



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA

Relação carboidrato:lipídio em dietas para alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Aqüicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Mestre em Aqüicultura.

Orientador: Profa. Dra. Débora Machado Fracalossi

MARCIA LUIZA MONTENEGRO BARISCH

FLORIANÓPOLIS - SC
2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA

Relação carboidrato:lipídio em dietas para alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Mestre em Aqüicultura.

Orientador: Profa. Dra. Débora Machado Fracalossi

MARCIA LUIZA MONTENEGRO BARISCH

FLORIANÓPOLIS - SC
2007

Barisch, Marcia Luiza Montenegro,

Relação carboidrato:lipídio em dietas para alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) / Marcia Luiza Montenegro Barisch – 2006.

34 p..

Orientadora: Dra Débora Machado Fracalossi

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura.

1.Nutrição, 2.*Rhamdia quelen*, 3.Relação CHO: L, 4.Carboidratos, 5.Lipídios.

**Relação carboidrato:lipídio em dietas para alevinos de jundiá
(*Rhamdia quelen*).**

Por

MARCIA LUIZA MONTENEGRO BARISCH

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 Aquicultura.

Prof. Cláudio Manoel Rodrigues de Melo, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Dra. Débora Machado Fracalossi - *Orientadora*

Dr. Juan Ramon Esquivel Garcia

Dra. Maude Regina de Borba

DEDICATÓRIA

A todos que amo...

AGRADECIMENTOS

Especialmente à minha orientadora, Débora, pela paciência e apoio durante todo mestrado;

Aos colegas de mestrado, pela amizade e pelo gratificante convívio em sala de aula;

Aos amigos do LAPAD, Maude, Claudinha, Fernanda, Fernanda Freitas, Michelle, Pedrão, Lauro, Renata, Grasi, Sâmara, Aparício, Quirino, pelas horas extras como “babá”;

Aos estagiários do Laboratório de Nutrição, Grasi, Vítor, Renato, João, pela ajuda nas análises;

Aos amigos Giovanni e Ronaldo, pela ajuda durante todo o experimento;

À CAPES e CNPq pela concessão da bolsa de estudos durante a pós-graduação;

À Giuliana, pela grande amizade antes e durante todo o mestrado;

Ao meu pai, Elson, pelo apoio incondicional e por ter proporcionado mais esta etapa na minha vida;

Aos meus sogros, Vera e Dácio, pelo apoio, amizade e carinho demonstrados, desde que passei a fazer parte da família;

À minha mãe, Sônia, que mesmo não estando presente fisicamente sempre esteve ao meu lado;

Aos meus irmãos, Maria Luiza, Ana, Günther e Erick, por terem aceitado a minha ausência;

Ao meu filho, Vicente, razão da minha vida, pelo carinho e paciência;

E, principalmente, ao Rogério, meu grande amor, por estar sempre comigo e me incentivar nos momentos de desânimo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
Carboidratos na nutrição de peixes.....	12
Lipídios na nutrição de peixes.....	13
Relação carboidrato:lipídio na nutrição de peixes.....	14
O jundiá, <i>Rhamdia quelen</i>	15
2. CORPO DO ARTIGO CIENTÍFICO (Relação carboidrato:lipídio em dietas para alevinos de jundiá (<i>Rhamdia quelen</i>)).....	16
Resumo.....	16
Abstract.....	17
Introdução.....	18
Material e Métodos.....	19
Dietas experimentais.....	20
Análises das dietas e da composição corporal.....	21
Parâmetros indicadores de desempenho.....	22
Análise estatística.....	22
Resultados e Discussão.....	23
Conclusão.....	28
Referências.....	29
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS DA INTRODUÇÃO.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição das dietas experimentais (expressa em % de matéria seca).....	21
Tabela 2. Desempenho de alevinos de jundiá alimentados por 95 dias com dietas contendo diferentes relações de carboidrato e lipídio (CHO: L).....	23
Tabela 3. Composição corporal de alevinos de jundiá (expressa com base na matéria úmida) alimentados com dietas contendo diferentes relações CHO: L, por 95 dias.....	25

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIMBOLOS

°C = grau centígrado

CCA = Centro de Ciências Agrárias

CHO = carboidrato

CHO:L = relação carboidrato:lipídio

cm = centímetro

EM = energia metabolizável

g = grama

h = hora

kcal = quilocaloria

kg = quilograma

L = lipídio

L = litro

LAPAD = Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce

mg = miligrama

min = minuto

N = nitrogênio

OFB = óleo de fígado de bacalhau

OS = óleo de soja

TRE = taxa de retenção de energia

TRP = taxa de retenção de proteína

UFSC = Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar o efeito de diferentes relações entre fontes de energia não protéica na dieta sobre o crescimento, composição corporal e utilização dos nutrientes pelo jundiá (*Rhamdia quelen*). Grupos de vinte e cinco alevinos ($4,69 \pm 1,43$ g) foram distribuídos em 15 tanques com 120 L de volume útil e alimentados duas vezes ao dia até a saciedade aparente, em triplicata, durante 95 dias. As dietas semi purificadas e isoprotéicas (39% de proteína bruta) foram formuladas para conter cinco relações carboidrato: lipídio (CHO: L): 0:1, 2:1, 3:1, 4:1 e 5:1. Os melhores desempenhos de ganho em peso (17,67 e 15,56 g) e taxa de crescimento específico (1,49 e 1,57%) foram observados nos peixes alimentados com as dietas cuja relação CHO:L ficou entre 2:1 e 3:1, respectivamente. A proporção das fontes não protéicas de energia que promoveriam o maior ganho em peso foi estimada em 2,45:1 (CHO:L), por meio da análise de regressão polinomial. O jundiá, que é onívoro, respondeu como uma espécie carnívora em relação à utilização do carboidrato dietético, já que obteve maior crescimento e melhor conversão alimentar com as dietas com menores níveis de carboidratos. Desta forma, considerando-se as fontes utilizadas no presente estudo, recomenda-se a inclusão de 16% de carboidrato e de 6,5% de lipídio nas dietas de alevinos de jundiá.

Palavras-chave: Nutrição, jundiá, *Rhamdia quelen*, relação CHO:L, carboidratos, lipídios.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effect of different relationships between sources of energy in non-protein diet on growth, body composition and nutrient utilization by jundiá fingerlings (*Rhamdia quelen*). Groups of twenty-five fingerlings (4.69 ± 1.43 g) were distributed in 15 tanks with 120 L of working volume and fed twice daily to apparent satiation in triplicate, for 95 days. The semi purified diets and isonitrogenous (39% crude protein) were formulated to contain five relations carbohydrate: lipid (CHO: L): 0:1, 2:1, 3:1, 4:1 and 5:1. The best performances of gain in weight (17.67 and 15.56 g) and specific growth rate (1.49 and 1.57%) were observed in fish fed on diets of which the CHO: L was between 2:1 and 3:1, respectively. The proportion of non-protein sources of energy that would promote the greatest weight gain was estimated at 2,45:1 (CHO: L), by means of polynomial regression analysis. The jundiá, which is omnivorous, responded as a carnivorous species in relation to the use of dietary carbohydrate, he obtained higher growth and better feed diets with lower levels of carbohydrates. Thus, considering the sources used in this study, we recommend the inclusion of 16% carbohydrate and 6.5% lipid in the diets of jundiá fingerlings.

Key words: Nutrition, jundiá, *Rhamdia quelen*, relation CHO:L, carbohydrates, lipids.

INTRODUÇÃO

A piscicultura vem apresentando avanços gradativos nos últimos anos. A pesquisa na área da nutrição de peixes tem possibilitado intensificar esta atividade, bem como trazer respostas que vêm melhorando o aproveitamento dos alimentos utilizados na elaboração de dietas.

Na piscicultura intensiva, os gastos com alimentos representam de 50 a 70 % dos custos de produção, sendo que uma significativa redução nestes custos pode ser alcançada pela utilização de ingredientes de alta qualidade que pode ocasionar um aumento no custo da ração, pelo uso de técnicas eficazes no processamento das rações e pela aplicação de estratégias na alimentação (KUBITZA, 1998), além da utilização de alimentos com o menor custo de nutrientes na formulação.

Segundo TACON (1989), o desenvolvimento de um regime alimentar para criações semi-intensivas ou intensivas de peixes ou camarões, primeiramente requer um entendimento básico das exigências nutricionais da espécie em questão. As exigências nutricionais dos animais, incluindo as espécies aquáticas cultivadas, incluem cinco grupos de nutrientes: proteínas, lipídios, carboidratos, vitaminas e minerais, além da energia.

