



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

**Exigência energética em dietas para juvenis de cachara,
*Pseudoplatystoma reticulatum***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Aquicultura.

Orientadora: Débora Machado Fracalossi

DOUGLAS AMARAL DA CUNHA

Florianópolis, SC
2013

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Cunha, Douglas Amaral

Exigência energética em dietas para juvenis de cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum* / Douglas Amaral Cunha ; orientadora, Débora Machado Fracalossi - Florianópolis, SC, 2013.

65 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. carnívoro. 3. digestibilidade. 4. siluriformes. 5. desempenho. I. Fracalossi, Débora Machado. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. III. Título.

**Exigência energética em dietas para juvenis de cachara,
*Pseudoplatystoma reticulatum***

Por

DOUGLAS AMARAL DA CUNHA

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-Graduação em Aqüicultura.

Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Dra. Débora Machado Fracalossi – *Orientadora*

Dr. Evoy Zaniboni Filho

Dra. Maude Regina de Borba

Dr. Vinícius Ronzani Cerqueira

Esse trabalho é dedicado aos meus pais, Antônio Cláudio e Marlene, pela educação, por toda a confiança e amor recebidos e, principalmente, por serem exemplos de vida e conduta.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Antônio Claudio e Marlene e minha irmã Samantha, por estarem sempre juntos e prontos para me ajudar no que for preciso;

À minha namorada Letícia Teixeira, pelo apoio, incentivo, momentos de felicidade e ouvir minhas lamentações com calma e paciência durante o desenvolvimento deste trabalho;

À professora Débora Machado Fracalossi, pela orientação, auxílio, confiança e principalmente pela amizade durante o trabalho desenvolvido;

À Dra. Emiko Kawakami de Resende, coordenadora do projeto AQUABRASIL, pelo apoio concedido para a implementação de estudos com o cachara no LABNUTRI-UFSC, tanto na obtenção dos exemplares como no financiamento via MPA e EMBRAPA.

Ao amigo Fernando Cornélio pela amizade e convívio na realização desse trabalho, ajudando sempre quando foi preciso;

Aos amigos e companheiros do LABNUTRI: Dariane, Bruna Mattioni, Vítor Fernandes, Sônia, Ricardo Berto, Luiz Eduardo, Camila, Tatiana, Fernando Brignol, Maria Fernanda, Renata, Daniel, Mayara, Maitê, Juliano, Lucas e Janice pelo convívio, amizade e parceria em todos os momentos;

Aos colegas do LAPAD, por estar sempre presente e apoiar em todos os momentos;

A todos que de alguma forma contribuíram para minha formação durante todos estes anos de estudo.

RESUMO

Cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*, é um bagre carnívoro de água doce que possui alto valor comercial no Brasil, porém, a falta de conhecimentos sobre suas exigências nutricionais dificulta a formulação de dietas que permitam máximo desempenho. Visto que a exigência energética em dietas para essa espécie é desconhecida, foram testados níveis crescentes de energia bruta (3696, 4049, 4343, 4828 e 5232 kcal/kg) em dietas isonitrogenadas (49% de proteína bruta) para juvenis ($84,43 \pm 13,59$ g) de cachara. Grupos de nove indivíduos foram estocados em 15 unidades experimentais e alimentados com as diferentes dietas experimentais por 90 dias. A análise de regressão polinomial revelou efeito quadrático ($P < 0,05$) do aumento da concentração de energia bruta da dieta nos seguintes parâmetros: ganho em peso, ganho em peso diário, taxa de crescimento específico, conversão alimentar, eficiência alimentar, consumo alimentar e taxa de retenção proteica. A gordura corporal aumentou linearmente ($P < 0,05$) com o aumento de energia bruta na dieta, ao contrário da umidade. A digestibilidade da proteína, matéria seca e energia não variaram significativamente ($P > 0,05$) entre as dietas contendo 4049, 4343 e 4828 kcal/kg de energia bruta. Portanto, com base no ganho de peso, a exigência energética estimada para juvenis de cachara com peso entre 84,43 g e 240 g é de 4479 kcal/kg de energia bruta para uma concentração de proteína bruta de 49% (43% de proteína digestível). Isto equivale a 3497 kcal/kg de energia digestível e uma relação energia digestível/proteína digestível de 8 kcal/g.

Palavras-chave: carnívoro, digestibilidade, siluriformes, desempenho, composição corporal.

ABSTRACT

Cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*, is a carnivorous freshwater catfish with high commercial value in Brazil, but a lack of knowledge about their nutritional requirements hinders the formulation of diets that allow maximum performance. Since his dietary energy requirement is unknown, we tested increasing levels of gross energy (3696, 4049, 4343, 4828 and 5232 kcal/kg) with isonitrogenous (49% crude protein) diets for juvenile cachara. Groups of nine juveniles (84.43 ± 13.59 g) were stocked into 15 experimental units and fed the experimental diets for 90 days. A polynomial regression analysis revealed a quadratic effect ($P < 0.05$) of the increased the concentration of dietary gross energy on weight gain, daily weight gain, specific growth rate, feed conversion, feed efficiency, food consumption and apparent net protein retention. On the other hand, body fat increased linearly ($P < 0.05$) as dietary gross energy increased, contrary to moisture. The digestibility of protein, dry matter and energy did not vary significantly ($P > 0.05$) between diets containing 4049, 4343 and 4828 kcal/kg gross energy. Therefore, based on weight gain and a crude protein of 49% (43% digestible protein), the estimated energy requirement for juvenile cachara from 84.43 g to 240 g is 4,479 kcal/kg gross energy. This is equivalent to 3,497 kcal/kg digestible energy and to a 8 kcal/g digestible energy/digestible protein ratio.

Keywords: carnivore, digestibility, siluriformes, performance, body composition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Regressão polinomial de segunda ordem do ganho em peso de juvenis de cachara alimentados com concentrações crescentes de energia bruta por 90 dias. 37

Figura 2. Regressão linear da porcentagem de gordura corporal de juvenis de cachara alimentados com concentrações crescentes de energia bruta por 90 dias. 39

Anexo A

Figura 3 - Exemplares de juvenis de cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum* (A, B). Biometria dos cacharas (C). Juvenis de cachara nas unidades experimentais (D). 61

Anexo B

Figura 4 - Unidades experimentais utilizadas no ensaio de desempenho e de digestibilidade (A, B). Tanques cilindro-cônicos utilizados no ensaio de digestibilidade (C). Gaiolas cilíndricas utilizadas para alocar os peixes (D). Tubo para coleta de fezes colocados embaixo dos tanques cilindro-cônicos (E). Tubos imersos em Isopor com gelo para reduzir atividade microbiana (F)..... 63

Anexo C

Figura 5 - Dietas experimentais peletizadas em máquina para processar massas (A). Dietas alocadas em bandejas (B). Dietas em sacos plásticos cheios de ar para serem fracionadas (C). Dietas alocadas em bandejas, já fracionadas e prontas para serem secas em estufa (D)..... 65

Figura 6 - Dietas experimentais sem óleo (A). Dietas experimentais aspergidas com óleo (B). Dietas experimentais impregnadas com óleo (C)..... 65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Formulação e composição das dietas experimentais (base na matéria seca).....	33
Tabela 2 - Valores médios (\pm erro padrão) das variáveis de desempenho de juvenis de cachara alimentado com concentrações crescentes de energia por 90 dias ^{a,b}	38
Tabela 3 - Composição corporal média (em matéria úmida) de juvenis de cachara alimentados com concentrações crescentes de energia bruta durante 90 dias ^a	40
Tabela 4 - Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína, matéria seca e energia das dietas experimentais contendo 4049, 4343 e 4828 kcal de energia bruta/kg.....	41

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	19
O Cachara (<i>Pseudoplatystoma reticulatum</i>)	20
Nutrição e alimentação do cachara.....	22
Exigência proteica e energética em peixes.....	22
OBJETIVO.....	27
GERAL	27
ESPECÍFICOS.....	27
Exigência Energética em Dietas para Juvenis de Cachara, <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i>	29
RESUMO	29
1. INTRODUÇÃO	30
2. MATERIAIS E MÉTODOS	32
2.1. Dietas Experimentais	32
2.2. Ensaio de Crescimento.....	34
2.3. Parâmetros de Desempenho	35
2.4. Ensaio de Digestibilidade.....	35
2.5. Análise proximal das Dietas, Fezes e da Composição Corporal dos Peixes	36
2.6. Análise Estatística.....	37
3. RESULTADOS	37
4. DISCUSSÃO	41
5. CONCLUSÃO	44
AGRADECIMENTOS.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
CONSIDERAÇÃO FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO	53
ANEXO A –Cachara, <i>Pseudoplatystoma reticulatum</i>	61
ANEXO B – Unidades experimentais.....	63
ANEXO C – Dietas experimentais.....	65

INTRODUÇÃO GERAL

A aquicultura é considerada uma atividade multidisciplinar que abrange o cultivo de diversos organismos aquáticos. É uma área importante de produção de alimento e fonte renda, em franco desenvolvimento, devido à crescente demanda mundial por proteínas e novas formas de geração de renda. Na produção mundial de pescado, a aquicultura já representa 40,1% do total produzido (FAO, 2013). O setor apresenta taxa de crescimento de 8,8% desde 1970, em comparação a 1,2% de crescimento da pesca extrativa e 2,8% da pecuária bovina (FAO, 2008).

O Brasil apresenta uma grande extensão litorânea, condições climáticas excelentes, um vasto e rico recurso hídrico continental com mais de 3,5 milhões de ha de lâmina d'água, passível de uso sustentável pela aquicultura. Apesar deste potencial, apenas 38% da produção interna de pescado provêm da aquicultura, sendo que o Brasil ocupa atualmente o 12º lugar da produção aquícola mundial (MPA, 2013b; FAO, 2013).

De acordo com Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA, 2013b), somente a piscicultura teve uma elevação de 60,2% em 2008/09, em comparação com 2007. Entre 2009 e 2010, embora menos acentuado, o crescimento da produção foi de 16,9 % (MPA, 2013a). A criação de tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*, e carpas, carpa comum, *Cyprinus carpio*, carpa prateada, *Hypophthalmichthys molitrix*, carpa cabeça grande, *Aristichthys nobilis*, e carpa capim, *Ctenopharyngodon idella*, chegaram juntas a 250 mil t/ano, sendo as principais espécies da produção aquícola e representando 52% do total de pescado cultivado. A produção de camarão, *Litopenaeus vannamei* – apesar das dificuldades que este segmento enfrentou nos últimos anos com a questão cambial, impossibilitando as exportações, problemas climáticos nas fazendas de camarão e principalmente com a doença por virose conhecida por mancha branca – também apresenta resultados importantes, mantendo-se num patamar de cerca de 69.422 toneladas/ano no período de 2010, representando 14 % do total de pescado cultivado. Outras espécies que também apresentaram crescimento significativo de produção são o tambaqui, *Colossoma macropomum*, que passou de 46.454 t para 54.313 t/ano, o pacu, *Piaractus mesopotamicus*, que passou de 18.171 t para 21.245 t/ano, e o tambacu, *Colossoma macropomum*♀ x *Piaractus mesopotamicus*♂, que passou de 18.492 t para 21.621 t/ano. Estas três espécies representam 20% do total de pescado proveniente da aquicultura brasileira (MPA, 2013a).

O avanço tecnológico significativo da aquicultura no Brasil possibilitou a intensificação desta atividade. Contudo, a maior parte dessa intensificação foi em cultivos de espécies exóticas, como tilápias, carpas e camarões, cujos pacotes tecnológicos foram importados. Este fato mostra a carência de tecnologia para a produção de espécies nativas brasileiras com potencial para a aquicultura, a qual se mostra ainda pouco representativa e amadora (RESENDE, 2011).

