção de proteína no ganho de peso (PGP) e proporção de gordura no ganho de peso (GGP),

onde:

$$\begin{aligned} \text{TDP} &= (\text{PB}_f \times \text{P}_f) - (\text{PB}_i \times \text{P}_i); \\ \text{ER}_{\text{PB}} &= [(\text{PB}_f \times \text{P}_f) - (\text{PB}_i \times \text{P}_i)] \times 100 / \text{C}_{\text{PB}}; \\ \text{ER}_{\text{EB}} &= [(\text{EB}_f \times \text{P}_f) - (\text{EB}_i \times \text{P}_i)] \times 100 / \text{C}_{\text{EB}}; \\ \text{PGP} &= [(\text{PB}_f \times \text{P}_f) - (\text{PB}_i \times \text{P}_i)] \times 100 / (\text{P}_f - \text{P}_i); \\ \text{GGP} &= [(\text{EE}_f \times \text{P}_f) - (\text{EE}_i \times \text{P}_i)] \times 100 / (\text{P}_f - \text{P}_i); \end{aligned}$$

em que:

PB_f , EB_f e EE_f – valores médios de proteína bruta, energia bruta e extrato etéreo dos peixes de cada tratamento ao final do experimento;

PB_i , EB_i e EE_i – valores médios de proteína bruta, energia bruta e extrato etéreo da amostra inicial dos peixes;

C_{PB} e C_{EB} – consumo médio de proteína bruta e energia bruta de cada tratamento;

P_i e P_f – pesos médios inicial e final dos peixes de cada tratamento.

INSTALAÇÕES E QUALIDADE DE ÁGUA

O experimento foi conduzido no laboratório de bioclimatologia do LAQUA onde foram utilizados 20 tanques circulares de 400 litros de volume útil em sistema fechado de recirculação de água.

O abastecimento hídrico foi realizado com água proveniente de poço artesianos apenas para reposição do volume do sistema de recirculação utilizado. Esse sistema era composto por filtragem mecânica inicial através de parede de brita, seguida por um filtro de areia (tipo piscina), filtragem biológica, aeração em cada tanque e em diferentes pontos do sistema através de sopradores e difusores de ar, aquecedores elétricos com controle eletrônico de temperatura e bombas centrífugas (sistema descrito por Ribeiro *et al.*, 2003).

A circulação de água nos tanques proporcionou uma troca de água por hora (400 L/h). A temperatura, a concentração de oxigênio dissolvido e o pH foram medidos diariamente pela manhã com o auxílio de termômetros de máxima e mínima, de um oxímetro YSI modelo 55-12 FT e de um medidor de pH eletrônico portátil Russell – RL06OP. O nível de nitrito foi monitorado semanalmente através de quites colorimétricos da HACH.

DIETAS EXPERIMENTAIS

Foram utilizadas cinco dietas isoprotéicas e com níveis crescentes de EB. Para a confecção das

dietas foram utilizados ingredientes de origem animal (farinha de peixes e plasma sanguíneo), vegetal (concentrado protéico de soja, farelo de soja, glutenose, fubá de milho, farelo de trigo e óleo de soja), bentonita, premix mineral, premix vitamínico, DL-metionina e L-lisina. A composição das dietas e seus valores nutricionais estão demonstrados na tabela 1. Os níveis nutricionais de proteína foram definidos com base nos determinados por (Gonçalves, 2002) e em exigências de outros peixes carnívoros (NRC, 1993). O maior teor de amido também foi mantido próximo ao limite determinado por Lundstedt (2003) para alevinos de surubim de 12 g (16%).

As dietas foram confeccionadas no LAQUA utilizando-se um misturador manual com capacidade de cinco quilos por batida e um moedor de carne para peletização das dietas. Após a etapa de mistura dos ingredientes, foi adicionado cerca de 50% de água à 60°C para facilitar a peletização. Para a homogeneização do tamanho dos peletes a ração úmida foi colocada, em pequenas porções, dentro de um saco plástico insuflado com ar e agitado até a obtenção de partículas de tamanho adequado (7 x 14mm, aproximadamente). Após essa etapa as dietas foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C e armazenadas em freezer a -18°C até o início do experimento.

MANEJO EXPERIMENTAL E ALIMENTAR

A alimentação foi realizada durante a noite em função da maior aceitabilidade pelos peixes. Os horários de fornecimento das dietas foram às 00:00hs e 04:30hs. A alimentação foi *ad libitum*, sendo sempre pesado o alimento fornecido, e as sobras foram coletadas para estimativa do consumo.

A limpeza dos tanques era realizada pela manhã através de sifonagem e de uma drenagem brusca de cerca de 10% do volume do tanque.

TABELA 1 – Composição das dietas experimentais na matéria natural (MN)

DIETAS (kcal/kg)	4000		4200		4400		4600		4800	
INGREDIENTE	%		%		%		%		%	
Farinha de Peixes	30,00		30,00		30,00		30,00		30,00	
Plasma	10,00		10,00		10,00		10,00		10,00	
Farelo de trigo	5,00		5,00		5,00		5,00		5,00	
Glutenose 60	3,00		3,00		3,00		3,00		3,00	
Óleo de soja	0,304		3,995		7,687		11,379		15,070	
Fubá de milho	20,97		16,45		11,92		7,39		2,86	
Farelo de soja	26,19		27,00		27,82		28,63		29,44	
Premix vitamínico	1,00		1,00		1,00		1,00		1,00	
Premix mineral	1,00		1,00		1,00		1,00		1,00	
Fosfato Bicálcico	1,63		1,65		1,66		1,68		1,69	
Bentonita	0,50		0,50		0,50		0,50		0,50	
DL-metionona	0,317		0,325		0,332		0,340		0,347	
L-triptofano	0,068		0,068		0,068		0,069		0,069	
L-lisina	0,019		0,020		0,020		0,021		0,021	
COMPOSIÇÃO	Calc.	Det.*	Calc.	Det.*	Calc.	Det.*	Calc.	Det.*	Calc.	Det.*
PB (%)	42,00	44,08	42,00	44,02	42,00	44,67	42,00	44,07	42,00	44,64
P. digestível (%)	33,54		33,55		33,56		33,56		33,57	
EB (kcal/kg)	4.000	4.328	4.200	4.587	4.400	4.718	4.600	4.966	4.800	5.176
ED (kcal/kg)	2.886		3.117		3.348		3.578		3.809	
Fibra bruta (%)	2,30		2,26		2,23		2,19		2,16	
EE (%)	3,63	4,85	7,14	8,83	10,64	13,37	14,15	17,07	17,65	19,10
Amido	18,34		15,62		12,89		10,16		7,43	
Ca	1,92		1,92		1,92		1,93		1,93	
P	1,26		1,25		1,25		1,24		1,24	
P disp	1,09		1,09		1,09		1,09		1,09	
Lisina	2,823		2,835		2,847		2,859		2,871	
Arginina	2,585		2,595		2,604		2,613		2,623	
Metionina	1,157		1,162		1,167		1,172		1,177	
Met + cis	1,817		1,818		1,820		1,821		1,823	
Triptofano	0,565		0,567		0,569		0,572		0,574	
Treonina	1,824		1,824		1,824		1,824		1,824	

*Determinado na matéria natural

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios observados para os parâmetros de água, mantiveram-se dentro dos padrões recomendáveis para a produção de peixes de clima tropical: (médias de oxigênio dissolvido de $6,0 \pm 0,7$ mg de O_2 / L no efluente, e temperatura de $28 \pm 1^\circ C$). A temperatura média observada para todo o período experimental encontra-se dentro dos limites para o surubim recomendados por Marques *et al.* (1992). Os valores de nitrito estiveram sempre abaixo de 110mg/l.

A tabela 2 traz os resultados de desempenho obtidos com as rações de níveis energéticos crescentes.

Tabela 2: Valores de ganho de peso médio (GPM), ganho de peso médio diário (GPMD), consumo médio (CM), consumo médio diário (CMD), conversão alimentar (CA) e taxa de eficiência protéica (TEP) obtidos com as diferentes dietas

Parâmetros	Níveis de Energia Bruta (kcal/kg)					CV (%)
	4000	4200	4400	4600	4800	
GPM (g)*	56,23	75,76	82,68	73,80	70,26	8,77
GPMD (g*)	1,25	1,68	1,84	1,64	1,56	8,77
CM (g)	95,09	87,44	103,38	105,17	90,63	7,69
CMD (g)	2,11	1,94	2,30	2,34	2,01	7,69
CA*	1,69	1,16	1,25	1,43	1,30	5,16
TEP*	1,19	1,75	1,53	1,53	1,56	11,23

*Efeito quadrático ($p < 0,01$)

Os níveis de energia não tiveram efeito sobre o consumo ($p < 0,1$). Segundo Bromley (1980) e Carneiro (1990) os peixes consomem alimento até que as exigências energéticas estejam satisfeitas. Portanto, esperava-se que as dietas com energia em excesso causassem redução no consumo. Contudo não foi o que ocorreu neste experimento.

