

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

**UTILIZAÇÃO DE FONTES DIETÉTICAS NÃO PROTÉICAS DE ENERGIA PELO JUNDIÁ, *Rhamdia
quelen*: CRESCIMENTO, ATIVIDADE DE ENZIMAS DIGESTIVAS E UTILIZAÇÃO DOS
NUTRIENTES**

GIOVANNI VITTI MORO

**FLORIANÓPOLIS
2008**



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

**UTILIZAÇÃO DE FONTES DIETÉTICAS NÃO PROTÉICAS DE ENERGIA PELO JUNDIÁ, *Rhamdia
quelen*: CRESCIMENTO, ATIVIDADE DE ENZIMAS DIGESTIVAS E UTILIZAÇÃO DOS
NUTRIENTES**

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

Orientadora: Dr^a. Débora Machado Fracalossi.

GIOVANNI VITTI MORO

FLORIANÓPOLIS
2008

Moro, Giovanni Vitti,

Utilização de fontes dietéticas não protéicas de energia pelo jundiá, *Rhamdia quelen*: crescimento, atividade de enzimas digestivas e utilização dos nutrientes / Giovanni Vitti Moro – 2008.

43 f : grafs., tabs.

Orientadora: Débora Machado Fracalossi.

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

1. Nutrição; 2. Jundiá; 3. Enzimas digestivas; 4. Carboidratos e lipídios; 5. Utilização dos nutrientes.

**Utilização de fontes dietéticas não protéicas de energia pelo jundiá,
Rhamdia quelen: crescimento, atividade de enzimas digestivas e
utilização dos nutrientes.**

Por

GIOVANNI VITTI MORO

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

Banca Examinadora:

Dra. Débora Machado Fracalossi - *Orientadora*

Dr. Alexandre Sachsida Garcia

Dr. Gilberto Moraes

À minha família, em especial aos meus pais,
José Roberto Moro e Fabíola Vitti Moro, e
meus irmãos. Por toda a confiança e amor
recebidos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, pois sem a educação e os ensinamentos que eles me passaram, durante minha vida, eu não seria a pessoa que sou hoje.

Agradeço a minha orientadora, Profa. Débora Machado Fracalossi pela dedicação e auxílio durante o período do mestrado.

Ao Doutorando Marcos Weingartner pela ajuda na obtenção dos peixes para o ensaio.

Ao Professor Dr. Gilberto Moraes e ao aluno Rodrigo Yamakami Camilo, por toda presteza e auxílio nas análises enzimáticas e de composição do fígado.

Ao mestrando Renato Eiji Kitagima pelo auxílio em todas as análises bromatológicas.

A toda equipe do LAPAD, Ronaldo, Lauro, Luciano, Pedro, Vitor, Claudia, Marcos, Maurício, Leonardo, meus sinceros agradecimentos pelo total apoio e, principalmente pela amizade de todos.

Agradeço por fim a CAPES pela bolsa de mestrado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE ABREVIATURAS	
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO	12
O jundiá.....	12
Fontes de energia em dietas para peixes.....	13
Utilização de carboidratos pelos peixes	13
Utilização de lipídios pelos peixes	15
Atividade da amilase e lipase em peixes.....	16
Reserva corporal de energia – glicogênio e gordura – em peixes	17
Importância da relação entre carboidrato e lipídio (C:L) na dieta de peixes	17
UTILIZAÇÃO DE FONTES DIETÉTICAS NÃO PROTÉICAS DE ENERGIA PELO JUNDIÁ, <i>RHAMDIÁ QUELEN</i> : CRESCIMENTO, ATIVIDADE DE ENZIMAS DIGESTIVAS E UTILIZAÇÃO DOS NUTRIENTES.....	19
Resumo.....	20
Introdução	21
Material e Métodos	21
Resultados e Discussão	25
Agradecimentos	34
Referências	35
REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO.....	38
CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
ANEXO	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Regressão polinomial de segunda ordem da percentagem de gordura corporal de alevinos de jundiá após receberem dietas com diferentes relações C:L por 75 dias..... 27

Figura 2. Regressão polinomial de segunda ordem da concentração de glicogênio no fígado de alevinos de jundiá alimentados com dietas contendo diferentes relações carboidrato:lipídio (C:L) por 75 dias..... 30

Figura 3. Regressão polinomial de segunda ordem da concentração de amilase no intestino de alevinos de jundiá alimentados com dietas contendo diferentes relações carboidrato:lipídio (C:L) por 75 dias..... 32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição das dietas experimentais.....	22
Tabela 2. Variáveis de desempenho zootécnico em alevinos de jundiá alimentados com dietas contendo diferentes relações carboidrato:lipídio (C:L).....	26
Tabela 3. Composição corporal e taxas de utilização da proteína e da energia da dieta por alevinos de jundiá, após alimentação com dietas contendo diferentes relações carboidrato: lipídio (C:L) por setenta e cinco dias.	28
Tabela 4. Atividade das enzimas digestivas no estômago e no intestino dos jundiá.....	30
Tabela 5. Composição do fígado dos jundiás.	33

LISTA DE ABREVIATURAS

°C - grau Celsius

CA - conversão alimentar

CCA - Centro de Ciências Agrárias

g - grama

GP - ganho em peso

h - hora

kcal - quilocaloria

kg - quilograma

L - litro

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

mg - miligrama

min - minuto

ml – mililitros

rpm - rotações por minuto

μ - micro

PB - proteína bruta

CZ - cinzas (matéria mineral)

EE - extrato etéreo

FB - fibra bruta

ENN - extrativo não nitrogenado

pH - concentração hidrogeniônica

TCE - taxa de crescimento específico

TRP - taxa de retenção protéica

TRE - taxa de retenção energética

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

UI - unidade internacional

C:L - relação entre carboidratos e lipídios

RESUMO

Diferentes relações dietéticas entre carboidratos e lipídios (C:L) foram avaliadas no crescimento, atividade de enzimas digestivas e utilização de nutrientes pelo jundiá, um bagre onívoro com grande potencial para aqüicultura. Grupos de 40 alevinos foram estocados em 24 tanques e alimentados com dietas isoprotéicas (41% proteína bruta), isoenergéticas (3.202 kcal/kg) e semipurificadas, durante 75 dias. As dietas continham 8 relações C:L: 0,35:1, 1,0:1, 2,0:1, 3,4:1, 4,6:1, 5,3:1, 5,6:1 e 6,5:1 e foram fornecidas duas vezes ao dia até à saciedade aparente. O aumento na relação C:L não afetou significativamente o desempenho dos peixes ou a taxa de retenção de energia da dieta. Entretanto, a maior retenção protéica foi observada nos peixes alimentados com a relação C:L 5,3:1. A atividade da amilase intestinal aumentou com o aumento da relação C:L da dieta até 3,42:1, mas diminuiu nas relações mais altas. A concentração de glicogênio no fígado teve uma resposta similar à atividade da amilase, o que sugere que relações C:L altas podem causar uma sobrecarga metabólica para o jundiá. Assim, apesar do jundiá apresentar hábito alimentar onívoro, os resultados deste estudo indicam que a inclusão de somente 15,7% de um carboidrato altamente digestível (dextrina, correspondente à dieta C:L 5,3:1) é suficiente para ocasionar má utilização protéica e sobrecarga metabólica no jundiá.

ABSTRACT

A study was conducted to evaluate the effect of different dietary carbohydrate to lipid (C:L) ratios on growth, digestive enzyme activities and nutrient utilization by jundiá, an omnivorous catfish with farming potential. Groups of 40 fingerlings were stocked in 24 tanks and fed eight isonitrogenous (41% crude protein) and isoenergetic (3,202 kcal/kg) casein-based diets for 75 days. Diets had eight C:L ratios: 0.35:1, 1.0:1, 2.0:1, 3.4:1, 4.6:1, 5.3:1, 5.6:1, and 6.5:1, and were fed twice a day to apparent satiation. Increasing C:L ratio did not significantly affect growth performance or net energy utilization. However, the highest apparent net protein utilization was observed in fish fed the 5.3:1 C:L diet. Intestinal amylase activity increased as dietary carbohydrate concentration increased up to 3.42 but decreased at higher C:L ratios. Liver glycogen responded similarly to amylase activity, which may suggest that dietary C:L ratios above 3.42 can cause metabolic burden for jundiá. Therefore, despite jundiá omnivorous feeding habit, our findings indicate that the inclusion of only 15.7% of dextrin (C:L = 5.3), a highly digestible carbohydrate, is enough to decrease protein retention and metabolic burden.

INTRODUÇÃO

A atividade de aqüicultura em Santa Catarina teve início com a piscicultura de água doce na década de 70, com o apoio do serviço de extensão pesqueira, aproveitando algumas iniciativas particulares já existentes, principalmente nas regiões de cultura européia. Inicialmente as tilápias (*Tilápia rendalli* e mais tarde as *Oreochromis* sp) e carpas (ex: *Cyprinus carpio*) foram os peixes cultivados, aproveitando principalmente áreas subutilizadas e subprodutos das propriedades rurais (ROCZANSKI et al., 2000).

Outras espécies também foram gradativamente introduzidas em Santa Catarina a exemplo do pacu (*Piaractus mesopotamicus*.), tambaqui (*Colossoma macropomum*), curimatã (*Prochilodus* sp) e dos "bricons", passando a ser criadas principalmente como peixes complementares nos policultivos, da mesma forma que são usadas as espécies nativas locais: traíra (*Hoplias* sp), cascudo (*Hipostomus* sp) e jundiá (*Rhamdia* sp) (ROCZANSKI et al., 2000).

Dentre as espécies nativas com potencial para a piscicultura continental destaca-se o jundiá (*Rhamdia quelen*) (QUOY; GAIMARD, 1824). Os adultos desta espécie apresentam hábito alimentar onívoro, com preferência por peixes, crustáceos, insetos, restos vegetais e detritos orgânicos (GUEDES, 1980; MEURER; ZANIBONI-FILHO, 1997). O crescimento dos alevinos é rápido, atingindo 5cm de comprimento em viveiros de piscicultura, em menos de trinta dias (GOMES et al., 2000).

O jundiá

O jundiá é um bagre de água doce, da ordem dos Siluriformes, família Heptapteridae, possui hábito alimentar onívoro e ampla distribuição geográfica, tendo sua ocorrência sido registrada desde a região central da Argentina até o sul do México (BALDISSEROTTO; RADÜNZ NETO, 2005). Esta espécie tem despertado grande interesse para a piscicultura da região Sul do Brasil pela sua resistência ao manejo, crescimento acelerado inclusive nos meses mais frios (CARNEIRO et al., 2002; FRACALLOSSI et al., 2002), boa eficiência alimentar (MEYER; FRACALLOSSI, 2004) e por apresentar carne saborosa e sem espinhos intramusculares. Há oferta de alevinos na região sul, onde o jundiá vem sendo cultivado com razoável sucesso, considerando-se que poucos são os estudos relacionados ao manejo alimentar ou exigências nutricionais desta espécie. A exigência protéica na dieta de alevinos foi determinada por Meyer e 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.

Uma dificuldade enfrentada principalmente pelos produtores de alevinos de jundiá é a alta susceptibilidade destes ao protozoário *Ichthyophthirius multifiliis*, o "ictio", cuja infestação se desenvolve rapidamente e resulta em elevada mortalidade e prejuízos em pisciculturas da região sul do país. O ictio é um ectoparasito que perfura rapidamente a epiderme e se estabelece entre a epiderme e a derme, causando a enfermidade conhecida como ictiofitiríase ou doença dos pontos brancos (PAVANELLI et al., 1998).

Outra dificuldade encontrada para o cultivo do jundiá é a maturação precoce, a qual é identificada como um problema em potencial durante a fase de engorda (FRACALLOSSI et al., 2007).

Ambos os sexos atingem a maturação sexual bem antes de alcançarem o peso comercial (BALDISSEROTTO; RADÚNZ-NETO, 2004). Desta forma, a energia que poderia ser direcionada para o crescimento somático, é desviada para o desenvolvimento das gônadas, reduzindo substancialmente a taxa de crescimento e a eficiência alimentar durante este período. Além da redução no crescimento dos animais, foi demonstrado que o desenvolvimento das gônadas ainda pode alterar a qualidade da carcaça (PERUZZI et al., 2004). Deste modo, torna-se necessário averiguar métodos capazes de reduzir o efeito negativo da maturação precoce sobre o cultivo do jundiá.