O catabolismo dos macronutrientes (proteína, carboidrato e lipídio) gera energia, necessária para os processos vitais. A proteína é um dos principais nutrientes da dieta, atuando na formação de tecidos e no crescimento dos peixes. Entretanto, a ótima concentração protéica está estreitamente relacionada com a concentração energética da dieta. Para que haja maximização no desempenho animal, essa relação deve estar adequada, pois a síntese e degradação protéica são dependentes de um aporte energético ideal (COWEY, 1979). Baixas concentrações energéticas na dieta resultarão na utilização da proteína para produção de energia, o que é indesejável, devido ao alto custo deste nutriente. Os outros macronutrientes (lipídios e carboidratos) podem reduzir a transformação da proteína em energia, aumentando sua utilização para o crescimento e retenção nos tecidos ("protein-sparing effect"), bem como diminuindo o custo da ração (WILSON, 1989). Por outro lado, o excesso de energia na dieta pode resultar em excesso de deposição de gordura corporal (PAGE & ANDREWS, 1973) e mesmo num baixo crescimento, devido a redução no consumo (BROMLEY, 1980; METAILLER et al., 1981; ALSTED & JOKUMSEN, 1989). Um dos grandes desafios para os nutricionistas de peixes é prevenir o gasto de proteína para obtenção de energia por meio do uso de fontes baratas de energia não protéica, como a contida em lipídios e carboidratos, na formulação de rações.

As diferentes espécies de peixes, entretanto, utilizam de maneira distinta os carboidratos e lipídios. Algumas são capazes de digerir altas concentrações de carboidratos enquanto outras não (NRC, 1993). De uma maneira geral, as espécies de hábito alimentar onívoro toleram maior concentração de carboidratos na dieta, quando comparadas com espécies carnívoras (EL-SAYED & GARLING, 1988). Entretanto, ainda não se conhece o quanto de carboidrato pode ser adicionado à dieta do jundiá, sem causar prejuízo ao seu crescimento. Como os carboidratos digestíveis são os nutrientes energéticos mais baratos, é importante o conhecimento de percentual máximo de inclusão na dieta.

Carboidratos na nutrição de peixes

Os carboidratos são os principais componentes dos grãos, sementes e leguminosas. São classificados em duas categorias, quanto a reserva de energia: os polissacarídeos de reserva (amídicos) e os estruturais (não amídicos). O amido é a principal reserva de carboidrato na maioria dos cereais e estes por sua vez, possuem maior quantidade de amido do que leguminosas e sementes oleosas (STONE, 2003). No trigo, por exemplo, o amido pode chegar a 60% da composição total enquanto, a ervilha contém menos de 3% de amido (VAN BARNEVELD, 1999).

Os carboidratos amídicos são também chamados de carboidratos digestíveis e os estruturais de não digestíveis. A composição e a ligação química dos diferentes tipos de carboidratos são os determinantes da sua digestibilidade pelos peixes. Em geral, os carboidratos estruturais são grupos complexos, composto principalmente por monômeros de hexoses e pentoses como a glicose, galactose, manose, arabinose e xilose (STONE, 1996; VAN BARNEVELD, 1999). Em contraste, o amido não difere dos carboidratos estruturais somente pelo tipo de monossacarídeo, mas pelo tipo de ligação química existente entre eles. O amido é composto por monômeros de glicose ligados exclusivamente por ligações α -glicosídicas, enquanto que nos carboidratos estruturais predominam as ligações β -glicosídicas.

Os carboidratos são utilizados amplamente como fonte de energia para humanos e animais domésticos. Embora uma exigência específica em carboidrato não tenha sido estabelecida em peixes (NRC, 1993), a adição de fontes de carboidratos às rações comerciais de peixe é prática comum já que, se este macro nutriente não está presente na dieta, outros nutrientes de maior custo, como lipídios e proteínas, são metabolizados para obtenção de energia, encarecendo as rações. Além de fonte energética, os carboidratos podem servir como precursores de aminoácidos e ácidos nucléicos, importantes intermediários metabólicos necessários para o crescimento.

O aproveitamento do carboidrato dietético pelos peixes varia e parece estar associado com a complexidade deste. Em juvenis de salmão chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) a glicose, maltose e sacarose resultaram em melhores índices de crescimento, seguidos em ordem decrescente por dextrose e frutose, galactose, amido e glicosamina, quando testadas numa concentração de 10% da dieta (BUHLER & HALVER, 1961). Já para truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) foi relatado um efeito negativo no crescimento e na eficiência alimentar quando a glicose foi utilizada como única fonte de carboidrato, em combinação com uma concentração de proteína bruta de 30%, quando comparada com uma dieta contendo 30% de glicose, mas 45% de proteína bruta (BERGOT, 1979). Uma tendência semelhante foi observada na truta arco-íris quando outro carboidrato simples, a sacarose, foi usada como fonte de carboidrato e variou-se apenas o nível de proteína na dieta entre 35 e 55%. Estes dados indicam que tanto a glicose como a sacarose não foram boas fontes de energia, já que o melhor desempenho provavelmente ocorreu em função do aporte de uma fonte energética de melhor utilização, ou seja, a proteína. Alimentos com altas concentrações de carboidratos digestíveis resultam em um aumento no índice hepatossomático e conteúdo de glicogênio em salmonídeos (BUHLER & HALVER, 1961; LEE & PUTNAM, 1973). Efeitos semelhantes também foram relatados para os carnívoros pargo europeu (*Pagrus major*) (FURUICHI & YONE, 1971a), linguado (*Pleuronectes platessa*) (COWEY et al., 1975) e "yellowtail" (*Plectroglyphidodon*

lacrymatus) (SHIMENO et al., 1979). Entretanto, estudos têm demonstrado que os onívoros carpa comum (*Cyprinus carpio*) (TAKEUCHI ET AL., 1979; FURUICHI & YONE, 1980), bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) (GARLING & WILSON, 1977), tilápia (*Oreochromis niloticus*) (EL-SAYED & GARLING, 1988) e até mesmo o carnívoro “red sea bream” (FURUICHI & YONE, 1980) utilizam de forma eficaz o carboidrato em níveis elevados quando comparados ao “yellowtail” e salmonídeos. Para truta arco-íris (LEE & PUTNAM, 1973), linguado (COWEY et al., 1975) e “yellowtail” (TAKEDA et al., 1975) é recomendado que a concentração de carboidrato na dieta não ultrapasse 25% da quantidade total de energia, na forma de dextrose ou amido gelatinizado. Já para o bagre do canal (PAGE & ANDREWS, 1973; GARLING & WILSON, 1977) e carpa comum (TAKEUCHI et al., 1979) pode ser um percentual mais alto. De uma maneira geral, recomenda-se a inclusão de até 20% de carboidrato digestível para carnívoros, incluindo salmonídeos e peixes marinhos, e de até 40% para onívoros de água doce (ALLAN & ROWLAND, 2002; HARDY & BARROWS, 2002).

Deste modo, é importante conhecer as particularidades de cada espécie em relação à utilização de carboidratos, tais como qualidade e quantidade deste nutriente que pode estar presente na dieta. A energia fornecida pelos carboidratos poupa aminoácidos das rotas catabólicas, fazendo com que estes sejam usados para o crescimento dos tecidos e manutenção. Este efeito é chamado de “protein sparing effect” (CATACUTAN & COLOSSO, 1997; SHIAU, 1997; PERÁGON et al., 1999). Por representarem a fonte de energia mais barata da dieta, os carboidratos devem ser usados na concentração máxima tolerável para as espécies de peixes. Esta informação, entretanto, ainda não existe para o jundiá.

Lipídios na nutrição de peixes

Lipídios são importantes fontes de energia e de ácidos graxos essenciais, necessários para o crescimento, sendo também importantes para absorção de vitaminas lipossolúveis e como precursores de eicosanóides. Os lipídios da dieta, principalmente aqueles na forma de triacilgliceróis, são hidrolisados pelas enzimas digestivas, formando ácidos graxos livres. Estes compostos são absorvidos ou catabolisados para obtenção de energia (NRC, 1993).

Lipídios servem como uma importante fonte de energia para todos os peixes, mas principalmente para peixes carnívoros de águas frias e marinhas, os quais apresentam capacidade limitada para usar os carboidratos da dieta como fonte de energia (SARGENT et al., 1989).

Muitos estudos demonstraram que o aumento da concentração de lipídios na dieta, até certo ponto, resulta em maior aproveitamento da proteína pelos peixes, com melhora nos índices de utilização alimentar e crescimento. TAKEUCHI et al. (1978) encontraram que a concentração de proteína da dieta para truta arco-íris poderia ser reduzida de 48 para 35%, sem nenhum prejuízo no crescimento, se a concentração de lipídio fosse aumentada de 15% para 20% da dieta. TAKEDA et al. (1975) observaram que uma diminuição da concentração protéica na dieta de “yellowtail” de 70% para 55% não resultou em diminuição na taxa de crescimento, quando o conteúdo de lipídio foi incrementado. Por outro lado, o robalo asiático (*Lates calcarifer*) apresenta capacidade limitada de utilização dos lipídios para gerar energia (CATACUTAN & COLOSSO, 1995; WILLIAMS et al., 2003) e a carpa indiana, *Catla catla*, tem seu crescimento reduzido com o aumento da concentração lipídica

da dieta (SEENAPA & DEVARAJ, 1995). Similarmente, LEE et al. (2002) relatam um maior crescimento do ayu (*Plecoglossus altivelis*), quando este é alimentado com dieta contendo baixa inclusão de lipídio (6,5%) em comparação com alta inclusão (14%).

A concentração ideal de lipídios na dieta de peixes também depende do tipo de lipídio, além do conteúdo protéico e energético da dieta. Entretanto, um excesso de lipídio na dieta pode promover deposição de gordura nos tecidos, que pode causar depreciação do filé e/ou carcaça, diminuir a qualidade e dificultar a armazenagem.