No entanto, houve efeito quadrático para ganho de peso médio ($p < 0,001$), conversão alimentar ($p < 0,001$) e taxa de eficiência protéica ($p < 0,01$). As equações obtidas para os parâmetros de desempenho estão descritas a seguir:

$$\text{GPM} \rightarrow y = -0,0000968996 x^2 + 0,934169 x - 2170,92; R^2 = 0,90 (p < 0,001);$$

$$\text{CA} \rightarrow y = 0,00000148014 x^2 - 0,0143449 x + 35,9807; R^2 = 0,56 (p < 0,001);$$

$$\text{TEP} \rightarrow y = -0,00000143373 x^2 + 0,0139136 x - 32,1058; R^2 = 0,58 (p < 0,01).$$

Foram observados coeficientes de determinação mais elevados para os modelos quadráticos para as variáveis ganho de peso - GP, conversão alimentar - CA e taxa de eficiência protéica - TEP.

O maior coeficiente de determinação foi obtido para a equação que considera o ganho de peso ($R^2 = 0,90$), já as equações que consideram conversão alimentar e taxa de eficiência protéica apresentaram coeficientes menores (0,56 e 0,58, respectivamente). Esses menores coeficientes de determinação podem ser devido a problemas na mensuração do consumo, pois a colheita de sobras é difícil e imprecisa quando são utilizadas dietas peletizadas.

Ao se derivar a equação de ganho de peso o nível estimado como ideal de EB foi 4.820kcal/kg.

Apesar de possuírem R^2 menores as equações que utilizaram CA e TEP predisseram valores próximos ao anterior (4.846 e 4.852kcal/kg, respectivamente).

O ganho de peso é a variável quantitativa mais comumente utilizada em experimentos de avaliação de dietas com diferentes níveis de um determinado nutriente essencial para peixes (ROBBINS et al., 1979). O fenômeno do crescimento está relacionado ao aumento de peso corporal aliado ao desenvolvimento progressivo do peixe. Assim, pode-se dizer que o ganho de peso é o melhor parâmetro utilizado para avaliação da adequação nutricional de uma dieta ou da exigência nutricional de uma espécie (PORTZ et al., 2000). Normalmente, a utilização desse parâmetro na avaliação quantitativa das exigências nutricionais para peixes é condicionada à existência de condições experimentais controladas, onde o crescimento do peixe pode ser prejudicado ou não somente se algum nutriente essencial for inadequadamente suprido ou retirado da dieta (PORTZ et al., 2000). Entretanto, na determinação de exigências deve-se levar em consideração aspectos ligados à composição corporal, principalmente os relacionados à deposição de proteína. Pois o que se busca no ganho de peso é, fundamentalmente proteína, e sendo o nutriente mais caro de uma dieta deve-se privilegiar a eficiência de sua retenção.

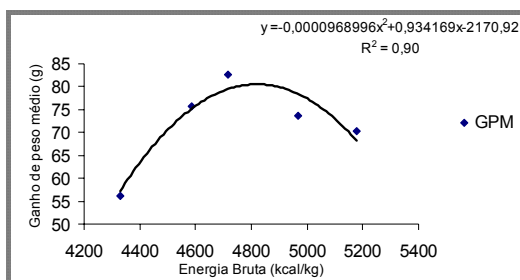


Figura 1: Ganho de peso médio de acordo com o nível de energia bruta da dieta

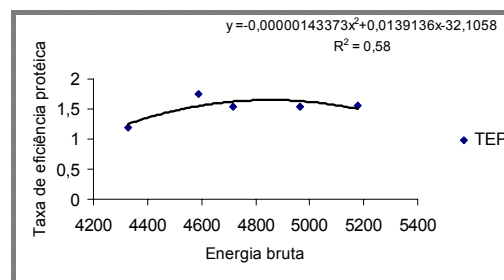


Figura 3: Taxa de eficiência protéica de acordo com o nível de energia bruta da dieta

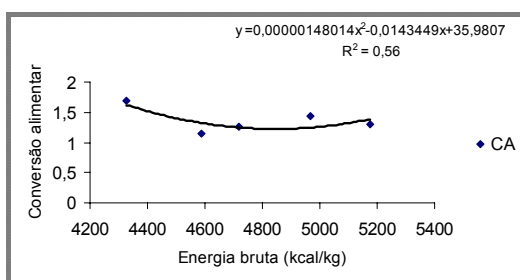


Figura 2: Conversão alimentar de acordo com o nível de energia bruta da dieta

Na tabela 3 estão os resultados de composição corporal obtidos com as rações de níveis energéticos crescentes.

Tabela 3: Valores médios de % de proteína bruta (PB) e de extrato etéreo (EE) na carcaça, taxa de deposição de proteína (TDP), eficiência de retenção de proteína (ER_{PB}), eficiência de retenção de energia (ER_{EB}), proporção de proteína no ganho de peso (PGP) e proporção de gordura no ganho de peso (GGP)

Parâmetros	Níveis de Energia Bruta (kcal/kg)					CV (%)
	4000	4200	4400	4600	4800	
PB (%) ¹	57,09	58,38	54,36	54,36	48,81	7,58
EE (%) ¹	15,01	15,15	22,86	22,86	23,75	22,29
TDP (g) ²	28,77	40,23	37,48	34,25	24,43	17,67
ER _{PB} (%) ²	64,22	97,97	73,55	68,99	55,11	15,88
ER _{EB} (%) ²	51,31	76,18	78,03	76,18	86,35	10,38
PGP (%) ³	54,05	55,86	47,94	44,99	35,18	10,24
GGP (%) ²	10,16	11,59	28,02	38,22	48,98	12,54

¹Efeito linear (p<0,01)

²Efeito quadrático (p<0,03)

³Efeito quadrático (p<0,055)

Com o aumento no nível energético das dietas a % de proteína na carcaça foi reduzida e aumentou o nível de gordura representado pela % de EE na carcaça. Ambos parâmetros apresentaram efeito linear, sendo que esses resultados não podem prever a exigência energética. Portanto, eles apenas refletem que as maiores proporções de proteína e os menores teores de gordura na carcaça foram obtidos com os níveis mais baixos de energia dietética. Para todos os outros parâmetros de carcaça houve efeito quadrático do nível energético. No entanto,

apenas a TDP e ER_{PB} estimaram valores próximos ao estimado pela equação de GPM (4.707kcal/kg e 4.676kcal/kg, respectivamente). Os demais parâmetros de composição corporal não prederam de forma coerente a exigência de EB. A equação com ER_{EB} superestimou a exigência (5.063kcal/kg) e as que envolvem PGP e GGP subestimaram (4.368kcal/kg e 3.632kcal/kg).

Como nos parâmetros de desempenho, foram observados coeficientes de determinação mais elevados para os modelos quadráticos que

consideram composição de carcaça (taxa de deposição de proteína – TDP, eficiência de retenção de proteína - ER_{PB} , eficiência de retenção de energia – ER_{EB} , proporção de proteína no ganho de peso - PGP e proporção de gordura no ganho de peso – GGP). As equações envolvendo composição corporal que melhor determinaram a exigência de EB estão descritas a seguir:

$$TDP \rightarrow y = -0,0000680397x^2 + 0,640554x - 0,0000146852; R^2 = 0,95 (p < 0,002);$$

$$ER_{PB} \rightarrow y = -0,000126412x^2 + 1,18218x - 0,0000268016; R^2 = 0,64 (p < 0,002);$$

$$ER_{EB} \rightarrow y = -0,0000557316x^2 + 0,564381x - 1345,10; R^2 = 0,87 (p < 0,03);$$

$$PGP \rightarrow y = -0,0000294495x^2 + 0,257253x - 507,395; R^2 = 0,94 (p = 0,054);$$

$$GGP \rightarrow y = 0,0113x - 33,811; R^2 = 0,72 (p < 0,01).$$

Considerando-se as exigências determinadas através das diferentes equações, as quais envolvem ganho de peso, taxa de deposição de proteína e eficiência de retenção da proteína; observa-se que apesar do maior ganho de peso ser alcançado com nível energético de 4.820kcal/kg, os parâmetros de carcaça estimaram níveis um pouco menores, 4.707kcal/kg e 4.676kcal/kg. Contudo, por se tratar de animais carnívoros em fase inicial de produção, a velocidade de crescimento tem maior importância do que padrões de carcaça, uma vez que com o crescimento dos peixes são reduzidos problemas como o canibalismo. Portanto os resultados obtidos apontam para 4.820kcal/kg como a exigência de energia bruta para o surubim nesta fase de vida (90 a 160g).

