

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS EXPERIMENTAL DE DRACENA**

**DESEMPENHO PRODUTIVO E RESPOSTAS
FISIOLÓGICAS DE JUVENIS DE CACHARA
(*Pseudoplatystoma reticulatum*) ALIMENTADOS COM
DIFERENTES NÍVEIS DE PROTEÍNA E CARBOIDRATO**

André Fernando Nascimento Gonçalves

Zootecnista

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS EXPERIMENTAL DE DRACENA**

**DESEMPENHO PRODUTIVO E RESPOSTAS
FISIOLÓGICAS DE JUVENIS DE CACHARA
(*Pseudoplatystoma reticulatum*) ALIMENTADOS COM
DIFERENTES NÍVEIS DE PROTEÍNA E CARBOIDRATO**

André Fernando Nascimento Gonçalves

Orientador: Prof Dr. Leonardo Susumu Takahashi

Dissertação apresentada ao Câmpus
Experimental de Dracena – Unesp como
parte das exigências para a obtenção do
título de Mestre em Ciência e Tecnologia
Animal

2014

G635d

Gonçalves, André Fernando Nascimento.

Desempenho produtivo e respostas fisiológicas de juvenis de cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*) alimentados com diferentes níveis de proteína e carboidrato / André Fernando Nascimento Gonçalves. – Dracena : [s.n.], 2014.

50 f.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) - Universidade Estadual Paulista, Campus Experimental de Dracena/Campus de Ilha Solteira. Dracena/Ilha Solteira, SP, 2014.

Bibliografia.

1. Metabolismo. 2. Peixe - Alimentação e rações. 3. Peixe - Fisiologia. 4. Amilase. 5. Glicose. 6. Enzimas Digestivas. 7. Carboidratos. I. Título.

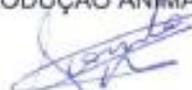
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

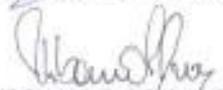
TÍTULO: Desempenho produtivo e respostas fisiológicas de juvenis cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*) alimentados com diferentes níveis de proteína e carboidratos

AUTOR: ANDRÉ FERNANDO NASCIMENTO GONÇALVES

ORIENTADOR: Prof. Dr. LEONARDO SUSUMU TAKAHASHI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal, Área: PRODUÇÃO ANIMAL, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. LEONARDO SUSUMU TAKAHASHI
UNESP / Câmpus Experimental de Dracena


Prof. Dr. URBANO DOS SANTOS RUIZ
UNESP / Câmpus Experimental de Dracena


Prof. Dr. JOAO BATISTA KOCHENBORGER FERNANDES
Centro de Aquicultura da UNESP / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 12 de março de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ANDRÉ FERNANDO NASCIMENTO GONÇALVES – nascido em São Paulo, no dia 30 de dezembro de 1983, cursou ensino médio e técnico em Desenho de Construção Civil pelo Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo, de março de 1999 a dezembro de 2002. Em agosto de 2003 ingressou na 1º Turma do curso de Zootecnia da Universidade estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – Campus Experimental de Dracena. Durante sua graduação realizou diversos estágios e cursos com produção animal, juntamente com quatro iniciações científicas, concluindo-a em julho de 2008. Ingressou no mercado de trabalho neste mesmo ano e permaneceu até fevereiro de 2012; período em que trabalhou nas empresas Aqua-Genética Piscicultura, em Porto Ferreira-SP e Eco Marine Aquários e Peixes Ornamentais, em São Paulo-SP. Em março de 2012 iniciou o mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, mestrado interunidades, campus de Dracena e Ilha Solteira, sendo que em março de 2014 submeteu a sua dissertação de mestrado a banca examinadora.

**“Não há nada que não se consiga com a força de vontade, a bondade e,
principalmente, com o amor”.**

Marcus Tullius Cicero

Aos meus pais ...

Rosemeire

Salatiel

Pelo eterno apoio, dedicação e exemplo

... Para as Avós ...

Rosinha

Conceição

Pelo constante afeto e amor

... Para Natalia ...

Pelo diário companheirismo, carinho e paciência

... Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por iluminar, guiar meus caminhos e nunca me desamparar.

A Unesp, campus de Dracena, por mais uma vez me dar a oportunidade de inaugurar um novo curso, oferecendo-me conhecimentos intelectuais através de seus professores e funcionários.

Ao Prof. Dr. Leonardo Susumu Takahashi que novamente através de sua sabedoria, inteligência, paciência, dedicação e principalmente amizade, me orientou em uma nova e importante etapa de minha vida.

Ao Prof. Dr. Urbano dos Santos Ruiz (Unesp, campus de Dracena) pelos ensinamentos laboratoriais, as valiosas sugestões ao trabalho e por ter aceito o convite para participação na banca avaliadora.