Pesquisas relacionadas à nutrição e alimentação em aquicultura representam um ponto importante para o desenvolvimento e otimização de tecnologias de produção, tendo em vista a necessidade de suprimento das exigências nutricionais da espécie alvo para o desenvolvimento adequado, além do alto custo e impacto ambiental das rações.

A aquicultura brasileira é baseada principalmente na criação de espécies onívoras, mais de 86% da produção, segundo o MPA (2013a). Contudo, pelo aprimoramento das tecnologias de produção como a nutrição e alimentação, em especial a determinação das exigências nutricionais, as espécies carnívoras vem ganhando espaço no cenário brasileiro. Entre as espécies nativas carnívoras que despertam interesse, destacam-se o pirarucu, *Arapaima gigas*, presente exclusivamente na bacia amazônica, e as do gênero *Pseudoplatystoma* como o pintado, *Pseudoplatystoma corruscans*, e o cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*, presentes principalmente nas bacias do São Francisco, do Prata e Amazônica. Estes carnívoros de águas continentais eram explorados principalmente pela pesca extrativa, os quais sofreram uma sobre-exploração com risco de extinção. Contudo, com o aumento da produção dessas espécies através da aquicultura, revelaram-se como pescado nobre, com alto valor comercial no Brasil, havendo uma redução de suas explorações em ambiente natural (TAVARES, 1997, CAMPOS, 2010, PEREIRA-FILHO; ROUBACH, 2010).

O Cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*)

A ordem dos Siluriformes é a segunda maior ordem de peixes neotropicais de água doce, conhecida por incluir os bagres ou peixes de couro (ABREU, 2008), cuja principal característica externa é a ausência de escamas pelo corpo, sendo revestidos apenas de pele espessa ou cobertos, parcial ou totalmente, por placas ósseas. Nela está presente a família Pimelodidae, que é composta por um grande número de gêneros e espécies dulcícolas de hábitos noturnos e dieta variada (DIAS, 1987).

O gênero *Pseudoplatystoma* compreende as espécies de peixes conhecidas popularmente por surubins, que são os maiores peixes da

família Pimelodidae (STECH, 2009). Apresentam o corpo roliço e alongado e a cabeça achatada, três pares de barbilhões próximos à boca, sendo que os primeiros raios das nadadeiras dorsal e peitoral se constituem de um acúleo forte e pungente (BRITSKI; SATO; ROSA, 1988). Os surubins são as espécies de água doce de maior valor comercial no Brasil (13 a 25 R\$/kg, dependendo da região e época do ano). São considerados produtos nobres por apresentarem carne saborosa, com baixo teor de gordura e ausência de espinhas intramusculares (CREPALDI *et al.*, 2007). Possuem elevada taxa de crescimento, podendo chegar de 20 a 120 kg, dependendo da espécie (SATO; GODINHO, 2003a, SATO; FENERICH-VERANI; GODINHO, 2003b, CAMPOS, 2010).

O gênero *Pseudoplatystoma* foi reclassificado por Buitrago-Suárez e Burr (2007), os quais identificaram oito espécies: *P. corruscans* (Pintado ou Surubim), presente nas bacias do rio Paraná e São Francisco; *P. reticulatum* (cachara ou surubim), presente nas bacias do Prata e Amazônica; *P. tigrinum* (surubim, caparari ou pirambuçu), presente na bacia do rio Amazonas; *P. punctifer* (surubim), presente na bacia do rio Amazonas; *P. metaense* e *P. orinocoense*, ambos presentes na bacia do rio Orinoco; *P. magdaleniatum*, presente na bacia do rio Cauca e Magdalena (Colômbia) e *P. fasciatum*, restrita às bacias dos rios Rupununi, Essequibo e Suriname, localizadas no Norte da América do Sul.

O cachara, *P. reticulatum* (Eigenmann & Eigenmann 1889), conhecido previamente como *P. fasciatum*, apresenta hábito alimentar carnívoro, predominantemente piscívoro (CREPALDI *et al.*, 2007; CAMPOS, 2010). Habita zonas bênticas dos corpos aquáticos, subindo à superfície para predação espécies de peixes forrageiros. Apresenta porte avantajado, alcançando 20 à 70 kg, sendo uma espécie migratória de grande importância econômica nas regiões onde ocorre (CAMPOS, 2010).

Segundo Campos (2010), o período reprodutivo do cachara é longo, de novembro a março, o que facilita seu uso como espécie comercial, já que a produção de alevinos se dá durante vários meses. Esse período varia conforme a região e a bacia hidrográfica, além das próprias condições climáticas de cada ano. Atualmente, essa espécie está sendo utilizada principalmente para produção de híbridos como o cachapinta, *Pseudoplatystoma reticulatum*♀ x *Pseudoplatystoma corruscans*♂, que apresenta melhor desempenho e facilidade de reprodução quando se utilizam fêmeas de cachara, e o cachandiá ou o jundiara, *Pseudoplatystoma reticulatum*♀ x *Leiarius marmoratus*♂, por

aceitar melhor as rações disponíveis no mercado, quando comparados às linhagens puras (PORTO-FORESTI et al., 2011). Contudo, os híbridos, quando em contato com o ambiente natural podem competir com espécies nativas, ou até mesmo causar contaminação genética, levando ao surgimento de uma única população formada de espécies híbridas (PORTO-FORESTI et al., 2010, PRADO et al., 2012).

Nutrição e alimentação do cachara

Alguns estudos foram realizados sobre a nutrição e alimentação do gênero *Pseudoplatystoma* (MACHADO, 1999, FUJIMOTO; CARNEIRO 2001, MARTINO et al., 2002a, b, GONÇALVEZ E CARNEIRO, 2003, LUNDSTEDT, 2003, MARTINO et al., 2003, LUNDSTEDT; MELO; MORAES, 2004, MARTINO et al., 2005, CAMPOS; MARTINO; TRUGO, 2006, TAKAHASHI; CYRINO, 2006, ARSLAN et al., 2008; 2009, NOFFS et al., 2009, TEIXEIRA; MACHADO; FRACALOSSO, 2010). Porém, poucos estudos focaram na espécie *P. reticulatum*, destacando-se a avaliação da suplementação de enzimas exógenas na dieta (STECH, 2009), a medida da digestibilidade de ingredientes práticos (SILVA et al., 2013) e a determinação da exigência proteica (CORNÉLIO et al., 2013).

A falta de dados concretos sobre as exigências nutricionais nas diferentes fases do cachara, reflete em altos índices de mortalidade, baixa eficiência alimentar e baixo desempenho (CREPALDI et al., 2007). Desta forma, é fundamental o apoio da pesquisa para o aprimoramento de tecnologias, sendo necessários esforços em todas as áreas relacionadas ao cultivo dos peixes do gênero *Pseudoplatystoma*, tanto na área de nutrição como também em áreas de reprodução, genética, larvicultura, manejo e sanidade (CAMPOS, 2010).

Exigência proteica e energética em peixes

A energia é considerada uma propriedade dos nutrientes, liberada a partir da oxidação metabólica da proteína, do lipídio e do carboidrato (WEBSTER; LIM, 2002). Para que todos os processos fisiológicos estejam funcionando perfeitamente, é necessário suprimento constante de energia, que o peixe adquire por meio da absorção do alimento ingerido ou das reservas corporais na forma de gordura, proteína e glicogênio (KAUSHIK; MÉDALE, 1994).

Em dietas para peixes, concentrações adequadas de proteína e energia são fundamentais para obtenção de resultados produtivos,

econômicos e ambientalmente desejáveis. O conhecimento e informações precisas sobre as exigências nutricionais dos peixes são importantes para a formulação de rações eficientes, as quais representa 40% a 70% dos custos de produção (KUBITZA, 1999). A criação de espécies carnívoras é a mais afetada, pois exige altos níveis de proteína na dieta, tornando a ração mais onerosa, uma vez que a proteína é o nutriente mais caro da dieta. Este nutriente desempenha um papel importante na nutrição de peixes, pois possui grande influência sobre o crescimento, saúde e sobrevivência, sendo também o principal constituinte dos tecidos do organismo animal, totalizando cerca de 65 a 75% do total em relação ao peso seco (WILSON, 2002).

A exigência nutricional é a concentração mínima de um nutriente na dieta, que produz o máximo crescimento (LOVELL, 1998). A estimativa da exigência proteica de uma espécie e, finalmente, o teor proteico de uma ração, são influenciados por fatores como estágio de desenvolvimento da espécie (SAMPAIO; KUBITZA; CYRINO, 2000), condições experimentais, análise estatística utilizada (FURUYA; FURUYA, 2005), taxa de arraçoamento, temperatura da água (SINGH, 2009) e inclusão de fontes de energia não proteicas (SÁ; FRACALOSSO, 2002). Já o preço final da ração são influenciados por fatores como qualidade da proteína e seu nível de inclusão na dieta, tipo de processamento da dieta, e inclusão de fontes de energia não proteica, lipídios e carboidratos, por terem baixo custo em relação a proteína.

Desperdício de alimentos e nutrientes não ingeridos pelos peixes não só tornaram a ração mais cara como também acarretaram em impactos ambientais como a redução do oxigênio dissolvido, aumento da turbidez e da concentração de nutriente e sólidos em suspensão nos tanques de cultivo, contribuindo para a eutrofização dos corpos de água receptores, além de causar redução ou alteração da biodiversidade (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2008; PORTZ; FURUYA, 2012).

A concentração ótima de proteína nas dietas para peixes está associada ao balanço entre proteína e energia, com atenção especial à qualidade proteica, ou seja, perfil de aminoácidos essenciais disponíveis e fontes de energia não proteica (CHO, 1992). A inclusão de fontes de energia não proteicas reduz a utilização da fração proteica da dieta para fins energéticos e melhora a sua utilização para o crescimento, num processo conhecido como efeito economizador da proteína (do inglês "protein sparing effect") (HILLESTAD; JOHNSEN; ASGARD, 2001; ABIMORAD; CARNEIRO, 2007). Desta forma, é de extrema importância o conhecimento dos níveis ótimos de proteína, energia e da relação energia/proteína, uma vez que os peixes se alimentam até que

suas necessidades energéticas estejam satisfeitas (KAUSHIK; MÉDALE, 1994; LOVELL, 1998; NRC, 2011).

Tanto baixas como altas concentrações de proteína na dieta afetam o crescimento dos peixes. Por um lado, dietas apresentando alta relação energia/proteína, ocasionam redução no consumo da dieta pelos peixes. Como efeito, a dieta pode não suprir as necessidades proteicas desses animais, causando deposição excessiva de gordura, perda na qualidade da carne, elevada oxidação de ácidos graxos, menor vida útil do pescado, inibição da utilização de outros nutrientes e baixa taxa de retenção proteica (CHO, 1990; SÁ; FRACALOSSI, 2002). Por outro lado, dietas com uma baixa relação energia/proteína fazem com que os peixes consumam grande quantidade de proteína para atingir suas necessidades energéticas, piorando os índices de conversão e desempenho, acarretando em aumento nos custos da dieta (SÁ; FRACALOSSI, 2002). Além do mais, esse consumo aumentará a liberação de compostos nitrogenados para o meio ambiente com alto potencial poluente (NRC, 2011).