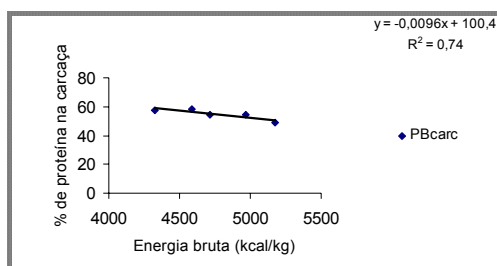


Figura 4: % de proteína na carcaça de acordo com o nível de energia bruta da dieta

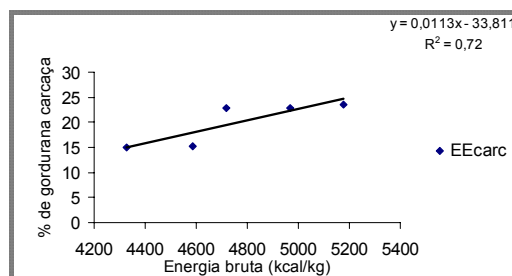


Figura 5: % de gordura na carcaça de acordo com o nível de energia bruta da dieta

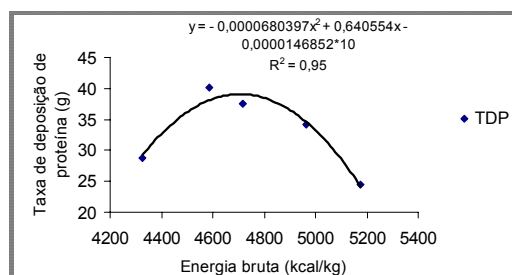


Figura 6: Taxa de deposição de proteína de acordo com o nível de energia bruta da dieta

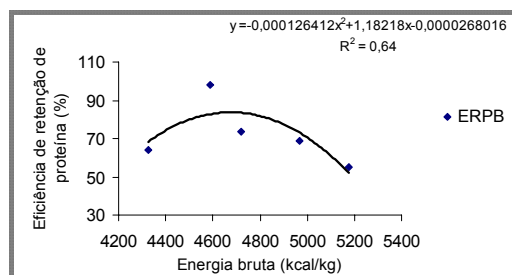


Figura 7: Eficiência de retenção de proteína de acordo com o nível de energia bruta da dieta

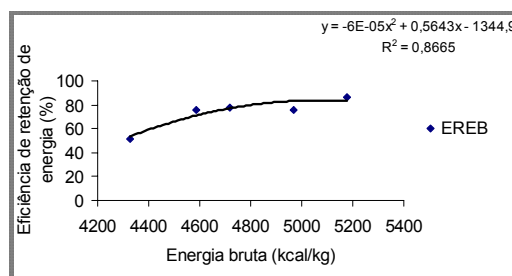


Figura 8: Eficiência de retenção de energia de acordo com o nível de energia bruta da dieta

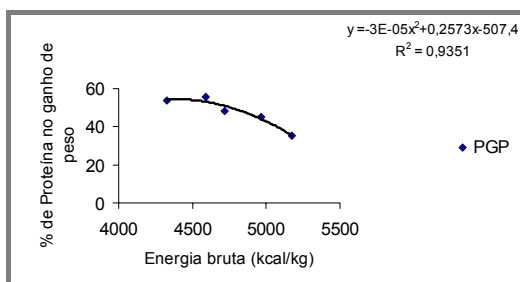


Figura 9: % de proteína no ganho de peso de acordo com o nível de energia bruta da dieta

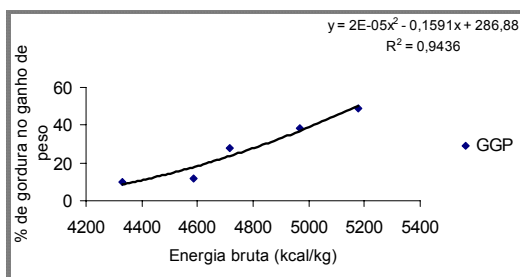


Figura 10: % de gordura no ganho de peso de acordo com o nível de energia bruta da dieta

Para facilitar a comparação de dados de diferentes trabalhos as comparações a seguir consideram a relação entre os níveis energéticos e protéicos (em kcal por g de proteína) além dos valores absolutos. Pois, na maioria dos casos as dietas utilizadas apresentam porcentagens de proteína diferentes, o que certamente interfere na determinação da concentração ideal de energia expressa de forma absoluta.

Os resultados obtidos neste experimento são próximos aos encontrados por Martino et al. (2002) durante avaliação de diferentes níveis de lipídeos e energia para alevinos de surubim. Esses autores sugerem que o melhor nível energético é de 5.140kcal/kg de EB em dietas de 46% de PB (relação EB:PB=11,17kcal/g), enquanto nesse experimento obteve-se 4.820kcal/kg de EB em dietas de 44% de PB

(relação EB:PB=10,96kcal/g). Ressalta-se que no trabalho de Martino et al. (2002) os melhores resultados foram obtidos com os tratamentos de maior nível energético e a resposta foi linear. Neste trabalho o aumento de EB nas dietas resultou numa resposta quadrática e o melhor desempenho dos animais foi obtido com um nível intermediário de energia. Gonçalves (2002) ao avaliar diferentes níveis de proteína para alevinos de surubim com dietas com 4.168kcal/kg de EB sugeriu que o melhor nível de PB é 43,33%, obtendo uma relação EB:PB de 9,62kcal/g, menor que a estimada neste trabalho. Contudo os peixes usados por esse autor foram menores que os utilizados neste experimento (12 a 28g) exigindo um maior aporte protéico. Outro trabalho de exigências de surubim foi o de Lundstedt (2003), que determinou como 3.500kcal/kg a exigência de EB para alevinos de surubim em dietas com 32,5% de PB, o que resulta numa relação EB:PB de 10,77kcal/g, semelhante à obtida neste trabalho. Ng et al. (2001) obteve maior ganho de peso em alevinos de *catfish* (*Mystus nemurus*) com a relação EB:PB de 10,86kcal/g com uma dieta de 4.780kcal/kg de EB e 44% de PB. Esse resultado, apesar de ter sido obtido para outro bagre, se assemelha ao obtido para juvenis de surubim neste experimento.

Até o momento foram discutidos e comparados valores de energia bruta, entretanto podem-se estimar os níveis de energia digestível (ED) das dietas utilizadas neste experimento de acordo com os coeficientes de digestibilidade aparente da energia bruta (CDAEB) para juvenis de surubim determinados no capítulo 2 desta tese e considerando a ED do óleo de soja de 8.500kcal/kg. A tabela 4 contém a EB, o CDAEB e ED de cada dieta experimental utilizada nesta pesquisa.

Tabela 4: Níveis de energia bruta (EB), coeficientes de digestibilidade aparente da EB e energia digestível das dietas experimentais

DIETA	EB (kcal/kg)	CDAEB (%)	ED (kcal/kg)*
1	4.328	66,68	2.886
2	4.587	67,95	3.117
3	4.718	70,96	3.348
4	4.966	72,05	3.578
5	5.176	73,59	3.809

*Valores calculados

Ao calcular a exigência de ED utilizando a equação que envolve o ganho de peso médio ($R^2 = 0,89$) obtém-se 3.416kcal/kg como a exigência de ED em dietas com 44% de PB, portanto a relação ED:PB foi de 7,76kcal/g. Essa relação é próxima à obtida por Machado (1999) de 8,33kcal/g com dietas com 42% de PB e 3.500kcal/kg de ED, no entanto esse autor utilizou dados de digestibilidade da energia determinados para truta-arco-íris. Já Gonçalves (2002) obteve menor relação (6,24kcal/g) para surubim com dietas menos energéticas (2.674kcal/kg de ED) usando valores de digestibilidade da energia estimados por ele. Para alevinos de jundiá (*Rhamdia* sp.), Baldisserotto (2003) recomenda uma relação ED:PB de 8,38kcal/g em dietas com 37% de PB e 3100kcal/kg de ED. Sampaio et al. (2000) determinaram relações de ED:PB entre 8 e 9kcal/g para alevinos de tucunaré (*Cichia* sp.) com dietas contendo de 37 a 41% de PB e 3.500kcal/kg de ED. Esses resultados são mais heterogêneos em relação aos obtidos com EB pois acumulam erros na estimativa dos CDAEB das dietas dos diferentes experimentos.

CONCLUSÕES

O ganho de peso e a taxa de deposição de proteína são os melhores parâmetros para determinar a exigência energética de juvenis de surubim.

A necessidade de energia bruta para juvenis de surubim pesando entre 90 e 160g está entre 4.700 e 4.800kcal/kg.

A exigência de energia digestível para esses peixes está entre 3.300 e 3.400kcal/kg.

As melhores relações EB:PB e ED:PB para juvenis de surubim pesando entre 90 e 160g são 10,96kcal/g e 7,76kcal/g, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALDISSEROTTO, B. The culture of silver catfish (Jundiá) (*Rhamdia quelen*). In: WORLD AQUACULTURE, 2003, Salvador, *Anais...*, World Aquaculture Society, Salvador, 2003. p. 73.

BROMLEY, P.J. Effects of dietary protein, lipid, and energy content on the growth of turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture*, v. 19, p. 359–369, 1980.

CARNEIRO, D.J. **Efeito da temperatura na exigência de proteína e energia em dietas para alevinos de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887)**. São Carlos, SP: UFSCAR, 1990. 55p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal de São Carlos, 1990.

FURUYA, W.M. **Redução do impacto ambiental por meio da ração**. In: VII Seminário de Aves e Suínos – AveSui Regiões 2007, III Seminário de Aqüicultura, Maricultura e Pesca, Belo Horizonte, MG, 10, 11, 12 de abril de 2007.

GONÇALVES, E. G. **Coefficientes de digestibilidade aparente da proteína e da energia dos alimentos e exigência de proteína digestível em dietas para o crescimento do pintado, *Pseudoplatystoma coruscans***. Jaboticabal, SP: UNESP, 2002. 52p. Dissertação (Mestrado em aqüicultura). Centro de Aqüicultura da UNESP, 2002.

KUBITZA, F.; ONO, E.A.; CAMPOS, J.L. Os caminhos da produção de peixes nativos no Brasil: Uma análise da produção e obstáculos da piscicultura. *Panorama da Aqüicultura*, v. 17, n. 102, 2007.

LEE, D.J.; PUTNAM, G.B. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.103, p.916-922, 1973.

LUNDSTEDT, L. M. **Aspectos adaptativos dos processos digestivo e metabólico de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*) arraçoados com diferentes níveis de proteína e energia**. São Carlos, SP: UFSCar, 2003. 140p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, 2003.