Ao Prof. Dr. João Batista Kochenborger Fernandes (CAUNESP, Jaboticabal) pela disponibilidade a participar da banca avaliadora colaborando com seus conhecimentos.

Ao Prof. Dr. Daniel Nicodemo (Unesp, campus de Dracena) pelas valiosas sugestões ao trabalho, colaborando com sua finalização.

Ao Prof. Dr. Aires Oliva-Teles (Universidade do Porto – Portugal) pelas sugestões na formulação das dietas e delineamento do experimento.

Ao Danilo Miyazaki (Poli-Nutri Nutrição Animal), Ingredion Incorporated e Imcopa por disponibilizarem diversos ingredientes para formulação das dietas.

Aos alunos e funcionários do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (Unesp - Jaboticabal), em especial a Prof. Dr. Elisabeth Criscuolo Urbinati e ao Pós Graduando Rodrigo Yukihiro Gimbo, por disponibilidade e auxílio em técnicas laboratoriais.

Aos funcionários do LANA, Laboratório de Nutrição Animal, Unesp, campus de Jaboticabal, pela disponibilidade e auxílio nas análises energéticas.

A todos os funcionários, técnicos, seguranças e professores da Unesp, campus de Dracena e Ilha Solteira, em especial ao Marcelo Bartholomei, Jaque Ribas, Lana Cobra, Graciele Perez, Guardas Orandir e Sidneia, Porteiros Zé e Emerson, Prof. Dr. Fabio E. Mingato e Prof. Dr. Ricardo Fonseca.

Ao GAUD (Grupo de Aquicultura da Unesp de Dracena), pela troca mutua de conhecimentos, amizade, força de vontade e trabalho em equipe (Pelego, Rathiuflly, Saque, Marmota, Brisa, Bacaxi, Mikaely, Xorão, Marota, Pogrão, Biskuit, Karina, Sabrina, Joaninha, Saita, Sherek, Luana, Natalia Ha, Prof. Dr. Celso Tadao e Dra. Jaqueline Biller).

Aos 18 alunos da 1ª Turma de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Animal, pela coragem, troca de experiências, alegria, companheirismo e amizade.

A Republica Eternament, pelo convívio, fraternidade, amizade, alegria e partilha (Adam, Longuine, Pogrão, Saque, Xuxa, Telo, Mc, Saita, Cro, Rex e Macarrão).

A CAPES e a FAPESP por terem disponibilizado bolsas de auxílio, em momentos alternados, para que o presente trabalho se concretizasse.

Aos meus irmãos (Andressa e Alexandre) e a minha Tia Sandra pelo apoio, carinho, amizade, descontração e companheirismo.

Aos velhos amigos Fabio Kenji e Rodrigo Buissa, pela amizade, e a prova de que irmãos não são apenas os de “mesmo sangue”.

A todos os meus familiares e amigos que ajudaram direta ou indiretamente nesta etapa, através de conselhos, amizades, carinho, conversas; apesar de não estarem sendo citados por falta de disponibilidade de espaço, considerem-se extremamente agradecidos.

MUITO OBRIGADO A TODOS!

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. Introdução	1
1.1 Objetivos	3
2. Revisão de literatura	4
2.1 Biologia da espécie	4
2.2 Nutrição do surubim	5
2.3 Carboidratos e o efeito poupador de proteína	9
3. Referências	15

CAPÍTULO 2 - DESEMPENHO PRODUTIVO E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE JUVENIS DE CACHARA (*Pseudoplatystoma reticulatum*) ALIMENTADOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE PROTEÍNA E CARBOIDRATO

Resumo	19
1. Introdução.....	20
2. Material e Métodos	22
2.1 Dietas experimentais	23
2.2 Biometrias e índices zootécnicos.....	25
2.3 Metabólitos no sangue.....	25
2.4 Atividades enzimáticas	26
2.5 Análise da composição corporal	26
2.6 Reservas energéticas teciduais	27

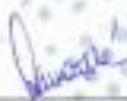
2.7 Eficiência nutricional	27
3. Resultados.....	28
3.1 Índices zootécnicos	28
3.2 Metabolismo	30
3.3 Enzimas digestivas	31
3.4 Análises da composição corporal	32
3.5 Reservas energéticas teciduais	32
3.6 Eficiência nutricional	33
4. Discussões.....	35
5. Conclusões	44
6. Referências.....	45

Comissão de Ética em Uso de Animais (CEUA)

Certificado

Certificamos que o Projeto intitulado "**Utilização de Carboidratos como efeito poupador de proteína para surubins**", protocolo nº 42/2012, sob a responsabilidade do(a) Prof(a). Dr(a). Leonardo Susumu Takahashi está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Ética em Uso de Animais (CEUA) do Curso de Zootecnia da UNESP de Dracena e foi aprovado pela referida Comissão.

Dracena, 15 de março de 2013.