Em estudo para avaliar o efeito da relação energia e proteína no desempenho e composição corporal do tucunaré, *Cichla* sp., foi determinado que a exigência para a espécie pode ser suprida por uma ração contendo entre 8 e 9 kcal de energia digestível/g de proteína bruta, ou seja, 37 a 41 % de PB e 3500 kcal de ED/kg (SAMPAIO; KUBITZA; CYRINO, 2000). Para juvenis (14,46 g) de “largemouth bass”, *Micropterus salmoides*, os níveis de proteína e energia digestível dietética que garantiram melhor desempenho foram 43,59% e 3874 kcal/kg, respectivamente (PORTZ et al., 2001). Borghesi (2008), objetivando determinar o nível ideal proteico e energético para juvenis (5,29 g) de dourado, *Salminus brasiliensis*, testou níveis de PB entre 35% e 51% e teores de energia bruta de 4.200 a 5.000 kcal EB/kg, definindo a exigência proteica e energética em 45,08% e 4.600 kcal/kg, respectivamente.

Já para espécies de água fria, a exigência em energia e proteína digestível para o salmão do Atlântico, *Salmo salar*, foi 4.400 kcal/kg e 36%, respectivamente, e a exigência em energia e proteína digestível da truta arco-íris, *Oncorhynchus mykiss*, foi de 4.200 kcal/kg e 38%, respectivamente (NRC, 2011).

Em estudo para determinar a exigência proteica de juvenis de pintado (16,60 g), onde foram testadas concentrações de proteína digestível na dieta de 22%, 24%, 26%, 28%, 30% ou 32%, concluiu que o nível de proteína digestível que proporcionou melhor desempenho foi o de 32,14%, que corresponde a 43,33% de proteína bruta (CARNEIRO;

GONÇALVES, 2002). Esta concentração proteica proporcionou o melhor desempenho produtivo, porém, foi o maior nível testado, sendo o estudo incapaz de estimar a máxima resposta.

As rações representam um alto custo para a produção de peixes carnívoros e a determinação da exigência proteica nas diferentes fases do cachara é fundamental para o sucesso da criação. Recentemente, a exigência proteica de alevinos de cachara (16,08 g) alimentados com dietas isocalóricas (4600 kcal/kg de energia bruta), contendo seis concentrações de proteína bruta (30 a 55% PB) foi investigada (CORNÉLIO et al., 2013). A concentração mínima de proteína bruta da dieta que proporcionou o máximo ganho em peso, estimada através de regressão polinomial de segunda ordem, foi 49,25%, o que representa 44,79% de proteína digestível.

Pelo exposto, observa-se o importante efeito da concentração da proteína, energia e da relação energia/proteína na dieta sobre o desenvolvimento dos peixes. Contudo, os efeitos dessas relações sobre o crescimento de juvenis de cachara ainda são pouco conhecidas. Desta forma, estudos adicionais são necessários para determinar a relação energia/proteína ideal na dieta e, assim, aumentar a eficiência da utilização da proteína, reduzir os custos de produção da espécie, bem como os impactos ambientais.

OBJETIVO

GERAL

Determinar a exigência energética de juvenis de cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*, quando alimentados com dietas isonitrogenadas contendo diferentes níveis de energia bruta.

ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito das dietas no crescimento e na sobrevivência de juvenis de cachara.
- Calcular, nas três melhores dietas no ensaio de crescimento, os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína, matéria seca e energia.
- Determinar a energia digestível e a relação energia digestível/proteína digestível, através do desempenho dos peixes e da digestibilidade das dietas.

O capítulo que segue foi redigido conforme as normas para submissão de artigo científico ao periódico *Aquaculture*.

Exigência Energética em Dietas para Juvenis de Cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*

Douglas Amaral da Cunha, Fernando Henrique Gomes Cornélio, Débora Machado Fracalossi*

Laboratório de Nutrição de Espécies Aquícolas (LABNUTRI), Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

*Autor para correspondência: Débora Machado Fracalossi, Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, UFSC. Rodovia Admar Gonzaga, 1346, 88034-001 Florianópolis, SC, Brasil. Tel: +55 48 3389-5216. E-mail: deboraf@cca.ufsc.br

RESUMO

Cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*, é um bagre carnívoro de água doce que possui alto valor comercial no Brasil, porém, a falta de conhecimentos sobre suas exigências nutricionais dificulta a formulação de dietas que permitam máximo desempenho. Visto que a exigência energética em dietas para essa espécie é desconhecida, foram testados níveis crescentes de energia bruta (3696, 4049, 4343, 4828 e 5232 kcal/kg) em dietas isonitrogenadas (49% de proteína bruta) para juvenis (84,43 ± 13,59 g) de cachara. Grupos de nove indivíduos foram estocados em 15 unidades experimentais e alimentados com as diferentes dietas experimentais por 90 dias. A análise de regressão polinomial revelou efeito quadrático ($P < 0,05$) do aumento da concentração de energia bruta da dieta nos seguintes parâmetros: ganho em peso, ganho em peso diário, taxa de crescimento específico, conversão alimentar, eficiência alimentar, consumo alimentar e taxa de retenção proteica. A gordura corporal aumentou linearmente ($P < 0,05$) com o aumento de energia bruta na dieta, ao contrário da umidade. A digestibilidade da proteína, matéria seca e energia não variaram significativamente ($P > 0,05$) entre as dietas contendo 4049, 4343 e 4828 kcal/kg de energia bruta. Portanto, com base no ganho de peso, a exigência energética estimada para juvenis de cachara com peso entre 84,43 g e 240 g é de 4479 kcal/kg de energia bruta para uma concentração de proteína bruta de 49% (43% de proteína digestível).

Isto equivale a 3497 kcal/kg de energia digestível e uma relação energia digestível/proteína digestível de 8 kcal/g.

Palavras-chave: carnívoro, digestibilidade, siluriformes, desempenho, composição corporal.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil existem várias espécies carnívoras de água doce com interesse comercial. Entre elas estão as do gênero *Pseudoplatystoma*, o pintado, *P. corruscans*, e o cachara, *P. reticulatum*, conhecidas como surubins. Elas são nativas das bacias do São Francisco, do Prata e Amazônica (Tavares, 1987, Campos, 2010) e largamente produzidas na região centro-oeste do Brasil com alto valor comercial, apresentando potencial tanto para o mercado interno quanto externo. São consideradas um produto nobre por apresentar carne saborosa, com baixo teor de gordura e ausência de espinhas intramusculares (Crepaldi et al., 2007). Entre os surubins, o cachara é alvo do fomento à pesquisa em aquicultura pelo governo brasileiro, devido a seu rápido crescimento. Porém, a falta de conhecimentos sobre suas exigências nutricionais dificulta a formulação de dietas que permitam o máximo desempenho.

Em dietas para peixes, concentrações adequadas de proteína e energia são fundamentais para obtenção de resultados produtivos, econômicos e ambientalmente desejáveis. A concentração ótima de proteína nas dietas para peixes está associada ao balanço entre proteína e energia, com atenção especial à qualidade proteica, ou seja, perfil de aminoácidos essenciais disponíveis, e fontes de energia não proteica (Cho, 1992). A inclusão de fontes de energia não proteicas reduz a utilização da fração proteica da dieta para fins energéticos e melhora a sua utilização para o crescimento, num processo conhecido como efeito economizador da proteína (do inglês “protein sparing effect”) (Bureau et al., 2002).

Tanto baixas como altas concentrações de proteína na dieta afetam o crescimento dos peixes. Por um lado, dietas apresentando alta relação energia/proteína, ocasionam redução no consumo da dieta pelos peixes. Como efeito, a dieta pode não suprir as necessidades proteicas desses animais, causando deposição excessiva de gordura, perda na qualidade da carne, elevada oxidação de ácidos graxos, menor vida útil do pescado, inibição da utilização de outros nutrientes e baixa taxa de retenção proteica (Cho, 1990; Sá e Fracalossi, 2002). Por outro lado, dietas com baixa relação energia/proteína fazem com que os peixes

consumam grande quantidade de proteína para atingir suas necessidades energéticas, piorando os índices de conversão e desempenho, acarretando em aumento nos custos da dieta (Sá e Fracalossi, 2002). Além do mais, esse consumo aumentará a liberação de compostos nitrogenados para o meio ambiente, com alto potencial poluente (NRC, 2011).

Os lipídios, excelentes fontes de energia para os peixes, são os nutrientes mais eficientes para maximizar a ingestão de energia, pois são altamente digestíveis e metabolizáveis (Watanabe, 1982, Bureau et al., 2002). Os carboidratos, relativamente baratos comparados aos lipídios, também são uma fonte de energia para os peixes, contudo, não são tão bem aproveitados por peixes de água fria, marinhos ou carnívoros quanto por peixes de água quente, água doce ou onívoros (Wilson, 1994). Portanto, mudanças nos níveis desses nutrientes podem afetar o crescimento e a utilização do alimento pelo peixe (Borba et al., 2006, Lee e Kim, 2009). Martino et al. (2002) verificaram aumento no ganho em peso e na taxa de retenção proteica do pintado com o aumento da concentração lipídica em até 18% em dieta isonitrogenada (46% de proteína bruta). A maior concentração de lipídio da dieta, como também a maior concentração de energia, pode ter poupado maior quantidade de proteína em relação aos outros tratamentos, o que, conseqüentemente, correspondeu maior crescimento dos peixes. Já Takahashi e Cyrino (2006), em estudo com a mesma espécie, observaram aumento do ganho em peso e diminuição do índice viscerossomático e da gordura intraperitoneal com o aumento da concentração de carboidrato até 25-29% em dietas isonitrogenadas (42% de proteína bruta) e isoenergéticas (4490 kcal/kg de energia bruta), mostrando que os carboidratos são bem aproveitados por esta espécie. Apesar disso, não se tem conhecimento ainda sobre a proporção ideal entre as fontes de energia não proteica na dieta do cachara (relação carboidrato:lipídio).

As rações representam alto custo para a produção de peixes carnívoros e a determinação das exigências nutricionais nas diferentes fases do cachara é fundamental para o sucesso da criação. Recentemente, a exigência proteica de alevinos de cachara (a partir de 16,08 g) alimentados com dietas isocalóricas (4600 kcal/kg de energia bruta), contendo seis concentrações de proteína bruta (30, 35, 40, 45, 50 e 55%) foi relatada (Cornélio et al., 2013). A concentração mínima de proteína da dieta que proporcionou o máximo ganho em peso, foi 49,25 %, o que representa 44,79 % de proteína digestível.

Pelo exposto, observa-se o importante efeito da concentração da proteína, energia e da relação energia/proteína na dieta sobre o desenvolvimento dos peixes. Contudo, os efeitos dessas relações sobre o

crescimento do cachara ainda são pouco conhecidas. Portanto, este estudo foi delineado para determinar a exigência energética de juvenis de cachara, quando alimentados com dietas isonitrogenadas (49 % PB) contendo diferentes proporções de energia bruta.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Dietas Experimentais

Foram formuladas cinco dietas experimentais peletizadas (Tabela 1), isonitrogenadas (49% de proteína bruta), contendo concentrações de energia bruta crescentes de 3696, 4049, 4343, 4828, 5232 kcal/kg de ração. As dietas também possuíam relação carboidrato:lipídio semelhantes (aproximadamente 0,5) com o objetivo de minimizar as diferenças na utilização dos nutrientes entre os tratamentos. Foram utilizados ingredientes semipurificados, com exceção de uma das fontes proteicas, que foi farinha de resíduo de salmão (72 % proteína bruta).

Na formulação das dietas, utilizou-se a exigência proteica do cachara (Cornélio et al., 2013); já para vitamina C (Fujimoto e Carneiro, 2001), lipídios (Martino et al, 2002, 2005), e carboidratos (Takahashi e Cyrino, 2006), foram utilizadas as exigências determinadas para o pintado, *Pseudoplatystoma corruscans*, espécie com hábito alimentar similar ao cachara. Para os outros nutrientes (aminoácido, ácidos graxos n-3 e n-6, vitaminas e minerais), se utilizou as exigências da truta arco-íris, *Oncorhynchus mykiss* (NRC, 2011), espécie também carnívora de ambiente continental.