Fontes de energia em dietas para peixes

A energia necessária para os processos vitais dos peixes origina-se a partir do catabolismo dos macronutrientes, como proteínas, carboidratos e lipídios. Dentre esses, as proteínas são utilizadas na formação de tecidos e também como fonte de energia. A utilização de proteínas está estritamente relacionada à concentração energética da dieta. Para que haja maximização no desempenho dos peixes, essa relação deve estar adequada, pois a síntese e degradação protéica são dependentes de um aporte energético ideal (COWEY, 1979). As principais conseqüências do desequilíbrio na relação proteína:energia na dieta são:

- Baixa relação energia:proteína que resultará na utilização de proteínas para produção de energia. Isto é indesejável, devido ao alto custo deste nutriente. Adicionalmente o excesso de proteína que será catabolizada à amônia, o que pode, em sistemas de cultivo, aumentar a carga poluidora do efluente.
- Alta relação energia:proteína pode limitar o consumo dos peixes, resultando na ingestão de nutrientes em quantidades abaixo das exigidas, bem como o acúmulo indesejável de gordura na carcaça.

A utilização de proteínas como fonte energética pode ser reduzida pela utilização de uma adequada concentração de lipídios e carboidratos na dieta; fontes de energia mais baratas que as proteínas. Essa redução na transformação da proteína em energia, favorecendo sua utilização para o crescimento e formação dos tecidos, é denominada de “protein-sparing effect” (WILSON, 1989). Por outro lado, o excesso de energia na dieta de peixes pode resultar em acúmulo de gordura corporal (PAGE; ANDREWS, 1973) e mesmo em baixa utilização dos outros nutrientes por diminuir o consumo (BROMLEY, 1980; METAILLER et al., 1981; ALSTED; JOKUMSEN, 1989). Dessa forma, a utilização de fontes energéticas mais baratas (como carboidratos e lipídios) que propiciem a utilização da proteína, em sua maior parte, para a formação de tecidos, é de grande importância econômica para o setor produtor de alimentos para peixes.

Utilização de carboidratos pelos peixes

Os carboidratos são compostos formados por moléculas de carbono, hidrogênio e oxigênio. Eles são classificados de acordo com sua complexidade em monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos, cujos exemplos são glicose, maltose e amido, respectivamente. Os carboidratos possuem basicamente duas funções principais: armazenamento de energia, nos animais e vegetais e

componente de tecidos estruturais, como a celulose, em vegetais. O amido é um exemplo de carboidrato de reserva energética nos vegetais e as fibras, de carboidratos estruturais. Apesar do carboidrato não ser considerado um nutriente essencial para os peixes (NRC, 1993), os subprodutos de grãos, largamente utilizados como ingredientes na formulação de rações para peixes, são ricos em carboidratos. Portanto, é de grande importância conhecer como é o aproveitamento deste nutriente pelos peixes.

Os carboidratos estruturais são pouco aproveitados pelos peixes, já que não sintetizam enzimas, como a celulase, capazes de atuar na digestão de parte dessas moléculas. Já os carboidratos não estruturais são bem aproveitados pelos animais de modo geral, porém sua utilização pelos peixes é limitada. O valor nutricional dos carboidratos varia entre as espécies de peixes. De um modo geral, peixes de águas quentes e continentais aproveitam melhor os carboidratos da dieta do que peixes de águas frias e marinhas (NRC, 1993). A habilidade dos peixes em utilizar carboidratos da dieta difere entre as espécies. Estudos têm demonstrado que a carpa comum (*Cyprinus carpio*) (TAKEUCHI et al., 1979; FURUICHI; YONE, 1980), catfish americano (*Ictalurus punctatus*) (GARLING; WILSON, 1977) e tilápia (*Oreochromis niloticus*) (EL-SAYED; GARLING, 1988), todas espécies de hábito alimentar onívoro, utilizam de forma eficaz o carboidrato em concentrações elevadas quando comparados ao olhete (*Seriola lalandi*) e salmonídeos, espécies de hábito alimentar carnívoro. Em geral, para peixes carnívoros como a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (LEE; PUTNAM, 1973), o linguado (*Pleuronectes platessa*) (Cowe et al., 1975) e o olhete (TAKEDA et al., 1975) a concentração de carboidrato recomendada na dieta é menor que 25% da quantidade total de energia e que este seja fornecido na forma de dextrose ou amido gelatinizado. Por outro lado, o catfish americano (PAGE; ANDREWS, 1973; GARLING; WILSON, 1977) e a carpa comum (TAKEUCHI et al., 1979), ambos onívoros, pode aceitar percentuais mais alto de carboidratos em suas dietas.

Os peixes de hábito alimentar onívoro possuem maior capacidade de regulação da concentração de glicose no sangue, e isso pode explicar a maior capacidade desses peixes em utilizar o carboidrato (HEMRE et al., 2002). Essa resposta regulatória se traduz em um aumento da atividade da via glicolítica, bem como da lipogênese, e uma redução na gliconeogênese, conforme descrito por Shimeno e colaboradores (1993) para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Em um estudo comparativo, foi observado um aumento na atividade glicolítica, substancialmente maior para a carpa (*Cyprinus carpio*), uma espécie onívora, do que para duas espécies carnívoras, o pargo (*Chrysophrys major*) e o olhete (*Seriola quinqueradiata*), quando foram fornecidas glicose para os peixes. Entretanto, todas as espécies demonstraram um pequeno aumento na gliconeogênese, sendo que esse aumento foi maior para o olhete do que para a carpa (FURUICHI; YONE, 1982). Esses resultados indicam que os peixes onívoros possuem mecanismos adaptativos mais eficientes para lidar com uma maior concentração de carboidratos na dieta do que peixes carnívoros.

O uso do carboidrato dietético pelos peixes também está associado com a complexidade deste (WILSON, 1994). Espécies de peixes como o catfish americano (*Ictalurus punctatus*) (WILSON; POE, 1987) e a carpa (*Cyprinus carpio*) (FURUICHI; YONE, 1982) utilizam melhor a dextrina ou o amido em comparação à glicose. Da mesma forma, em um estudo com o linguado (*Paralichthys*

olivaceus) Lee et al. (2003) observaram um menor crescimento nos peixes que receberam fontes mais simples de carboidrato (glicose e maltose) do que nos peixes que receberam dextrina. No entanto, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), não foram observadas diferenças no crescimento quando diferentes fontes de carboidratos (glicose, sacarose, dextrina e amido) foram adicionadas à dieta por 63 dias (Anderson et al., 1984). Esses autores afirmam que um período maior de experimento deveria ter sido empregado para verificar possíveis danos metabólicos pelas fontes mais simples de carboidratos. Entretanto, os ingredientes ricos em carboidratos são mais disponíveis no mercado, propiciando uma forma de energia mais barata que aquela produzida por ingredientes ricos em proteínas ou lipídios. Portanto, se este macronutriente não está presente na dieta, os lipídios e as proteínas são metabolizados para obtenção de energia, aumentando o custo da ração. Deste modo, é importante suprir a concentração apropriada de carboidratos na dieta de peixes cultiváveis para diminuir o seu custo. Entretanto, alimentos com altas concentrações de carboidratos resultam em um aumento no tamanho do fígado e conteúdo de glicogênio em salmonídeos (BUHLER; HALVER, 1961; LEE; PUTNAM, 1973). Efeito semelhante também foi relatado para o pargo (*Pagrus major*) (FURUICHI; YONE, 1971) e para o linguado (*Pleuronectes platessa*) (COWEY et al., 1975).

Embora as necessidades específicas de carboidratos não estejam estabelecidas para a maioria dos peixes, a presença de suas formas digestíveis na dieta pode favorecer o crescimento de algumas espécies. Por exemplo, o crescimento de alevinos de catfish americano foi maior quando sua dieta continha mais carboidrato do que lipídio como fonte de energia não protéica (GARLING; WILSON, 1977). Carboidratos podem servir como precursores de aminoácidos e ácidos nucléicos, necessários para o crescimento. Por representar a fonte de energia mais barata da dieta, os carboidratos devem ser incluídos na concentração máxima tolerável para as espécies de peixes. Esta informação, entretanto, ainda não existe para o jundiá.

Utilização de lipídios pelos peixes

Os lipídios são uma importante fonte de energia e de ácidos graxos essenciais na dieta, necessários para o crescimento e desenvolvimento dos peixes, sendo também importantes para absorção de vitaminas lipossolúveis. Os lipídios apolares, na forma de triacilgliceróis, são hidrolisados pelas enzimas digestivas, resultando em glicerol e ácidos graxos livres, os quais são principalmente catabolisados para obtenção de energia (NRC, 1993). Já os lipídios polares, na forma de fosfolipídios, são componentes essenciais das membranas celulares.

Lipídios servem como importante fonte de energia para todos os peixes, mas principalmente para peixes carnívoros de águas frias e marinhas, os quais apresentam capacidade limitada para utilizar os carboidratos da dieta como fonte de energia. Diferente do que acontece com os carboidratos, a grande maioria das espécies de peixes utiliza de forma eficiente os lipídios da dieta (SARGENT et al., 1989).

Muitos estudos demonstram que o aumento da concentração de lipídios na dieta, até certo ponto, resulta em maior aproveitamento da proteína pelos peixes, com melhoras nos índices de utilização alimentar e no crescimento. Takeuchi et al. (1978) relataram 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) demonstraram que é possível diminuir a concentração protéica da dieta do olhete (*Seriola quinqueradiata*) de 70% para 55%, sem provocar diminuição na taxa de crescimento, quando o conteúdo de lipídios foi incrementado de 10% para 17%. Em outras espécies, porém, até mesmo uma redução no crescimento é verificada com o aumento da concentração de lipídios na dieta, acima de 4%, como é o caso da carpa indiana, *Catla catla* (SEENAPA; DEVARAJ, 1995) e a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (MEURER et al., 2002).

A concentração de lipídios na dieta de peixes vai depender do tipo de lipídio, bem como do conteúdo de proteína e energia desta dieta. Concentrações de lipídios acima 20% produziram ótimos resultados para algumas espécies de peixes (LEE; PUTMAN, 1973; ADRON et al., 1976). 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 reduzir o tempo de prateleira do pescado. Até o presente não existem informações na literatura sobre a concentração ideal de lipídios na dieta do jundiá.

Atividade da amilase e lipase em peixes

De acordo com Buddington e colaboradores (1997) os peixes possuem a capacidade de se adequar à composição nutricional da dieta pela adaptação de alguns processos digestivos, tais como perfil e secreção enzimáticos, absorção e transporte de nutrientes. Entretanto, essa capacidade é variável entre as espécies de peixes. Normalmente, peixes de hábito alimentar carnívoro possuem uma capacidade adaptativa mais limitada que peixes onívoros (BUDDINGTON et al., 1997). Ainda, de acordo com Hidalgo et al. (1999) a atividade das proteases é menos dependente do hábito alimentar do que a atividade da amilase, a qual geralmente é maior nos peixes onívoros.

A digestão do amido é realizada principalmente pela enzima denominada amilase, que rompe as ligações glicosídicas α 1-4, produzindo, a partir do amido, uma variedade de oligossacarídeos (LEHNINGER et al., 1993). Segundo Jobling (1994), o aumento da produção de amilase pode ocorrer em resposta à presença de carboidratos ou de produtos da sua hidrólise no trato gastrintestinal. Por exemplo, a glicose pode influenciar diretamente a produção desta enzima pelo tecido pancreático ou indiretamente, estimulando a liberação de insulina pelo pâncreas, que por sua vez estimulará a produção de amilase. A capacidade de digerir polissacarídeos, mesmo pouco desenvolvida, está presente em peixes carnívoros (HALVER; HARDY, 2002). Entretanto, peixes tropicais de água doce geralmente utilizam mais eficientemente concentrações relativamente elevadas de carboidratos na dieta, quando comparados com salmonídeos e peixes marinhos.

O pâncreas nos peixes é normalmente difuso ou faz parte do fígado (hepatopâncreas). A lipase é sintetizada principalmente no pâncreas dos peixes, porém, segundo Borlongan (1990), a mucosa intestinal de diversas espécies de peixes teleósteos é capaz de sintetizar lipase. Esse mecanismo serve para compensar a falta de um pâncreas bem desenvolvido. Apesar de ser observada a atividade da lipase no estômago de alguns peixes, o sítio primário de hidrólise dos lipídios para a maioria das espécies de peixes é na porção anterior do intestino e nos cecos pilóricos, quando presentes (GISBERT et al., 1999). No entanto, de acordo com Smith (1989), a digestão de

lipídios continua nas demais porções do intestino, principalmente naquelas espécies estritamente carnívoras, que apresentam o trato digestório extremamente curto (FERRARIS; AHEARN, 1984).