Prof.ª Dra. Sírele Aparecida Maestá
Presidente da CEUA - UNESP Dracena

DESEMPENHO PRODUTIVO E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE JUVENIS DE CACHARA (*Pseudoplatystoma reticulatum*) ALIMENTADOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE PROTEÍNA E CARBOIDRATO

RESUMO – A adequada utilização de carboidratos nas dietas de peixes carnívoros pode reduzir a utilização da fração proteica da dieta para fins energéticos, aumentando sua utilização para o crescimento, num processo conhecido como "protein sparing". A anatomia e histologia do sistema digestório dos surubins demonstram que os mesmos possuem particularidades próximas a de onívoros que poderiam ajudar no aproveitamento de carboidratos da dieta. O metabolismo de carboidratos nos peixes parece ter inúmeras contradições e pode variar em função da espécie, fonte e processamento do carboidrato e níveis de inclusão na dieta. Alguns estudos demonstram que surubins conseguem digerir e utilizar os amidos fornecidos nas dietas, ocasionando adaptações fisiológicas na secreção de enzimas digestivas e metabólicas. Não existem estudos específicos em relação à utilização de carboidratos com efeito poupador de proteína para surubins, porém a utilização de lipídeos com efeito poupador já foi estudada, não resultando em melhora no desempenho produtivo dos peixes. Devido à carência de estudos para espécies nativas em geral, o presente trabalho verificou a influência de níveis de carboidratos e proteína nas dietas de cacharas. Os índices zootécnicos, metabolismo, reservas energéticas, composição e retenção de nutrientes na carcaça e quantificação de enzimas digestivas foram avaliados. Pode-se concluir que o aumento do nível de carboidratos não resultou em efeito poupador de proteína para o surubim.

Palavras-chave: metabolismo, amido, cachara, amilase, protease, glicose.

**PRODUCTIVE PERFORMANCE AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF
JUVENILE CACHARA (*Pseudoplatystoma reticulatum*) FED WITH
DIFFERENT LEVELS OF PROTEIN AND CARBOHYDRATE**

ABSTRACT – The proper use of carbohydrates in diets for carnivorous fish can reduce the use of the protein fraction for energy, providing it for growth, a process known as "protein sparing". The anatomy and histology of digestive system of surubins demonstrate that they possess characteristics similar to omnivorous fish that could help on the carbohydrates utilization. Carbohydrate metabolism in fish seems to have many contradictions and vary depending on fish species, carbohydrates sources and processing and carbohydrate inclusion level. Some studies showed that surubins can digest and utilize dietary starch, resulting in physiological adaptations, such as digestive enzymes secretion. There are no specific studies on the use of carbohydrates with protein sparing effects for surubins, but the use of lipids has been studied, resulting in no improvement in growth performance of fish. Due to the lack of studies to native species in general, the present study examined the influence of different levels of carbohydrate and protein in the diets of cacharas. Production indices, metabolism, energy reserves, composition and nutrient retention in the carcass and quantification of digestive enzymes were evaluated. It can be concluded that increasing the carbohydrate level has not resulted in a protein-sparing effect for the surubim.

Keywords: metabolism, starch, cachara, amylase, protease, glucose.

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1. INTRODUÇÃO

A produção de surubim (*Pseudoplatystoma sp.*) em 2010 foi de 2.486,5 t em 2010, sendo a espécie nativa carnívora mais cultivada e apresentando um crescimento de 39,8% na produção em relação a 2008 (MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA, 2012).

Este gênero é representado comercialmente pelo pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*), pelo cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*) e pelo híbrido entre as duas espécies, não havendo diferenciação quanto ao produto final. Sua carne é considerada nobre e proporciona um filé de qualidade com pequena quantidade de espinhas, apresentando grande potencial para a aquicultura nacional. Além da produção destinada a mesa, o surubim também é atrativo para a pesca esportiva e como peixe ornamental (CAMPOS, 2010).

Apesar de todas estas características promissoras, o hábito alimentar carnívoro e noturno tem como inconvenientes para a produção intensiva deste peixe a necessidade de treinamento alimentar e a exigência de altos teores de proteína bruta nas dietas comerciais.

Os peixes utilizam as proteínas e gorduras mais facilmente que os carboidratos, em razão de sua adaptação a disponibilidade de alimentos na natureza. No entanto, a utilização de níveis adequados de carboidratos não estruturais em rações, como o amido, podem apresentar efeito poupador de proteína, refletindo em ótimo custo benefício e minimização na excreção de amônia, com conseqüente ganho econômico e ambiental. O efeito poupador de proteína, “protein sparing effect”, consiste na inclusão de fontes de energia não proteicas na dieta para fins energéticos, disponibilizando melhor a proteína para o crescimento (RAMÍREZ, 2005). Esta melhora no crescimento, está relacionada ao fato da glicose ser um importante combustível metabólico para os tecidos glicose dependentes, sendo assim os carboidratos presentes na dieta de peixes podem reduzir a atividade gliconeogênica e desviando os aminoácidos da via oxidativa (COWEY et al., 1977).