MACHADO, J.H.; DEL CARRATORE, C.R.; GAROSSINO, A.L. et al. **Desempenho produtivo de juvenis de pintado, *Pseudoplatystoma coruscans*, arraçoados com diferentes níveis de proteína e energia**. Ilha Solteira, SP: UNESP, 1999. 45p. Dissertação

- (Mestrado em produção animal) – Universidade Estadual Paulista, 1999.
- MARQUES, E.E.; AGOSTINHO, A.A.; SAMPAIO, A.A. et al. Alimentação, evacuação gástrica e cronologia da digestão de jovens de pintado *Pseudoplatystoma coruscans* (Siluriforme, Pimelodide) e suas relações com a temperatura ambiente. **Rev. Unimar**, v. 14, p. 207-221, 1992.
- MARTINO, R. C.; CYRINO, J. E. P.; PORTZ, L.; TRUGO, L. C. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma coruscans*. **Aquaculture**, v. 209, p. 209 – 218, 2002.
- MARTINO, R. C.; CYRINO, J. E. P.; PORTZ, L.; TRUGO, L. C. Performance, carcass composition and nutrient utilization of surubim *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz) fed diets with varying carbohydrate and lipid levels. **Aquaculture Nutrition**, v. 11, p. 131 – 137, 2005.
- MIRANDA, M.O.T.; RIBEIRO, L.P. Características zootécnicas do surubim *Pseudoplatystoma coruscans*. In: **Miranda, M. O. T.** Surubim. – Belo Horizonte: Instituto brasileiro do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis, 1997.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of fish**. Washington: National Academic Press, 1993. 115 p.
- NG, W.-K.; SOON, S.-C.; HASHIM, R. The dietary protein requirement of a bagrid catfish, *Mystus nemurus* (Cuvier e Valenciennes), determined using semipurified diets of varying protein level. **Aquaculture Nutrition**, v. 7, p. 45-51, 2001.
- PAULSON, L.J. Models of ammonia excretion for brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, p.1421-1425, 1980.
- PEGE, J. W.; ANDREWS, J. W. Interactions of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **J. Nutr.** v. 103, p. 1339-1346, 1973.
- PORTZ, L.; DIAS, C. T. S.; CYRINO, J.E.P. Regressão segmentada como modelo na determinação de exigências nutricionais de peixes. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 4, p. 601-607, 2000.
- RAMSEYER, L. J.; GARLING JR, D. L. Effects of dietary protein to metabolizable energy ratios and total protein concentrations on the performance of yellow perch *Perca flavescens*. **Aquaculture Nutrition**, v. 4, p. 217-223, 1998
- ROBBINS, K.L.; NORTON, H.W.; BAKER D.H. Estimation of nutrient requirements from growth data. **Journal of Nutrition**, v.109, p.1710-1714, 1979.
- SÁ, M.V.C.; FRACALOSSO, D.M. Exigência protéica e relação energia:proteína para alevinos de piracanjuba (*Brycom orbignyianus*). **Rev. Bras. Zootec.**, n.1, v. 31, p. 1-10. 2002.
- SAMPAIO, A.M.B.M.; KUBITZA, F.; CYRINO, J.E.P. Relação energia:proteína na nutrição do tucunaré. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 2, p. 213-219, 2000.
- STEFFENS, W. **Principles of Fish Nutrition**. New York: Ellis Horwood, Wiley, 1989, 275p.
- TAVARES, M. P. O surubim. In: **Miranda, M. O. T.** Surubim. – Belo Horizonte: Instituto brasileiro do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis, 1997.
- TEIXEIRA, E. A. **Composição corporal e requisitos nutricionais de aminoácidos para alevinos de tilápia (*Oreochromis spp*)**. 2003. 34 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

CAPÍTULO V

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE PROTEÍNA PARA JUVENIS DE SURUBIM (*PSEUDOPLATYSTOMA SPP*)

PROTEIN REQUIREMENTS OF JUVENILE SURUBIM (PSEUDOPLATYSTOMA SPP)

RESUMO

O objetivo desse trabalho é determinar a exigência de proteína para juvenis de surubim (*Pseudoplatystoma spp*). Foram utilizados 180 peixes pesando $170,03 \pm 3,35g$ distribuídos aleatoriamente em 20 tanques de 400 L. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos (níveis de proteína bruta: 32, 36, 40, 44 e 48%) e quatro repetições, sendo considerada unidade experimental um tanque com oito peixes. Os parâmetros avaliados foram ganho de peso, conversão alimentar, taxa de eficiência protéica, taxa de deposição de proteína, eficiência de retenção de proteína, eficiência de retenção de energia, proporção de proteína no ganho de peso e proporção de gordura no ganho de peso. Os dados experimentais foram submetidos a ANOVA para verificar a significância de modelos propostos. Foram obtidas equações de regressão usando os diferentes parâmetros para identificar a exigência de proteína bruta. A exigência de proteína bruta foi determinada pelas equações envolvendo conversão alimentar, taxa de deposição de proteína e eficiência de retenção de proteína como 40%, com uma relação entre energia e proteína de 12kcal de energia/g de proteína.

Palavras-Chave: Exigência de proteína, juvenis de surubim.

ABSTRACT

The aim of this work was determinate the juveniles surubim protein requirement. It was used 180 fishes, with mean weight of $170,03 \pm 3,35g$. The juveniles was separated in 20 tanks with 400l. The experimental design was totally randomly in five treatments (protein levels) and four repetitions, and the tank with 08 fish having been considered a experimental unit. The results of the present study were submitted to ANOVA and SNK test ($p < 0,05$). Regression equations was determinate to identify the requirement of crude protein through the results of weight gain, feed conversion, protein efficiency rate, protein deposition rate, retention protein efficiency, retention energy efficiency, ratio of protein in the gain weight and ratio of fat in the gain weight. It was determined that 40% with a relation between energy and protein of 12kcal/g was the juveniles surubim energy requirements.

Keywords: Juvenile spotted catfish, protein requirements.

INTRODUÇÃO

A determinação das exigências de proteína é de fundamental importância para a piscicultura, porque esse é um nutriente que possui grande influência sobre o crescimento, saúde e sobrevivência dos peixes. Para formular uma ração é necessário estabelecer o mínimo de

proteína que forneça os aminoácidos para atender a manutenção e produção (FURUYA, 2007).

A exigência de proteína representa a quantidade mínima de uma mistura de aminoácidos que leva a obtenção do máximo crescimento possível, e que geralmente, constitui o componente de custo mais elevado, nas dietas completas (NRC, 1993).

As dietas comerciais para peixes tropicais possuem de 25 a 45% de proteína bruta (base na matéria natural). Ainda que diversos fatores influenciem as exigências, destacam-se as relacionados com a espécie de peixe, manejo alimentar adotado, fonte de proteína, nível de energia e tipo de processamento da ração, condições experimentais e análise estatística utilizada. Além disso, deve-se considerar o balanceamento de aminoácidos e a relação energia/proteína (FURUYA, 2007). Segundo o NRC (1993) as necessidades de proteína são muito variáveis entre as diferentes espécies e fases de vida.

Os peixes carnívoros necessitam de altos níveis de proteína para obter máximo desempenho. Entretanto, muitos trabalhos mostram que dietas com excesso de proteína reduzem a eficiência de retenção desse nutriente. Isso ocorre devido a desaminação dos aminoácidos em excesso e subsequente uso do carbono residual para a obtenção de energia ou síntese de lipídeos (RUOHONEN et al., 1999).

O requisito de proteína na dieta envolve dois componentes: a necessidade de aminoácidos essenciais, os quais não podem ser sintetizados a partir de outros aminoácidos ou são sintetizados em quantidades insuficientes e que são fundamentais para a deposição de proteínas e produção de diversos compostos com funções metabólicas; e o suprimento dos aminoácidos não essenciais ou de nitrogênio suficiente para que estes possam ser sintetizados pelo peixe. Vale lembrar que a síntese de aminoácidos não essenciais requer gasto de energia, e que o fornecimento de aminoácidos essenciais e não essenciais em proporções adequadas proporciona maior eficiência na utilização da proteína e energia contidas na dieta (NRC,1993; TEIXEIRA, 2003). Em geral, as exigências de aminoácidos dos peixes, quando expresso em porcentagem da ração, é maior que das aves e suínos. No entanto, quando os aminoácidos são expressos como porcentagem da proteína, os valores são próximos (FURUYA, 2007).

Os peixes carnívoros são duas a três vezes mais eficientes que aves e suínos na conversão de energia e proteína e, como a domesticação é um processo contínuo, eles se tornarão cada vez mais eficientes e competitivos (GJEDREM, 2000). Tacon e Cowey (1985) ressaltam que eles são 20

vezes mais eficientes que aves, suínos ou gado na conversão de proteína dietética em proteína corporal.

A utilização da proteína e os níveis de inclusão em dietas para várias espécies carnívoras tem sido foco de diversas pesquisas em nutrição de peixes (CYRINO et al., 2000). Dentre os trabalhos sobre nutrição de peixes realizados no Brasil, tem-se destacado a importância dos estudos sobre níveis de utilização de proteína e energia, considerados os dois itens fundamentais para maximizar o desempenho dos peixes. Nesse sentido, vários trabalhos foram conduzidos com espécies nativas, principalmente o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (CARNEIRO et al., 1990; BORGHETTI JR. et al., 1991a; STECH, 1999; FERNANDES,2000; BECHARA et al., 2005), a matrinhã, *Brycon orbignyanus* (BORGHETTI Jr. et al., 1991b), a piapara, *Leporinus elongatus* (BARBOSA, 1996), o tambaqui, *Colossoma macropomum* (MACEDO-VIEGAS et al., 1996, o tucunaré, *Cichla* sp. (SAMPAIO et al., 2000), o jundiá, *Rhamdia* sp. (MEYER e FRACALLOSSI, 2004; PIEDRAS et al., 2006) e o surubim, *Pseudoplatystoma* sp. (MACHADO, 1999; GONÇALVES, 2002; LUNDSTEDT, 2003).