Para produção das dietas, a farinha de resíduo de salmão foi previamente moída a 850 µm, misturada com os outros ingredientes secos e seguida pela adição de água. Após essa mistura, a massa de ração foi peletizada em máquina elétrica para preparo de massa, com diâmetro de 4 mm e os filamentos resultantes quebrados por agitação em sacos plásticos cheios de ar. As rações foram secas em estufa com circulação forçada de ar, a 50 °C, durante 8 h. A adição dos óleos na ração ocorreu através de um processo chamado de “vacuum coating” que consiste em impregnar o óleo nos péletes, com o auxílio de vácuo. A impregnação a vácuo ocorre com a troca do ar aprisionado dentro do poro da ração pelo óleo, devido ao gradiente de pressão promovido pela aplicação do vácuo, seguida da recuperação da pressão atmosférica, em um recipiente contendo a ração aspergida por uma solução impregnante, no caso, o óleo. Em seguida, as dietas foram embaladas e armazenadas sob congelamento (-20 °C) até o momento de sua utilização.

Tabela 1 - Formulação e composição das dietas experimentais (base na matéria seca).

Ingredientes, %	Energia Bruta, kcal/kg ^e				
	3696	4049	4343	4828	5232
Farinha de resíduo de salmão ^a	45,75	45,75	45,75	45,75	45,75
Albumina ^b	19,60	19,60	19,60	19,60	19,60
Dextrina ^b	0,00	6,52	8,90	11,20	13,52
Celulose ^b	26,54	19,01	12,65	6,33	0,00
Óleo de fígado de bacalhau ^c	2,31	2,87	5,10	7,37	9,63
Óleo de soja	1,80	2,25	4,00	5,74	7,50
Premix vitamínico e mineral ^d	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Carboximetilcelulose	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Composição proximal, %					
Matéria seca	96,06	96,19	93,88	95,04	94,90
Proteína bruta	47,80	48,36	48,21	49,59	49,85
Extrato etéreo	9,35	10,35	12,44	17,08	19,08
Fibra detergente ácido	27,83	20,38	14,49	8,27	1,95
Matéria mineral	11,08	11,97	10,87	11,19	11,67
Relação carboidrato:lipídio	0,00	0,50	0,63	0,52	0,65
EB/PB (ED/PD) ^f , kcal/g	7,74	8,37(8,24)	9,01(9,06)	9,74(9,81)	10,50

^a Proteína bruta 72 %, gordura 11,43 %. Pesquera Pacific Star S.A. (Chile).

^b Rhoister LTDA (São Paulo, SP, Brasil).

^c Delaware LTDA (Porto Alegre, RS, Brasil).

^d Premix vitamínico e micromineral. Composição kg⁻¹ de produto: ácido fólico 400,00 mg, ácido pantotênico 6.000,00 mg, biotina 125 mg, cobalto 300,00 mg, cobre 2.000 mg, colina 275,00 g, ferro 40,00 g, iodo 200,00 mg, manganês 8.000,00 mg, niacina 20,00 g, selênio 60,00 mg, vitamina (vit.) A 3.000.000,00 UI, vit. B₁ 2.000,00 mg, vit. B₁₂ 10.000,00 mg, vit. B₂ 4.000 mg, vit. B₆ 2.400,00 mg, vit. C 45.000,00 mg, vit. D₃ 640.000,00 UI, vit. E 20.000,00 UI, vit. K 600,00 mg, zinco 12,00 mg, antioxidante 0,6 g.

^e Energia bruta medida em bomba calorimétrica e ajustada, subtraindo-se o conteúdo energético da celulose (4106 kcal/kg) (NRC, 1993).

^f EB=energia bruta, PB=proteína bruta, ED=energia digestível, PD=proteína digestível.

2.2. Ensaio de Crescimento

O estudo foi realizado no Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce (LAPAD) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC, Florianópolis, Brasil) por um período de 90 dias (setembro-novembro).

Cacharas puros, já treinados para aceitar ração comercial, foram adquiridos da piscicultura Piraí (Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil). Grupos de nove juvenis, com peso médio de $84,43 \pm 13,59$ g, foram estocados em 15 unidades experimentais, caixas retangulares de polietileno (68x50x38 cm), com volume útil de 120 L. Estas unidades estavam sob um sistema fechado de recirculação de água com filtragem mecânica e biológica, aeração individual e controle de temperatura.

Os peixes foram aclimatados às condições experimentais por sete dias, quando foram alimentados com ração comercial extrudada contendo 42% de proteína bruta. Após este período de aclimação, grupos de peixes em triplicata receberam as correspondentes dietas experimentais (Tabela 1) duas vezes ao dia, às 9:00 e 19:00 h, até a saciedade aparente.

A temperatura da água e o oxigênio dissolvido foram monitorados diariamente; amônia total, nitrito e pH a cada cinco dias. As médias de temperatura, pH e oxigênio dissolvido foram $26,8 \pm 0,5$ °C, $6,9 \pm 0,5$ e $7,0 \pm 0,2$ mg/L, respectivamente, enquanto a amônia total e nitrito não excederam 0,35 mg/L. A salinidade foi mantida em 1,5 ‰ (sal refinado sem iodo), para prevenir a infestação com ectoparasitas monogenea e íctio, *Ichthyophthirius multifiliis*, e o fotoperíodo em 10 h claro:14 h escuro. As unidades experimentais foram parcialmente cobertas (em torno de 50%) com lona preta para diminuir a incidência de luz, já que durante o período de aclimação constatou-se que este procedimento estimulava o consumo de ração. O consumo foi monitorado com o auxílio de uma lanterna, sendo que a saciedade era estabelecida quando um ou dois péletes não eram ingeridos depois de 15 min. O consumo diário foi calculado pesando-se as dietas oferecidas para cada unidade, antes e depois das duas alimentações diárias.

O manejo dos animais durante o período experimental seguiu o protocolo PP00815, aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Santa Catarina (CEUA, UFSC).

2.3. Parâmetros de Desempenho

Antes de cada biometria, realizada quinzenalmente, os peixes eram mantidos em jejum por 24 h, contados e pesados para determinação do ganho em peso ($GP = \text{peso final} - \text{peso inicial}$), ganho em peso diário ($GPD = \text{ganho em peso/dias de experimento}$), taxa de crescimento específico ($TCE = 100 \times (\ln \text{ peso médio final} - \ln \text{ peso médio inicial}) / \text{dias de experimento}$), eficiência alimentar ($EA = \text{ganho em peso/alimento consumido}$), conversão alimentar ($CA = \text{alimento consumido/ganho em peso}$) e consumo alimentar diário ($\% \text{ peso corporal/dia} - (CD = [\text{consumo MS}/(\text{peso final} + \text{peso inicial})/2]/\text{dias de experimento} \times 100)$). Cinco peixes foram amostrados no início e três peixes por tanque, no final do período de alimentação, para análises de composição corporal e cálculo da taxa de retenção proteica [$TRP = 100 \times (\text{proteína corporal final} \times \text{peso final} - \text{proteína corporal inicial} \times \text{peso inicial}) / \text{consumo em proteína na matéria seca}$] e taxa de retenção energética [$TRE = 100 \times (\text{energia corporal final} \times \text{peso final} - \text{energia corporal inicial} \times \text{peso inicial}) / \text{consumo em energia na matéria seca}$]. Os peixes foram eutanasiados por overdose (1 ml/L) com óleo de cravo (Eugenol[®]) e congelados (-80 °C) para análises posteriores.

2.4. Ensaio de Digestibilidade

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da proteína, matéria seca e energia foram determinados para os peixes alimentados com 4049, 4343 e 4828 kcal de energia bruta/kg de ração, já que esses foram os níveis de energia em que os peixes apresentaram melhor desempenho no ensaio de crescimento. O estudo foi realizado durante os meses de abril, maio e junho no LAPAD - UFSC. Grupos de seis juvenis de cachara ($337,66 \pm 59,73$ g) foram estocados em nove unidades experimentais de polietileno (68x50x38 cm), com volume útil de 120 L e alimentados até saciedade aparente duas vezes ao dia (23:00 e 08:00 h), com as mesmas dietas usadas no ensaio de crescimento, as quais foram suplementadas com 0,5 % de óxido de cromo III (99,5 % da dieta e 0,5 % de óxido de cromo III).

Os peixes foram aclimatados às dietas experimentais por uma semana, antes do início da coleta das fezes. Após esse período, duas horas após a última alimentação, os peixes eram anestesiados com óleo de cravo (Eugenol[®]), alocados em gaiolas cilíndricas (diâmetro 52 cm e altura 62 cm) e transferidos a tanques cilindro-cônicos, com volume de 200 L, para coleta de fezes. Os tanques estavam conectados ao sistema

de recirculação de água, com renovação de 10 a 15 L/min e equipados com aeração e controle de temperatura ($26,8 \pm 0,5$ °C). Os parâmetros de qualidade de água foram similares àqueles observados no ensaio de crescimento, sendo assim, adequados para o conforto da espécie.

Todos os dias, antes da transferência dos peixes para coleta das fezes, as paredes internas dos tanques eram limpas e 80 % da água era renovada a fim de evitar a contaminação das fezes por resíduos de alimento. Essas eram coletadas, por sedimentação, a cada 6 h, entre 12:00 e 06:00 h, em tubos plásticos de 50 ml acoplados no fundo dos tanques. Estes tubos permaneciam imersos em isopor com gelo para reduzir a atividade microbiana. Após cada coleta, os tubos eram centrifugados a uma rotação de 4.000 g por 5 min, o sobrenadante descartado, as fezes secas em estufa a 60 °C e armazenadas a -20 °C para posterior análise. O método de coleta foi o mesmo descrito por Kitagima e Fracalossi (2011).

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta e energia bruta foram determinados pela seguinte equação: $CDA (\%) = 100 - [100 \times (\% \text{ marcador dieta} / \text{ Marcador fezes} \times \text{ Nutriente fezes} / \text{ Nutriente dieta})]$ (Nose, 1960), enquanto que a matéria seca pela equação: $CDA (\%) = 100 - [100 \times (\% \text{ Marcador dieta} / \text{ Marcador fezes})]$ (Belal, 2005).

A proteína digestível foi determinada utilizando a média da proteína de todas as dietas e a média da digestibilidade da proteína das três dietas. A energia digestível foi determinada utilizando a exigência estimada e a média da digestibilidade da energia das três dietas.

2.5. Análise proximal das Dietas, Fezes e da Composição Corporal dos Peixes

As dietas experimentais, foram analisadas de acordo com metodologias descritas pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1999) com exceção da energia, que foi através da combustão em bomba calorimétrica pelo método de Potter e Matterson (1960). A matéria seca foi obtida através da secagem em estufa a 105°C até peso constante, método 950.01. A matéria mineral (cinzas), por incineração a 550°C, método 942.05. A fibra, obtida pela digestão em detergente ácido, pelo método 973.18. O extrato etéreo, extração em éter por Soxhlet (após hidrólise ácida), método 920.39C. A proteína bruta, por Kjeldahl ($N \times 6,25$) pelo método 945.01.

A Energia bruta, proteína bruta e matéria seca das fezes foram analisadas pela mesma metodologia descrita para as dietas. O teor de

óxido de cromo presente nas dietas e nas fezes foi avaliado pelo método espectrofotométrico da difenilcarbazida (Bremer Neto et al., 2003).