Melo et al. (2004) verificaram que a produção da amilase e da lipase no trato gastrointestinal do jundiá é maior na porção anterior do intestino, ou seja, na região próxima ao duodeno. Entretanto, segundo esses mesmos autores, essas enzimas também estão presentes nas demais porções do intestino e também no estômago, no entanto, em menor concentração.

Reserva corporal de energia – glicogênio e gordura – em peixes

O glicogênio hepático é considerado um estoque emergencial de energia prontamente utilizável nos primeiros momentos de situações críticas de estresse (CHRISTIANSEN; KLUNGSOYR, 1987). Os polissacarídeos são encontrados em todas as células dos animais e mais abundantemente no fígado, alcançando normalmente 7% do peso seco do tecido (STRYER, 1971).

Como consequência de uma intensa atividade física, as reservas de glicogênio no músculo e fígado dos peixes podem diminuir em poucos minutos, sendo restabelecidas somente 24 horas após terem sido consumidas. Nagai e Ikeda (1971) mostraram que períodos de restrição alimentar superiores a 164 dias não resultaram em uma queda significativa na reserva de glicogênio muscular da carpa comum, embora esta espécie tenha mostrado uma redução de 75% na reserva de glicogênio tecidual hepático após 100 dias de restrição alimentar. Isto mostra que a carpa inicia a utilização das reservas de glicogênio do corpo a partir do glicogênio tecidual hepático. O glicogênio é fundamentalmente utilizado para fornecer glicose em resposta a várias situações fisiológicas ou mesmo de estresse ambiental. Variações de pH, concentração de oxigênio dissolvido na água, salinidade, períodos de grande esforço físico e mudanças na dieta podem resultar tanto em aumento como em diminuição do estoque de glicogênio dos peixes (SOENGAS et al., 1995; MORAES et al., 1996).

Nos peixes, os lipídios são estocados em muitos tecidos, diferente de mamíferos que os estocam quase exclusivamente no tecido adiposo. Segundo Van Den Tillart e Van Raaij (1995), os sítios de estocagem de lipídios mais importantes em peixes são o mesentério adiposo, fígado e músculo. Além disso, os lipídios corpóreos refletem os lipídios da dieta, em termos de quantidade e composição de ácidos graxos, embora possam ser sintetizados a partir de carboidratos e aminoácidos (CARTER et al., 2001).

Importância da relação entre carboidrato e lipídio (C:L) na dieta de peixes

A concentração protéica da dieta é geralmente considerada fundamental para o ótimo crescimento do animal. Igualmente importante, entretanto, é a inclusão de níveis apropriados de fontes não protéicas de energia na dieta, os 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 mais baratos que a proteína e amplamente 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). Altas concentrações de

lipídios na dieta podem diminuir a estabilidade dos péletes, bem como alterar as características da carcaça e composição corporal.

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. Estudos com bagre africano (*Clarias batrachus*) demonstraram que o crescimento e a conversão alimentar são afetados pela natureza e/ou níveis de energia de fontes não protéicas na dieta. 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% - relação carboidrato:lipídio (C:L) variando de 0,02 a 3,38 - melhorou significativamente o crescimento, bem como a conversão para esta espécie (ERFANULLAH, 1998). Igualmente, 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). Nesse estudo, foi verificado o efeito poupador da proteína, proveniente da adição de fontes não protéicas de energia (carboidratos e lipídios) na dieta e um melhor crescimento dos peixes nas dietas que tinham uma relação C:L de 5,3:1. Entretanto, para alevinos de catfish americano alimentados com dietas contendo 24% de proteína bruta, 2.750 kcal/kg de energia metabolizável e relação C:L de 0,45 a 4,5, não foi observada diferença significativa para o ganho de peso, conversão alimentar ou protéica (GARLING; WILSON, 1977). Deste modo, é importante determinar para cada espécie criada comercialmente, qual relação C:L na dieta proporcionará o maior crescimento, conversão alimentar e adequada composição corporal. Entretanto, ainda não é conhecido se a relação C:L na dieta afeta o crescimento e/ou a utilização de nutrientes pelo jundiá.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de oito dietas contendo relações crescentes entre C:L no crescimento, aproveitamento dos nutrientes, perfil de enzimas digestivas e intermediários metabólicos no fígado de alevinos de jundiás.

O artigo científico que segue foi escrito de acordo com as normas para publicação no periódico *Aquaculture Research*, Blackwell Publishing.

Título: Utilização de fontes dietéticas não protéicas de energia pelo jundiá, *Rhamdia quelen*: crescimento, atividade de enzimas digestivas e utilização dos nutrientes

Autores: Giovanni Vitti Moro¹, Débora Machado Fracalossi^{1*}, Gilberto Moraes² e Rodrigo Yamakami Camilo²

¹ Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce, Departamento de Aqüicultura, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil.

² Departamento de Genética e Evolução, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP, Brasil.

Contato: *Departamento de Aqüicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Rodovia Admar Gonzaga, 1346, 88034-001 Florianópolis, SC, Brazil. E-mail: deboraf@cca.ufsc.br

Palavras-chave: *Rhamdia quelen*, relação carboidrato:lipídio, enzimas digestivas, jundiá, nutrição, utilização dos nutrientes.

RESUMO

Diferentes relações dietéticas entre carboidratos e lipídios (C:L) foram avaliadas no crescimento, atividade de enzimas digestivas e utilização de nutrientes pelo jundiá, um bagre onívoro com grande potencial para aqüicultura. Grupos de 40 alevinos foram estocados em 24 tanques e alimentados com dietas isoprotéicas (41% proteína bruta), isoenergéticas (3.202 kcal/kg) e semipurificadas, durante 75 dias. As dietas continham 8 relações C:L: 0,35:1, 1,0:1, 2,0:1, 3,4:1, 4,6:1, 5,3:1, 5,6:1 e 6,5:1 e foram fornecidas duas vezes ao dia até à saciedade aparente. O aumento na relação C:L não afetou significativamente o desempenho dos peixes ou a taxa de retenção de energia da dieta. Entretanto, a maior retenção protéica foi observada nos peixes alimentados com a relação C:L 5,3:1. A atividade da amilase intestinal aumentou com o aumento da relação C:L da dieta até 3,42:1, mas diminuiu nas relações mais altas. A concentração de glicogênio no fígado teve uma resposta similar à atividade da amilase, o que sugere que relações C:L altas podem causar uma sobrecarga metabólica para o jundiá. Assim, apesar do jundiá apresentar hábito alimentar onívoro, os resultados deste estudo indicam que a inclusão de somente 15,7% de um carboidrato altamente digestível (dextrina, correspondente à dieta C:L 5,3:1) é suficiente para ocasionar má utilização protéica e sobrecarga metabólica no jundiá.

INTRODUÇÃO

O catabolismo dos macronutrientes, proteínas, carboidratos e lipídios, geram a energia necessária para os processos metabólicos dos peixes. Entretanto o uso da proteína dietética para gerar energia não é efetivo economicamente e pode resultar em um excesso de amônia no efluente gerado pela piscicultura. É reconhecido que os carboidratos e lipídios dietéticos podem economizar o uso da proteína como energia (WILSON, 1989) e reduzir o custo das rações. Dessa forma, a determinação da relação das fontes de energia não protéicas na ração é importante para a máxima eficiência alimentar uma vez que a exigência em proteína dietética está fortemente ligada a disponibilidade energética.

O interesse no cultivo do jundiá (*Rhamdia quelen*) na região sul do Brasil é baseado na sua alta capacidade de tolerar baixas temperaturas, quando comparado com a maioria das espécies neotrópicas, as quais reduzem ou cessam o crescimento nessas condições (FRACALLOSSI et al., 2004). No entanto o jundiá possui uma alta exigência protéica (MEYER; FRACALLOSSI, 2004) quando comparado com outras espécies onívoras, como a tilápia e o catfish (NRC, 1993).

Por exemplo, rações de crescimento para o jundiá devem conter entre 32 e 35% de proteína bruta (FRACALLOSSI et al., 2007). Isso demonstra que o jundiá não é um onívoro típico, e se comporta como um onívoro com tendências a carnivoría. Adicionalmente, o jundiá não digere muito bem ingredientes ricos em carboidratos diferentemente de outros onívoros, provavelmente devido ao seu intestino curto. A digestibilidade aparente dos nutrientes de alguns ingredientes foram previamente testadas em nosso laboratório para juvenis de jundiá (75,8 g de peso corporal inicial) pela adição de 0,5% de óxido de cromo em uma dieta prática basal (OLIVEIRA-FILHO; FRACALLOSSI, 2006). Os coeficientes de digestibilidade aparente da energia foram de 80,0%, 76,5%, 74,8%, 64,8% e 59,1%, enquanto que os da digestibilidade da matéria seca foram 82,2%, 73,3%, 58,6%, 60,5% e 57,2% para o farelo de glúten de milho, farelo de soja, farinha de resíduos de peixe, quirela de arroz e milho moído respectivamente. Isso demonstra que o jundiá não utiliza bem a energia de ingredientes ricos em carboidratos, apesar do seu hábito alimentar.

Dessa forma, este estudo foi desenvolvido para avaliar qual a relação entre carboidratos e lipídios na dieta é a melhor para o crescimento do jundiá, atividade das enzimas digestivas e utilização dos nutrientes da dieta. Adicionalmente nosso objetivo é de estabelecer a concentração máxima de dextrina que pode ser incluída em uma dieta semipurificada para o jundiá.

MATERIAL E MÉTODOS

Desenho experimental

Um ensaio alimentar foi realizado nas dependências do laboratório de peixes de água doce do departamento de aqüicultura, UFSC, Florianópolis, Brasil (27°34'18"S 48°37'32"W), para testar o efeito de oito relações carboidrato:lipídio (C:L) na dieta no crescimento, atividade das enzimas digestivas e utilização dos nutrientes por alevinos de jundiá. Grupos de quarenta alevinos (peso corporal inicial de $0,63 \pm 0,02$ g) foram estocados em vinte e quatro tanques de 120 L ligados a um

sistema de recirculação de água com suprimento de ar e filtragem mecânica e biológica. A qualidade da água foi monitorada diariamente. Os valores médios (\pm desvio padrão) para o pH, oxigênio dissolvido, temperatura da água e concentração de amônia foram $7,33 \pm 0,16$, $7,38 \pm 0,14$ mg L⁻¹, $31,08 \pm 0,89$ °C, e menor que 0,25 mg L⁻¹, respectivamente e foram adequadas para o crescimento do jundiá (BALDISSEROTTO; RADÜNZ-NETO, 2004).

Os peixes foram alimentados até a saciedade aparente, duas vezes ao dia durante 75 dias. Nas dietas experimentais semipurificadas, à base de caseína e gelatina, as fontes de carboidrato e lipídios utilizadas foram a dextrina e uma mistura 2:1 de óleo de fígado de bacalhau e óleo de soja, respectivamente. As dietas foram formuladas para conter a mesma concentração energética (3.200 kcal/kg) e protéica (41% de proteína bruta), além de oito relações entre carboidratos e lipídios (C:L) 0,35:1, 1,0:1, 2,0:1, 3,4:1, 4,6:1, 5,3:1, 5,6:1 e 6,5:1 (Tabela 1).

Tabela 1. Composição das dietas experimentais¹.