Relação carboidrato: lipídio na nutrição de peixes

Geralmente a concentração protéica ideal na dieta é considerada fundamental para um ótimo crescimento dos peixes. Igualmente importante, entretanto, é a inclusão de níveis apropriados de fontes não protéicas de energia na dieta, as quais determinarão a eficiência da utilização da proteína (STEFFENS, 1981). Carboidratos e lipídios são as principais fontes não protéicas de energia na dieta de peixes, ambos relativamente baratos e facilmente disponíveis para formulação de rações. Em peixes de águas tropicais (quentes), a utilização dos carboidratos da dieta é consideravelmente alta e a sua incorporação nas formulações pode trazer benefícios adicionais para o crescimento do animal e também para a qualidade do pélete (NRC, 1993; WILSON, 1994). Por outro lado, altas concentrações de lipídios na dieta podem diminuir a estabilidade dos péletes, bem como alterar as características da carcaça e composição corporal dos peixes.

Qualquer desequilíbrio em relação às fontes de energia não protéica (e/ou seus níveis de inclusão) pode ter um efeito direto no crescimento, conversão alimentar, retenção de nutrientes e composição corporal. Deste modo, é importante determinar qual relação carboidrato: lipídio (CHO: L) produzirá melhor crescimento, conversão alimentar e composição corporal para as espécies cultivadas.

Estudo com bagre africano (*Clarias bathrachus*) demonstrou que o crescimento e a conversão alimentar são afetados pela natureza das fontes de energia não protéicas na dieta (ERFANULLAH, 1998). Redução do lipídio da dieta de 19,95% para 8,07%, com concomitante aumento nos níveis de carboidratos de 0,44% para 27,28% (CHO: L variando de 0,02 a 3,38), melhorou significativamente o crescimento, bem como a conversão alimentar para esta espécie (ERFANULLAH, 1998). Uma melhora na utilização protéica da dieta foi relatada para alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) com o aumento da concentração energética das dietas (BORBA et al. 2006). No referido estudo, foi verificado o efeito poupador da proteína resultante da adição de fontes não protéicas de energia (carboidratos e lipídios) na dieta. Entretanto, para alevinos de bagre do canal alimentados com dietas contendo 24% de proteína bruta, 2.750 kcal/kg de energia metabolizável e relação CHO: L variando de 0,45 a 4,5, não foi observada nenhuma diferença significativa para o ganho em peso, conversão alimentar ou protéica (GARLING & WILSON, 1977). Ainda não é conhecido se a relação CHO: L na dieta afeta o crescimento e/ou a utilização de nutrientes para o jundiá.

O jundiá, *Rhamdia quelen*

Segundo SILFVERGRIP (1996) o gênero *Rhamdia* é formado por apenas 11 espécies, dentre as quais, *R. quelen*, que possui 49 sinonímias. A espécie pertence à ordem Siluriforme e família Pimelodidae. Tem distribuição neotropical e é encontrada do sudeste do México até o centro da Argentina. Algumas características tornam esta espécie atrativa para a piscicultura intensiva na região Sul, tais como rápido crescimento, mesmo nos meses de inverno, fácil reprodução e larvicultura em cativeiro, ausência de espinhos intramusculares e carne saborosa. (FRACALOSSI *et al.*, 2002).

O jundiá apresenta altas taxas de fecundação, sendo que uma fêmea em bom estado nutricional produz em média 200.000 ovos por quilograma de peso vivo (RADÜNZ NETO, 1981). Apesar de ser um bagre que se alimenta no fundo, encontram-se no seu conteúdo estomacal organismos representativos de diversas comunidades da fauna aquática e não apenas aqueles restritos à comunidade bentônica, sugerindo ser um organismo onívoro, generalista na escolha do seu alimento (IHERING, 1938; GUEDES, 1980; MEURER & ZANIBONI FILHO, 1997). Entretanto, foi observada uma maior frequência de itens alimentares de origem animal tais como peixes, crustáceos e insetos e um quociente intestinal de 0,82, o que sugere um hábito alimentar carnívoro. Estas constatações, somadas à observação de índices inferiores de digestibilidade para ingredientes de origem vegetal, quando comparados com outras espécies onívoras como a tilápia (OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2004), sugere que o jundiá seja um onívoro com tendência à carnivoría. A exigência protéica na dieta de alevinos (peso médio 1,5 g) desta espécie foi determinada por MEYER & FRACALOSSI (2004) como sendo 32,6%, quando a quantidade de energia na dieta é 3.650 kcal/kg e, em 37,3%, quando o conteúdo energético da dieta diminui para 3.200 kcal/kg, para dietas purificadas. A composição química da carne do jundiá é considerada de alto valor nutricional para o consumo humano, quando comparada a outras espécies de peixes, por possuir baixa concentração de gordura (2,17 à 12,28%) na matéria natural (MELO, 2002). A sua constituição em proteína bruta, entretanto, assemelha-se a de outras espécies, ficando entre 12,38 e 15,99% na matéria natural (MELO, 2002).

Apesar da recente intensificação dos estudos com o jundiá no Brasil, ainda existem alguns entraves na sua produção. Dentre eles, destacam-se a alta susceptibilidade dos alevinos ao protozoário conhecido como íctio (*Ichthyophthirius multifiliis*), a maturação precoce e a falta de informações sobre as exigências nutricionais nas diferentes fases de cultivo (FRACALOSSI *et al.*, 2002). Desta forma, torna-se necessário determinar qual a relação carboidrato:lipídio na dieta de alevinos de jundiá, promove a melhor utilização de proteína dietética.

O artigo a seguir foi escrito obedecendo às normas da Revista Brasileira de Zootecnia, para a qual o mesmo será enviado para publicação.

Relação carboidrato:lipídio em dietas para alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*)

Márcia Luiza Montenegro Barisch, Débora Machado Fracalossi e Giovanni Vitti Moro

Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce, Departamento de Aqüicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Rodovia Admar Gonzaga, 1346 88034-001, Florianópolis, SC. Tel/Fax: 48- 3389-5216, e-mail: deboraf@cca.ufsc.br

Resumo: O objetivo deste estudo foi determinar o efeito de diferentes relações entre fontes de energia não protéica na dieta sobre o crescimento, composição corporal e utilização dos nutrientes pelo jundiá (*Rhamdia quelen*). Grupos de vinte e cinco alevinos ($4,69 \pm 1,43$ g) foram distribuídos em 15 tanques com 120 L de volume útil e alimentados duas vezes ao dia até a saciedade aparente, em triplicata, durante 95 dias. As dietas semi purificadas e isoprotéicas (39% de proteína bruta) foram formuladas para conter cinco relações carboidrato: lipídio (CHO: L): 0:1, 2:1, 3:1, 4:1 e 5:1. Os melhores desempenhos de ganho em peso (17,67 e 15,56 g) e taxa de crescimento específico (1,49 e 1,57%) foram observados nos peixes alimentados com as dietas cuja relação CHO:L ficou entre 2:1 e 3:1, respectivamente. A proporção das fontes não protéicas de energia que promoveriam o maior ganho em peso foi estimada em 2,45:1 (CHO:L), por meio da análise de regressão polinomial. O jundiá, que é onívoro, respondeu como uma espécie carnívora em relação à utilização do carboidrato dietético, já que obteve maior crescimento e melhor conversão alimentar com as dietas com menores níveis de carboidratos. Desta forma, considerando-se as fontes utilizadas no presente estudo, recomenda-se a inclusão de 16% de carboidrato e de 6,5% de lipídio nas dietas de alevinos de jundiá.

Palavras-chave: Nutrição, jundiá, *Rhamdia quelen*, relação CHO:L, carboidratos, lipídios.

Dietary carbohydrate to lipid ratio for jundiá fingerlings (*Rhamdia quelen*).

Márcia Luiza Montenegro Barisch, Débora Machado Fracalossi e Giovanni Vitti Moro

Freshwater Fish Biology and Culture Lab, Department of Aquaculture, Federal University of Santa Catarina (UFSC), Rodovia Admar Gonzaga, 1346. Florianópolis, SC, 88034-001 – Brazil., Phone/Fax: +55-48- 3389-5216, e-mail: deboraf@cca.ufsc.br

Abstract: The objective of this study was to determine the effect of different relationships between sources of energy in non-protein diet on growth, body composition and nutrient utilization by jundiá fingerlings (*Rhamdia quelen*). Groups of twenty-five fingerlings (4.69 ± 1.43 g) were distributed in 15 tanks with 120 L of working volume and fed twice daily to apparent satiation in triplicate, for 95 days. The semi purified diets and isonitrogenous (39% crude protein) were formulated to contain five relations carbohydrate: lipid (CHO: L): 0:1, 2:1, 3:1, 4:1 and 5:1. The best performances of gain in weight (17.67 and 15.56 g) and specific growth rate (1.49 and 1.57%) were observed in fish fed on diets of which the CHO: L was between 2:1 and 3:1, respectively. The proportion of non-protein sources of energy that would promote the greatest weight gain was estimated at 2,45:1 (CHO: L), by means of polynomial regression analysis. The jundiá, which is omnivorous, responded as a carnivorous species in relation to the use of dietary carbohydrate, he obtained higher growth and better feed diets with lower levels of carbohydrates. Thus, considering the sources used in this study, we recommend the inclusion of 16% carbohydrate and 6.5% lipid in the diets of jundiá fingerlings.