Altos níveis de proteína geralmente causam um desbalanço na relação energia:proteína nas dietas, fazendo com que os peixes supram suas necessidades de energia a partir da elevação do consumo de alimento, piorando a conversão alimentar e reduzindo o ritmo de ganho de peso.

O aumento na densidade energética da ração tem sido sugerido como estratégia para reduzir o conteúdo de proteína em rações para peixes carnívoros. Entretanto, se o nível de proteína é elevado em relação ao valor de energia, o nível de lipídios deve ser aumentado para permitir o uso racional da proteína pelos peixes (FURUYA, 2007).

Segundo Shearer (1994), em peixes juvenis o crescimento da carcaça é maior que o crescimento das outras partes do corpo, onde os órgãos internos, com exceção do lipídeo visceral, tendem a aumentar de peso em proporções pequenas.

O objetivo desse trabalho foi determinar a exigência protéica para juvenis de surubim

(*Pseudoplatystoma* spp) pesando entre 170 e 280 gramas.

MATERIAL E MÉTODOS

Com o propósito de estimar a exigência de proteína para juvenis de surubim foi conduzido um experimento de 40 dias no Laboratório de Aquicultura da Escola de Veterinária da UFMG (LAQUA) de 05 de janeiro a 14 de fevereiro de 2008.

MATERIAL BIOLÓGICO

Foram utilizados 180 juvenis de surubim híbridos (*Pseudoplatystoma coruscans* x *P. fasciatum*) pesando $170,03 \pm 3,35\text{g}$ (Figura 1). Foram distribuídos 160 peixes aleatoriamente em 20 tanques de 400 L. Vinte animais foram insensibilizados em gelo fundente, armazenados em sacos plásticos e congelados em freezer à -18°C para posterior determinação do conteúdo de proteína, gordura e energia.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos (níveis de proteína) e quatro repetições, sendo considerada unidade experimental um tanque com 8 peixes. Os dados experimentais foram submetidos a ANOVA pelo programa SAEG para verificar a significância de modelos propostos. Através dos resultados de ganho de peso, conversão alimentar, taxa de eficiência protéica, taxa de deposição de proteína, eficiência de retenção de proteína bruta, eficiência de retenção de energia bruta, proporção de proteína no ganho de peso e proporção de gordura no ganho de peso foram obtidas equações de regressão para identificar a exigência de PB.

PARÂMETROS AVALIADOS

Os animais foram pesados individualmente no primeiro e no último dia do experimento com o auxílio de uma cuba de água com tampa e uma balança analítica digital *Marte AS5500C*. Os pesos iniciais e finais foram anotados para o

cálculo do ganho de peso médio. O consumo foi obtido por diferença entre o fornecido e a sobra de cada alimentação. As sobras foram sifonadas e secas em estufa de ventilação forçada à 55°C por 12 horas e então pesadas.

Os parâmetros de desempenho estudados foram calculados de acordo com as seguintes fórmulas:

Ganho de peso (GP) = peso final – peso inicial;
Ganho de peso diário (GPD) = GP / número de dias (45);
Taxa de eficiência protéica (TEP) = GP / proteína bruta consumida;
Conversão alimentar (CA) = GP / consumo.

As amostras dos peixes colhidas ao início e ao final do experimento foram trituradas em um processador de alimentos doméstico, secas em estufa de ventilação forçada à 55°C por 48 horas moídas em peneira de um milímetro e analisadas no laboratório de nutrição animal da Escola de Veterinária da UFMG. Foram determinadas matéria seca (MS) em estufa à 105°C , proteína bruta (PB) e estrato etéreo (EE) segundo metodologias descritas por AOAC (2005) e energia bruta (EB) em bomba calorimétrica.

Com os resultados de composição de carcaça foram calculados a taxa de deposição de proteína (TDP), a eficiência de retenção de proteína bruta (ER_{PB}), proporção de proteína no ganho de peso (PGP) e proporção de gordura no ganho de peso (GGP), onde:

$TDP = (PB_f \times P_f) - (PB_i \times P_i)$;
 $ER_{PB} = [(PB_f \times P_f) - (PB_i \times P_i)] \times 100 / C_{PB}$;
 $ER_{EB} = [(EB_f \times P_f) - (EB_i \times P_i)] \times 100 / C_{EB}$;
 $PGP = [(PB_f \times P_f) - (PB_i \times P_i)] \times 100 / (P_f - P_i)$;
 $GGP = [(EE_f \times P_f) - (EE_i \times P_i)] \times 100 / (P_f - P_i)$;

em que:

PB_f , EB_f e EE_f – valores médios de proteína bruta, energia bruta e estrato etéreo dos peixes de cada tratamento ao final do experimento;
 PB_i , EB_i e EE_i – valores médios de proteína bruta, energia bruta e estrato etéreo da amostra inicial dos peixes;
 C_{PB} – consumo médio de proteína bruta de cada tratamento;
 P_i e P_f – pesos médios inicial e final dos peixes de cada tratamento.

INSTALAÇÕES E QUALIDADE DE ÁGUA

O experimento foi conduzido no laboratório de bioclimatologia do LAQUA onde foram utilizados 20 tanques circulares de 400 litros de

volume útil em sistema fechado de recirculação de água.

O abastecimento hídrico foi realizado com água proveniente de poço artesiano apenas para reposição do volume do sistema de recirculação utilizado. Esse sistema era composto por filtragem mecânica inicial através de parede de brita, seguida por um filtro de areia (tipo piscina), filtragem biológica, aeração em cada tanque e em diferentes pontos do sistema através de sopradores e difusores de ar, aquecedores elétricos com controle eletrônico de temperatura e bombas centrífugas (sistema descrito por RIBEIRO *et al.*, 2003).

A circulação de água nos tanques proporcionou uma troca de água por hora (400 L/h). A temperatura, a concentração de oxigênio dissolvido e o pH foram medidos diariamente pela manhã com o auxílio de termômetros de máxima e mínima, de um oxímetro YSI modelo 55-12 FT e de um medidor de pH eletrônico portátil Russell – RL06OP. O nível de nitrito foi monitorado semanalmente através de quites colorimétricos da HACH.

DIETAS EXPERIMENTAIS

Foram utilizadas cinco dietas isoenergéticas com níveis crescentes de PB. Para a confecção das dietas foram utilizados ingredientes de origem animal (farinha de peixes e plasma sanguíneo), vegetal (concentrado protéico de soja, farelo de soja, glutenose, fubá de milho, farelo de trigo e óleo de soja), bentonita, premix mineral, premix vitamínico, DL-metionina, L-lisina, L-triptofano

e L-treonina. A composição das dietas e seus valores nutricionais estão demonstrados na tabela 1. Os níveis nutricionais de proteína foram definidos com base nos determinados por (GONÇALVES, 2002) e em exigências de outros peixes carnívoros (NRC, 1993).

As dietas foram confeccionadas no LAQUA utilizando-se um misturador manual com capacidade de cinco quilos por batida e um moedor de carne para peletização das dietas. Após a etapa de mistura dos ingredientes, foi adicionado cerca de 50% de água à 60°C para facilitar a peletização. Para a homogeneização do tamanho dos peletes a ração úmida foi colocada, em pequenas porções, dentro de um saco plástico insuflado com ar e agitado até a obtenção de partículas de tamanho adequado (7 x 14mm, aproximadamente). Após essa etapa as dietas foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C e armazenadas em freezer a -18°C até o início do experimento.

MANEJO EXPERIMENTAL E ALIMENTAR

A alimentação foi realizada durante a noite em função da maior aceitabilidade pelos peixes. Os horários de fornecimento das dietas foram às 00:00hs e 04:30hs. A alimentação foi *ad libitum*, sendo sempre pesado o alimento fornecido, e coletadas as sobras para estimativa do consumo.

A limpeza dos tanques foi realizada pela manhã através de sifonagem e de uma drenagem brusca de cerca de 10% do volume do tanque.