As análises de composição corporal seguiram as mesmas metodologias utilizadas nas análises de composição das dietas, com exceção de fibra em detergente ácido, que não foi realizada.

2.6. Análise Estatística

Os dados de composição corporal foram submetidos a análise de regressão linear e os dados dos parâmetros de desempenho foram submetidos à análise de regressão polinomial. Os dados de digestibilidade foram submetidos à ANOVA, seguida pelo teste de Tukey para a diferenciação de médias, com nível de significância de 5%. Todos os dados são apresentados como média \pm erro padrão.

3. RESULTADOS

A sobrevivência dos juvenis de cachara no ensaio de crescimento foi de 100%. O aumento da concentração de energia resultou em uma resposta quadrática no ganho em peso (GP), ganho em peso diário (GPD), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA), eficiência alimentar (EA), consumo alimentar, consumo alimentar em peso vivo ao dia e taxa de retenção proteica (TRP) (Figura 1 e Tabela 2).

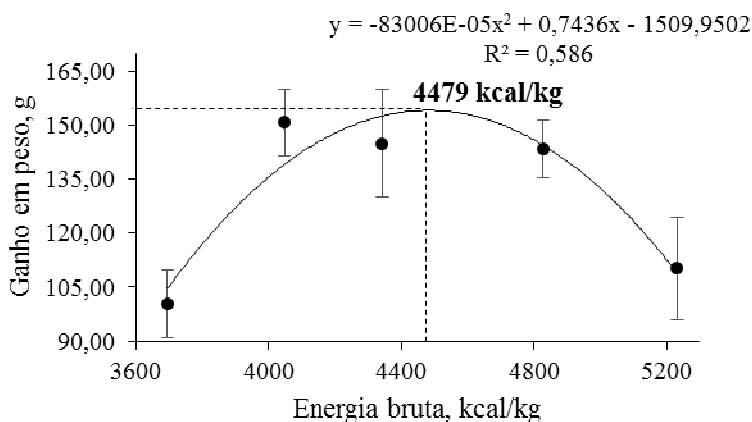


Figura 1. Regressão polinomial de segunda ordem do ganho em peso de juvenis de cachara alimentados com concentrações crescentes de energia bruta por 90 dias.

Tabela 2 - Valores médios (\pm erro padrão) das variáveis de desempenho de juvenis de cachara alimentado com concentrações crescentes de energia por 90 dias^{a,b}.

Parâmetros de desempenho	Energia bruta, kcal/kg				
	3696	4049	4343	4828	5232
Peso final, g	185,13 \pm 9,28	235,05 \pm 9,26	229,07 \pm 14,78	227,39 \pm 8,10	194,91 \pm 14,09
Ganho em peso diário, g.dia ⁻¹	1,12 \pm 0,11	1,67 \pm 0,10	1,61 \pm 0,16	1,59 \pm 0,09	1,22 \pm 0,16
Taxa de crescimento específico, % .dia ⁻¹	0,87 \pm 0,06	1,14 \pm 0,04	1,11 \pm 0,07	1,11 \pm 0,04	0,92 \pm 0,08
Conversão alimentar	1,71 \pm 0,11	1,31 \pm 0,06	1,42 \pm 0,10	1,51 \pm 0,10	1,89 \pm 0,18
Eficiência alimentar	0,59 \pm 0,04	0,77 \pm 0,04	0,71 \pm 0,05	0,67 \pm 0,04	0,54 \pm 0,06
Consumo alimentar, g.peixe ⁻¹	169,99 \pm 4,97	196,80 \pm 8,57	203,93 \pm 6,13	214,87 \pm 1,58	203,55 \pm 5,86
Consumo alimentar, % peso vivo.dia ⁻¹	1,40 \pm 0,01	1,37 \pm 0,04	1,45 \pm 0,02	1,54 \pm 0,05	1,62 \pm 0,05
Taxa de retenção proteica, %	25,92 \pm 1,02	30,85 \pm 1,28	31,07 \pm 1,95	24,39 \pm 2,87	20,67 \pm 2,35
Taxa de retenção energética, %	23,73 \pm 2,59	28,20 \pm 2,43	27,27 \pm 3,56	29,06 \pm 3,23	23,20 \pm 0,99

^a A análise de regressão polinomial de segunda ordem foi significativa para todas as variáveis ($P < 0,05$) com exceção da taxa de retenção energética e geraram as seguintes equações: peso final, $y = -81762E-05x^2 + 0,7324x - 1400,7162$ ($R^2 = 0,5805$); ganho em peso diário, $y = -92229E-07x^2 + 0,0083x - 16,7772$ ($R^2 = 0,586$); taxa de crescimento específico, $y = -4546E-07x^2 + 0,0041x - 7,9656$ ($R^2 = 0,5996$); conversão alimentar, $y = 1039E-06x^2 - 0,0092x + 21,8251$ ($R^2 = 0,6513$); eficiência alimentar, $y = -29462E-07x^2 + 0,0026x - 4,8899$ ($R^2 = 0,5501$); consumo alimentar, $y = -4013E-05x^2 + 0,3801x - 686,0894$ ($R^2 = 0,7745$); Consumo alimentar em peso vivo ao dia, $y = 98026E-08x^2 - 0,0007x + 2,6946$ ($R^2 = 0,7147$); taxa de retenção proteica, $y = -10664E-05x^2 + 0,0906x - 162,5126$ ($R^2 = 0,5841$).

^b Peso inicial dos peixes = $84,43 \pm 13,59$ g.

A composição corporal dos juvenis de cachara foi diretamente afetada pela concentração de energia na dieta (Tabela 3). Os peixes alimentados com maiores concentrações de energia apresentaram aumento linear da concentração lipídica (Figura 2) e redução da umidade ($P < 0,05$). Já os conteúdos de proteína e cinzas não foram afetados pela variação na quantidade de energia da dieta ($P > 0,05$). A composição em energia bruta dos peixes aumentou com o aumento da concentração de energia na dieta e foi significativamente maior ($P < 0,05$) nas dietas com os níveis mais altos de energia (4828 e 5232 kcal/kg), quando comparada àquela obtida nos peixes alimentados com as dietas com os níveis mais baixos de energia (3696 e 4049 kcal/kg).

A exigência energética dos juvenis de cachara, em dietas com 49% de proteína bruta (proteína digestível de 43,31 %), foi estimada em 4479 kcal/kg de energia bruta, considerando os dados de ganho em peso (Figura 1). E considerando-se a taxa de retenção proteica, a exigência diminuiu para 4245 kcal/kg de energia bruta.

A digestibilidade da proteína, matéria seca e energia foram similares entre os peixes alimentados com concentrações de 4049, 4343 e 4828 kcal/kg de energia bruta (Tabela 4). De acordo com a digestibilidade das dietas, a exigência energética digestível foi 3497 kcal/kg, e a proteína digestível 43,31 %, que corresponde a uma relação energia digestível: proteína digestível de 8,08 kcal/g.

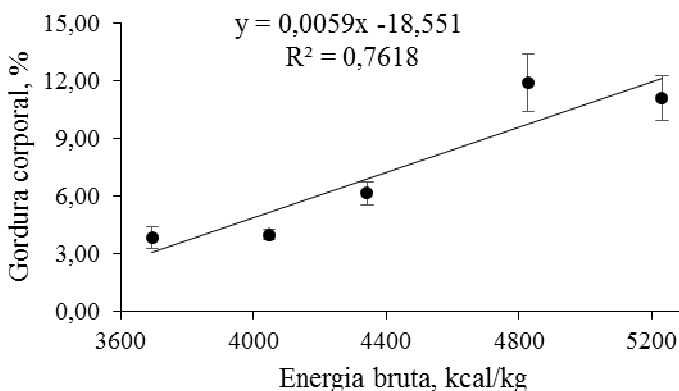


Figura 2. Regressão linear da porcentagem de gordura corporal de juvenis de cachara alimentados com concentrações crescentes de energia bruta por 90 dias.

Tabela 3 - Composição corporal média (em matéria úmida) de juvenis de cachara alimentados com concentrações crescentes de energia bruta durante 90 dias^a.

Composição corporal, %	Energia bruta na dieta, kcal/kg				
	3696	4049	4343	4828	5232
Umidade	74,14 ± 0,58	74,36 ± 0,57	72,38 ± 1,35	69,51 ± 0,67	70,38 ± 1,21
Proteína bruta	19,13 ± 0,56	18,41 ± 0,21	18,65 ± 0,45	17,39 ± 0,74	18,01 ± 0,40
Gordura	3,82 ± 0,55	3,97 ± 0,26	6,12 ± 0,61	11,87 ± 1,47	11,09 ± 1,15
Cinzas	3,86 ± 0,27	3,77 ± 0,21	3,78 ± 0,08	3,91 ± 0,06	3,85 ± 0,14
Energia bruta, kcal/kg	1278±40	1311±36	1393±69	1659±74	1693±96

^aA análise de regressão Linear foi significativa para o conteúdo de umidade, gordura e energia bruta ($P < 0,05$), com exceção do conteúdo de proteína e cinzas ($P > 0,05$), e geraram as seguintes equações: gordura, $y = 0,0059x - 18,551$ ($R^2 = 0,7618$), umidade, $y = -0,0033x + 86,7892$ ($R^2 = 0,6082$), energia bruta, $y = 0,3083x + 104,6121$ ($R^2 = 0,7416$).

Tabela 4 - Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína, matéria seca e energia das dietas experimentais contendo 4049, 4343 e 4828 kcal de energia bruta/kg.

Energia bruta, kcal/kg	Coeficiente de Digestibilidade Aparente,%		
	Proteína Bruta	Matéria Seca	Energia Bruta
4049	88,11 ± 2,41 ^a	66,96 ± 3,98 ^a	73,28 ± 3,25 ^a
4343	90,33 ± 1,62 ^a	74,43 ± 2,48 ^a	80,48 ± 2,13 ^a
4828	88,01 ± 1,18 ^a	71,70 ± 2,06 ^a	80,47 ± 0,49 ^a

^a Médias seguidas pela mesma letra na coluna não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey (P>0,05).

4. DISCUSSÃO

A exigência nutricional é estimada pela concentração mínima de um nutriente na dieta, que produz o máximo crescimento (Lovell, 1998). Para determinar essa exigência, alguns estudos utilizam a análise de regressão polinomial de segunda ordem, correlacionando o nutriente na dieta com o parâmetro de desempenho, como o ganho em peso, o ganho em peso diário, a taxa de crescimento específico ou a taxa de retenção proteica (Lin e Shiau, 2003, Borba et al., 2006, Coutinho et al., 2012, Guo et al., 2012, Cornélio et al., 2013). No presente estudo, o desempenho dos peixes foi significativamente influenciado pelo nível de energia da dieta, sendo a exigência energética estimada em 4479 kcal/kg de energia bruta (Figura 1). Por outro lado, considerando-se a taxa de retenção proteica, a exigência diminuiu para 4245 kcal/kg de energia bruta. Entretanto, vale ressaltar que a taxa de retenção proteica é calculada com base no consumo de ração, cuja medida é de difícil precisão no ambiente aquático.

A exigência energética estimada em 4479 kcal/kg de energia bruta foi inferior àquela estimada (5067 kcal de EB/kg) para o bagre africano, *Clarias gariepinus* (Ali e Jauncey, 2005); próximo (4541 kcal de EB/kg) à estimada para “cuneate drum”, *Nibea miichthioides* (Wang et al., 2006), mas superior àquela estimada (3000 kcal de EB/kg) para o linguado, *Paralichthys olivaceus* (Lee et al., 2000), todas espécies carnívoras. No entanto, estas diferenças são esperadas, devido às diferenças fisiológicas, ambientais e comportamentais existentes entre as espécies. Por exemplo, o linguado, apesar de ser uma espécie igualmente bentônica, apresenta baixa atividade física quando comparado ao cachara, o qual possui intensa atividade na coluna da água, principalmente durante a noite.