Key words: Nutrition, jundiá, *Rhamdia quelen*, relation CHO:L, carbohydrates, lipids.

Introdução

Com o desenvolvimento da piscicultura intensiva os gastos com o alimento representam 50 a 70% dos custos de produção. Segundo TACON (1989), o desenvolvimento de um regime alimentar requer um entendimento básico das exigências nutricionais que incluem cinco grupos de nutrientes: proteínas, lipídios, carboidratos, vitaminas e minerais. Destes, o principal é a proteína por atuar no ganho em peso através da formação dos tecidos. Porém sua ótima utilização está relacionada com a concentração energética da dieta, que por sua vez, pode ser oriunda de fontes protéicas ou não protéicas (carboidratos e lipídios).

Peixes, em geral, utilizam de diferentes formas tanto o lipídio quanto o carboidrato da dieta; onívoros toleram maior concentração de carboidratos quando comparados aos carnívoros (EL-SAYED & GARLING, 1988).

O aproveitamento e nível de inclusão do carboidrato pelos peixes varia e parece estar associado com a complexidade deste. Estudos variando os níveis de inclusão de carboidratos demonstram que os onívoros como a carpa comum (*Cyprinus carpio*) (TAKEUCHI *et al.*, 1979; FURUICHI & YONE, 1980), bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) (GARLING & WILSON, 1977), tilápia (*Oreochromis niloticus*) (EL-SAYED & GARLING, 1988) e até mesmo o carnívoro “red sea bream” (FURUICHI & YONE, 1980) utilizam de forma eficaz o carboidrato em níveis elevados quando comparados ao “yellowtail” e salmonídeos.

Muitos estudos demonstraram que o aumento da concentração de lipídios na dieta, até certo ponto, resulta em maior aproveitamento da proteína pelos peixes, com melhora nos índices de utilização alimentar e crescimento. TAKEUCHI *et al.* (1978) encontraram que a concentração de proteína da dieta para truta arco-íris poderia ser reduzida de 48 para 35%, sem nenhum prejuízo no crescimento, se a concentração de lipídio fosse aumentada de 15% para 20% da dieta. LEE *et al.* (2002), por outro lado relatam um maior crescimento do ayu (*Plecoglossus altivelis*), quando este é alimentado com dieta contendo baixa inclusão de lipídio (6,5%) em comparação com alta inclusão (14%).

A inclusão de níveis apropriados de carboidratos e lipídios na dieta determina a eficiência da utilização da proteína. Um desequilíbrio pode ter um efeito direto no crescimento, conversão alimentar, retenção de nutrientes e composição corporal. Estudos com bagre africano (*Clarias bathrachus*) demonstraram que o crescimento e a conversão alimentar são afetados pela natureza das fontes não protéicas na dieta; nesta espécie a redução do lipídio da dieta de 19,95% para 8,07%, com concomitante aumento nos níveis de carboidratos de 0,44% para 27,28% (CHO: L variando de 0,02 a 3,38), melhorou significativamente o crescimento, bem como a conversão alimentar para o bagre africano (ERFANULLAH, 1998).

Entretanto, ainda não é conhecido se a relação CHO: L na dieta afeta o crescimento e/ou a utilização de nutrientes para o jundiá (*Rhamdia quelen*).

O jundiá pertencente à ordem Siluriformes, família Heptapteridae e encontra-se distribuído do sudeste do México até o centro da Argentina (SILFVERGRIP, 1996). Algumas características tornam esta espécie atrativa para a piscicultura intensiva na região Sul, tais como rápido crescimento, fácil

reprodução e larvicultura em cativeiro, ausência de espinhos intramusculares e carne saborosa (FRACALOSSI *et al.*, 2002). No ambiente natural, consome desde itens da comunidade bentônica até pequenos insetos, peixes e crustáceos (MEURER & ZANIBONI FILHO, 1997). Estas constatações, somadas à observação de índices inferiores de digestibilidade para ingredientes de origem vegetal, quando comparados com outras espécies onívoras como a tilápia (OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2004), sugerem que o jundiá seja um onívoro com tendência à carnivoria. Desta forma, o presente estudo foi planejado para aumentar o conhecimento sobre a utilização de macronutrientes pelo jundiá, por meio da determinação de qual relação entre fontes não protéicas de energia promoverá a melhor utilização da proteína dietética.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina (LAPAD/CCA/UFSC), localizado em Florianópolis, SC. Foram utilizados 15 aquários de polietileno (68 x 50 x 38 cm), com volume útil de 120 L cada e taxa de renovação de 0,8 L/min/aquário. Os alevinos de jundiá foram obtidos de uma piscicultura comercial, sendo que grupos de 25 alevinos com peso e comprimento médio de $4,69 \pm 1,43$ g e $8,39 \pm 0,44$ cm, respectivamente, foram estocados em cada aquário. A aclimação às condições experimentais foi de 10 dias, sendo que nesta fase a alimentação foi feita com dieta comercial contendo 36% de proteína bruta e 3.000 kcal/kg de energia metabolizável estimada (EM), considerando-se os valores de 4 kcal/g para proteína e carboidrato e 9 kcal/g para o lipídio (LEE & PUTNAM, 1973). Após a aclimação, os alevinos foram alimentados com as dietas experimentais até a saciedade aparente em triplicata, duas vezes ao dia (10:00 h e 15:00 h), durante 95 dias. A cada 15 dias os alevinos foram pesados em conjunto para coleta de dados parciais de ganho em peso. As medidas profiláticas adotadas durante as pesagens foram banhos de sal (5 g/L por 30 min) e antibiótico (tetraciclina, 70 mg/L por 30 min), respectivamente. Trinta peixes foram coletados para compor a amostragem inicial da composição corporal.

Durante o período experimental, o peso do alimento oferecido foi registrado separadamente para cada tanque, para posterior cálculo dos índices de desempenho. Ao término do período experimental, os peixes foram pesados individualmente e sacrificados com overdose de anestésico (MS-222, triclaína metanossulfonato), conforme aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFSC, sendo congelados (-20°C) para posterior determinação da composição corporal.

A temperatura, a concentração de oxigênio dissolvido e o pH da água do sistema de recirculação onde o experimento foi conduzido foram medidos diariamente, cerca de 30 minutos antes da primeira alimentação. As médias e desvios padrão da temperatura, oxigênio dissolvido e pH foram $30,8 \pm 1,43$ °C, $7,03 \pm 0,69$ mg/L e $7,72 \pm 0,08$, respectivamente.

Dietas Experimentais

Cinco dietas semi purificadas e isoprotéicas (39% de proteína bruta) foram formuladas e confeccionadas utilizando-se caseína, gelatina, dextrina, celulose, carboximetilcelulose, óleos de fígado de bacalhau (OFB) e soja (OS), premix vitamínico mineral e mistura de macrominerais como ingredientes. As dietas variaram na relação carboidrato-lipídio, sendo estas: 0:1, 2:1, 3:1, 4:1 e 5:1, conforme sumarizado na Tabela 1. As proporções de caseína: gelatina e OFB: OS foram fixadas em 4,8:1 e 1:1, respectivamente, para todas as dietas. As dietas foram formuladas para atender às exigências nutricionais do bagre do canal, *Ictalurus punctatus* (NRC, 1993), com exceção da concentração protéica, para a qual foi adotada a exigência determinada para alevinos de jundiá por Meyer & Fracalossi (2004). As dietas foram confeccionadas misturando-se os ingredientes secos e adicionando-se os óleos e a água à mistura, a qual foi posteriormente peletizada e seca em estufa a 65°C . Após a secagem, as dietas foram embaladas e armazenadas sob congelamento (-20°C) até o momento da utilização.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais (expressa em % da matéria seca)¹.

	Dietas				
Relação carboidrato:lipídio esperada	0:1	2:1	3:1	4:1	5:1
Relação carboidrato:lipídio analisada	0,44:1	2,17:1	2,64:1	4,26:1	4,96:1
Ingredientes ²					
Dextrina	0,00	15,58	22,10	21,00	27,00
Óleos ³	11,82	7,11	8,37	5,00	5,44
Celulose	37,68	27,89	17,20	23,50	19,12
Composição proximal					
Matéria seca	96,06	94,08	92,58	92,02	91,44
Proteína bruta	38,18	38,52	40,44	39,61	39,41
Gordura	7,35	6,34	6,86	4,44	4,69
Extrativos não nitrogenados	3,24	13,91	18,14	18,90	21,83
Fibra em detergente ácido	43,32	31,26	22,44	24,87	19,82
Matéria mineral	3,97	4,05	4,70	4,20	5,69
Energia metabolizável ⁴	2.318	2.668	2.960	2.740	2.872

¹ Todas dietas continham 50,5% de uma mistura basal, composta por 36% de caseína, 7,5% de gelatina, 1,5% de carboximetil-celulose, 3% de uma mistura vitamínica e micromineral (Nutron Alimentos, Campinas, SP). Composição/kg de mistura: ácido fólico 250 mg, ácido pantotênico 500 mg, biotina 125 mg, cobalto 25 mg, cobre 2.000 mg, colina 25.000 mg, ferro 13.820 mg, iodo 100 mg, manganês 3.750 mg, niacina 5000 mg, selênio 75 mg, vitamina A 1000000 UI, vitamina B1 1250 mg, vitamina B12 3750 mg, vitamina B2 2.500 mg, vitamina B6 1.875 mg, vitamina C 42.000 mg, vitamina D3 500.000 UI, vitamina E 20.000 UI, vitamina K3 500 mg, zinco 17.500 mg) e 2,5% de uma mistura macromineral (45,4 % fosfato bicálcico, 29,7% sulfato de potássio 17,4% cloreto de sódio, 7,5% sulfato de magnésio).