O metabolismo de carboidratos nos peixes parece ter inúmeras contradições, a digestibilidade dos carboidratos por peixes carnívoros é baixa, em alguns peixes o metabolismo intermediário é reduzido, podendo ter relação à baixa atividade dos hormônios que controlam o metabolismo do carboidrato (SEIXAS FILHO, 2004).

No entanto, na literatura foi constatado que os surubins apesar de possuírem o trato gastro intestinal típico de carnívoros, possuem pequenas particularidades anatômicas que demonstrariam uma tendência a evolução para onívoros (SEIXAS FILHO et al., 2001 e RODRIGUES et al., 2009). A utilização de níveis de até 29% de carboidrato em dietas para surubim, não influenciaram negativamente os índices produtivos dos animais (TAKAHASHI e CYRINO, 2006). A produção de enzima amilase no trato digestório do surubim demonstrou ser adaptável as quantidades de amido da dieta (LUNDSTEDT et al., 2004).

Não existem estudos específicos em relação à utilização de carboidratos com efeito poupador de proteína para surubins, porém a utilização de lipídeos com efeito poupador já foi estudada. Porém não obteve melhora no desempenho produtivo dos peixes e ainda se verificou aumento da gordura visceral (MARTINO et al., 2005). Por outro lado, em estudo com o cachandia, híbrido do cachara com o jundiá do norte (*Leiarius marmoratus*), uma espécie carnívora e outra onívora, foram obtidos resultados positivos quanto ao efeito poupador de proteína utilizando carboidratos e lipídeos (PAULINO, 2013).

Levando-se em consideração a crescente produção de surubim, beneficiada pela boa qualidade de sua carne e aos ótimos índices produtivos, bem como sua importância para a produção de espécies nativas, que se encontra em expansão, tem-se a necessidade de estudos nutricionais visando diminuição de custos de produção. Com base em algumas informações sobre a nutrição do pintado e do cachara, visto suas particularidades anatômicas, fisiológicas do sistema digestório e capacidade de consumir o amido de milho, pesquisas objetivando dar subsídios para dietas que resultem em efeitos poupadores de proteína na dieta são fundamentais. Desta forma, o entendimento dos mecanismos fisiológicos e do metabolismo dos carboidratos nesta espécie carnívora, são primordiais para o crescimento da atividade.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral foi verificar a ocorrência do efeito poupador de proteína da dieta pela inclusão de carboidratos utilizando o cachara como modelo biológico. Os objetivos específicos do experimento proposto foram:

- Avaliar o desempenho corporal e os índices produtivos dos animais alimentados com dietas contendo diferentes níveis de carboidratos e proteína;
- Analisar o perfil metabólico de juvenis de cachara alimentados com dietas contendo diferentes níveis de carboidratos e proteína;
- Acompanhar a dinâmica das reservas energéticas teciduais em juvenis de cachara alimentados com dietas contendo diferentes níveis de carboidratos e proteína;
- Verificar o efeito de dietas contendo diferentes níveis de carboidratos e proteína nas principais enzimas digestivas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Biologia da espécie

A produção aquícola brasileira em 2010 foi de 479.399 toneladas de peixes vivos, representando um incremento de 15,3% em relação à produção de 2009. Seguindo o padrão observado nos anos anteriores, a maior parcela da produção aquícola é oriunda da aquicultura continental representando 82,3% do total nacional. A tilápia e a carpa foram as espécies mais cultivadas; entre as espécies nativas, o tambaqui, (*Colossoma macropomum*), o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e o híbrido tambacu representaram 24,6% da produção. A produção de surubim (*Pseudoplatystoma sp.*) resultou em 2.486,5 t, representando 0,6% da produção em 2010, sendo a espécie nativa carnívora mais cultivada e com um crescimento de 39,8% na produção em relação a 2008 (MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA, 2012).

Os surubins, pertencentes à ordem dos Siluriformes, família *Pimelodidae* e gênero *Pseudoplatystoma* (TAVARES, 1997), são peixes de couro que possuem corpo roliço e alongado, cabeça achatada e três pares de barbilhões próximos à boca (BRITSKI; SATO e ROSA, 1988). Apresentam hábito alimentar carnívoro, principalmente piscívoro, hábito noturno e comportamento reprodutivo migratório, durante as estações de chuvas. Este gênero possui considerável potencial para a aquicultura nacional porque sua carne é considerada nobre e proporciona um filé de qualidade com pequena quantidade de espinhas. Além da produção destinada à mesa, o surubim também é atrativo para a pesca esportiva e como peixe ornamental (CAMPOS, 2010).