Estudos demonstram que, em dietas deficientes em fontes de energia não proteica, a proteína é utilizada como energia ao invés de ser utilizada para crescimento (Hillestad et al., 2001, Kim et al., 2004, Abimorad e Carneiro, 2007). Corroborando com estes estudos, a dieta com menor concentração de energia (3696 kcal/kg) não atendeu à exigência do cachara, que apresentou menor ganho em peso, sugerindo que parte da proteína dietética tenha sido metabolizada para obtenção de energia. Da mesma forma, acima do nível de energia ideal de 4479 kcal/kg, houve diminuição do ganho em peso, demonstrando que eles foram alimentados com excesso de energia, apresentaram acúmulo de gordura corporal ao invés de crescimento em proteína.

O consumo alimentar aumentou conforme o aumento da energia da dieta. Este resultado inusitado, também foi observado para juvenis de “turbot” *Scophthalmus maximus* (Cho et al., 2005) e “silver barb” *Puntius gonionotus* (Mohanta et al., 2009). No estudo de Hansen e Storebakken (2007) não foi observado um aumento do consumo com o aumento da celulose. No presente estudo a quantidade de celulose era inversamente proporcional a concentração de energia da dieta, sendo assim a diferença no consumo não atribuída a celulose. Uma provável hipótese de ter aumentado o consumo pode estar relacionado a palatabilidade das dietas, uma vez que o concentração de óleo aumentava com o aumento da concentração de energia das dietas. O aumento no consumo com o aumento da densidade energética da dieta está em conflito com o relatado para várias espécies de peixes, já que o esperado é a diminuição do consumo alimentar conforme os níveis de energia na dieta aumentam, uma vez que os peixes, assim como outros animais, se alimentam até satisfazer suas necessidades energéticas (Kaushik e Médale, 1994, Lovell, 1998, NRC, 2011). A diminuição no consumo com o aumento de energia na dieta foi relatada para o tucunaré, *Cichla* sp. (Sampaio et al., 2000), pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Martino et al., 2002) e piracanjuba, *Brycon orbignyanus* (Borba et al., 2006).

A máxima taxa de retenção proteica (31,07%) foi encontrada para o cachara alimentado com a dieta 4343 kcal/kg. Esse resultado foi inferior ao relatado em outro estudo para o cachara (peso inicial, 16 g), onde a retenção proteica foi 36,79% (Cornélio et al., 2013). A diferença na retenção entre os dois estudos, pode ser devido ao alto potencial de crescimento que os peixes menores apresentam em relação aos maiores, visto que aqueles retêm mais nutrientes que estes, já que a taxa de crescimento específico do presente estudo (1,14%) foi inferior ao encontrado (3,07%) por Cornélio et al. (2013). A retenção do presente

estudo também apresentou resultado inferior a outras espécies como o pintado, piracanjuba e beijupirá, onde a retenção proteica foi 46,40%, 41,80% e 36,00%, respectivamente (Martino et al., 2002, Borba et al., 2006, Webb et al., 2010); e semelhante ao encontrado para o “silver barb” e o “sharpnout sea bream”, *Diplodus puntazzo*, com retenção de 32,00% e 32,20%, respectivamente (Mohanta et al., 2009, Coutinho et al., 2012).

A composição corporal dos juvenis de cachara, com exceção do conteúdo de proteína e cinzas, foi afetada pela concentração de energia na dieta. O conteúdo total de lipídio aumentou com o aumento da concentração de energia, sendo que os peixes alimentados com as dietas com as mais altas concentrações energéticas (4828 e 5232 kcal/kg) apresentaram os maiores acúmulos de gordura corporal. O mesmo foi observado para outras espécies como o “masu salmon”, *Oncorhynchus masou* (Lee e Kim, 2001), pintado (Martino et al., 2002), piracanjuba (Borba et al., 2006) e “silver barb” (Mohanta et al., 2009). Lee e Kim (2001) e Martino et al. (2002) observaram aumento do ganho em peso e da taxa de retenção proteica dos peixes com aumento da concentração lipídica na dieta. Borba et al. (2006) observaram diminuição do ganho em peso dos peixes a partir de uma determinada concentração lipídica na dieta. Essa diminuição ocorreu devido a diminuição do consumo com o aumento da energia. Já em Mohanta et al. (2009), mesmo havendo aumento do consumo com o aumento da concentração energética, também observaram diminuição do ganho em peso dos peixes a partir de uma determinada concentração lipídica na dieta, o mesmo foi observado para o cachara no presente estudo. Já o aumento de energia na dieta diminuiu o conteúdo de umidade corporal, conforme observado para a piracanjuba (Borba et al., 2006) e para o “silver barb” (Mohanta et al., 2009).

Para evitar confundimento causado por diferenças na utilização de energia, procurou-se fixar uma relação carboidrato:lipídio semelhante entre as dietas. Portanto, o aumento da energia das dietas foi por meio do aumento proporcional da concentração desses nutrientes, utilizando-se a celulose como preenchimento. Isso levou a diferenças na taxa de inclusão da celulose entre as dietas experimentais, o que poderia ser um motivo de preocupação, principalmente nas dietas com baixa energia. No entanto, apesar das diferenças de crescimento, não houve diferença significativa na digestibilidade da proteína, matéria seca e energia entre os peixes alimentados com dietas contendo 4049, 4343 e 4828 kcal/kg. Estudos adicionais, focando na utilização de energia não proteica pelo cachara serão necessários para aumentar a eficiência das dietas.

O cachara é um peixe carnívoro que precisa de alta concentração proteica na dieta (49,25% proteína bruta), segundo Cornélio et al. (2013). Em escala comercial, nas fazendas de criação, o cachara é estocado com 15 g em tanques de terra, após treinamento alimentar para aceitar ração inerte, e despescado quando atinge aproximadamente 2 kg, o que normalmente leva de 11 a 13 meses. Durante esse período de produção, é alimentado com dietas contendo 40-42% de proteína bruta, sem distinção. Entretanto, os peixes apresentam mudanças em suas exigências nutricionais nas diferentes fases de desenvolvimento (NRC, 2011). Portanto, a exigência aqui estimada é para a fase inicial de engorda do cachara, com peso em torno de 84 g.

5. CONCLUSÃO

A exigência energética da dieta que promove o maior ganho em peso em juvenis de cachara entre 84 e 240 g foi estimada em 4479 kcal/kg de energia bruta, quando a concentração de proteína na dieta é 49% (43 % de proteína digestível). Isso equivale a 3497 kcal/kg de energia digestível na dieta e uma relação energia digestível:proteína digestível de 8 kcal/g.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e ao Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) pelo financiamento deste estudo, por meio do projeto AQUABRASIL. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas para o primeiro e último autor, respectivamente. Agradecimentos também são devidos ao Dr. Fábio Porto Foresti da Universidade Estadual Paulista, Júlio de Mesquita Filho, pelas análises de DNA através de marcadores citogenéticos e moleculares que permitiram a confirmação da pureza da espécie alvo deste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abimorad, E.G., Carneiro, D.J., 2007. Digestibility and performance of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles – fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. *Aquaculture Nutrition* 13, 1-9.

Ali, M.Z., Jauncey, K., 2005. Approaches to optimizing dietary protein to energy ratio for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell,1822). *Aquaculture Nutrition* 11, 95-101.

Association of Official Analytical Chemists – International [AOAC]. 1999. *Official Methods of Analysis*. 16ed. AOAC; Washington, DC. 1141 pp.

Belal, I. E. H. 2005. A review of some fish nutrition methodologies. *Bioresource Technology* 96, 395–402.

Borba, M.R., Fracalossi, D.M., Pezzato, L.E., 2006. Dietary energy requirement of piracanjuba fingerlings, *Brycon orbignyanus*, and relative utilization of dietary carbohydrate and lipid. *Aquaculture Nutrition* 12, 183–191.

Bremer Neto, H., Graner, C.A.F., Pezzato, L.E., Padovani, C.A., Cantelmo, O.A., 2003. Diminuição do teor de óxido de cromo (III) usado como marcador externo. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32 (2), 249-255.

Bureau, D.P., Kaushik, S.J., Cho, C.Y., 2002. Bioenergetics, In: Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.). *Fish Nutrition*, Third Edition. Academic Press, Elsevier Science USA, New York, pp. 1–59.

Campos J.L., 2010. O cultivo do Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*, Spix; Agassiz, 1829), outras espécies do gênero *Pseudoplatystoma* e seus Híbridos. In: Baldisseroto, B., Gomes, L.C. (Eds), *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. Segunda Edição revista e ampliada. E-UFSM, Santa Maria, pp. 335-361.

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

Cho, C.Y., 1992. Feeding for rainbow trout and other salmonids. With reference to current estimates of energy and protein requirements. *Aquaculture* 100, 107-123.

Cho S.H., Lee, S.M., Lee, J.H., 2005. Effect of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of juvenile turbot

(*Scophthalmus maximus* L) reared under optimum salinity and temperature conditions. *Aquaculture Nutrition* 11, 235–240.

Cornélio, F.H.G., Cunha, D.A., Silveira, J., Alexandre, D., Silva, C.P., Fracalossi, D.M., 2013. Dietary protein requirement of juvenile cachara catfish, *Pseudoplatystoma reticulatum*. *Journal of the World Aquaculture Society*, in press.

Coutinho, F., Peres, H., Guerreiro, I., Pousão-Ferreira, P., Oliva-Teles, A., 2012. Dietary protein requirement of sharpnose sea bream. *Aquaculture* 356-357, 391-397.

Crepaldi, D.V., Faria, P.M.C., Teixeira, E.A., Ribeiro, L.P. Costa, A.A.P., Melo, D.C., Cintra, A.P.R., Prado, S.A., Costa, F.A.A., Drumond, M.L., Lopes, V.E., Moraes, V.E., 2007. O surubim na aquicultura do Brasil. *Revista Brasileira de Reprodução Animal* 30, 150-158.

Fujimoto, R.Y., Carneiro, D.J., 2001. Adição de ascorbil polifosfato como fonte de vitamina C em dietas para alevinos de pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz,1829). *Acta Scientiarum* 23, 855-861.

Guo, Z., Zhu, X., Liu, J., Han, D. Yang, Y., Lan, Z., Xie, S., 2012. Effects of dietary protein level on growth performance, nitrogen and energy budget of juvenile sturgeon, *Acipenser baerii* ♀ x *A. gueldenstaedtii* ♂. *Aquaculture* 338-341, 89-95.

Hansen, J.O., Storebakken, T., 2007. Effects of dietary cellulose level on pellet quality and nutrient digestibilities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 272, 458-465.

Hillestad, M., Johnsen, F., Asgard, T., 2001. Protein to carbohydrate ratio in high-energy diets for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture Research* 32, 517-529.

Kaushik, S.J., Médale, F., 1994. Review Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids. *Aquaculture* 124, 81-97.

Kim, K.W., Wang, X., Choi, S.M., Park, G.P., Bai, S.C., 2004. Evaluation of optimum dietary protein-to-energy ratio in juvenile olive

flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). Aquaculture Research 35, 250-255.

Kitagima, R.E., Fracalossi, D.M., 2011. Digestibility of Alternative Protein-Rich Feedstuffs for Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*. Journal of The World Aquaculture Society 42 (3), 306-312.

Lee, S.M., Kim, K.D., 2001. Effects of dietary protein and energy levels on the growth, protein utilization and body composition of juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou* Brevoort). Aquaculture Research 32, Suppl.1, 39-45.