TABELA 1 – Composição das dietas experimentais na matéria natural (MN)

DIETAS (%PB)	32		36		40		44		48	
INGREDIENTE	%		%		%		%		%	
Farinha de Peixes	31,00		31,00		31,00		31,00		31,00	
Plasma	10,00		10,00		10,00		10,00		10,00	
Farelo de trigo	5,00		5,00		5,00		5,00		5,00	
Glutenose 60	3,00		3,00		3,00		3,00		3,00	
Óleo de soja	9,016		7,098		6,791		6,491		6,195	
Fubá de milho	36,59		31,07		20,77		10,47		0,17	
Farelo de soja	0,00		9,70		20,32		30,91		41,50	
Premix vitamínico	1,00		1,00		1,00		1,00		1,00	
Premix mineral	1,00		1,00		1,00		1,00		1,00	
Fosfato Bicálcico	0,313		0,223		0,149		0,075		0,000	
Bentonita	2,757		0,500		0,500		0,500		0,500	
DL-metionona	0,186		0,247		0,310		0,372		0,436	
L-lisina	0,047		0,072		0,079		0,087		0,095	
L-triptofano	0,089		0,087		0,084		0,080		0,077	
L-treonina	0,000		0,000		0,000		0,010		0,024	
COMPOSIÇÃO	Calc.	Det.*	Calc.	Det.*	Calc.	Det.*	Calc.	Det.*	Calc.	Det.*
PB (%)	32,00	35,43	36,00	39,35	40,00	42,46	44,00	48,29	48,00	52,06
P. digestível (%)	26,92		29,58		32,26		34,94		37,61	
EB (kcal/kg)	4.400	4.824	4.400	4.893	4.400	4.749	4.400	4.905	4.400	4.950
ED (kcal/kg)	3.237	3.321	3.175	3.282	3.152	3.293	3.131	3.305	3.109	3.317
Fibra bruta (%)	1,15		1,58		1,97		2,37		2,76	
EE (%)	12,45	14,65	10,51	12,82	10,01	12,51	9,52	12,20	9,03	11,94
Amido	24,86		22,61		17,49		12,37		7,24	
Ca (%)	1,57		1,57		1,58		1,58		1,59	
P (%)	0,99		1,01		1,03		1,05		1,07	
P disp (%)	0,89		0,89		0,89		0,89		0,89	
Lisina (%)	2,200		2,475		2,750		3,025		3,300	
Arginina (%)	1,812		2,113		2,427		2,739		3,052	
Metionina (%)	0,902		1,015		1,128		1,240		1,350	
Met + cis (%)	1,433		1,597		1,757		1,016		2,080	
Triptofano (%)	0,440		0,495		0,550		0,605		0,660	
Treonina (%)	1,433		1,588		1,744		1,910		2,080	

*Determinado na matéria natural

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios observados para os parâmetros de água, mantiveram-se dentro dos padrões recomendáveis para a produção de peixes de clima tropical: (médias de oxigênio dissolvido de $5,9 \pm 0,9$ mg de O_2/L no efluente, e temperatura de $28 \pm 1^\circ C$). A temperatura média observada para todo o período experimental encontra-se dentro dos limites para o surubim recomendados por Marques *et al.* (1992). Os

valores de nitrito estiveram sempre abaixo de 120mg/l.

Os níveis de proteína tiveram efeito sobre todos os parâmetros de desempenho ($p < 0,01$).

GPM $\rightarrow y = - 7,64653 x + 457,110$; $R^2 = 0,99$ ($p < 0,001$);

CM $\rightarrow y = - 4,65331 x + 412$; $R^2 = 0,81$ ($p < 0,001$);

CA $\rightarrow y = 0,0120915 x^2 - 0,962635 x + 20,5215$; $R^2 = 0,95$ ($p < 0,001$);

TEP $\rightarrow y = - 0,0895612 x + 5,34873$; $R^2 = 0,99$ ($p < 0,001$).

A tabela 2 traz os resultados de desempenho em função do nível protéico das dietas.

Tabela 2: Valores de ganho de peso médio (GPM), ganho de peso médio diário (GPMD), consumo médio (CM), consumo médio diário (CMD), conversão alimentar (CA) e taxa de eficiência protéica (TEP) obtidos com as diferentes dietas para surubim

Parâmetros	DIETAS(%PB)					CV (%)
	32	36	40	44	48	
GPM (g) ¹	169,56	151,74	109,68	73,75	41,93	12,80
GPMD (g) ¹	21,20	18,99	13,71	9,22	5,24	12,80
CM (g) ¹	227,35	237,18	213,16	161,55	163,40	8,57
CMD (g) ¹	28,42	29,65	26,65	20,19	20,43	8,57
CA ²	1,35	1,57	1,95	2,23	3,96	10,94
TEP ¹	2,11	1,62	1,21	0,95	0,49	10,69

¹Efeito linear (p<0,01)

²Efeito quadrático (p<0,01)

Os maiores coeficientes de determinação foram obtidos para as equações que consideram o ganho de peso médio, conversão alimentar e taxa de eficiência protéica (0,99, 0,95 e 0,99 respectivamente), já a equação que considera consumo apresentou coeficiente menor (0,81).

Com exceção da conversão alimentar, todos os parâmetros de desempenho tiveram efeito linear e apontam o menor nível de PB (35,43%) como o que proporciona os melhores resultados de desempenho para surubins da faixa de peso avaliada (170 a 280g) para dietas com cerca de 4.800kcal/kg de EB. A equação de CA teve efeito quadrático e aponta 39,81% como a exigência de PB para esses animais.

Kohla et al. (1992) verificaram correlação inversa entre os níveis de proteína dietética e o GP e TEP em juvenis de tambaqui (*C. macropomun*), resultado condizente com o encontrado neste experimento.

Apesar do ganho de peso ser a variável quantitativa mais comumente utilizada em experimentos de avaliação de dietas com diferentes níveis de um determinado nutriente essencial para peixes (ROBBINS et al., 1979). E, normalmente, ser o melhor parâmetro utilizado para avaliação da adequação nutricional de uma dieta ou da exigência nutricional de uma espécie (PORTZ et al., 2000), neste trabalho não foi possível utilizá-lo para este fim devido ao comportamento linear decrescente da curva de ganho de peso em função do nível protéico. Provavelmente se fosse utilizado um nível inferior ao de 35,43% de PB o efeito do ganho de

peso seria quadrático, sendo possível a determinação precisa da exigência através do ganho de peso. Isso ocorreu porque as formulações foram feitas com valores tabelados de composição bromatológica dos alimentos utilizados e não com valores determinados. O maior nível protéico de alguns nutrientes comprometeu os níveis de PB pretendidos, tornando-os superiores conforme pode ser visto na tabela 1.

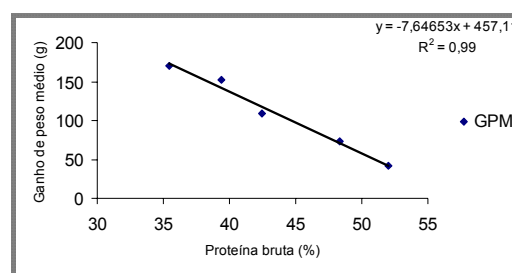


Figura 1: Ganho de peso médio de acordo com o nível de proteína bruta da dieta

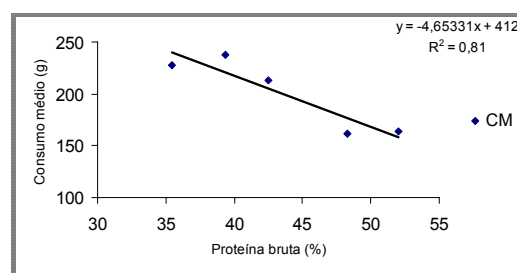


Figura 2: Consumo médio de acordo com o nível de proteína bruta da dieta

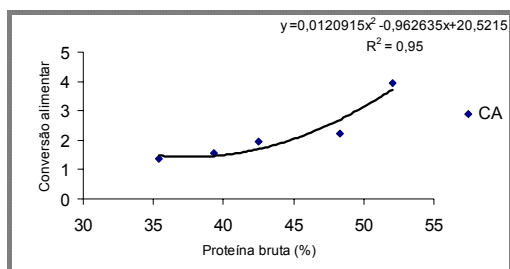


Figura 3: Conversão alimentar de acordo com o nível de proteína bruta da dieta

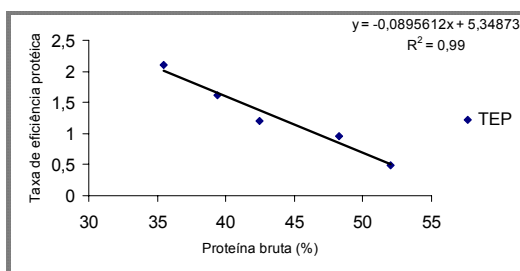


Figura 4: Taxa de eficiência protéica de acordo com o nível de proteína bruta da dieta

Entretanto, aspectos ligados à composição corporal, principalmente os relacionados à deposição de proteína podem ser considerados. Pois o que se busca no ganho de peso é, fundamentalmente proteína, e sendo o nutriente mais caro de uma dieta deve-se privilegiar a utilização eficiente desta.

Na tabela 3 estão os resultados de composição corporal obtidos em função da proteína dietética.

O comportamento da TEP deste experimento está de acordo com a afirmação de Fernandes et al. (2000), de que em níveis protéicos mais elevados, a proteína da dieta poderá ser parcialmente utilizada como fonte de energia, induzindo os peixes a apresentarem menor valor desta taxa. Resultados semelhantes foram obtidos por Brenner (1988), com alevinos de pacu, e Hernandes (1995), com alevinos de tambaqui, em que os melhores resultados da TEP foram alcançados com as rações que continham níveis protéicos mais baixos.