A etimologia do *Pseudoplatystoma* é originária do grego, *pseudes*, significa falso; *platys*, plana e *estoma*, boca. Dentro do gênero *Pseudoplatystoma*, as espécies que merecem destaque devido a sua produção, comercialização e popularidade são o surubim pintado (*P. corruscans*) e o surubim cachara (*P. reticulatum*). São muito semelhantes entre si, diferindo principalmente pelo padrão das marcas negras sobre o fundo cinza/oliva e pequenas características morfológicas (BUIRAGO-SUÁREZ e

BURR, 2007), sendo o padrão das manchas escuras no corpo do pintado arredondadas e a do cachara com manchas curtas e retilíneas. Atualmente, o híbrido “cachapinta”, resultado do cruzamento entre as duas espécies é o peixe mais produzido, e o consumidor não diferencia as duas espécies e o híbrido nos aspectos de qualidade de carne e preço (CAMPOS, 2010).

Até meados de 2007 foram catalogadas apenas três espécies de *Pseudoplatystoma*, sendo elas *P. Corruscans*; *P. fasciatum* e *P. tigrinum*. Neste período, o cachara era tido como *Pseudoplatystoma fasciatum*, porém atualmente foi descoberta uma maior variação dentro do gênero *Pseudoplatystoma*, e novas espécies foram catalogadas e diferenciadas, resultando em oito espécies no total. Foi descoberto que o *P. fasciatum*, trata-se de um animal restrito a região da Guiana, ocorrendo na Guiana, Suriname e Guiana Francesa, incluindo o Rio Essequibo e Rio Suriname e suas afluentes. O cachara pertencente à região do Rio Paraná e Amazônia central, sendo endêmico do Brasil, Argentina, Bolívia, Paraguai e Uruguai. Desta forma o cachara foi diferenciado do *P. fasciatum* e reclassificado como *Pseudoplatystoma reticulatum* (BUIRAGO-SUÁREZ e BURR, 2007). Pesquisas anteriores a 2007 foram nomeadas erroneamente como *P. fasciatum*, entretanto se tratam da mesma espécie deste trabalho, o *P. reticulatum*.

2.2 Nutrição do surubim

Para estudos da nutrição de qualquer espécie é necessário conhecer primeiramente a anatomia e histologia do sistema digestivo. A literatura pesquisada descreve que tanto o pintado (SEIXAS FILHO et al., 2001) quanto o cachara (RODRIGUES et al., 2009) possuem um sistema digestivo característico de espécies carnívoras, mas os órgãos apresentam algumas particularidades que indicam certo grau de flexibilidade na dieta, comum apenas para siluriformes onívoros. Os trabalhos demonstram que as circunvoluções das alças finais do intestino médio talvez possam ser vistas como adaptações a um possível regime onívoro, preferencialmente carnívoro. As alças do intestino médio apresentaram arranjo indefinido, não tendo sido

determinado um arranjo-padrão para a espécie. O padrão longitudinal, com numerosas anastomoses retarda o avanço do alimento, o que possibilita maior período digestivo e, conseqüentemente, maior aproveitamento dos nutrientes, pela exposição do material alimentar à mucosa intestinal por período maior (SEIXAS FILHO et al., 2001; RODRIGUES et al., 2009).

A avaliação dos alimentos é fundamental para estudo de nutrição e na formulação de dietas. Devido a grande importância que a fração proteica tem nas dietas destes peixes alguns alimentos utilizados na ração de juvenis, com peso médio de 9,8 g, foram testados e os resultados demonstraram que os alimentos com maiores valores de digestibilidade aparente da proteína foram: farinha de peixe (84,14%), farelo de soja (67,10%), milho (64,18%) e farinha de vísceras de aves (61,25%). Os valores observados para a digestibilidade do conteúdo energético foram: farinhas de peixe (72,80%), milho (57,39%), soja integral tostada (64,95%), farelos de soja (61,66%), farelo de trigo (53,20%), farelo de arroz (51,84%) (GONÇALVES; CARNEIRO, 2003).

Em relação aos alimentos energéticos, Teixeira et al. (2010) determinaram os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta do fubá de milho, sorgo, farelo de arroz integral e quirera de arroz para juvenis de surubim com aproximadamente 30 g. Entre os alimentos avaliados, os que apresentaram maior coeficiente de digestibilidade foram o farelo de arroz e o fubá de milho com coeficientes de 52,4% e 54,3% para matéria seca, 83,8% e 87,4% para proteína bruta, e 66,4% e 62,4% para energia bruta. O que resultou no menor coeficiente de digestibilidade foi o sorgo, com 33,2% para matéria seca, 81,1% para proteína bruta e 48,7% para energia bruta. Segundo os autores, os juvenis de surubim digerem com mais eficiência ingredientes energéticos ricos em gordura, por isso o farelo de arroz foi superior aos demais. O fubá de milho, apesar de possuir cerca de 62% de amido e pouca gordura (1,5%), apresentou digestibilidade da energia superior a do sorgo, provavelmente pelo fato de o amido do milho ser mais digestível que o sorgo e a quirera de arroz, em virtude de sua estruturação.