² Rhooster LTDA (São Paulo, SP).

³ Mistura 1:1 de óleo de soja e óleo de fígado de bacalhau (Farmácia Galênica, Florianópolis, SC).

⁴ Estimada a partir dos valores fisiológicos padrão, onde 1 g de carboidrato, proteína e lipídio fornecem 4, 4 e 9 kcal, respectivamente (LEE & PUTNAM, 1973).

Análise das dietas e da composição corporal

A formulação e composição das dietas experimentais em matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta e matéria mineral estão descritas na Tabela 1. Todas as análises seguiram as normas da Association of Official Analytical Chemist (AOAC, 1999). A matéria seca foi obtida através da secagem a 105°C, a matéria mineral por incineração a 550°C, a gordura por extração em éter (após a hidrólise ácida), a fibra pela digestão em detergente ácido e a proteína bruta pelo método de Kjeldahl (N x 6,25), após digestão ácida.

No final do período do experimento, foram coletados cinco peixes de cada unidade experimental (15 peixes por tratamento), os quais foram triturados e homogeneizados em conjunto, de acordo com o respectivo tratamento. Alíquotas desta mistura foram submetidas às análises de composição corporal final (matéria seca, cinzas, extrato etéreo (sem hidrólise ácida) e proteína bruta), as quais foram realizadas seguindo as mesmas metodologias utilizadas na análise da composição

das dietas. O mesmo procedimento foi adotado para os trinta peixes coletados no início do experimento para determinação da composição corporal inicial. A análise para determinação energia bruta foi feita apenas nas dietas.

Parâmetros indicadores de desempenho

Os índices de desempenho foram calculados a partir dos registros de peso dos peixes, do consumo total de alimento (g/peixe), das análises bromatológicas das dietas e da composição corporal dos peixes. Foram calculados o ganho em peso (peso final – peso inicial), a eficiência alimentar (ganho em peso/consumo de matéria seca), a conversão alimentar (consumo da matéria seca/ganho em peso), taxa de retenção protéica (peso corporal final (g)x proteína corporal final (%) – peso corporal inicial (g) x proteína corporal inicial (%) / proteína ingerida da dieta em MS (%), taxa de retenção energética calculada (peso corporal final (g)x energia corporal final (%) – peso corporal inicial (g) x energia corporal inicial (%) / energia ingerida de dieta) e a taxa de crescimento específico [100 x (ln peso médio peixe final – ln peso médio peixe inicial) /dias].

Análise estatística

Em experimentos que objetivam determinar o melhor nível de inclusão de um determinado ingrediente, nutriente e/ou relações entre nutrientes e energia, ou seja, parâmetros quantitativos, é recomendado o uso da análise de regressão polinomial, a qual permite estimar qual a concentração mais indicada do parâmetro em estudo, para uma determinada espécie (STEEL & TORRIE, 1980). Desta forma, para estabelecer qual a melhor relação entre carboidrato e lipídios na dieta para promover o melhor desempenho em termos de ganho em peso, foi utilizada a análise de regressão polinomial. Adicionalmente, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (unicaudal) e teste de “Tukey” ($\alpha=0,05$), quando necessário, para verificar possíveis diferenças entre as médias.

Resultados e Discussão

As médias de consumo de ração, ganho em peso, taxa de crescimento específico, conversão alimentar, taxa de retenção protéica e taxa de retenção energética estão apresentados na Tabela 2. Os alevinos alimentados com as dietas contendo a relação CHO:L de 0:1 e 3:1 apresentaram o menor consumo total no período, enquanto que os alimentados com as dietas 2:1, 4:1 e 5:1, os maiores, esta diferença em relação ao consumo se deve provavelmente a elevada inclusão de gordura ocorrida nos dois primeiros. O ganho em peso foi afetado pela relação CHO: L, visto que o maior ganho em peso, 17,67 g, foi observado nos alevinos alimentados com a dieta que continha 15,58% de carboidrato e 7,1% de lipídio (CHO: L=2,19), sendo significativamente maior ($p < 0,05$) que os ganhos observados nos peixes que receberam as dietas 0:1 (sem carboidrato e com 11,82% de lipídio) e 5:1 (27% de carboidrato e 5,44% de lipídio). Os alevinos alimentados com a dieta 0:1 apresentaram a melhor conversão alimentar, o que sugere um bom aproveitamento da fonte de energia não protéica na forma de gordura, porém, o baixo consumo neste tratamento indica que houve prejuízo ao desenvolvimento corporal. Já os alevinos alimentados com a dieta 5:1, apresentaram a pior conversão alimentar, o consumo relativamente elevado nesta dieta sugere um pior aproveitamento da energia não protéica, quando esta se apresenta predominantemente na forma de carboidrato. A taxa de crescimento específico seguiu a mesma tendência do ganho em peso. O grupo que recebeu a dieta contendo uma relação CHO: L de 3:1 apresentou taxa de crescimento específico significativamente superior aos grupos que receberam as dietas com relação CHO:L de 0:1 e 5:1.

Tabela 2. Desempenho de alevinos de jundiá alimentados por 95 dias com dietas contendo diferentes relações de carboidrato e lipídio (CHO: L).

Relação CHO:L	Consumo total (g/px) ¹	Ganho em peso (g) ²	Taxa de crescimento específico (%) ³	Conversão alimentar ⁴	Eficiência alimentar ⁵	Taxa de retenção protéica (%) ⁶	Taxa de retenção energética (%) ⁷
0,4	697,2 ^b	12,39 ^b	1,30 ^b	2,24 ^a	0,45 ^a	8,72 ^a	5,30 ^{ab}
2,2	1.168,5 ^a	17,67 ^a	1,49 ^{ab}	2,64 ^{ab}	0,38 ^{ab}	11,16 ^a	9,60 ^a
2,6	1.007,5 ^{ab}	15,56 ^{ab}	1,57 ^a	2,60 ^{ab}	0,39 ^{ab}	9,03 ^a	6,20 ^{ab}
4,3	1.125,5 ^a	14,68 ^{ab}	1,42 ^{ab}	3,08 ^b	0,33 ^{ab}	8,74 ^a	6,00 ^{ab}
5,0	1.111,0 ^a	12,31 ^b	1,3 ^b	3,63 ^b	0,28 ^b	7,67 ^a	4,70 ^b

Peso inicial = 4,69 ± 1,43 g

¹ Consumo de ração total por tratamento, no período de 95 dias.

² Peso corporal final(g) – peso corporal inicial(g).

³ [(ln peso médio peixe final – ln peso médio peixe inicial) / dias] x 100.

⁴ Consumo em matéria seca/ganho em peso (g).

⁵ Ganho em peso (g)/consumo em matéria seca.

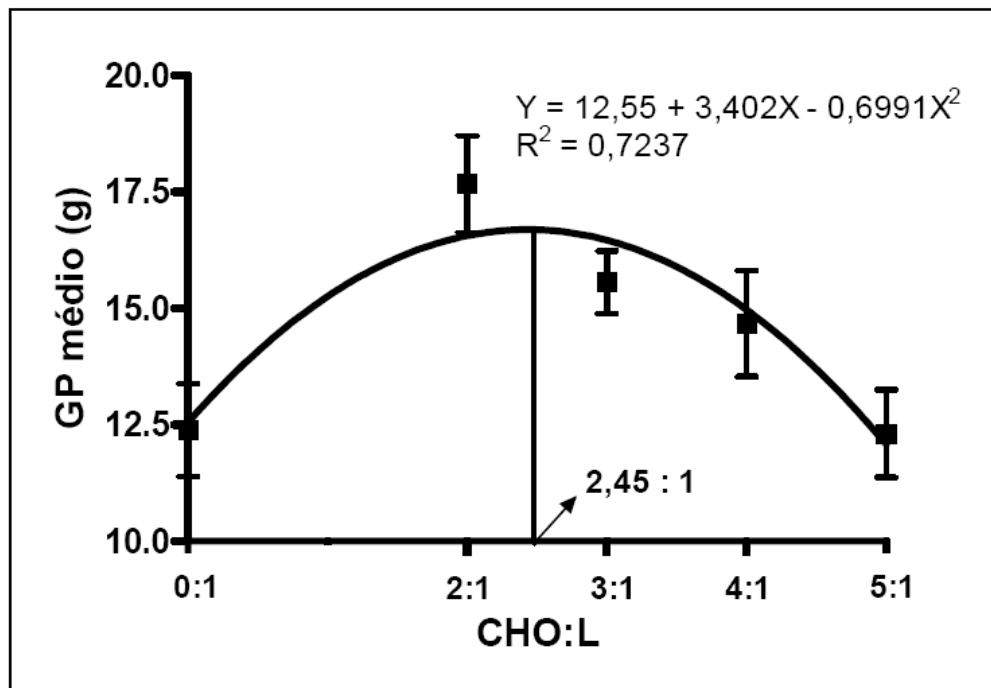
⁶ [Peso corporal final (g) x proteína corporal final (%) – peso corporal inicial (g) x proteína corporal inicial (%) / proteína ingerida da dieta (%)] x 100.