Tabela 3: Valores médios de taxa de deposição de proteína (TDP), eficiência de retenção de proteína bruta (ER_{PB}), eficiência de retenção de energia bruta (ER_{EB}), proporção de proteína no ganho de peso (PGP) e proporção de gordura no ganho de peso (GGP)

Parâmetros*	DIETAS (%PB)					CV (%)
	32	36	40	44	48	
TDP (g) ¹	26,28	36,46	23,68	17,43	12,12	27,14
ER _{PB} (%) ¹	29,58	38,54	26,27	22,38	13,54	22,14
ER _{EB} (%) ²	163,92	143,24	141,19	147,44	126,35	8,64
PGP (%) ²	15,36	23,68	21,69	23,85	27,30	29,25
GGP (%) ²	66,22	50,24	50,51	46,87	48,53	13,46

¹Efeito quadrático p<0,02

²Efeito linear p<0,03

Quanto ao comportamento dos parâmetros de carcaça, apenas a TDP e a ER_{PB} tiveram efeito quadrático (p<0,02) e as equações geradas apresentaram coeficientes de determinação de 0,73 e 0,84, respectivamente. Os valores de exigência de PB estimados através desses parâmetros foram de 41,05% e 40,15%, respectivamente. Já a PGP e GGP tiveram efeito linear, sendo que a PGP foi maior na medida em que se aumentou o nível protéico da dieta e a GGP teve comportamento inverso, sendo reduzida com o incremento protéico da dieta. As equações envolvendo os parâmetros de carcaça estão descritas a seguir:

TDP → $y = -0,115276 x^2 + 9,46516 x - 164,952$; $R^2 = 0,73$ (p<0,02);

ER_{PB} → $y = -0,108013 x^2 + 8,67332 x - 140,872$; $R^2 = 0,84$ (p<0,02);

ER_{EB} → $y = -1,70294 x + 217,856$; $R^2 = 0,69$ (p<0,01);

PGP → $y = 0,600450 x - 5,19469$; $R^2 = 0,73$ (p<0,02);

GGP → $y = -1,84568 x + 123,275$; $R^2 = 0,92$ (p<0,01).

Considerando os valores apontados como exigência de PB pelas equações de CA, TDP e ER_{PB} (39,81%, 41,5% e 40,15%, respectivamente), pode-se inferir que a necessidade de PB para juvenis de surubim de 170 a 280g consumindo dietas com cerca de 4.800kcal/kg de EB é de 40%.

Para facilitar a comparação de dados de diferentes trabalhos as comparações a seguir consideram a relação entre os níveis energéticos e protéicos (em kcal por g de proteína) além dos valores absolutos. Pois, na maioria dos casos as dietas utilizadas apresentam porcentagens de

energia diferentes, o que certamente interfere na determinação da concentração ideal de proteína expressa de forma absoluta.

Então as relações EB:PB e ED:PB encontradas como ideais nesse experimento são de 12kcal/g e 8,25kcal/g, respectivamente (considerando-se 40% de PB, 4.800kcal/kg de EB e 3.300kcal/kg de ED na dieta).

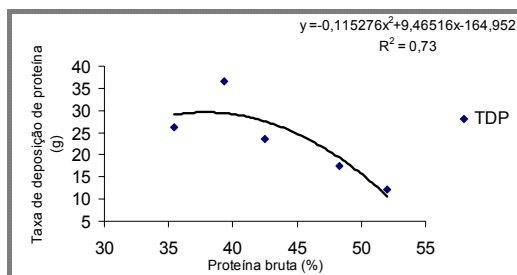


Figura 5: Taxa de deposição de proteína de acordo com o nível de proteína bruta da dieta

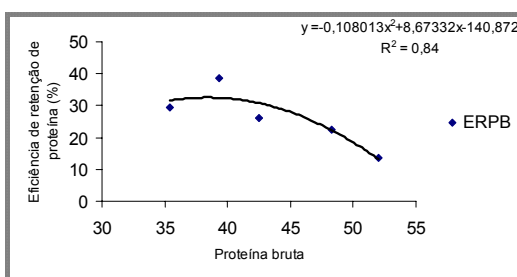


Figura 6: Eficiência de retenção de proteína de acordo com o nível de proteína bruta da dieta

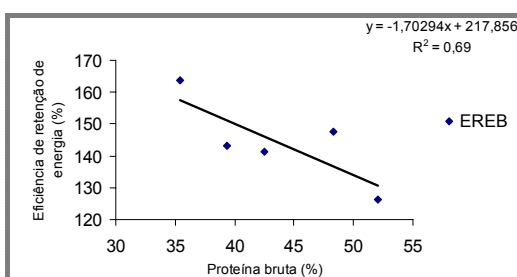


Figura 7: Eficiência de retenção de energia de acordo com o nível de proteína bruta da dieta

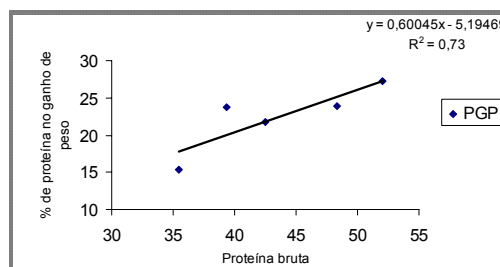


Figura 8: Porcentagem de proteína no ganho de peso de acordo com o nível de proteína bruta da dieta

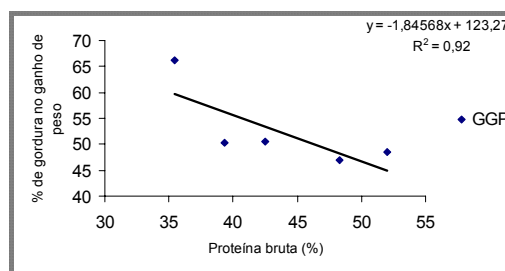


Figura 9: Porcentagem de gordura no ganho de peso de acordo com o nível de proteína bruta da dieta

Os resultados obtidos neste experimento são próximos aos encontrados por Martino et al. (2002) durante avaliação de diferentes níveis de lipídeos e energia para alevinos de surubim. Esses autores sugerem que o melhor nível protéico de 46% em dietas de 5.140kcal/kg de EB (relação EB:PB=11,17kcal/g), enquanto nesse experimento obteve-se 40% em dietas de 4.800kcal/kg de EB (relação EB:PB=12kcal/g). Gonçalves (2002) ao avaliar diferentes níveis de proteína para alevinos de surubim com dietas com 4.168kcal/kg de EB sugeriu que o melhor nível de PB é 43,33%, obtendo uma relação EB:PB de 9,62kcal/g, menor que a estimada neste trabalho, entretanto esse autor trabalhou com peixes menores (12 a 28g), os quais exigem um maior aporte protéico. Ressalta-se que no trabalho de Gonçalves (2002) os melhores resultados foram obtidos com o tratamento de maior nível protéico avaliado, sendo que o único parâmetro eficiente para a determinação da exigência de PB foi a CA. Neste trabalho o aumento de PB nas dietas resultou numa resposta linear para ganho de peso, mas obteve respostas quadráticas para CA, TDP e ER_{PB}, sendo que os melhores resultados para esses parâmetros foram obtidos com um nível intermediário de proteína. Lundstedt (2003) determinou como 40% a exigência de PB para alevinos de surubim em dietas com 4.080kcal/kg de EB, o que resulta numa relação EB:PB de 10,20kcal/g, relação

inferior à obtida neste trabalho. No entanto a autora utilizou peixes menores, com 68g de peso médio e, portanto, possivelmente mais exigentes em proteína. Ng et al. (2001) obteve maior ganho de peso em alevinos de *catfish* (*Myxus nemurus*) com a relação EB:PB de 10,86kcal/g com uma dieta de 44% de PB e 4.780kcal/kg de EB. Ali e Jauncey (2005) obtiveram a relação ideal de EB:PB de 11,78kcal/g para o bagre africano (*Clarias gariepinus*) com dieta contendo 43% de PB e 5.067Kcal/kg de EB. Esses resultados, apesar de terem sido obtidos para peixes onívoros, se assemelham ao obtido para juvenis de surubim neste experimento. Chou et al. (2001) testando níveis de PB na dieta do carnívoro cobia (*Rachycentron canadum*) verificaram que os melhores resultados foram obtidos com 44% de PB. Cyrino et al. (2000) relatam 43,59% de PB como a exigência de juvenis de *black bass* (*Micropterus salmoides*). Já Daniels e Gallagher (2000), verificaram que linguados (*Paralichthys dentatus*) alimentados com dietas com 56% de PB tiveram melhor desempenho em relação a menores níveis protéicos, nível esse bem superior ao determinado neste experimento como exigência para juvenis de surubim (40%).

CONCLUSÕES

A exigência de proteína bruta para juvenis de surubim pesando entre 170 a 280g é de 40% em dietas com 4.800kcal/kg de EB.

As melhores relações EB:PB e ED:PB para juvenis de surubim pesando entre 170 a 280g são 12kcal/g e 8,25kcal/g, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALI, M.Z.; JAUNCEY, K. Approaches to optimizing dietary protein to energy ratio for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). **Aquaculture Nutrition**, v. 11, p. 95-101, 2005.
- BARBOSA, N.D.C., CARNEIRO, D.J., MACHADO, C.R. Níveis de proteína bruta e proporções de proteína do origem animal em dietas para o desenvolvimento de piapara, *Leporinus elongatus*, Cuv. & Val., 1864. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 9, Sete Lagoas, MG, 1996. **Resumos...** Sete Lagoas: ABRAq. 1996, p.96.
- BECHARA, J.A.; ROUX, J.P.; RUIZ-DIAZ et al. The effect of dietary protein level on pond water quality and feed utilization efficiency of pacú, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Aquaculture Research**, v. 36, n. 6, p. 546-553, 2005.
- BORGHETTI, J.R.; LEPELEIRE, R.E.M.; FERNANDEZ, D.R. Os efeitos da origem da proteína no crescimento do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) criado em tanques-rede. **Revista Brasileira de Biologia**, v.51, n.3, p.689-694, 1991a.
- BORGHETTI, J.R.; CANZI, C.; NOGUEIRA, S.V.G. A influência da proteína no crescimento do matrinhã (*Brycon orbignyanus*) (sic) criado em tanques-rede. **Revista Brasileira de Biologia**, v.51, n.3 p.695-699, 1991b.
- BRENNER, M. *Determinação da exigência de proteína do pacu, Colossoma mitrei* (Berg, 1895). Viçosa, UFV, 1988. 87p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- CARNEIRO, D.J. **Efeito da temperatura na exigência de proteína e energia em dietas para alevinos de pacu, Piaractus mesopotamicus (Holmberg, 1887)**. São Carlos: UFSCar, 1990. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, 1990.
- CHOU, R. L.; SU, M. S.; CHEN, H. Y. Optimal dietary protein and lipid levels for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 193, p. 81-89, 2001.
- CYRINO, J.E.P.; PORTZ, L.; MARTINO, R.C. Retenção de proteína e energia em juvenis de "black bass" *Micropterus salmoides*. **Scientia Agricola**, v.57, n.4, p.609-616, 2000.
- DANIELS, H.V.; GALLAGHER, M.L. Effect of dietary protein levels on growt and blood parameters in summer flounder, *Paralichthys dentatus*. **Journal of Applied Aquaculture**. v. 10 n.1, p.45-52, 2000.