Ingredientes, %	Relação Carboidrato:Lipídio das Dietas							
	0,35:1	1,0:1	2,0:1	3,4:1	4,6:1	5,3:1	5,6:1	6,4:1
Caseína	35,13	35,34	35,00	34,23	34,54	34,54	35,00	35,06
Gelatina	9,00	8,80	8,80	9,30	9,00	9,00	8,56	8,50
Dextrina	0,00	7,50	11,00	13,00	14,50	15,70	16,20	16,70
Óleo de fígado de bacalhau	7,53	4,86	3,68	2,87	2,26	2,00	1,79	1,59
Óleo de soja	3,76	2,42	1,83	1,43	1,13	1,00	0,89	0,80
Celulose	36,08	32,57	31,18	30,68	30,07	29,27	29,07	28,85
Mistura vitamínica e mineral ²	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Mistura macro-mineral ³	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
<i>Composição Proximal, %</i>								
Energia bruta (kcal / kg) ⁴	3126	3148	3042	3093	3334	3270	3292	3313
Proteína bruta	41,40	41,65	41,32	41,43	41,21	41,05	40,99	40,89
Matéria seca	93,13	89,69	94,88	95,26	95,22	95,20	94,13	93,96
Extrato etéreo	10,73	8,39	6,78	4,73	4,02	3,91	3,76	3,43
Extrativos não nitrogenados	3,72	8,48	13,89	16,20	18,56	20,76	21,20	22,44
Matéria mineral	3,72	3,82	3,53	3,80	3,72	3,83	3,52	3,49
Fibra bruta	40,43	37,66	34,48	33,84	32,49	30,45	30,53	29,75

¹ Dados expressos na matéria seca.

² Premix vitamínico 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).

³ Composição da mistura macro-mineral: 50% fosfato bi-cálcico, 30% cloreto de sódio e 20% de sulfato de magnésio.

⁴ Estimada utilizando-se os valores 5,64 kcal/g para proteína, 4,11 kcal/g para extrativos não nitrogenados e 9,44 kcal/g para o extrato etéreo.

⁴ Energia bruta analisada, ajustada subtraindo a energia estimada da celulose (~4100 kcal/kg) (NRC,1993).

Variáveis de desempenho

Os grupos de peixes em cada unidade experimental foram pesados a cada 20 dias e o peso individual foi registrado no início e no final do experimento. Adicionalmente, o consumo de alimento foi registrado, para cada tanque, durante todo o período experimental.

As variáveis de desempenho foram calculadas de acordo com as fórmulas:

Ganho em peso médio (g): $GPM = (P_{\text{médio final}} - P_{\text{médio inicial}})$

Taxa de crescimento específico (%): $TCE = [100 \times (\ln \text{ peso corporal final} - \ln \text{ peso corporal inicial}) / \text{período experimental (dias)}]$

Conversão alimentar (kg de alimento/kg de peso): $CA = \text{consumo (g)} / GP \text{ (g)}$

Amostragem dos peixes e análises proximais

A análise proximal da composição das dietas experimentais e da composição corporal foram realizadas de acordo com os procedimentos definidos pela AOAC (1999). Uma amostra constituída por 100 peixes foi coletada no início e homogeneizada para determinar a composição corporal inicial; a composição corporal final foi determinada em amostras de 20 peixes, coletadas de cada tanque no final do período experimental. A utilização dos nutrientes da dieta foi calculada de acordo com as fórmulas:

Taxa de retenção protéica (%): $TRP = [\text{peso corporal final (g)} \times \text{proteína corporal final (\%)}] - [\text{peso corporal inicial (g)} \times \text{proteína corporal inicial (\%)}] / \text{proteína consumida (g)} \times 100$

Taxa de retenção de energia (%): $TRE = [\text{peso corporal final (g)} \times \text{energia corporal final (kcal/kg)}] - [\text{peso corporal inicial (g)} \times \text{energia corporal inicial (kcal/kg)}] / \text{energia consumida (kcal/kg)} \times 100.$

Análise das enzimas digestivas

Foram amostrados de 2 a 3 peixes por unidade experimental para a realização tanto das análises das enzimas digestivas quanto do glicogênio, triglicerídeos, proteínas e glicose do fígado. Os tecidos foram coletados sob uma superfície gelada, para evitar a perda de atividade das enzimas ou acelerar o consumo de alguns compostos, como a glicose, o que poderia influenciar os resultados.

Para a análise da atividade das enzimas digestivas foram utilizados aproximadamente 50 mg de tecido para cada ml de tampão de homogeneização (0,02 M Tris/fosfato de sódio 0,01 M, pH 7,0, em glicerol, v/v) tanto para o estômago quanto para o intestino. Os tecidos foram homogeneizados dentro de um tubo Ependorff, com pistilo de Teflon em homogeneizador mecânico tipo Potter-Elvehjem a 1.000 rpm/min durante 30 s, sempre com o tubo imerso em gelo. Após a homogeneização, os extratos foram centrifugados a 12.000 rpm a 4 °C por 5 min e o sobrenadante foi utilizado como fonte de enzima.

A atividade da amilase foi determinada segundo o método proposto por Bernfeld (1955), com modificações. Na mistura de reação contendo 1,0 mL de solução de amido 5% em tampão citrato/fosfato 0,2 M (pH 7,0) e 0,5 mL de solução de NaCl 0,5% como cofator enzimático, foi adicionado um volume adequado de homogeneizado celular. A reação foi incubada a 25°C por 30 min e interrompida com 1,0 ml de solução 5% $ZnSO_4 : Ba(OH)_2$ 0,3 N. Posteriormente, a mistura de reação foi centrifugada a 12.000 rpm por 3 min e, no sobrenadante, determinou-se a concentração de

glicose livre pelo método colorimétrico de Park e Johnson (1949) a 690 nm. A atividade específica foi expressa como μ moles de açúcares redutores totais por min (U) por mg de proteína (UI).

Nos ensaios da atividade proteolítica inespecífica utilizou-se o método de hidrólise da caseína, adaptado de Walter (1984). Os valores adequados de pH para as determinações em cada segmento do trato digestório foram previamente determinados, de tal forma que: tampão 0,2 M glicina/HCl (pH 2,0) foi usado para estômago e tampão 0,1 M Tris/HCl pH 8,0, para o intestino. A mistura de reação foi composta por tampão adequado (500 μ L), caseína 1% (500 μ L) como substrato e alíquota previamente ajustada do homogeneizado como fonte de enzima. Após 45 min de incubação a 25°C, a reação era paralisada com 500 μ L de TCA 15% (ácido tricloroacético) e o precipitado removido por centrifugação a 12.000 rpm por 3 min para leitura do sobrenadante em 280 nm. Todas as amostras foram realizadas em duplicata e, paralelamente, dois brancos, um de enzima (onde a quantidade de enzima foi substituída por água destilada) e outro de substrato (onde o substrato foi substituído por água destilada). Estes passaram pelos mesmos procedimentos dos tubos de reação. A tirosina foi utilizada como padrão e uma unidade de atividade enzimática específica foi definida como a quantidade de enzima necessária para formar 1 μ g de tirosina, por min (U), expressa por mg de proteína (U/mg de proteína).

A atividade da lipase não-específica foi determinada segundo metodologia adaptada de Albro et al. (1985). A reação foi encubada em meio contendo 0,4 mM p-nitrofenil miristato em solução tampão 24 mM de bicarbonato de amônio pH 7,8 e 0,5% Triton X-100. Após 45 min, as reações eram interrompidas pela adição de NaOH 25 mM. A densidade óptica foi registrada a 405 nm e uma unidade de atividade enzimática específica foi definida como a quantidade de enzima necessária para formar 1 μ mol de substrato hidrolisado por minuto (U), expressa por mg de proteína (U/mg proteína).

A concentração protéica foi determinada nos tecidos homogeneizados usando albumina bovina como padrão (LOWRY et al., 1951), para que se pudesse determinar as atividades específicas das enzimas.

Análises de glicogênio, glicose e triglicerídeos no fígado

As determinações de glicogênio no fígado foram realizadas como descrito por Bidinotto et al. (1997). Amostras de fígado foram transferidas para um tubo de ensaio na proporção de 50 mg de tecido/ml de KOH 6,0 N e incubados por 3 min a 100°C em banho-maria. Após a dissolução alcalina dos tecidos, 250 μ L desses extratos foram transferidos para tubos rigorosamente limpos, sendo adicionados 3 ml de etanol e 100 μ L de K_2SO_4 10%, seguido de agitação. As amostras foram centrifugadas a 2.000 x g por 1 min. Cada tubo de reação teve seu sobrenadante descartado por inversão e o precipitado novamente suspenso em 2,5 mL de água destilada. Um volume adequado desta dissolução foi analisado quanto ao seu teor de açúcares totais pelo método hidrolítico ácido de Dubois et al. (1956) e o conteúdo de glicogênio, expresso em μ moles de glicosil-glicose/g de tecido.

Para as determinações de glicose no fígado foi utilizado o método de Park e Johnson (1949). Resumidamente, este método consiste na incubação de uma alíquota adequada de extrato celular em meio contendo ferricianeto de potássio, carbonato de sódio e sulfato férrico de amônio em solução ácida com duponol sódico. A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro a 525 nm.

Os triglicerídeos no fígado foram estimados colorimetricamente através da transformação em glicerol por ação de lipoproteína lipase e subsequente transformação do glicerol em glicerolfosfato (CHERNECKY et al., 1993). O glicerolfosfato é oxidado a dihidroxiacetonafosfato e água oxigenada. A água oxigenada, produzida em quantidades equimolares, em presença de aminoantipirina e etilsulfopropil anisidina, resulta na formação de quinoneimina que é lida em 450 nm.

A concentração de proteína total dos tecidos foi determinada a partir de uma alíquota adequada, provinda da digestão alcalina dos tecidos em NaOH 6 N por 1 ou 2 min. Adotou-se o método de Lowry et al. (1951), utilizando-se albumina bovina como padrão, sendo as concentrações expressas em mg de proteína/g tecido.

Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado no ensaio foi o de blocos inteiramente casualizados, devido à diferença na incidência luminosa nos tanques. O efeito do bloco foi significativo, demonstrando a importância da luminosidade no desenvolvimento do jundiá. Os dados obtidos foram submetidos à análise de covariância, utilizando-se o aplicativo SAS[®] (2003). No modelo estatístico utilizado, considerou-se o bloco como efeito aleatório e a relação entre x-y como covariável (efeito linear e quadrático). Para as variáveis que apresentaram correlação com nível de significância menor que 15% ($P < 0,15$) foi realizada a análise de regressão polinomial quadrática, sendo essas concentração de glicogênio, atividade da amilase e percentagem de gordura corporal final (Figuras 1, 2 e 3). Para as demais variáveis, que não apresentaram uma correlação significativa ($P > 0,15$), foi realizada a análise de variância (unicaudal) e teste de Tukey ($\alpha = 0,05$), também utilizando o aplicativo SAS[®] (2003), para verificar possíveis diferenças entre as médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crescimento e utilização dos nutrientes

As diferentes relações C:L na dieta de alevinos de jundiá não afetaram significativamente ($P > 0,05$) as variáveis de desempenho avaliadas neste ensaio (Tabela 2). Resultados similares foram constatados por Garling e Wilson (1977) para o catfish americano, bagre de água doce com hábito alimentar onívoro, onde o ganho em peso, conversão alimentar e deposição protéica corpórea não foram diferentes quando os peixes foram alimentados com dietas isoprotéicas (24% proteína bruta) e isocalóricas (2.750 kcal/kg de energia metabolizável estimada), mas cujas relações C:L variaram de 0,45 a 4,5. Similarmente, Nematipour et al. (1992) e Brauge et al. (1993) não verificaram diferenças significativas no desempenho para os carnívoros "striped bass" híbrido (*Morone saxatilis* x *Morone chrysops*) e truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), respectivamente, quando alimentados com rações contendo diferentes relações entre carboidratos e lipídios. Entretanto, Erfanullah e Jafri (1998) estudando diferentes relações entre C:L (0,02, 0,60, 1,54, 3,38, 8,93 e 43:1) na dieta para três espécies de carpas indianas (*Catla catla*, *Labeo rohita* e *Cirrhinus mrigala*), obtiveram maior ganho em peso e maior taxa de crescimento específico para a *C. catla* e para a *L. rohita* com a relação de 8,93:1, mas para a *C. mrigala*, o melhor desempenho foi com a relação de 3,38:1.

Tabela 2. Variáveis de desempenho zootécnico em alevinos de jundiá alimentados com dietas contendo diferentes relações carboidrato:lipídio (C:L) ^{1,2}.