⁷ [Peso corporal final (g) x energia corporal final (%) – peso corporal inicial (g) x energia corporal inicial (%) / energia ingerida de dieta (%)] x 100.

A taxa de retenção protéica e energética obtidas neste estudo (Tabela 2) sugerem um melhor aproveitamento da proteína e energia da dieta naqueles alevinos alimentados com a relação CHO:L 2,19, embora não tenha sido detectada diferença significativa entre as dietas pela análise de variância. Com o aumento na inclusão de carboidrato houve a tendência de diminuição tanto na retenção protéica quanto energética, indicando que o jundiá não consegue converter em energia altos níveis de carboidrato utilizando a proteína como fonte energética para rotas metabólicas, semelhante ao descrito por El-Sayed & Garling (1988) para a *Tilapia zilli*.

Pela aplicação da regressão polinomial estimou-se que a relação CHO:L na dieta para o máximo ganho em peso seria 2,45, conforme representado na Figura 1.

Figura 1. Estimativa da melhor relação carboidrato:lipídio (CHO:L) na dieta para alevinos de jundiá, considerando-se o ganho em peso (GP), quando estes parâmetros são relacionados utilizando-se regressão polinomial.



O efeito das relações CHO:L da dieta sobre a composição corporal dos alevinos de jundiá estão indicados na Tabela 3. A composição protéica dos peixes não foi alterada pelas diferentes relações CHO:L das dietas. Entretanto, houve diferença com relação à deposição de gordura corporal entre os peixes alimentados com as dietas 2:1 e 5:1, sendo que a maior deposição de gordura (25,61%) ocorreu naqueles que receberam a dieta 2:1, a qual continha 15,38% de carboidrato e 7,1% de lipídio. Já entre os grupos que receberam as dietas 0:1, 3:1 e 4:1, não houve diferença em relação ao acúmulo de gordura corporal.

Tabela 3. Composição corporal de alevinos de jundiá (expressa com base na matéria úmida) alimentados com dietas contendo diferentes relações CHO: L, por 95 dias.

Dietas	Relação CHO:L	Umidade (%)	Proteína bruta (%)	Extrato etéreo (%)	Cinzas (%)
0:1	0,44	9,62 ^a	16,14 ^a	6,16 ^{ab}	3,47 ^a
2:1	2,19	8,90 ^a	15,99 ^a	6,84 ^b	3,22 ^a
3:1	2,64	8,42 ^a	15,57 ^a	5,07 ^{ab}	3,44 ^a
4:1	4,25	9,60 ^a	16,19 ^a	4,98 ^{ab}	3,19 ^a
5:1	4,96	15,55 ^b	15,51 ^a	3,15 ^a	3,20 ^a

Com o desenvolvimento das práticas de cultivo de peixes, maior atenção se tem destinado aos níveis nutricionais das dietas, principalmente em relação a utilização protéica, visando promover um ótimo crescimento corporal. Assim como as proteínas, os lipídios e carboidratos também desempenham um papel importante como fontes de energia não protéica.

Os resultados do presente estudo indicaram que o crescimento e a conversão alimentar foram afetados pela variação dos níveis de carboidrato e lipídios na dieta de alevinos de jundiá. Os peixes que receberam as dietas com maior ou menor quantidade de lipídios apresentaram menor ganho em peso, indicando que dietas ricas somente em lipídios ou carboidratos não suprem adequadamente as necessidades dos alevinos de jundiá para crescimento. Outros estudos demonstram que a relação entre as fontes não protéicas de energia na dieta afetam o desempenho dos peixes. Borba et al. (2006), em um estudo com alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*), verificaram que a variação da relação CHO:L (5,3 e 12,8), em associação com diferentes níveis energéticos da dieta, promoveu uma melhor utilização dos nutrientes quando os alevinos receberam a dieta contendo 3.000 kcal/kg EM e CHO:L 5,3, ou seja, um nível intermediário de energia com menor concentração de carboidrato e maior de lipídio. Entretanto, em estudo com o igualmente onívoro catfish americano (*Ictalurus punctatus*) foi observado que o ganho em peso, a conversão alimentar e a deposição protéica corpórea não apresentaram diferenças significativas quando os peixes foram alimentados com dietas isoprotéicas (24% proteína bruta) e isocalóricas (2.750 kcal/kg EM), com relações CHO: L variando de 0,45 a 4,5 (GARLING & WILSON, 1977). Igualmente, Nematipour et al. (1992) e Braunge et al. (1993) não encontraram diferenças quanto ao ganho em peso, eficiência alimentar e taxa de crescimento específico, quando dietas com diferentes relações CHO: L foram fornecidas para os carnívoros "striped bass" híbrido (*Morone saxatilis x Morone chrysops*) e para truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), respectivamente.

No presente estudo, o reduzido crescimento dos peixes alimentados com a dieta contendo alto nível de lipídio e praticamente sem carboidrato (0,44 CHO: L) pode ser explicado pelo menor consumo de ração, provocado pelo alto nível de gordura (11,82%), diminuindo assim a ingestão de proteína e de outros nutrientes necessários para um ótimo crescimento. O menor consumo observado nesta dieta pode ainda ter sido causado pela maior inclusão de fibra, o que pode ter levado à saciedade mais rapidamente. Já para os alevinos que receberam a dieta 5:1 (4,96 CHO: L), com

muito carboidrato (27%) e pouco lipídio (5,44%), o menor crescimento e pior conversão alimentar pode ser atribuído a utilização da proteína dietética como fonte de energia devido a baixa capacidade do jundiá em degradar altos níveis de carboidrato.

Foi observado menor crescimento e conversão alimentar na *Tilápia zilli* quando alimentada com dieta contendo baixa concentração de lipídio (1,7%) e alta de carboidrato (41%) (EL-SAYED & GARLING, 1988). No presente estudo, o melhor crescimento de alevinos de jundiá foi obtido quando a dieta continha a relação CHO: L 2:1, com uma concentração de 7,1% de lipídio e 15,58% de carboidrato como fontes de energia não protéica. Este resultado concorda com os resultados encontrados para o onívoro catfish (STICKNEY, 1984) e os carnívoros truta arco-íris (REINITZ & HITZEL, 1980), red drum (ELLIS & REIGH, 1992; SERRANO et al., 1993) e bagre africano híbrido (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) (JANTRAROTAI et al., 1994), em relação às concentrações de lipídio e carboidrato.

Uma alta concentração de lipídios na dieta pode resultar em desequilíbrio na relação entre a energia digestível e a proteína bruta, podendo causar uma deposição excessiva de gordura na carcaça, o que é desfavorável para a qualidade e armazenamento do filé ou carcaça (NRC, 1993). No presente estudo, conforme aumentou a relação CHO: L diminuiu a deposição de gordura corporal. Estes dados concordam com os obtidos com truta arco-íris (LEE & PUTNAM, 1973), catfish americano (PAGE & ANDREWS, 1973; GARLING & WILSON, 1973) e carpa (DABROWSKI, 1977; TAKEUCHI et al., 1979) e piracanjuba (Borba et al., 2006). Erfanullah (1998) obteve melhor crescimento e conversão alimentar para o bagre africano (*Clarias batrachius*) quando reduziu o percentual de gordura de 19,95 para 8,07% com concomitante aumento do carboidrato de 0,44 para 27,28% (relações CHO: L variando de 0,02 a 3,38).

Houve piora na conversão e eficiência alimentar dos peixes com a elevação nos níveis de inclusão de carboidrato, demonstrando que este nutriente, em concentrações elevadas, compromete o crescimento do jundiá. Entretanto, alevinos de bagre africano híbrido obtiveram melhor conversão alimentar quando alimentados com dieta contendo 50% de carboidrato e 4,4% de lipídio (JANTRAROTAI, 1994). A redução da digestibilidade com o aumento da inclusão de carboidrato tem sido observada para truta arco-íris, catfish americano, salmão (*Salmo salar*) e perca (*Perca fluviatilis*) (HEMRE et al. 1989; ARNESEN & KROGDAHL, 1993; STONE et al. 2003b). Também com a piracanjuba observou-se um pior aproveitamento da energia proveniente do carboidrato (BORBA et al., 2006). Este efeito pode ser atribuído à saturação das enzimas responsáveis pela degradação dos carboidratos, conforme sugerido por Hemre (2002). Lin et al. (1977) investigaram o efeito dos carboidratos e lipídios na atividade enzimática do salmão coho. Foi verificado que algumas enzimas hepáticas apresentaram atividades reduzidas nos animais que ingeriram alimento com altos níveis de lipídio, porém nenhum efeito foi observado naqueles que receberam a dieta com concentração elevada de carboidrato. Entretanto, as enzimas presentes no tecido adiposo não sofreram alterações. Estudo semelhante com o catfish americano mostrou que as enzimas hepáticas e do tecido adiposo foram estimuladas por altos níveis de carboidrato na dieta, entretanto, algumas destas enzimas tiveram sua ação reduzida no fígado quando a dieta possuía níveis elevados de lipídio (LIKIMANI & WILSON, 1982). Borba et al. (2003), encontraram que a atividade da enzima ácido graxo sintetase foi

claramente diminuída com o aumento da concentração de lipídios (5,5, 8,8 e 12,1%) na dieta para alevinos de piracanjuba.