Trabalhos sobre as exigências nutricionais do surubim ainda são escassos. As exigências nutricionais dos peixes são estabelecidas, em sua maioria, sob condições laboratoriais, sendo utilizados diferentes protocolos

experimentais. Isto talvez possa ser responsável por parte das diferenças intra e interespecíficas, às vezes conflitantes, apresentadas na literatura (PEZZATO et al., 2004). Associado a isto, um dos grandes problemas da produção intensiva de carnívoros consiste no fato destes animais geralmente não utilizarem bem os carboidratos, resultando em problemas com a relação custo-benefício das dietas (PAPOUTSOGLOU; LYNDON, 2006).

Os macronutrientes, com destaque para a proteína, desempenham uma variedade de funções essenciais ao organismo. A dieta contendo 40% PB e 3781 kcal/kg EB foi a que resultou em melhor desempenho produtivo de juvenis de pintado de 13,58 g entre as dietas testadas (T1 = 35% PB e 3.779,8 kcal/kg EB; T2 = 40% PB e 3.781,7 kcal/kg EB e T3 = 45% PB e 3.903,5 kcal/kg EB) (ZANARDI; BOQUEMBUZO; KOBERSTEIN, 2008).

Embora existam algumas informações sobre índices proteicos para esta espécie, pode ser que as mesmas não atendam ao balanço de aminoácidos exigidos. Nesse sentido, a composição dos aminoácidos do tecido muscular do pintado, com peso médio de 2,5 kg, foi determinada com base no conceito de proteína ideal por Furuya e Furuya (2003). A quantidade de proteína bruta encontrada na matéria seca foi de 86,7%. A relação AAE/L [(cada aminoácido essencial incluindo cistina e tirosina/lisina) x 100] de 29,5; 42,3; 33,5; 11,2; 68,0; 23,8; 42,7; 49,8; 43,3; 76,8 e 52,4% para a metionina, metionina + cistina, treonina, triptofano, arginina, histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina, fenilalanina + tirosina e valina do tecido muscular, respectivamente. A relação AAE/L pode sugerir valores importantes para a suplementação de aminoácidos em dietas para o pintado, podendo resultar em futuros estudos.

As exigências de cachara recentemente foram publicadas, resultando em concentrações de 39% PD e 3600 kcal ED/kg (SILVA, 2013). Em outro estudo semelhante, as concentrações encontradas foram de 49,25% PB e 4600 kcal EB/kg (CORNÉLIO et al., 2014).

Dentre as fontes de energia utilizadas pelos peixes, os lipídeos se destacam por seu elevado valor energético e por sua aplicabilidade na confecção de dietas comerciais (PEZZATO et al., 2004). A influência de lipídeos na dieta sobre o desempenho produtivo de juvenis de pintados com 5,1 g foi estudado por Martino et al. (2003), que avaliaram a composição de ácidos

graxos da carcaça e o lipídeo hepático, utilizando cinco dietas isoproteicas (46,5% de PB) e isolipídicas (19% lipídeo bruto) formuladas com diferentes proporções de óleo de fígado de lula (SLO) e banha de porco (PL). Não houve diferença no desempenho produtivo, mas o perfil de ácidos graxos da carcaça dos peixes foi afetado pela composição de ácidos graxos na dieta.

Campos, Martino e Trugo (2006) avaliaram a composição de aminoácidos das carcaças de surubins alimentados com dietas isoproteicas com níveis variáveis de fontes de lipídeos. A inclusão do óleo de soja em níveis de 4%, 8% e 12% nas rações promoveu um aumento correspondente na retenção de proteína na carcaça dos peixes, refletida pelo maior teor de aminoácidos. No entanto, a inclusão de 12%, sob a forma de diferentes fontes de lipídeos (banha de porco, óleo de milho, óleo de soja ou óleo de linhaça) não promoveu grande variação na retenção de aminoácidos.

Além de lipídeos e proteínas, os peixes utilizam carboidratos como fonte energética. Há controvérsias em relação a utilização de carboidratos na alimentação de peixes, uma vez que não aparecem deficiências e sinais clínicos de carência, quando ausentes na dieta. Entretanto a inclusão deste nutriente na formulação das dietas constitui importante fonte de energia. Diferentes níveis de inclusão de carboidratos nas dietas para o pintado foram estudados por Takahashi e Cyrino (2006), sendo oferecidas dietas isoproteicas (42% de PB) e isoenergéticas (8,8:1 kcal EM/g de PB), contendo níveis crescentes de carboidratos totais: 9, 13, 17, 21, 25 e 29% CHO. A variação dos níveis de carboidratos da dieta interferiu no ganho de peso absoluto, no ganho de peso relativo, no consumo alimentar diário relativo, na conversão alimentar, na taxa de eficiência proteica e na taxa de crescimento específico. Segundo os autores, os pintados podem ser produzidos com dietas contendo níveis de até 29% de carboidratos totais sem prejuízo das funções produtivas.