Relação C:L nas dietas	Peso final	Ganho em peso	Taxa de Crescimento Específico	Consumo	Conversão alimentar
	g/peixe		%	g/peixe	
0,35	4,31 ± 0,61	3,67 ± 0,62	2,50 ± 0,24	4,97 ± 0,62	1,36 ± 0,06
1,01	4,64 ± 0,67	4,00 ± 0,66	2,55 ± 0,18	5,47 ± 0,52	1,38 ± 0,09
2,05	3,97 ± 0,69	3,32 ± 0,68	2,35 ± 0,22	5,12 ± 0,44	1,57 ± 0,21
3,42	4,60 ± 0,82	3,98 ± 0,80	2,61 ± 0,23	5,83 ± 0,74	1,48 ± 0,16
4,62	4,41 ± 0,04	3,78 ± 0,04	2,51 ± 0,02	5,63 ± 0,41	1,49 ± 0,10
5,31	4,92 ± 0,59	4,29 ± 0,59	2,68 ± 0,18	5,85 ± 0,70	1,37 ± 0,03
5,64	3,86 ± 0,32	3,24 ± 0,31	2,41 ± 0,07	4,99 ± 0,09	1,55 ± 0,12
6,54	4,57 ± 0,21	3,95 ± 0,20	2,54 ± 0,08	5,97 ± 0,41	1,51 ± 0,12

¹ Média ± desvio padrão. Não foram observadas diferenças significativas entre as médias pelo teste de Tukey ($P > 0,05$) para as variáveis de desempenho avaliadas.

² O peso médio inicial dos peixes foi 0,63 ± 0,02 g.

As taxas de crescimento específico (TCE) obtidas no presente estudo foram muito próximas às obtidas por Meyer e Fracalossi (2004), que relataram um valor máximo de 2,61% para alevinos de jundiá com aproximadamente 1,5 g de peso inicial, alimentados por um período de noventa dias. Entretanto, Montes-Girao e Fracalossi (2006) obtiveram valores menores de TCE para alevinos de jundiá com peso inicial de aproximadamente 1,5 g. Neste estudo, o valor máximo da TCE foi 1,92%, sendo que os peixes foram alimentados por cento e dezenove dias. Entretanto, para larvas de jundiá com aproximadamente 2 mg de peso inicial, Cardoso et al. (2004) relataram TCE de até 16,42% em ensaio com duração de vinte e um dias. O jundiá, apesar de apresentar um bom crescimento inicial, apresenta TCE menores que as relatadas para outros onívoros de água doce como a tilápia (*Oreochromis niloticus*) e o catfish americano (*Ictalurus punctatus*). Anderson et al. (1984) relataram valores de TCE de aproximadamente 24% para tilápia com peso inicial de 2 g durante sessenta e três dias e Kim e Lovell (1995) relataram que juvenis de catfish americano apresentaram TCE de 3,2% para peixes bem maiores (41 g de peso inicial), durante um período de alimentação de 126 dias. Entretanto, o jundiá apresenta uma TCE semelhante à obtida para o robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) de no máximo 2,2%, com um peso inicial de aproximadamente 5,9 g considerando-se um período de alimentação de 70 dias (PERES; OLIVA-TELES, 2002).

A composição corporal de gordura do jundiá variou de acordo com a relação C:L das dietas experimentais de forma polinomial quadrática ($P < 0,01$) (Figura 1), ou seja, à medida que aumentou a relação C:L das dietas, diminuiu o acúmulo de gordura corporal nos peixes. O acúmulo de gordura foi significativamente maior, pelo teste de comparação das médias ($P < 0,05$) (Tabela 3), nos peixes que receberam as dietas contendo até 11% de dextrina e 6,78% de lipídio, que corresponde à relação C:L 2,05. Entretanto, o acúmulo de gordura diminuiu significativamente nos peixes que receberam dietas

contendo relações C:L maiores que 3,42, que corresponde a uma inclusão de 13% de dextrina e 4,73% de lipídio (Tabela 3).

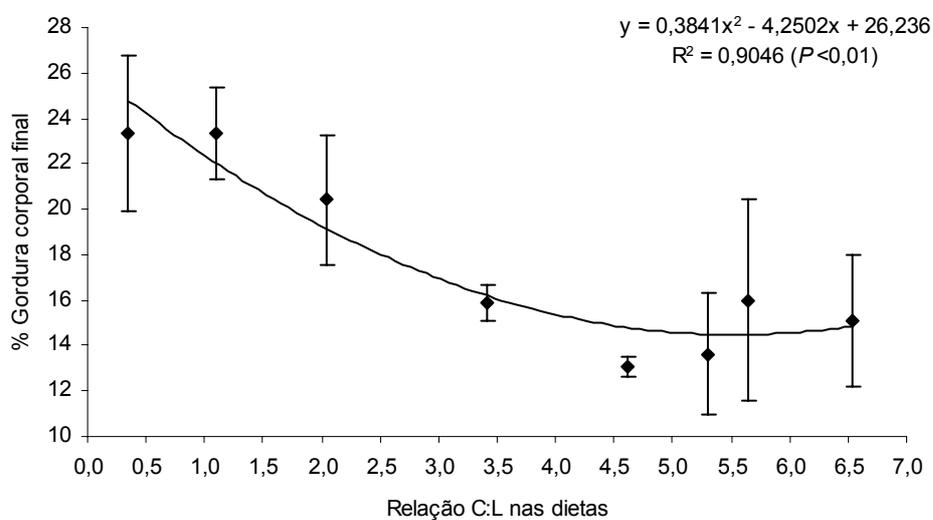


Figura 1. Regressão polinomial de segunda ordem da porcentagem de gordura corporal de alevinos de jundiá após receberem dietas com diferentes relações C:L por 75 dias.

Tabela 3. Composição corpora final e taxas de retenção da proteína e da energia da dieta por alevinos de jundiá, após alimentação com dietas contendo diferentes relações carboidrato: lipídio (C:L) por setenta e cinco dias¹.

Relação C:L na dieta	Gordura corporal total ²	Proteína corporal total ²	Taxa de retenção protéica	Taxa de retenção de energia
	%			
0,35	5,28 ±1,06 ^C	13,43 ±0,19 ^a	24,36 ±1,33 ^{ab}	32,85 ±2,58 ^a
1,01	5,13 ±0,45 ^C	13,30 ±0,59 ^a	23,61 ±0,39 ^{ab}	33,42 ±1,90 ^a
2,05	4,36 ±0,71 ^{cb}	13,25 ±0,60 ^a	20,97 ±1,60 ^b	32,78 ±4,97 ^a
3,42	3,25 ±0,14 ^{ab}	13,32 ±0,81 ^a	22,10 ±1,18 ^{ab}	33,91 ±4,95 ^a
4,62	2,54 ±0,17 ^a	13,26 ±1,42 ^a	21,92 ±1,76 ^{ab}	26,52 ±4,45 ^a
5,31	2,77 ±0,57 ^a	13,82 ±0,85 ^a	25,15 ±1,50 ^a	31,97 ±1,80 ^a
5,64	3,17 ±0,93 ^a	12,62 ±1,04 ^a	20,09 ±0,57 ^b	28,49 ±0,51 ^a
6,54	3,02 ±0,66 ^a	12,84 ±0,51 ^a	21,05 ±2,12 ^b	30,15 ±3,88 ^a

¹ Média ± desvio padrão. Médias seguidas por letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

² Dados expressos na matéria úmida.

Similar ao que foi encontrado para o jundiá no presente estudo, um maior acúmulo de gordura corporal foi relatado para tilápia nilótica quando alimentada com dietas contendo maior concentração de lipídios do que carboidratos (SHIMENO et al., 1993). Esse padrão de resposta também foi observado por Erfanullah e Jafri (1998) para três diferentes espécies de carpas indianas (*Catla catla*, *Labeo rohita* e *Cirrhinus mrigala*). A diferença no acúmulo de gordura corporal observada nestes estudos sugere que a energia dietética seja mais prontamente disponível quando fornecida na forma de lipídio do que de carboidrato, conforme relatado por Astrup (2001) para humanos. A energia em excesso, neste caso, foi armazenada na forma de gordura, o que não aconteceu nos peixes que receberam dietas com maior relação C:L. Um menor acúmulo de gordura corporal é desejável em jundiá proveniente de cultivo, já que espécimes selvagens não apresentam altas concentrações de gordura. Vargas e Bessonart (2007) relataram que a concentração de gordura corporal em jundiás selvagens variou de 4,15% a 11,4% (expressa na matéria seca), durante os meses de dezembro de 2002 e abril de 2003, em peixes coletados em duas diferentes regiões do Uruguai. No presente estudo, as dietas com relações C:L de 4,62:1 e 5,31:1 foram as que resultaram em concentração de gordura corporal semelhantes às encontradas em peixes selvagens. Adicionalmente, uma menor concentração de gordura corporal poderá resultar em maior tempo de prateleira para o pescado, assim como atender à demanda de mercado para um pescado mais magro. Ainda, a redução no acúmulo de gordura observada quando o jundiá é alimentado com dietas contendo maior relação C:L significa que dietas mais baratas poderão ser formuladas já que os carboidratos são fontes mais

baratas de energia que os lipídios, o que poderia reduzir o custo de produção dessa espécie por reduzir o custo da ração.

A concentração de proteína corporal dos peixes desse estudo não foi afetada pelo aumento na relação entre carboidratos e lipídios na dieta (Tabela 3). Da mesma forma, Borba et al. (2006) não observaram diferenças na quantidade de proteína corporal para a piracanjuba (*Brycon orbignyanus*), com o aumento da concentração de carboidratos na dieta. Erfanullah e Jafri (1998), no entanto, observaram um aumento na concentração protéica corporal de três diferentes espécies de carpas indianas (*Catla catla*, *Labeo rohita* e *Cirrhinus mrigala*), com o aumento da concentração de carboidratos na dieta. O aumento na concentração protéica corporal pode ser devido ao efeito poupador da proteína (“protein-sparing effect”) promovido pelos carboidratos e lipídios (WILSON, 1989), pois com uma relação ideal entre essas duas fontes de energia não protéica na ração os peixes passariam a utilizar a proteína dietética para crescimento em formação de tecido, principalmente muscular, e não para o fornecimento de energia, a qual seria fornecida pelos carboidratos e lipídios. Esse efeito poupador da proteína não foi observado neste estudo se levado em conta apenas a concentração protéica final na carcaça dos peixes.

As taxas de retenção protéica (TRP) observadas neste estudo (Tabela 3) sugerem um melhor aproveitamento da proteína da dieta pelos alevinos quando estes são alimentados com dietas contendo a relação C:L de 5,3 ($P < 0,05$). Quando os carboidratos e lipídios estão nestas proporções na dieta (15,7% de dextrina e 3,0% da mistura de óleos) observa-se um mesmo efeito poupador de proteína salientado com uma melhor taxa de retenção desse nutriente. De maneira contrária, a taxa de retenção energética (TER) não foi afetada pela relação C:L da dieta (Tabela 3). Brauge et al. (1994) em um estudo com a truta arco-íris também observou um aumento significativo na TRP quando os peixes foram alimentados com uma maior concentração de carboidratos na dieta. Entretanto esses autores relataram um efeito similar na TER dessa espécie, o que não foi observado nesse estudo para o jundiá. Hidalgo et al. (1993) observaram um efeito poupador da proteína na enguia (*Anguilla anguilla*), com o aumento na concentração dietética de carboidrato. Entretanto, El-Sayed e Garling (1988), em um estudo com a *Tilapia zilli*, relataram uma redução na TRP e na TER com o aumento da concentração de carboidratos na dieta.

Enzimas digestivas

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quando as atividades das enzimas digestivas foram comparadas (tabela 4). Entretanto pela regressão polinomial de segunda ordem é possível observar que a atividade da amilase no intestino aumentou com o aumento na relação C:L nas dietas, até a relação de 3,4:1 e diminuiu a partir dessa relação (Figura 2). Uma tendência similar foi observada para a concentração de glicogênio no fígado (Figura 3). No entanto, a correlação entre essas variáveis e a relação C:L na dieta foi significativa apenas para a concentração de glicogênio ($P < 0,05$) mas não para a atividade da amilase ($P = 0,13$). De acordo com Buddington et al. (1997), os peixes possuem a capacidade de se adequar à composição da dieta alterando o perfil e secreção de enzimas, o que vai ditar a absorção e transporte de nutrientes. Entretanto, essa capacidade é variável de espécie para espécie. Normalmente, peixes de hábito

alimentar carnívoro possuem uma capacidade adaptativa mais limitada do que peixes onívoros (BUDDINGTON et al., 1997).

Tabela 4. Atividade das enzimas digestivas no estômago e no intestino dos jundiá¹.