Conclusão

Alevinos de jundiá não apresentaram crescimento satisfatório quando alimentados com dietas contendo relação CHO:L extremas, ou seja, muito carboidrato (5:1) ou muito lipídio (0:1). Considerando-se as fontes não protéicas utilizadas no presente estudo, estimou-se que a relação CHO:L capaz de proporcionar o maior crescimento é 2,45, resultando na inclusão de 16% de carboidrato e de 6,5% de lipídio.

O jundiá, que é onívoro, respondeu como uma espécie carnívora em relação à utilização do carboidrato dietético, ou seja, seu crescimento não foi beneficiado com o aumento do carboidrato na dieta além da concentração de 16%. Estudos adicionais, com a utilização de dietas com relações CHO: L entre 2:1 e 3:1 em mais de uma concentração energética, bem como de outras fontes de carboidrato são necessários para aprofundar o conhecimento sobre a utilização de fontes não protéicas pelo jundiá.

Referências Bibliográficas

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1999. Official methods of Analysis of AOAC, 16 ed., Patricia Cunniff (editora), Washington, DC, 1141 pp.
- ARNESEN, P.; KROGDAHL, A. & SUNDBY, A. (1995). Nutrient digestibilities, weight gain and plasma and liver levels of carbohydrate in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets containing oats and maize. *Aquaculture Nutrition*, 1, 151-158.
- BORBA, M.R.; FRACALLOSSI, D.M.; PEZZATO, L.E. (2006). Dietary energy requirement of piracanjuba fingerlings, *Brycon orbignyanus*, and relative utilization of dietary carbohydrate on lipid. *Aquaculture Nutrition*, 12, p. 183-191.
- BORBA, M.R.; FRACALLOSSI, D.M.; PEZZATO, L.E.; MENOYO, D.; BAUTISTA, J.M. (2003). Growth, lipogenesis and body composition of piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) fingerlings fed different dietary protein and lipids concentrations. *Aquatic Living Resources*, 16, p.362-369.
- BRAUGE, C., MEDALE, F., CORRAZE, G., 1994. Effect of dietary carbohydrate levels on growth, body composition and glycaemia in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in seawater. *Aquaculture* 123, 109-120.
- ELLIS, S.C. & REIGH, R.C. (1991). Effect of dietary lipid and carbohydrate levels on growth and body composition of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture*, 97, 387-394.
- EL-SAYED, A.M. and GARLING, D.L., Jr., 1988. Carbohydrate-to-lipid ratios in diets for *Tilapia zillii* fingerlings. *Aquaculture*, 73: 157-163.
- ERFANULLAH. J.A.K., 1998. Growth rate, feed conversion and body composition of *Catla catla*, *Labeo rohita*, and *Cirrhinus mrigala* fry fed diets of various carbohydrate-to-lipid ratios. *J. World Aquacult. Soc.*, 29, 84-91.
- GARLING, D.L., JR. and WILSON, R.P., 1977. Effects of dietary carbohydrate to lipid ratios on growth and body composition of fingerling channel catfish. *Prog. Fish-Cult.*, 39: 4347.
- HEMRE, G.I., MOMMSEN, T.P., KROGDAHL, A., 2002. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. *Aquaculture Nutrition* 8, 175-194.
- JANTRAROTAI, W., SITASIT, P., RAJCHAPAKDEE, S., 1994. The optimum carbohydrate to lipid ratio in hybrid *Clarias catfish* (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) diets containing raw broken rice. *Aquaculture* 127, 61-68.
- LEE, D.J. and PUTNAM, G.B., 1973. Response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. *J. Nutr.*, 103: 916-922.
- LIKIMANI, T.A. & WILSON, R.P. (1982) Effect of dietary on lipogenic enzymes activities in channel catfish hepatic and adipose tissue. *J. Nutr.*, 112, p. 112-117.
- LIN, H.; ROMSOS, D.R.; TACKS, P.I. & LEVEILLE, G.A., (1977a). Effects of fasting and feeding various diets on hepatic lipogenic enzyme activities in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *J. Nutr.*, 107, 1477-1483.
- MEYER, G. e FRACALLOSSI, D.M. 2004. Protein requirement of jundiá fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. *Aquaculture*, 240:331-343.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient Requirement of Fish. Committee on Animal Nutrition. Board Of Agriculture. National Research Council. National Academic Press, Washington DC; p114(1993).

- NEMATIPOUR, G.R., BROWN, M.L., GATLIN, D.M. III, 1992. Effects of dietary:protein ratio on growth characteristics and body composition of hybrid striped bass, *Morone chrysops X M. saxatilis*. Aquaculture 107, 359-368.
- NEMATIPOUR, G.R., BROWN, M.L., GATLIN, D.M. III, 1992. Effects of dietary:protein ratio on growth characteristics and body composition of hybrid striped bass, *Morone chrysops X M. saxatilis*. Aquaculture 107, 359-368.
- PAGE, J.W., ANDREWS, J.W., 1973. Interactions of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). J. Nutr. 103, 1339– 1346.
- REINITZ, G.; HITZEL, F. 1980. Formulation of practical diets for rainbow trout based on desired performance and body composition. Aquaculture, 19, 243-252.
- SERRANO, J.A.; NEMATIPOUR, G.R. & GATLIN, D.M. (1992). Dietary protein requirement of the red drum (*Sciaenops ocellatus*) and relative use of dietary carbohydrate and lipid. Aquaculture, 101, 283-291.
- STEEL, R. G. D., TORRIE, J. H., 1980. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 2a ed., Estados Unidos: McGraw-Hill Book Company.
- STICKNEY, R.R., 1984. Lipids. In: Robinson, E.H., Lovell, R.T. (Eds), Nutrition and feeding of channel catfish (Revised). Southern Cooperative Series Bulletin N° 296. Texas. A&M University, College Station, TX. Pp. 17-20.
- STONE, D.A.J.; ALLAN, G.L.; ANDERSON, A.J (2003b). Carbohydrate utilization by juvenile silver perch (*Bidyanus bidyanus*) II. Digestibility and utilizations os starch and it breakdown products. Aquaculture research, 34:109-122.
- TAKEUCHI, T., WATANABE, T. and OGINO, C., 1979. Availabilty of carbohydrate and lipid as dietary energy sources for carp. Bull. Jpn. Sot. Sci. Fish., 45: 977-982.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO

- ADRON, J.W., BLAIR, A., COWEY, C.B., SHANKS, A.M., 1976. Effects of dietary energy level and dietary energy source on growth, feed conversion and body composition of turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture* 7, 125–132.
- ALLAN, G. I., ROWLLAND, S. J., 2002. Silver perch nutrition and feeding. In :Nutrient Requirements and Feeding of Aquaculture Fish, 358-373. CAB International Publishers.
- ALSTED, N., JOKUMSEN, A., 1989. The influence of dietary protein:fat ratio on the growth of rainbow trout (*Salmo gairdnerii*). Proc. Third Symp. on Feeding and Nutrition in Fish 28 Aug.– 1 Sept., 1989. Toba, Japan, pp. 209–220.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1999. Official methods of Analysis of AOAC, 16 ed., Patricia Cunniff (editora), Washington, DC, 1141 pp.
- BERGOT, F., 1979. Carbohydrate in rainbow trout diets: effects of the level and source of carbohydrate and number of meals on growth and body composition. *Aquaculture*, 18: 157-161.
- BORBA, M. R., Exigência energética e relação carboidrato:lipídio para alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyus*). Tese de Doutorado, 2003, CAUNESP, 51p.
- BRAUGE, C., MEDALE, F., CORRAZE, G., 1994. Effect of dietary carbohydrate levels on growth, body composition and glycaemia in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in seawater. *Aquaculture* 123, 109-120.
- BROMLEY, P.J., 1980. Effect of dietary protein, lipid and energy content on the growth of turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture* 19, 359–369.
- BUHLER, D.R. and HALVER, J.E., 1961. Nutrition of salmonid fishes. IX. Carbohydrate requirements of Chinook salmon. *J. Nutr.*, 74: 307-318.
- CATACUTAN, M.R., COLOSO, R.M., 1995. Effect of dietary protein to energy ratios on growth, survival, and body composition of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture* 131, 125-133.
- COWEY, C.B. , ADRON, J. W. AND BROWN, D. A., 1975. Studies on the nutrition of marine flatfish. The metabolism of glucose by plaice (*Pleuronectes platessa*) and effect of dietary energy source on protein utilization in plaice. *Br. J. Nutr.*, 33:219-231.
- COWEY, C.B., 1979. Protein and amino acid requirement of finfish. In: Halver, J.E., Tiews, K. Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, vol. 1. Heenemann, Berlin, pp. 3 – 16.
- ELLIS, S.C. and REIGH, R.C., 1991. Effects of dietary lipid and carbohydrate levels on growth and body composition of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture*, 97: 383-394.
- EL-SAYED, A.M. and GARLING, D.L., Jr., 1988. Carbohydrate-to-lipid ratios in diets for *Tilapia zillii* fingerlings. *Aquaculture*, 73: 157-163.
- ERFANULLAH. J.A.K., 1998. Growth rate, feed conversion and body composition of *Catla catly*, *Labeo rohita*, and *Cirrhinus mrigala* fry fed diets of various carbohydrate-to-lipid ratios. *J. World Aquacult. Soc.*, 29, 84-91.
- FRACALOSSO, D.M.; MEYER, G.; WEINGARTNER, M. et al. Criação de jundiá , *Rhamdia quelen*, e dourado, *Salminus brasiliensis* em viveiros de terra na região sul do Brasil. *Acta Scientiarum*, v.26, n.3, p. 345-352, 2004.
- FURUICHI, M and YONE, Y., 1971a. Studies on nutrition of red sea bream. 4. Nutritive value of dietary carbohydrate. *Rep. Fish. Res. Lab. Kyushu Univ. (Japan)*, 1:75-81.