Lee, S.M., Kim, K.D., 2009. Effects of dietary carbohydrate to lipid ratios on growth and body composition of juvenile and grower rockfish, *Sebastes schlegeli*. Aquaculture Research, 40, 1830-1837.

Lee, S.M., Cho, S.H., Kim, K.D., 2000. Effects of Dietary Protein and Energy Levels on Growth and Body Composition of Juvenile Flounder *Paralichthys olivaceus*. Journal of The World Aquaculture Society 31 (3), 306-315.

Lin, Y.H., Shiau, S.Y., 2003. Dietary lipid requirement of grouper, *Epinephelus malabaricus*, and effects on immune responses. Aquaculture 225, 243-250.

Lovell, R.T., 1998. Nutrition and Feeding of Fish. 2 ed. Kluwer Academic Publishers Boston, pp.267.

Martino R.C., Cyrino, J.E.P., Portz, L., Trugo, L.C., 2002. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma corruscans*. Aquaculture 209, 209-218.

Martino R.C.; Cyrino, J.E.P.; Portz, L.; Trugo, L.C., 2005. Performance, carcass composition and nutrient utilization of surubim *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz) fed diets with varying carbohydrate and lipid levels. Aquaculture Nutrition 11, 131-137.

Mohanta, K.N., Mohanty, S.N., Jena, J., Sahu, N.P., 2009. A dietary energy level of 14.6 MJ kg⁻¹ and protein-to-energy ratio of 20.2 g MJ⁻¹ results in best growth performance and nutrient accretion in silver barb *Puntius gonionotus* fingerlings. Aquaculture Nutrition 15, 627-637.

National Research Council (NRC), 2011. Nutrient requirements of fish and shrimp. National Academic Press. Washington, D.C., pp.360.

National Research Council (NRC), 1993. Nutrient requirements of fish. National Academic Press. Washington, DC, pp.114.

Nose, T. 1960. On the digestion of food protein by goldfish (*Carassius auratus* L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* G.). Bulletin Freshwater Fisheries Research Laboratory 10, 11-22.

Potter, L.H. and Matterson, L.D. 1960. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Connecticut Agriculture Experiment Station. Progress Report n. 39, January.

Sá, M.V.C., Fracalossi, D.M., 2002. Exigência proteica e relação energia/proteína para alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). Revista Brasileira de Zootecnia 31 (1), 1-10.

Sampaio, A.M.B.M.; Kubitz, F.; Cyrino, J.E.P., 2000. Relação energia: proteína na nutrição do tucunaré. Scientia Agricola 57 (2), 213-219.

Takahashi, L.S.I., Cyrino J.E.P., 2006. Dietary carbohydrate level on growth performance of speckled catfish, *Pseudoplatystoma corruscans*. Journal of Aquaculture on Tropics 21 (1), 13-19.

Tavares, M.P., 1997. O surubim. In: Miranda, M.O.T. (Org.), Surubim. Belo Horizonte: IBAMA (coleção Meio Ambiente, Série Estudos Pesca, 19). pp.9-25.

Wang, Y., Guo, J.L., Li, K., Bureau, D.P., 2006. Effects of protein and energy levels on growth, feed utilization and body composition of cuneate drum (*Nibea miichthioides*). Aquaculture 252, 421-428.

Watanabe, T., 1982. Lipid nutrition in fish. Comparative Biochemistry Physiology 73B, 3-15.

Webb, K.A. JR, Rawlinson, L.T., Holt, G.J., 2010. Effects of dietary starches and the protein to energy ratio on growth and feed efficiency of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. Aquaculture Nutrition 16, 447-456.

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

CONSIDERAÇÃO FINAIS

Esta dissertação faz parte de uma linha de pesquisa para determinar as exigências nutricionais do cachara. O trabalho de pesquisa do doutorando Fernando Henrique Cornélio, que está em fase final de conclusão, focou na exigência proteica da espécie na fase inicial, bem como no teste de uma fonte proteica alternativa: a farinha de vísceras de aves. Alguns aspectos práticos foram observados durante a realização dos ensaios aqui relatados, cuja menção visa contribuir com o planejamento e execução de futuros experimentos com esta espécie, utilizando instalações similares as do Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce (LAPAD).

Durante todos os ensaios, o sistema de recirculação de água foi mantido salinizado (1,5 ‰) como medida profilática, já que infestação de monogenea nas brânquias do cachara foi observada em ensaios anteriormente realizados no laboratório. A salinização também auxilia na prevenção de infestação pelo protozoário ciliado *Ichthyophthirius multifiliis*, conhecido como íctio, já que bagres são particularmente suscetíveis à ictiofitiríase.

Em experimento realizado simultaneamente com o cachara, mas com dietas elaboradas com ingredientes práticos, em tanques cilíndricos, menor densidade e fotoperíodo 24 h de escuro, observou-se melhor desempenho dos peixes do que no presente trabalho. Os tanques retangulares não possibilitavam um nado contínuo, sendo observado que os peixes batiam nas paredes dos tanques. Isto pode ter provocado maior estresse, e conseqüentemente, menor desempenho. Como uma das alimentações era de dia os peixes do presente trabalho podem ter consumido menos ração do que os peixes mantidos em fotoperíodo 24 h escuro, influenciando as diferenças no desempenho.

Uma das dificuldades enfrentadas durante a alimentação esteve relacionada ao processamento das dietas experimentais. As rações peletizadas apresentavam alta densidade, o que dificultava a verificação da saciedade aparente dos animais. O uso da lanterna para observação do comportamento alimentar assustava os peixes, porém este procedimento era o único modo de verificar o consumo com maior precisão. Ainda, como os peixes do gênero *Pseudoplatystoma* apresentam hábitos noturnos, são bentônicos e sobem à superfície para se alimentar durante a noite, acredita-se que rações com baixa densidade, que não afundassem, seriam melhor consumidas pelo cachara. Entretanto, esta hipótese ainda deve ser testada.

No processamento das dietas, não foi possível peletizar a dieta com maior densidade energética, devido à alta quantidade de óleo adicionada. Portanto, decidiu-se peletizar todas as dietas sem adição de óleos. A adição de óleo foi realizada posteriormente, na forma de “vacuum coating”, para todas as dietas, como forma de padronizar a elaboração das dietas.

Para determinar os coeficientes de digestibilidade, tentou-se primeiramente realizar a coleta de fezes por extrusão manual, tal como é realizado com outro carnívoro com intestino curto: o salmão do Atlântico. Contudo, não se obteve sucesso, já que a quantidade de fezes obtida em cada extrusão era reduzida e o procedimento teria que ser realizado várias vezes já que o número de peixes por unidade experimental era pequeno. Um número maior de peixes por unidade experimental talvez permitisse a realização da coleta por extrusão, que preveniria qualquer lixiviação de nutrientes, que ocorre no processo de coleta de fezes por sedimentação.

Durante a coleta das fezes, a transferência dos peixes do tanque de alimentação (retangular) para o tanque de coleta (cilindro-cônico), causava estresse nos peixes, sendo que eventualmente foi observada a regurgitação da ração. Como a ração era peletizada, se os peixes fossem alimentados no tanque cilindro cônico, os péletes iriam para o fundo e os peixes não conseguiriam se alimentar. A utilização de rações extrudadas seria uma boa alternativa, pois elas não iriam para o fundo do tanque, permitindo assim melhor consumo e menos estresse já que os peixes não precisariam ser transferidos de tanques para a coleta de fezes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO

ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Digestibility and performance of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles – fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. **Aquaculture Nutrition**, v.13, p.1-9, 2007.

ABREU, M. M. **Estudos genéticos comparativos entre populações de *Pseudoplatystoma reticulatum* (Eigenmann & Eigenmann), (pisces siluriformes) provenientes dos rios Paraguai e Jauru e uma população de *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix & Agassiz, 1829) (pisces siluriformes), provenientes do Rio Paraguai.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Estado de Mato Grosso, 2008.

ARSLAN M.; RINCHARD, J.; DABROWSKI K.; PORTELLA M.C. Effects of Different Dietary Lipid Sources on the Survival, Growth, and Fatty Acid Composition of South American Catfish, *Pseudoplatystoma fasciatum*, Surubim, Juveniles. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.39, n.1, p.51-61, 2008.

ARSLAN M.; DABROWSKI K.; PORTELLA M.C. Growth, fat content and fatty acid profile of South American catfish, surubim (*Pseudoplatystoma fasciatum*) juveniles fed live, commercial and formulated diets. **Journal of Applied Ichthyology**, v.25 p.73–78, 2009.

BORGHESI, R. **Exigências em proteína e energia e valor biológico de alimentos para o dourado *Salminus brasiliensis*.** Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 95p. 2008.

BRITSKI, H.A.; SATO, Y.; ROSA, A.B.S. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias.** 3. ed. Brasília: CODEVASF, 115 p. 1988.

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.

CAMPOS P.; MARTINO R. C.; TRUGO L.C. Amino acid composition of Brazilian surubim fish (*Pseudoplatystoma corruscans*) fed diets with different levels and sources of fat. **Food Chemistry**, v.96 p.126–130, 2006.

CAMPOS, J.L. O cultivo do Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans* Spix; Agassiz, 1829), outras espécies do gênero *Pseudoplatystoma* e seus Híbridos. In: **Espécies nativas para piscicultura no Brasil/** Bernardo Baldisseroto e Levy de Carvalho Gomes (org.). – 2. Ed. rev. e ampl. – Santa Maria: Ed. Da UFSM, 2010.

CARNEIRO, D.J.; GONÇALVES, E.G. Exigência de proteína digestível em dietas práticas para o pintado, *Pseudoplatystoma corruscans*. In: **Simpósio Brasileiro De Aquicultura**, 12, 2002, Goiânia. Resumos... Goiânia: SIMBRAq, p.114. 2002.

CORNÉLIO, F.H.G.; CUNHA, D.A.; SILVEIRA, J.; ALEXANDRE, D.; SILVA, C.P.; FRACALOSI, D.M. Dietary protein requirement of juvenile cachara catfish, *Pseudoplatystoma reticulatum*. **Journal of the World Aquaculture Society**, no prelo, 2013.

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. Feeding for rainbow trout and other salmonids. With reference to current estimates of energy and protein requirements. **Aquaculture**, v.100, p.107-123. 1992.

CREPALDI, D. V.; FARIA, P.M.C.; TEIXEIRA, E.A.; RIBEIRO, L.P.COSTA, A.A.P.; MELO, D.C.; CINTRA, A.P.R.; PRADO, S.A.; COSTA, F.A.A.; DRUMOND, M.L.; LOPES, V.E.; MORAES, V.E. O surubim na aquicultura do Brasil. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.30, p.150-158, 2007.

DIAS, A. L. **Análises citogenéticas da família pimelodidae (Pisces, Pimelodidae)**. São Carlos: Universidade Federal de São – UFSCar. 106p. (Dissertação, Mestrado em ecologia e Recursos Naturais) 1987.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations - Fisheries and Aquaculture Department. **Statistics. 2008.**

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations - Fisheries and Aquaculture Department, 2013. **Global Aquaculture Production Statistics for the year 2011.** Disponível em:

<ftp://ftp.fao.org/FI/news/GlobalAquacultureProductionStatistics2011.pdf>
f. Acessado em: 26 de junho de 2013.

FUJIMOTO, R.Y.; CARNEIRO, D.J. Adição de ascorbil polifosfato como fonte de vitamina C em dietas para alevinos de pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz 1829). **Acta Scientiarum**, v.23, p.855-861, 2001.