O surubim, apesar de ser uma espécie carnívora, é capaz de aumentar a atividade das carboidrases quando alimentados com níveis elevados de carboidrato. O *P. corruscans* é capaz de consumir o amido de milho, no entanto, um acentuado equilíbrio entre a proteína e os compostos energético ainda é necessário para otimizar o crescimento e evitar desperdícios

econômicos no cultivo deste peixe. A atividade da enzima amilase pode ser ajustada através do nível de amido na dieta (LUNDSTEDT et al., 2004).

2.3 CARBOIDRATOS E O EFEITO POUPADOR DE PROTEÍNA

Alguns carnívoros são constantemente estudados internacionalmente e demonstram resultados interessantes no que diz respeito ao metabolismo de carboidratos. Enes et al. (2009) analisaram a influência de dietas a base de carboidratos sobre o desenvolvimento e metabolismo de juvenis de dourada (*Sparus aurata*) pesando 117 g aproximadamente. Quatro dietas isoproteicas (50% PB) e isolipídicas (16% extrato etéreo) foram formuladas para conter 20% de amido de milho pré-gelatinizado, dextrina, maltose ou glicose. A eficiência alimentar foi menor nos peixes alimentados com a dieta contendo glicose do que com maltose e dietas com dextrina. A taxa de eficiência proteica foi menor em peixes alimentados com glicose. Seis horas após a alimentação, a glicemia foi maior nos peixes alimentados com a dieta de glicose, a maltose e dietas de amido. A atividade hepática da glicoquinase (GK) foi maior nos peixes alimentados com glicose e maltose, enquanto que a atividade da piruvato quinase (PK) foi maior em peixes alimentados com glicose do que em peixes alimentados com amido. A atividade da frutose-1,6-bisfosfatase (FBPase) e da glicose-6-fosfato desidrogenase (G6PD) foram maiores nos peixes alimentados com a dieta com amido em relação a dextrina e dietas com glicose. Os dados sugerem que a glicose e maltose são mais eficazes do que carboidratos complexos no reforço a atividade glicolítica do fígado, em contrapartida a diminuição de carboidratos complexos na dieta “deprimem” a atividade hepática das vias gliconeogênicas e lipogênicas.

Enes et al. (2006) utilizando juvenis de robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) com aproximadamente 23,3 g, avaliaram o efeito de dois níveis (10 e 20%) e duas formas (milho normal e de milho ceroso) da ingestão de amido dietético. Segundo os autores as atividades das enzimas sugerem que os carboidratos da dieta melhoram significativamente a utilização da proteína associada com o aumento da atividade de enzimas glicolíticas, bem como uma diminuição da gliconeogênese e conseqüente redução no catabolismo de

aminoácidos. Como aparentemente não ocorreu comprometimento do metabolismo hepático do robalo europeu em resposta à ingestão dos carboidratos da dieta, os autores sugerem que outros fatores, como maior utilização de glicose no músculo (GLUT4, a fosforilação de glicose, nível de glicogênio) ou grande excreção de glicose pode ter ocorrido e merecem estudos mais aprofundados.

Nas espécies carnívoras, a utilização de carboidratos da dieta para fins energéticos é limitada e uma hiperglicemia pós-prandial prolongada tem sido observada após o fornecimento de dietas ricas em carboidratos (WILSON, 1994, LEGATE et al., 2001). Até agora a resposta para esta intolerância à glicose não esta completamente compreendida.

Hipóteses adicionais para explicar a baixa utilização da glicose nos peixes são: aminoácidos, especialmente a arginina, que demonstra ser um estimulador potente da secreção de insulina (MOMMSEN; PLISETSKAYA, 1991); baixo número de receptores de insulina no músculo de peixe em comparação com mamíferos (PÁRRIZAS et al., 1994.); baixa capacidade de fosforilação da glicose (COWEY; WALTON, 1989) e baixo número de transportadores de glicose no músculo de peixe (WRIGHT et al., 1998). Uma possível explicação para a baixa eficácia do metabolismo de carboidratos pode ser uma alteração da homeostasia da glicose atribuída a um desequilíbrio entre a glicose hepática (endógena) e a glicose-6-fosfato resultante da fosforilação pela ação da glicoquinase (PANSERAT et al., 2001). Nos mamíferos, a expressão da glicoquinase e glicose-6-fosfatase são, respectivamente, induzidas e reprimidas pelos carboidratos da dieta (PRINTZ et al., 1993).