Relação C:L na dieta	Protease estômago ²	Protease intestino ²	Amilase intestino	Lipase intestino
	U/mg de proteína			
0,35	11,80 ±7,38	0,33 ±0,25	0,71 ±0,30	7,46 ±1,37
1,01	12,84 ±6,85	1,37 ±0,98	1,10 ±0,34	7,62 ±1,84
2,05	10,34 ±4,02	1,07 ±0,95	0,95 ±0,23	5,98 ±2,02
3,42	10,11 ±4,12	2,20 ±1,45	1,03 ±0,35	7,43 ±1,54
4,62	6,63 ±4,71	1,37 ±0,88	1,04 ±0,49	6,55 ±1,41
5,31	8,39 ±6,11	1,72 ±0,96	1,14 ±0,50	6,20 ±2,22
5,64	8,10 ±4,62	1,64 ±1,24	1,00 ±0,49	5,26 ±2,07
6,54	10,30 ±4,43	2,14 ±1,37	0,84 ±0,36	5,95 ±1,08

¹ Média ± desvio padrão. Médias seguidas por letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

² Protease não específica

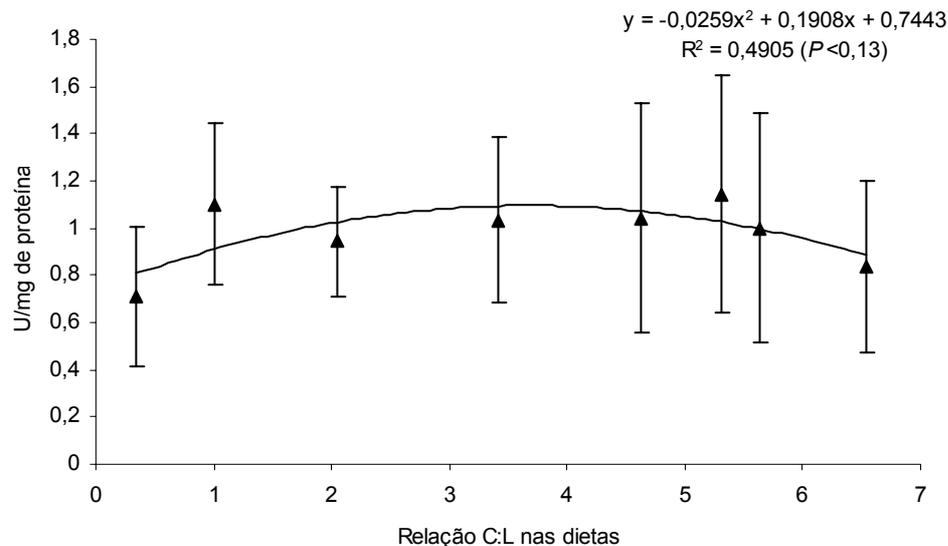


Figura 2. Regressão polinomial de segunda ordem da concentração de amilase no intestino de alevinos de jundiá alimentados com dietas contendo diferentes relações carboidrato:lipídio (C:L) por 75 dias.

Em estudo sobre a atividade das enzimas digestivas e o perfil metabólico de alevinos do carnívoro pintado (*Pseudoplatystoma corruscan*) em resposta à composição da ração, que variava na concentração protéica, de carboidratos e de lipídios, Lundstedt et al. (2004) também não observaram diferenças significativas na concentração de amilase no intestino, mas observaram uma variação na concentração desta enzima no estômago. Esses autores encontraram uma variação na atividade das proteases e lipases em algumas regiões do intestino e do estômago. Entretanto, os peixes foram

alimentados com dietas que continham diferentes concentrações de proteína, carboidratos e lipídios, o que não ocorreu no presente estudo, onde as dietas eram isoprotéicas. Melo (2006) observou um aumento significativo nas proteases inespecíficas tanto do estômago quanto do intestino anterior de jundiá quando estes foram alimentados com rações cuja concentração de proteína bruta era crescente (20, 27, 34 e 41%). Inversamente, esse autor verificou uma redução na atividade da amilase e da lipase também no intestino anterior, com o aumento na concentração protéica da dieta, sugerindo que o jundiá possui a capacidade de modificar o perfil de atividade das enzimas digestivas de acordo com o a concentração dos nutrientes no alimento consumido. Esse efeito adaptativo, porém, não foi observado no presente estudo, quando houve alteração nas concentrações de lipídio e carboidrato das dietas, mas a proteína permaneceu constante. Uma possível explicação para esta diferença seria que as rações utilizadas no presente estudo variavam pouco em sua composição, tanto de ingredientes como de nutrientes, exceto para a concentração de carboidratos e lipídios. Outra explicação seria a coleta aleatória dos peixes para as análises enzimáticas. O jundiá é uma espécie que apresenta grande heterogeneidade de tamanho entre indivíduos de um mesmo lote e, apesar dos peixes possuírem praticamente o mesmo peso inicial, foram observadas diferenças de peso entre os peixes dentro de uma mesma unidade experimental no final do período experimental. Como a amostragem dos peixes para a análise das atividades enzimáticas foi feita de maneira aleatória dentro de cada unidade experimental, os resultados destas análises podem ter sido influenciados pelos diferentes pesos dos peixes amostrados, já que apresentaram uma grande variação, a qual pode ter contribuído para a ausência de diferença significativa entre os tratamentos.

A digestão de carboidratos é realizada principalmente pela amilase, enzima que rompe as ligações glicosídicas α 1-4, produzindo uma variedade de oligossacarídeos a partir do amido (LEHNINGER et al., 1993). Segundo Jobling (1994), o aumento da produção de amilase pode ocorrer em resposta à presença de carboidratos ou de produtos da sua hidrólise no trato gastrintestinal. Por exemplo, a concentração de glicose na dieta pode influenciar diretamente a produção de amilase pelo tecido pancreático, ou indiretamente, pelo estímulo à liberação de insulina pelo pâncreas, a qual, entre outras ações, estimula a produção de amilase. Este efeito adaptativo foi observado nesse estudo. No entanto o esperado seria um aumento na atividade da amilase com o aumento da concentração entre C:L nas dietas até atingir um platô. Entretanto, nos observamos uma redução na atividade da amilase com o aumento na relação C:L na dieta. É provável que o excesso de carboidratos na dieta tenha causado uma sobrecarga metabólica no jundiá, o que resultou em uma redução na atividade da amilase. Essa sobrecarga pode ser em consequência dos altos níveis de glicose sanguínea, ocasionado pelo excesso de carboidratos na dieta (HEMRE et al., 2002).

Composição do fígado

Foram analisadas as concentrações no fígado de glicogênio, triglicerídeos, glicose e proteína. Todas essas variáveis foram submetidas a análise de regressão polinomial de segunda ordem, mas somente a concentração de glicogênio no fígado apresentou uma correlação significativa com a relação C:L na dieta (Figura 3, $P < 0,05$). Todas essas variáveis foram submetidas a análise de variância seguida do teste de Tukey, mas não foram encontradas diferenças significativas ($P > 0,05$).

para todas as variáveis, Tabela 5). Com o aumento da concentração de glicogênio na dieta, a concentração de glicogênio hepático também aumentou até um valor máximo de $1240,49 \pm 374,28$ μmol glucosil-glucose g tissue^{-1} (equivalente a relação C:L de 4,6:1). As relações C:L nas dietas maiores que 4,6 resultaram em uma redução na concentração de glicogênio no fígado (Figura 3). Mais uma vez essa tendência pode ser explicada por uma sobrecarga metabólica causada pelo excesso de carboidrato. O glicogênio hepático é considerado um estoque emergencial de energia prontamente utilizável nos primeiros momentos de situações críticas de estresse (CHRISTIANSEN; KLUNGSOYR, 1987). O glicogênio é muito utilizado em adaptações bioquímicas em várias situações de estresse ambiental. Variações de pH, dos níveis de oxigênio dissolvido na água, da salinidade, bem como períodos de grande esforço físico e de mudanças de dietas podem resultar tanto em aumento como em diminuição do estoque de glicogênio no fígado (SOENGAS et al., 1995; MORAES et al., 1996).

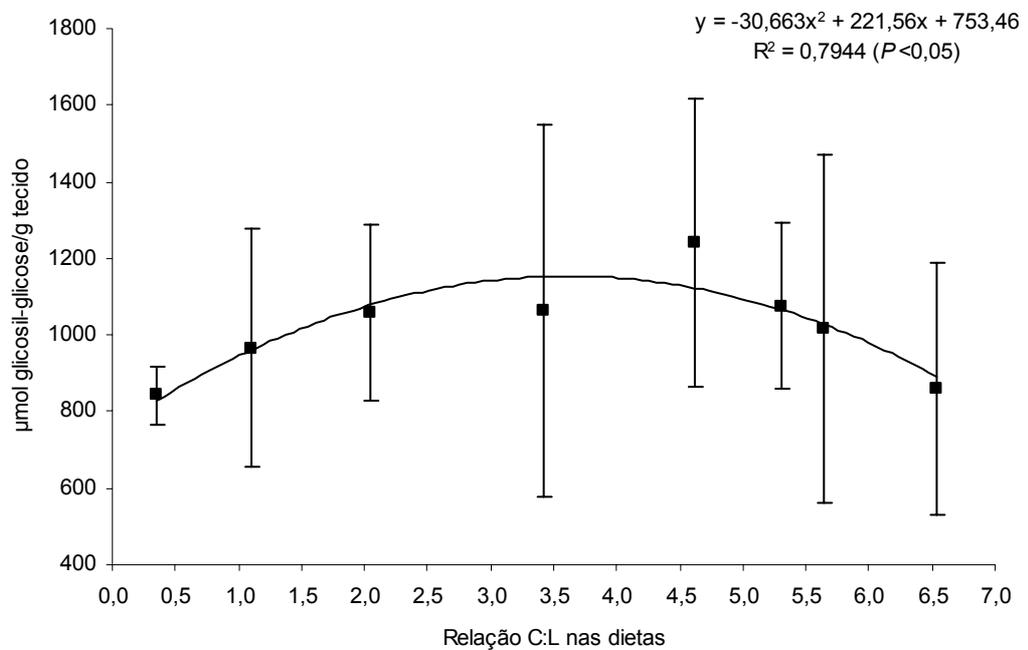


Figura 3. Regressão polinomial de segunda ordem da concentração de glicogênio no fígado de alevinos de jundiá alimentados com dietas contendo diferentes relações carboidrato:lipídio (C:L) por 75 dias.

Tabela 5. Composição do fígado dos jundiás¹.

Relação C:L na dieta	Glicogênio (μmol glucosil-glucose g tecido ⁻¹)	Triglicerídeos (mg g tecido ⁻¹)	Glicose (μmol g tecido ⁻¹)	Proteína (mg g tecido ⁻¹)
0.35	843.83 ±75.62	1,245.23 ±320.65	2,006.46 ±368.62	185.45 ±63.77
1.01	966.53 ±311.60	1,429.04 ±358.66	2,115.28 ±854.95	198.31 ±33.54
2.05	1,058.46 ±231.66	2,119.13 ±423.60	1,758.22 ±359.67	177.56 ±27.97
3.42	1,064.59 ±486.48	1,967.46 ±1196.8	2,158.68 ±461.28	178.97 ±36.69
4.62	1,240.49 ±374.28	1,580.91 ±777.44	2,032.67 ±450.15	182.72 ±67.39
5.31	1,074.43 ±216.25	1,682.96 ±791.19	1,464.24 ±313.25	146.19 ±23.79
5.64	1,017.13 ±453.74	1,567.55 ±746.59	1,536.25 ±237.50	173.61 ±50.22
6.54	859.86 ±329.39	1,630.92 ±749.12	1,496.20 ±70.770	162.14 ±23.90

¹Média ± desvio padrão. Médias seguidas por letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Em concordância com este estudo, Hemre e colaboradores (1989) também não encontraram diferença entre a concentração de carboidrato na dieta com as concentrações de glicogênio, proteína e gordura no fígado do bacalhau (*Gadus morhua*), alimentados com rações que continham 0, 42 e 83 g/kg de farinha de milho, ou seja, um aumento na concentração de carboidratos nas dietas. Entretanto, em estudo posterior, Hemre et al. (1993) observaram uma redução na concentração de lipídio e um aumento na concentração de proteína no fígado de bacalhau alimentado com dietas contendo concentrações crescentes de farinha de milho, uma fonte de carboidrato. Em estudo realizado com o jundiá (MELO, 2004) onde foram testadas rações com concentrações protéicas crescentes (20, 27, 34 e 41%), mas com concentrações decrescentes de lipídio (18,5, 14,7, 11,9 e 9,7%) e carboidrato (43,5, 38,6, 32,5 e 24,4%), foi observado um aumento na concentração de glicose, glicogênio e aminoácidos no fígado, mas apenas com o aumento na concentração protéica de 20% para 27%, sendo que a concentração de lipídios variou de 18,5% para 14,7% e de carboidratos de 43,5% para 38,6%. Baseado nessas considerações, nós sugerimos que o jundiá não apresenta mudanças significativas na composição do fígado em resposta a composição da dieta, com exceção da concentração de glicogênio.