FURUYA W.M.; FURUYA V.R.B. **Nutrição e Alimentação de Peixes**. Anais do ZOOTEC'2005 – Campo Grande - MS - 24 a 27 de maio de 2005.

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

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. Impacto das atividades de aquicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34(1), p. 163 - 173, 2008.

HILLESTAD, M.; JOHNSEN, F.; ASGARD, T. Protein to carbohydrate ratio in high-energy diets for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture Research**, v.32, p.517-529, 2001.

KAUSHIK, S.J.; MÉDALE, F. Review Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids. **Aquaculture**, v.124, p.81-97, 1994.

KUBITZA, F. Nutrição e Alimentação de Tilápias – Parte I. **Panorama da Aquicultura**, v.9, n.52 p.42-50, 1999.

KHAN, M.S.; ANG,K.J.; AMBAK, M.A.; SAAD, C.R. Optimum dietary protein requirement of Malaysian fresh water catfish, *Mystus nemurus*. **Aquaculture**, v.112, n.2-3, p.227-235, 1993.

LOVELL, R.T. **Nutrition and Feeding of Fish**. 2 ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, 267p. 1998.

LUNDSTEDT, L.M. **Aspectos adaptativos dos processos digestivo e metabólico de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*)**

arraçoados com diferentes níveis proteína e energia. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, 2003.

LUNDSTEDT L.M., MELO J.F.B., MORAES G. Digestive enzymes and metabolic profile of *Pseudoplatystoma corruscans* (Teleostei: Siluriformes) in response to diet composition. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B** v.137 p.331–339, 2004.

MACHADO, J.H. Desempenho produtivo de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*), arraçoados com diferentes níveis de proteína e energia. In: **Simpósio sobre manejo e nutrição de peixes**, 3, 1999, Campinas. Anais...Campinas CBNA, p.89-96, 1999.

MARTINO R.C.; CYRINO, J.E.P.; PORTZ, L.; TRUGO, L.C. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma corruscans*. **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 corruscans*) fed diets with animal and plant lipids. **Aquaculture**, v.209 p.233–246, 2002b.

MARTINO R.C.; TRUGO, L.C.; CYRINO, J.E.P.; PORTZ, L. Use of white fat as replacement for squid liver oil in practical diets for surubim, *Pseudoplatystoma corruscans*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.34, n.2, p.192-202, 2003.

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.

MEYER, G. **Exigência proteica em duas concentrações energéticas da dieta e estimativa da exigência em aminoácidos essenciais para alevinos de jundiá, *Rhamdia quelen*.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

BRASIL, MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura Brasil 2010.** Disponível em:

<http://www.mpa.gov.br/index.php/informacoes-e-estatisticas/estatistica-da-pesca-e-aquicultura>. Acesso em: 27 de jun. 2013a.

BRASIL, MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Participação da aquicultura no setor pesqueiro nacional**. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/index.php/aquiculturampa/informacoes/producao>. Acesso em: 27 de jun. 2013b.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, D.C.: National Academic Press, p.360, 2011.

NOFFS M. D.; MARTINO, R.C.; TRUGO, L.C.; URBINAT, E.C.; FERNANDES, J.B.K.; TAKAHASHI, L.S. Dietary fish oil replacement with lard and soybean oil affects triacylglycerol and phospholipid muscle and liver docosahexaenoic acid content but not in the brain and eyes of surubim juveniles *Pseudoplatystoma* sp. **Fish Physiology Biochemistry**, v.35, p.399–412, 2009.

PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R. Pirarucu (*Arapaima gigas*). In: **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**/ Bernardo Baldisseroto e Levy de Carvalho Gomes (org.). – 2. Ed. rev. e ampl. – Santa Maria: Ed. Da UFSM, 2010.

PORTO-FORESTI, F.; HASHIMOTO, D. T.; SENHORINI, J.A.; FORESTI, F. Hibridação em Piscicultura: monitoramento e perspectivas. In: **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**/ Bernardo Baldisseroto e Levy de Carvalho Gomes (org.). – 2. Ed. rev. e ampl. – Santa Maria: Ed. Da UFSM, 2010.

PORTO-FORESTI, F.; HASHIMOTO, D. T.; PRADO, F.D.; SENHORINI, J.A.; FORESTI, F. A Hibridação interespecífica em peixes. **Panorama da Aquicultura**, v.21, n.126, p.68, 2011.

PORTZ, L.; CYRINO, J.E.P.; MARTINO, R.C. Growth and body composition of juvenile largemouth bass *Micropterus salmoides* in response to dietary protein and energy levels. **Aquaculture Nutrition**, v.7, p.247-254, 2001.

PORTZ, L.; FURUYA, W.M. Energia, Proteína e Aminoácidos. In: **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. FRACALOSSI, D.M. & CYRINO, J.E.P. [eds]. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, p. 65-77, 2012.

PRADO, F.D.; HASHIMOTO, D. T.; SENHORINI, J.A.; FORESTI, F.; PORTO-FORESTI, F. Detection of hybrids and genetic introgression. In wild stocks of two catfish species (Siluriformes: Pimelodidae): The impac of hacheries in brazil. **Fisheries Research**, v.125-126, p.300-305, 2012.

RESENDE, E.K. **Aquabrazil: Bases tecnológicas para o desenvolvimento sustentável da aquicultura no Brasil**. Disponível em:

<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?secao=Artigos%20Especiais&id=20799>. Acesso em: 25 de mai. 2011.

SÁ, M.V.C.; FRACALOSSI, D.M. Exigência proteica e relação energia/proteína para alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignianus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.1, 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.

SATO Y.; GODINHO H. P. Migratory fishes of the São Francisco River. In: Carolsfeld J, Harvey B, Ross C, Baer, A., (Eds.). **Migratory fishes of South America**. Victoria, BC, Canada: World Fisheries Trust, p.195–231, 2003a.

SATO, Y.; FENERICH-VERANI, N.; GODINHO, H. P. Reprodução induzida do surubim da Bacia do São Francisco. In: GODINHO, H. P. GODINHO, A. L. (Orgs.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, p.275-289. 2003b.

SILVA, T.S.C. MORO, G.V.; SILVA, T.B.A.; DAIRIKI, J.K.; CYRINO, J.E.P. Digestibility of feed ingredients for the striped surubim *Pseudoplatystoma reticulatum*. **Aquaculture Nutrition**, v. 19, p. 491-498, 2013.

SINGH, R.K.; DESAI, A.S.; CHAVAN S.L.; KHANDAGALE, P.A. Effect of water temperature on dietary protein requirement, growth and body composition of Asian catfish, *Clarias batrachus* fry. **Journal of Thermal Biology**, v.34, p.8–13, 2009.

SOARES, E.C. Cultivo Intensivo de Espécies Carnívoras. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v.3(2), 2008.

STECH, M. R. **Enzimas exógenas na alimentação do cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*)**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

TAKAHASHI, L.S.I.; CYRINO J.E.P. Dietary carbohydrate level on growth performance of speckled catfish, *Pseudoplatystoma corruscans*. **Journal of Aquaculture on Tropics**, v.21 n.1 p.13-19, 2006.

TEIXEIRA E.A.; MACHADO, C.C.; FRACALLOSSI, D.M. Coeficientes de digestibilidade aparente de alimentos energéticos para juvenis de surubim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1180-1185, 2010.

TAVARES, M.P. O surubim. In: MIRANDA, M.O.T. (Org.), Surubim. Belo Horizonte: IBAMA (coleção Meio Ambiente, Série Estudos Pesca, 19). pp.9-25, 1997.

WEBSTER C.D.; LIM, C. Introduction to Fish Nutrition. In: Carl D. Webster, Chhorn Lim, (Eds). **Nutrient requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture**. New York: CABI Publishing, 2002. p. 1-27.

WILSON, R.P. Amino Acids and Protein. In: John Halver, Ronald Hard, (Eds). **Fish Nutrition**. Third Edition. Elsevier Science (USA), 2002. p. 143-179.

ANEXO A –Cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*

Figura 3 - Exemplares de juvenis de cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum* (A, B). Biometria dos cacharas (C). Juvenis de cachara nas unidades experimentais (D).

ANEXO B – Unidades experimentais

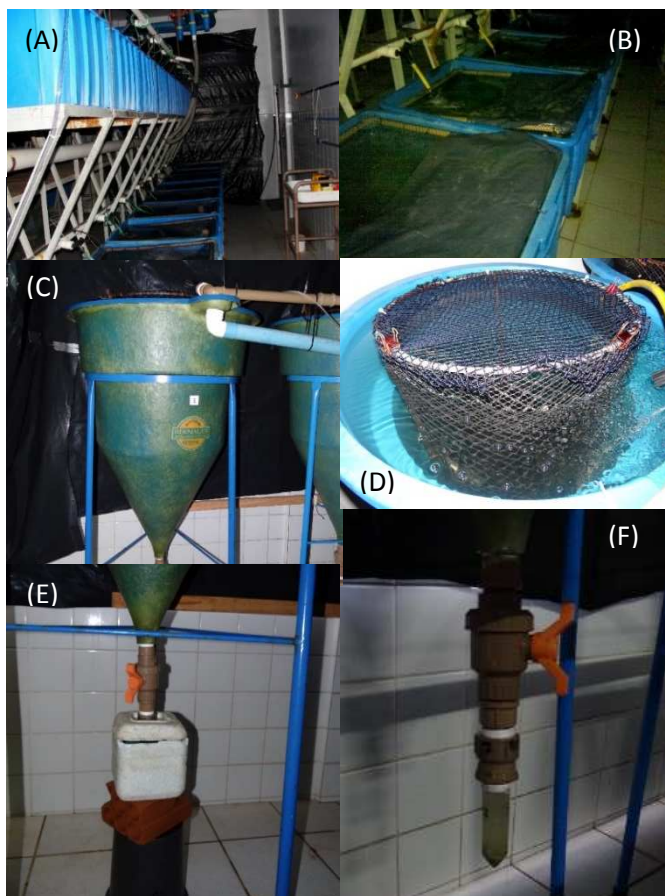


Figura 4 - Unidades experimentais utilizadas no ensaio de desempenho e de digestibilidade (A, B). Tanques cilindro-cônicos utilizados no ensaio de digestibilidade (C). Gaiolas cilíndricas utilizadas para alocar os peixes (D). Tubo para coleta de fezes colocados embaixo dos tanques cilindro-cônicos (E). Tubos imersos em Isopor com gelo para reduzir atividade microbiana (F).

ANEXO C – Dietas experimentais

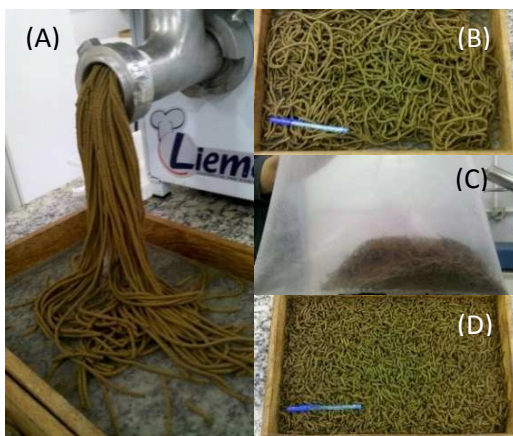


Figura 5 - Dietas experimentais peletizadas em máquina para processar massas (A). Dietas alocadas em bandejas (B). Dietas em sacos plásticos cheios de ar para serem fracionadas (C). Dietas alocadas em bandejas, já fracionadas e prontas para serem secas em estufa (D)



Figura 6 - Dietas experimentais sem óleo (A). Dietas experimentais aspergidas com óleo (B). Dietas experimentais impregnadas com óleo (C).