- FURUICHI, M. and YONE, Y., 1980. Effect of dietary dextrin levels on the growth and feed efficiency, the chemical composition of liver and dorsal muscle, the absorption of the dietary protein and dextrin in fishes. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 46:225-229.
- GARLING, D.L., JR. and WILSON, R.P., 1977. Effects of dietary carbohydrate to lipid ratios on growth and body composition of fingerling channel catfish. *Prog. Fish-Cult.*, 39: 4347.
- GOLOMBIESKI, J.I., SILVA, L.V.F., BALDISSEROTTO, B., DA SILVA, J.H.S., 2003. Transport of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings at different times, load densities, and temperatures. *Aquaculture* 216, 95–102.
- GUEDES, D.S. Contribuição ao estudo da sistemática e alimentação de jundiá (*Rhamdia spp*) na região central do Rio Grande do Sul (Pices, Pimelodidae). Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, 1980. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Curso de Pós-graduação em Zootecnia. Iniversidade Federal de Santa Maria, 1980.
- HARDY, R. W., BARROWS, F. T., 2002. Diet formulation and manufacture. In : *Fish Nutrition*, 3° ed., 505-600. CA : Academic Press.
- HEMRE, G.I., MOMMSEN, T.P., KROGDAHL, A., 2002. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. *Aquaculture Nutrition* 8, 175-194.
- KUBITZA, F.; CAMPOS, J.L.; BRUM, J.A., 1998. Produção intensiva de surubins no Projeto Pacu Ltda e Agropeixe Ltda. In: de Moraes, F.R. de Castro; P.F. Correia. (Eds), *Proceedings of I south American congress of aquaculture and X Brazilian symposium of aquaculture*, vol. 1. 2-6 november 1998, Recife, Brazil. Pp. 393-407.
- LEE, D.J. and PUTNAM, G.B., 1973. Response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. *J. Nutr.*, 103: 916-922.
- LEE, S.-M., KIM, D.-J., CHO, S.H., 2002. Effects of dietary protein and lipid level on growth and body composition of juvenile ayu (*Plecoglossus altivelis*) reared in saewater. In: *Aquaculture Nutrition* 8, 53-58.
- LOVELL, R.T., 1989. *Nutrition and Feeding of Fish*. Van Nostrand-Reinhold, New York. 260 pp.
- MELO, J.F.B.; RADÜNZ NETO, J.; SILVA, J.H.S. et al. desenvolvimento e composição corporal de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. *Ciência Rural*. V.32, n.2, p. 35-38, 2002.
- METAILLER, R., ALDRIN, J.F., MESSENGER, J.L., MEVEL, G., STEPHAN, G., 1981. Feeding of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*): role of protein level and energy source. *J. World Maric. Soc.* 12, 117– 118.
- MEURER, S.; ZANIBONI FILHO, E. Hábito alimentar do jundiá, *Rhamdia quelen* (Pisces, Siluriformes, Pimelodidae), na região do alto rio Uruguai. In: *Encontro Brasileiro de Ictiologia*, 12.,1997, São Paulo. Anais...São Paulo. Sociedade Brasileira de Ictiologia, 1997. p.29.
- MEYER, G. e FRACALOSI, D.M. 2004. Protein requirement of jundia fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. *Aquaculture*, 240:331-343.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Nutrient Requirement os Fish*. Committee on Animal Nutrition. Board Of Agriculture. National Research Council. National Academic Press, Washington DC; p114(1993).
- NEMATIPOUR, G.R., BROWN, M.L., GATLIN, D.M. III, 1992. Effects of dietary:protein ratio on growth characteristics and body composition of hybrid striped bass, **Morone chrysops X M. saxatilis**. *Aquaculture* 107, 359-368.

- OLIVEIRA FILHO, Paulo Roberto Campagnoli de;UFSC. Coeficiente de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá, *Rhamdia quelen*. Florianópolis, 2005. 39 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura
- PAGE, J.W., ANDREWS, J.W., 1973. Interactions of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). J. Nutr. 103, 1339– 1346.
- PERAGÓN, J., BARROSO, J. B., GARCÍA-SALGUERO, L., DE LA HIGUERA, M., LUPIÁÑEZ, J. A., 1999. Carbohydrates affect protein-turnover rates, growth, and nucleic acid content in the white muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 179, 425-437.
- RADÜNZ NETO, J. Desenvolvimento de técnicas de reprodução e manejo de larvas de Jundiá *Rhamdia quelen*. Santa Maria, 1981, 77 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Curso de Pós Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Santa Maria, 1981.
- SALHI, M., BESSORNATA, M., CHEDIAKB, G., BELLAGAMBAB, M., CARNEVIA, D., 2004. Growth, feed utilization and body composition of black catfish, *Rhamdia quelen*, fry fed diets containing different protein and energy levels. Aquaculture 231, 435–444.
- SARGENT, J., HENDERSON, R.J., TOCHER, D.R., 1989 The Lipids. In: Fish Nutrition. 2ed. Academic press Inc., San Diego, p. 153-217.
- SEENAPA, D., DEVARAJ, K.V., 1995. Effect of different levels of protein, fat and carbohydrate on growth, feed utilization and body composition of fingerlings in *Catla catla* (Ham.). Aquaculture 129, 243-249.
- SHIAU, S. Y., 1997. Utilization of carbohydrates in warm water fish-with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. Aquaculture, 151, 76-96.
- SHIMENO, S., HOSOKAWA, H. and TAKEDA, M. 1979. The importance of carbohydrate in the diet of a carnivorous fish. In: J. E. Halver and K. Tiews (Editors), Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Vol. 1, Heenemann GmbH, Berlin, pp. 127-143.
- SILFVERGRIP, A.M.C. A systematic revision of the neotropical catfish genus *Rhamdia* (Teleostei, Pimelodidae). Stockholm: Department of Stockholm University and Departement of Vertebrate Zoology, Swedish Museum of natural History, 1996. 156 p.
- SILVA, L.V.F., GOLOMBIESKI, J.I., BALDISSEROTTO, B., 2003. Incubation of silver catfish, *Rhamdia quelen* (Pimelodidae), eggs at different calcium and magnesium concentrations. Aquaculture (in press).
- STEFFENS, W., 1981. Protein utilization of rainbow trout (*Salmo gairdnerii*) and carp (*Cyprinus carpio*): a brief review. Aquaculture 23, 337–345.
- STONE, B.A. Cereal grain carbohydrates. In: Cereal Grain Quality, pp. 251-288. (Henry, R.J. and P.S. Ketlewell eds. London: Chapman and Hall 1996.
- STONE, D. A. J., ALLAN, G. L., PARKINSON, S., ROWLAND, S. J., 2000. Replacement of fishmeal in diets for Australian silver perch *Bidyanus bidyanus* III. Digestibility and growth using meat meal products. Aquaculture, 186, 311-326.
- TAKEDA, M. SHIMENO, S., HOSOKAWA, H., KAJIYAMA, H. , KAISYO, T., 1975. The effect of dietary Jpn. Sot. Sci. Fish., 41: 443-447.
- TAKEUCHI, T., WATANABE, T. and OGINO, C., 1979. Availability of carbohydrate and lipid as dietary energy sources for carp. Bull. Jpn. Sot. Sci. Fish., 45: 977-982.
- TAKEUCHI, T.; WATANABE, T., OGINO, C., 1978. Optimal ration of protein to lipid in diets of rainbow trout. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 44:683-688.

VAN BARNEVELD, R. J., 1999. Understanding the nutritional chemistry of lupin (*Lupinus spp.*) seed to improve livestock production efficiency. *Nutrition Research Review*, 12, 203-230.

WILLIAMS, K.C., BARLOW, C.G., RODGERS, L., HOCKINGS, I., AGCOPRA, C., RUSCOE, I., 2003. Asian seabass *Lates calcarifer* perform well when fed pelleted diets high in protein and lipid. *Aquaculture* 225, 191-206.

WILSON, R.P., 1989. Amino acids and proteins. In: Halver, J.E. *Fish Nutrition*, 2nd ed. Academic Press, San Diego, CA, pp. 111 – 151.

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