Considerando nossos resultados, concluímos que a inclusão de carboidratos na dieta para o jundiá tem um efeito benéfico, pois resulta em uma redução na deposição de gordura. Entretanto, o excesso desse nutriente pode causar uma sobrecarga metabólica no jundiá. Esse efeito fica evidente quando consideramos a redução na utilização da proteína, a atividade da amilase e a concentração de glicogênio no fígado. Por fim, baseado nas variáveis analisadas nesse estudo, sugerimos que a relação entre C:L de 5,3:1, a qual corresponde a uma dieta contendo 15,7% de dextrina e 3,0% da mistura de óleos, é a melhor relação C:L para o jundiá.

AGRADECIMENTOS

Os autores desse estudo gostariam de agradecer a CAPES, FINEP e a SEAP pela bolsa e pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALBRO, P. W. et al. Activation of non-specific lipase (EC 3.1.1.-) by bile salts. **Biochim. Biophys.** n. 835, p. 477–490, 1985.
- 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.
- ANDERSON, J. et al. Effects of dietary carbohydrate and fibre on the tilapia *Oreochromis niloticus* (Linn.). **Aquaculture**, n. 37, p. 303-314, 1984.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington, D.C., 1999. 1141p.
- ASTRUP A. The role of dietary fat in the prevention and treatment of obesity. Efficacy and safety of low-fat diets. **Int J Obes Relat Metab Disord** 2001, v. 25, p. 46-50, 2001.
- BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. **Criação de Jundiá**. Editora UFSM, 2004. 232 p.
- BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. Jundiá (*Rhamdia* sp.). In: BALDISSEROTTO B.; GOMES L. C. (Org.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2005, p. 303-325.
- BERNFELD, P. **Amylases α and β : colorimetric assay method**. In: Colowich, S.P., Kaplan, N.O. (Eds.), *Methods in Enzymology*, Vol. 1. Academic Press, New York, 1955.
- BIDINOTTO, P. M.; SOUZA, R. H. S.; MORAES, G. Hepatic glycogen in eight tropical freshwater teleost fish: a procedure for field determinations of microsamples. *Bol. Tec. CEPTA- Pirassununga* n. 10, p. 53-60, 1997.
- BORBA, M. R.; FRACALOSSO, D. M. e PEZZATO, L. E. Dietary energy requirement of piracanjuba fingerlings, *Brycon orbignyanus*, and relative utilization of dietary carbohydrate and lipid. **Aquaculture Nutrition**, n. 12, p. 183–191, 2006.
- BRAUGE, C.; MEDALE, F.; CORRAZE, G. Effect of dietary carbohydrates levels on growth, body composition and glycaemia in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in seawater. **Aquaculture**, v. 126, p. 109-120, 1994.
- BROMLEY, P.J. Effect of dietary protein, lipid and energy content on the growth of turbot (*Scophthalmus maximus* L.). **Aquaculture**, n. 19, p. 359–369, 1980.
- BUDDINGTON R. K.; CHEN, J. W.; DIAMOND, J. M. Genetic and phenotypic adaptation of the intestinal nutrient transport to iet in fish. **J. Physiol.**, n. 393, p. 261-281. 1987.
- CARDOSO, A. P.; RADÜNZ NETO, J.; MEDEIROS, T. S.; KNÖPKER, M. A.; LAZZARI, R. Criação de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentadas com rações granuladas contendo fígados ou hidrolisados. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 457–462, 2004.
- CARNEIRO, P. C. F. et al. Jundiá: Um grande peixe para a Região Sul. **Panorama da Aqüicultura**, v.12, p.41-46, 2002.
- CHERNECKY, C.C.; KRECH, R.L.; BERGER, B.J. **Laboratory tests and diagnostic procedures**. p.932-933, 1993.
- CHRISTIANSEN, C.; KLUNGSOYR, L. Metabolic utilization of nutrients and the effects of insulin in fish. **Comparative Biochemistry Physiology**, v. 88b, p. 701-711, 1987

- COWEY, C.B. Protein and amino acid requirement of finfish. In: HALVER, J.E., TIEWS, K. **Finfish Nutrition and Fishfeed Technology**, vol. 1. Heenemann, Berlin, 1979, pp. 3 – 16.
- DUBOIS, M. G. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analysis Chemistry**. n.28, p.350- 358, 1960.
- EL-SAYED, A.M.; GARLING, D.L., Jr. Carbohydrate-to-lipid ratios in diets for *Tilapia zillii* fingerlings. **Aquaculture**, n. 73, p. 157-163, 1988.
- ERFANULLAH Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ratio on growth and body composition of walking catfish (*Clarias batrachus*). **Aquaculture**, n. 161, p. 159– 168, 1998.
- ERFANULLAH; JAFR, A. K. Growth Rate, Feed Conversion, and Body Composition of *Catla catla*, *Labeo rohita*, and *Cirrhinus mrigala* Fry Fed Diets of Various Carbohydrate-to-Lipid Ratios. **Journal Of The World Aquaculture Society**, v. 29, n. 1, p. 84-91, 1998.
- FRACALOSSI, D. M. et al. O mito da onivoria do jundiá. **Panorama da aqüicultura**, n. 17, p. 36-40, 2007.
- FRACALOSSI, D.M.; MEYER, G.; WEINGARTNER, M. 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, 2002.
- FRACALOSSI, D.M.; ZANIBONI FILHO, E.; MEURER, S. No rastro das espécies nativas. **Panorama da Aqüicultura**, n.12, p.43-49, 2002.
- GARLING, D. L., JR.; WILSON, R. P. Effects of dietary carbohydrate to lipid ratios on growth and body composition of fingerling channel catfish. **Prog. Fish-Cult.**, n. 39, p. 43-47, 1977.
- HEMRE, G. I. et al. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. **Aquaculture Nutrition**, n.8, p.175-194, 2002.
- HEMRE, G. I. et al. Starch as an energy source in feed for cod (*Gadus morhua*): digestibility and retention. **Aquaculture**, n. 80, p. 261-270, 1989.
- HEMRE, G. I.; LIE, O.; SUNDBY, A. Dietary carbohydrate utilization in cod (*Gadus morhua*): metabolic responses to feeding and fasting. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 10, n. 6, p. 455-463, 1993.
- HIDALGO, M. C. et al. Feeding of the european eel *Anguilla anguilla*. I. Influence of dietary carbohydrate level. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 105A, n. 1, p. 165-169, 1993.
- JOBLING, M. **Fish bioenergetics**. London: Chapman & Hall, 2004. 306p.
- KIM, M. L.; LOVELL, R. T. Effects of restricted feeding regimes on compensatory weight gain and body tissue changes in channel catfish *Ictalurus punctatus* in ponds. **Aquaculture**, v. 135, p. 285– 293, 1995.
- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Principles of Biochemistry**. 2nd Edition. Worth Publishers, New York. 1993.
- LOWRY, O.H. et al. Protein measurement with the Folin phenol reagent. **J. Biol. Chem.**, v. 193, p. 265–275, 1951.
- 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 Physiology**. n. 137B, p. 331-339. 2004.
- MELO, J. F. B. Digestão e metabolismo de jundiá *Rhamdia quelen* submetido a diferentes regimes alimentares. 2004. 80 pp. Tese (Doutorado em Ciências Fisiológicas), Universidade Federal de São Carlos, São carlos, 2004.

- METAILLER, R. et al. Feeding of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*): role of protein level and energy source. **J. World Maric. Soc.**, n. 12, p. 117– 118, 1981.
- MEYER, G.; FRACALOSSO, D.M. Protein requirement of jundia fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture**, n. 240, p. 331-343, 2004.
- MONTES-GIRAO, P. J.; FRACALOSSO, D. M. Dietary Lysine Requirement as Basis to Estimate the Essential Dietary Amino Acid Profile for Jundia´ , *Rhamdia quelen*. **Journal Of The World Aquaculture Society**, v. 37, n. 4, p. 388-396, 2006.
- MORAES, G.; OLIVEIRA, M.C.; RATIN, F.T. The metabolic pattern changes of *Hoplias malabaricus* from normoxia to hypoxia conditions. **Revista Brasileira de Biologia**, n. 56, p. 191-196, 1996.
- NEMATIPOUR, R.G.; BROWN, M.L.; GATLIN III, D.M. Effects of dietary energy: protein ratio on growth characteristics and body composition of hybrid striped bass, *Morone chrysops* x *M. saxatilis*. **Aquaculture**, n.107, p.359-368, 1992.
- OLIVEIRA FILHO, P. R. C.; FRACALOSSO, D. M. Coeficiente de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. **R. Bras. Zootec.**, v. 35, n. 4, p. 1581-1587, 2006.
- PAGE, J. W.; ANDREWS, J. W. Interactions of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **J. Nutr.**, n. 103 p.1339– 1346, 1973.
- PARK, J.T.; JOHNSON, M.J. Submicro determination of glucose. **Journal Biology Chemistry**, n. 249, p. 149-151, 1949.
- PERES, H.; OLIVA-TELES, A. Utilization of raw and gelatinized starch by European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Aquaculture**, n. 205, p. 287– 299, 2002.
- SAS Institute Inc. 2003. SAS OnlineDoc® 9.1. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SHIMENO, S.; DUAN-CUN-MING; TAKEDA, M. Regulation of carbohydrate metabolism in fish XVI. Metabolic response to dietary carbohydrate to lipid ratios in *Oreochromis niloticus*. **Bull. Jap.Soc.Sci.Fish.**, n. 59, p. 827–833, 1993.
- SOENGAS, J.L.; ALBEGUNDE, M.; ANDRÉS, M.D. Gradual transfer to sea water of rainbow trout: Effects on liver carbohydrate metabolism. **Journal of Fish Biology**, n. 47, p. 466-478, 1995.
- STRYER, L., 1971. Metabolismo do glicogênio. In: STRYER, L. **Bioquímica**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1971. cap.19, p.371-386.
- VARGAS, R.; BESSONART, M. Lipid body composition of black catfish, *rhamdia quelen* (siluriformes, heptapteridae), of two populations adapted to different environmental conditions. **B. Inst. Pesca, São Paulo**, v. 33, n. 1, p. 105 – 111, 2007.
- WALTER, H.E. Proteinases: methods with hemoglobin, casein and azocoll as substrates. In: BERGMAYER, H.U. (Ed.), **Methods of Enzymatic Analysis**, Vol. 5. Verlag Chemie, Weinheim, 1984. pp. 270–277.
- WILSON, R.P., 1989. Amino acids and proteins. In: HALVER, J.E. **Fish Nutrition**, 2nd ed. Academic Press, San Diego, CA, 1989. pp. 111 – 151.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO

- ADRON, J.W. et al. Effects of dietary energy level and dietary energy source on growth, feed conversion and body composition of turbot (*Scophthalmus maximus* L.). **Aquaculture**, n. 7, p. 125–132, 1976.
- 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.
- ANDERSON, J. et al. Effects of dietary carbohydrates and fibre on the tilápia, *Oreochromis niloticus* (Linn.). **Aquaculture**, v. 13, p. 265-272, 1984
- BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. **Criação de Jundiá**. Editora UFSM, 2004. 232 p.
- BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. Jundiá (*Rhamdia* sp.). In: BALDISSEROTTO B.; GOMES L. C. (Org.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2005, p. 303-325.
- BERGOT, F. Carbohydrate in rainbow trout diets: effects of the level and source of carbohydrate and number of meals on growth and body composition. **Aquaculture**, n. 18, p. 157-161, 1979.
- BORBA, M. R.; FRACALLOSSI, D. M. e PEZZATO, L. E. Dietary energy requirement of piracanjuba fingerlings, *Brycon orbignyanus*, and relative utilization of dietary carbohydrate and lipid. **Aquaculture Nutrition**, n. 12, p. 183–191, 2006.
- BORLONGAN, I. G. Studies on the digestive lipases of milkfish, *Chanos chanos*. **Aquaculture**, v. 89, p. 315–325, 1990.
- BROMLEY, P.J. Effect of dietary protein, lipid and energy content on the growth of turbot (*Scophthalmus maximus* L.). **Aquaculture**, n. 19, p. 359–369, 1980.
- BUDDINGTON R. K.; CHEN, J. W.; DIAMOND, J. M. Genetic and phenotypic adaptation of the intestinal nutrient transport to iet in fish. **J. Physiol.**, v. 393, p. 261-281. 1987.
- BUHLER, D.R.; HALVER, J.E. Nutrition of salmonid fishes. IX. Carbohydrate requirements of Chinook salmon. **J. Nutr.**, n. 74, p. 307-318, 1961.
- CARNEIRO, P. C. F. et al. Jundiá: Um grande peixe para a Região Sul. **Panorama da Aqüicultura**, v.12, p.41-46, 2002.
- CHRISTIANSEN, C.; KLUNGSOYR, L. Metabolic utilization of nutrients and the effects of insulin in fish. **Comparative Biochemistry Physiology**, v. 88b, p. 701-711, 1987.
- COWEY, C.B. Protein and amino acid requirement of finfish. In: HALVER, J.E., TIEWS, K. **Finfish Nutrition and Fishfeed Technology**, vol. 1. Heenemann, Berlin, 1979, pp. 3 – 16.
- COWEY, C.B.; ADRON, J. W.; BROWN, D. A. 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.**, n. 33, p. 219-231, 1975.
- EL-SAYED, A.M.; GARLING, D.L., Jr. Carbohydrate-to-lipid ratios in diets for *Tilapia zillii* fingerlings. **Aquaculture**, n. 73, p. 157-163, 1988.
- ERFANULLAH Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ratio on growth and body composition of walking catfish (*Clarias batrachus*). **Aquaculture**, v. 161, p. 159– 168, 1998.
- FERRARIS, R. P.; AHEARN, G. A. Sugar and amino acids transport in fish intestine. **Comp. Biochem. Physiol.** V. 77A, p. 397–413, 1984.

FRACALOSSO, D. M.; MORO, G. V.; YASUMARO, F. A. Jundiá Catfish Farming in Southern Brazil. **Global Aquaculture Advocate**, v. 10, p. 68-70, 2007.

FRACALOSSO, D.M.; MEYER, G.; WEINGARTNER, M. 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, 2002.

FRACALOSSO, D.M.; ZANIBONI FILHO, E.; MEURER, S. No rastro das espécies nativas. **Panorama da Aqüicultura**, v.12, p.43-49, 2002.

FURUICHI, M. & YONE, Y. (1982) Changes in activities of hepatic enzymes related to carbohydrate metabolism of fishes in glucose and insulin-glucose tolerance tests. **Bull.Jap.Soc.Sci.Fish**, n. 48, p. 463-466, 1982.

FURUICHI, M.; YONE, Y. 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.**, n. 46, p. 225-229, 1980.

FURUICHI, M; YONE, Y. Studies on nutrition of red sea bream. 4. Nutritive value of dietary carbohydrate. **Rep. Fish. Res. Lab. Kyushu Univ.** (Japan), v. 1, p. 75-81, 1971.

GARLING, D. L., JR.; WILSON, R. P. Effects of dietary carbohydrate to lipid ratios on growth and body composition of fingerling channel catfish. **Prog. Fish-Cult.**, n. 39, p. 43-47, 1977.

GISBERT, E. et al. Histochemistry of the development of the digestive system of Siberian sturgeon during early ontogeny. **Journal of Fish Biology**, v. 55, n. 3, p. 596-616, 1999.

GOMES, L. C. et al. Biologia do jundiá *Rhamdia quelen* (Teleostei, Pimelodidae). **Ciência Rural**, v. 30, n.1, p. 179-185, 2000.

GUEDES, D.S. Contribuição ao estudo da sistemática e alimentação de jundiá (*Rhamdia quelen*) na região central do Rio Grande do Sul. Santa Maria-RS, 1980, 99 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, 1980.

HALVER, J. E.; HARDY, R. E., 2002. Nutrient flow and retention. In: HALVER, JE; HARDY, RE (ed) **Fish Nutrition**, 3 ed., 2002, pp. 768-769.

HEMRE, G.I. et al. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. **Aquaculture Nutrition**, v.8, p.175-194, 2002.

HIDALGO, M. C.; UREA, E.; SANZ, A. Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits. Proteolytic and amylase activities. **Aquaculture** v. 170, p. 267-283, 1999.

JOBLING, M. **Fish bioenergetics**. London: Chapman & Hall, 2004. 306p.

LEE, D. J.; PUTNAM, G. B. Response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. **J. Nutr.**, n. 103, p. 916-922, 1973.

LEE, S. M.; KIM, K. D.; LALL, S. P. Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). **Aquaculture**, v. 221, p. 427-438, 2003.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Principles of Biochemistry**. 2nd Edition. Worth Publishers, New York. 1993.

MELO, J. F. B. Digestão e metabolismo de jundiá *Rhamdia quelen* submetido a diferentes regimes alimentares. 2004. 80 f. Tese (Doutorado em Ciências Fisiológicas), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

METALLER, R. et al. Feeding of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*): role of protein level and energy source. **J. World Maric. Soc.**, n. 12, p. 117- 118, 1981.

- MEURER, F *et al.* Níveis de gordura na alimentação de machos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.), revertidos sexualmente, na fase inicial. In: ACUICULTURA VENEZUELA, 1999, Puerto La Cruz, Venezuela. Anais. Puerto La Cruz, Venezuela: ASA, 1999. p. 348-357.
- MEURER, S., ZANIBONI FILHO, E. Hábito alimentar do jundiá, *Rhamdia quelen*, na região do alto rio Uruguai. In: XII Encontro Brasileiro de Ictiologia, São Paulo, SP, 1997. Anais. São Paulo: SBI, 1997. 420p. p.29.
- MEYER, G.; FRACALLOSSI, D.M. Protein requirement of jundiá fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture**, n. 240, p. 331-343, 2004.
- MORAES, G.; OLIVEIRA, M.C.; RATIN, F.T. The metabolic pattern changes of *Hoplias malabaricus* from normoxia to hypoxia conditions. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 56, p. 191-196, 1996.
- NAGAI, M; IKEDA, S. Carbohydrate metabolism in fish. II Effect of dietary composition on metabolism of glucose 6 ¹⁴C in carp. **Bulletin of Japanese Society Science Fisheries**, v.37, p.410-414, 1971.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirement os Fish. Committee on Animal Nutrition. Board Of Agriculture.** National Research Council. National Academic Press, Washington DC, 1993. 114 p.
- PAGE, J. W.; ANDREWS, J. W. Interactions of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **J. Nutr.**, n. 103 p.1339– 1346, 1973.
- PAVANELLI, G. C., EIRAS, J. C., TAKEMOTO, R. M. **Doenças de peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento.** Maringá: EDUEM, 1998. 264p.
- PERUZZI, S. et al. Production of meiotic gynogenetic and triploid sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. 1. Performances, maturation and carcass quality. **Aquaculture**, v.230, p.41-64, 2004.
- ROCZANSKI, M.; COSTA, S.W.; BOLL, M.G.; OLIVEIRA NETO, F.M. A evolução da aqüicultura no estado de Santa Catarina - Brasil. In: Aqüicultura Brasil 2000: Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, 11º Encontro Sulbrasileiro de Aqüicultura, 4º Encontro Catarinense de: Aqüicultura , 5; Festival Nacional da Ostra e da Cultura Açoriana - FENAOSTRA,2000. Florianópolis, SC. Anais... Florianópolis: ABRAq, 2000. CD-ROM.
- SARGENT, J. R.; HENDERSON, R. J.; TOCHER, D. R. 1989. The lipids. In: HALVER, J.E. **Fish Nutrition**, 2nd ed. Academic Press, San Diego, CA, 1989, pp. 153–218.
- SEENAPPA, D.; DEVARAJ, K.V. Effect of different levels of protein, fat and carbohydrate on growth, feed utilisation and body carcass composition of fingerlings in *Catla catla* (Ham.). **Aquaculture**, v. 129 , p. 242-249, 1985.
- SHIMENO, S., HOSOKAWA, H. and TAKEDA, M. 1979. The importance of carbohydrate in the diet of a carnivorous fish. In: HALVER, J.E., TIEWS, K. **Finfish Nutrition and Fishfeed Technology**, vol. 1. Heenemann, Berlin, 1979, pp. 127-143.
- SHIMENO, S.; DUAN-CUN-MING; TAKEDA, M. Regulation of carbohydrate metabolism in fish XVI. Metabolic response to dietary carbohydrate to lipid ratios in *Oreochromis niloticus*. **Bull. Jap.Soc.Sci.Fish.**, v. 59, p. 827–833, 1993.
- SMITH, L. S., 1989. Digestive function in teleost fishes. In: HALVER, J. E. (ed). **Fish nutrition** 2 ed. Academic press, San Diego, 1989. pp. 331-421.
- SMITH, L.S., 1989. Digestive functions in teleost fishes. In: HALVER, J.E. (Ed.), **Fish nutrition.** Academic Press, London, 1989. pp. 331–421
- SOENGAS, J.L.; ALBEGUNDE, M.; ANDRÉS, M.D. Gradual transfer to sea water of rainbow trout: Effects on liver carbohydrate metabolism. **Journal of Fish Biology**, v. 47, p. 466-478, 1995.

STEFFENS, W. Protein utilization of rainbow trout (*Salmo gairdnerii*) and carp (*Cyprinus carpio*): a brief review. **Aquaculture**, n. 23, p. 337–345, 1981.

STRYER, L., 1971. Metabolismo do glicogênio. In: STRYER, L. **Bioquímica**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1971. cap.19, p.371-386.

TAKEDA, M. et al. The effect of dietary calorie-to-protein ratio on the growth, feed conversion and body composition of young yellowtail. **Bull. Jpn. Sot. Sci. Fish.**, n. 41, p. 443-447, 1975.

TAKEUCHI T. et al. Optimum ratio of protein to lipid in diets of rainbow trout. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v. 44, p. 683–688, 1978.

TAKEUCHI, T.; WATANABE, T.; OGINO, C.. Availability of carbohydrate and lipid as dietary energy sources for carp. **Bull. Jpn. Sot. Sci. Fish.**, n. 45, p. 977-982, 1979.

WILSON, R. P.; POE W. E. Apparent digestibility protein and energy coefficients of feed ingredients for channel catfish. **Prog. Fish-Cult.**, v. 47, p. 154-158, 1985.

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

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

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o experimento ocorreram infestações dos peixes pelo protozoário *Ichthyophthirius multifiliis*, o “ictio”. Para controle da ictiofíriase o principal procedimento adotado foi aumentar a temperatura da água no sistema de recirculação para um valor de aproximadamente 32 °C. Além disso, houve a ocorrência de uma bacteriose, a qual foi tratada com a adição de oxitetraciclina na água, na concentração de 70 mg L⁻¹ durante 2 horas. Esses procedimentos, acrescidos de banhos de sal na concentração de 5 ppm concomitantemente ao tratamento com antibióticos evitou uma alta taxa de mortalidade no ensaio e foi adequado para controlar as enfermidades.

Observou-se que o jundiá se adapta melhor a condições de baixa luminosidade. As medidas que foram adotadas para reduzir o efeito da luminosidade neste ensaio foram: retirada das lâmpadas que ficavam acima das unidades experimentais, cobertura parcial dos tanques com uma lona plástica preta e cobertura das janelas do laboratório com lona plástica preta. Apesar dessas medidas, foram considerados três diferentes blocos para o delineamento do experimento, pois a intensidade luminosa que incide em cada fileira de caixas, nas unidades experimentais utilizadas, é diferente e isso influencia o comportamento dos peixes e os resultados.

No Anexo encontram-se algumas fotos do experimento.

ANEXO



Figura 1. Fabricação das dietas.



Figura 2. Retirada dos peixes para pesagem.



Figura 3. Biometria inicial, peixes foram pesados individualmente.



Figura 4. Jundiá com sinal clínico de bacteriose.



Figura 5. Jundiá com sinal clínico de ictiofitiríase.



Figura 6. Tratamento dos peixes com oxitetraciclina e sal.



Figura 7. Biometria parcial, peixes foram pesados em grupo.