- FERNANDES, J.B.K.; CARNEIRO, D.J.; SAKOMURA, N.K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Rev. Bras. Zootec.**, v. 29, n. 3, p. 646-653, 2000.
- FURUYA, W.M. **Redução do impacto ambiental por meio da ração.** In: VII Seminário de Aves e Suínos – AveSui Regiões 2007, III Seminário de Aqüicultura, Maricultura e Pesca, Belo Horizonte, MG, 10, 11, 12 de abril de 2007.
- GJEDREM, T. Genetic improvement of cold-water fish species. **Aquaculture Research**, v. 31, p. 25-33, 2000.
- GONÇALVES, E. G. **Coefficientes de digestibilidade aparente da proteína e da energia dos alimentos e exigência de proteína digestível em dietas para o crescimento do pintado, *Pseudoplatystoma coruscans*.** Jaboticabal, SP: UNESP, 2002. 52p. Dissertação (Mestrado em aqüicultura). Centro de Aqüicultura da UNESP, 2002.
- HERNANDEZ, M., TAKEUCHI, T., WATANABE, T. Effect of dietary energy sources on the utilization of protein by *Colossoma macropomum* fingerlings. **Fisheries Science**, v. 61, n. 3, p. 507-511, 1995.
- KOHLA, U.; SAINT-PAUL, U.; FRIEBE, J. et al. Growth, digestive enzyme activities and hepatic glycogen levels in juvenile *Colossoma macropomum* Curvier from South America during feeding, starvation and refeeding. **Aquaculture Fisheries Management**, v.23, n.1, p.189-208, 1992.
- LUNDSTEDT, L. M. **Aspectos adaptativos dos processos digestivo e metabólico de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*) arraçoados com diferentes níveis de proteína e energia.** São Carlos, SP: UFSCar, 2003. 140p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, 2003.
- MACEDO-VIEGAS, E.M. et al. Níveis de proteína bruta em dietas para o crescimento do tambaqui *Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818 (Pisces Characidae). **Revista Unimar**, v.18, p.321-333, 1996.
- MACHADO, J.H.; DEL CARRATORE, C.R.; GAROSSINO, A.L. et al. **Desempenho produtivo de juvenis de pintado, *Pseudoplatystoma coruscans*, arraçoados com diferentes níveis de proteína e energia.** Ilha Solteira, SP: UNESP, 1999. 45p. Dissertação (Mestrado em produção animal) – Universidade Estadual Paulista, 1999.
- MARQUES, E.E.; AGOSTINHO, A.A.; SAMPAIO, A.A. et al. Alimentação, evacuação gástrica e cronologia da digestão de jovens de pintado *Pseudoplatystoma coruscans* (Siluriforme, Pimelodide) e suas relações com a temperatura ambiente. **Rev. Unimar**, v. 14, p. 207-221, 1992.
- MEYER, G.; FRACALOSI, Protein requirement of of jundia fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture**, v. 240, v.1-4, p. 331-343, 2004.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of fish.** Washington: National Academic Press, 1993. 115 p.
- PIEDRAS, S. R. N.; POUHEY, J. L. O. F.; MORAES, P. R. R.; RODRIGUES, F. V. Desposta de alevitos de juñida (*Rhamdia* sp.) alimentados com diferentes níveis de proteína bruta e energia digestível. **R. Brás. Agrociência**, v. 12, n. 2, p. 217 – 220, 2006.
- RIBEIRO, L. P. ; SOUZA, S. N. ; CREPALDI, D. V. ; MELO, D. C. ; TEIXEIRA, E. A.; MIRANDA, M. O. T. . Evaluation of a recirculation system in surubim *P. coruscans* culture. In: World Aquaculture Society 2003, Salvador. *Proceedings* World Aquaculture Society 2003.
- RUOHONEN, K.; VIELMA, J.; GROVE, D.J. Low-protein supplement increases protein retention and reduces the amounts of nitrogen and phosphorous wasted by rainbow trout fed on low-fat herring. **Aquaculture Nutrition**, v. 5, p. 83-91, 1999.
- SAMPAIO, A.M.B.M.; KUBITZA, F.; CYRINO, J.E.P. Relação energia:proteína na nutrição do tucunaré. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 2, p. 213-219, 2000.

SHEARER, K.D. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. **Aquaculture**, v. 119, p. 63-88, 1994.

STECH, M.R. **Utilização da soja integral processada em dietas para o crescimento de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887)**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 1999. 90p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, 1999.

TACON, A.G.J.; COWEY, C.B. **Protein and amino acid requirements**. In: TYTLER, P.; CALOW, P. (Eds.). Fish energetics. New perspectives. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD. P. 155-185, 1985.

TEIXEIRA, E. A. **Composição corporal e requisitos nutricionais de aminoácidos para alevinos de tilápia (*Oreochromis spp.*)**. 2003. 34 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Encarar a piscicultura como atividade zootécnica, a qual visa primordialmente o lucro, exige que a atividade seja economicamente atrativa. Além disso, hoje para qualquer atividade produtiva é essencial que se possa produzir com menor impacto ambiental possível.

Nesse cenário, a nutrição e alimentação assumem importante papel na aquicultura, uma vez que o principal componente dos custos de produção está relacionado a este ponto. Outrossim, é a participação decisiva da alimentação no aporte de nutrientes às coleções de água, visto que são as dietas utilizadas que determinam a quantidade de matéria orgânica e nutrientes, principalmente compostos nitrogenados e fósforo, lançados ao ambiente. Portanto a avaliação de alimentos com o objetivo de se conhecer o real potencial de utilização destes para cada peixe e o real conhecimento das exigências nutricionais das diferentes espécies e fases de produção, são informações fundamentais para que se produzir comercialmente uma espécie.

Neste estudo, o surubim mostrou ser eficiente no aproveitamento dos alimentos avaliados, sendo capaz de digerir de 71 a 98% da fração protéica dos alimentos e de 47 a 86% da energia.

No que se trata da utilização de indicadores para estimar os coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos, são necessários novos estudos envolvendo colheita total de fezes para que se possa definir com mais propriedade quais os indicadores mais adequados. Neste trabalho os resultados obtidos com o óxido crômico parecem subestimar a digestibilidade dos alimentos ricos em carboidratos, o que parece não ocorrer com o LIPE[®].

Quanto às necessidades nutricionais de energia e proteína o surubim se assemelha a outras espécies carnívoras quando se trata das relações EB:PB e ED:PB. Como em outras espécies a exigência de proteína parece diminuir com o aumento no peso dos animais. Contudo outros trabalhos são necessários para a determinação destas exigências das diferentes fases de produção do surubim, bem como para o conhecimento do perfil ideal de aminoácidos desta proteína.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CREPALDI, D.V.; FARIA, P.M.C.; TEIXEIRA, E.A.; et al. O surubim na aquicultura do Brasil. **Rev Bras Reprod Anim**, Belo Horizonte, v.30, n.3/4, p.150-158, 2006a. Disponível em www.cbra.org.br

CREPALDI, D.V.; FARIA, P.M.C.; TEIXEIRA, E.A.; et al. Biologia reprodutiva do surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Rev Bras Reprod Anim**, Belo Horizonte, v.30, n.3/4, p.159 -167, 2006b. Disponível em www.cbra.org.br

FAO. (2007). FAO Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit. Fishstat Plus: Universal software for fishery statistical time series. Aquaculture production: quantities 1950-2005, Aquaculture production: values 1984-2005; Capture production: 1950-2005; Vers. 2.30. Disponível em <http://www.fao.org>. Acesso em 01 de agosto de 2007.

IBAMA- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-Diretoria de Fauna e Recursos Pesqueiros. Estatística da Pesca, 2005- Grandes regiões e unidades da federação. Brasília. 147 p. Brasília, 2007.

KUBITZA, F. "O mar está pra peixe... pra peixe cultivado". *Panorama da aqüicultura*, p.14-23, v.100, 2007.

KUBITZA, F.; CAMPOS, J. L.; BRUM, J. A. Surubim: produção intensiva no Projeto Pacu Ltda. e Agropeixe Ltda. **Panor Aquicult**, v.49, p.25-32, 1998.

SEAP- Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca. Disponível em http://www.presidencia.gov.br/estrutura_presidencia/seap/. Acesso em 01 de agosto de 2007.