A inclusão de fontes de energia não proteica reduz a utilização da fração proteica da dieta para fins energéticos e melhora a sua utilização para o crescimento, num processo conhecido como efeito poupador da proteína ou "protein sparing effect". Ainda que os lipídeos sejam reconhecidos pelo seu alto valor de energia não proteica para peixes, o baixo custo e a disponibilidade dos carboidratos poderiam privilegiar a sua inclusão em dietas comerciais (RAMÍREZ, 2005).

De qualquer forma, quando fontes de energia não proteicas não estão disponíveis na dieta, a proteína da dieta é desaminada no organismo para

fornecimento de energia, reduzindo a síntese proteica e o crescimento muscular. Por isto, níveis adequados de fontes energéticas não proteicas, como lipídeos e carboidratos da dieta, podem minimizar a utilização de proteína como fonte de energia, e neste sentido os carboidratos representam uma fonte barata de energia (WILSON, 1994).

O benefício no crescimento e eficiência nutricional gerada por ingredientes pré-gelatinizados, modificados ou que receberam algum tratamento tecnológico, tem sido demonstrado em algumas espécies de peixe. A incorporação de amido gelatinizado tem vantagens nutricionais quando comparado com amido cru (JEONG et al., 1992; TAKEUCHI et al., 1992; PERES; OLIVA-TELES, 2002),

Com a enguia americana *Anguilla anguilla*, Degani e Viola (1987) observaram crescimento superior dos peixes alimentados com dietas contendo 40% PB e 38% de farelo de trigo em comparação aos alimentados com 50% PB e 20% de farelo de trigo. Em estudo similar, com garoupa (*Epinephelus malabaricus*), foram observadas respostas semelhantes. Foi observado que a redução de 46 para 42% PB e aumento de 19,5 para 24,6% de glicose ou amido das dietas não resultaram em redução no ganho de peso ou piora na conversão alimentar (SHIAU; LIN, 2001).

O efeito poupador de proteína não ocorreu com salmão do Atlântico (*Salmo salar* L.) alimentados com dietas úmidas contendo níveis crescentes de amido de 0% a 31% e concomitante diminuição dos níveis de proteína. Os resultados mostraram que a alimentação com uma dieta contendo 22% de amido, exerce efeitos negativos sobre o crescimento e a utilização do alimento. A inclusão de amido acima de 9% resultou na diminuição da digestibilidade do amido, enquanto a digestibilidade da proteína não foi influenciada pelo teor de amido na dieta. Os autores sugeriram que o amido não digerido pode afetar a digestibilidade do lipídeo da mesma forma que a fibra dietética (HEMRE et al., 1995).

Fontes de amido e fibras utilizadas para avaliar a ocorrência do efeito poupador de proteína em robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) resultaram em modificações na microbiota e mucosa intestinal. Ocorreram modificações entre o equilíbrio de *Vibrio spp.* e *Clostridium spp.*, fazendo com que o amido fosse

parcialmente metabolizado pela microbiota, resultando no aumento da concentração de acetato nas fezes (GATESOUBE et al., 2014).

A interação entre temperatura e carboidrato, ocasionaram redução na proteína dietética de trutas (*Salvelinus fontinalis*) para crescimento a 15 e 19°C, no entanto, o crescimento e a eficiência da utilização do amido pelos animais, são menores ou não ocorrem com o aumento da temperatura (AMIN; BARNES; ADAMS, 2014).

O efeito de redução da proteína da dieta equilibrada por um aumento na ingestão de amido, em duas temperaturas (12 e 18 °C) foi estudado em juvenis de *Solea senegalensis*. As dietas foram isolipídicas com 16% de lipídeo. Foram testadas duas dietas, uma com 55% de proteína e 9% de amido e outra com 45% proteína e 20% amido. A proteína pôde ser reduzida de 55 para 45% pelo aumento de amido nas dietas (20%), sem afetar o desempenho produtivo. A redução do teor de proteína através de um aumento de amido dietético diminuiu a gliconeogênese hepática. O aumento da temperatura de 12°C para 18°C melhorou o crescimento dos peixes e não afetou a eficiência alimentar (GUERREIRO et al., 2014)

O uso adequado de carboidratos na dieta pode trazer benefícios a piscicultura atuando não somente como fator de redução no custo da dieta, mas também como fator de redução de impacto ambiental (FERNANDEZ et al., 2007). Em relação ao efeito poupador de proteína utilizando carboidratos em espécies nativas, restringem-se a espécies de hábito alimentar onívoro, não havendo dados sobre peixes carnívoros. Para o jundiá (*Rhamdia quelen*), Moro et al. (2010) mostraram que a inclusão de carboidratos é benéfica porque reduz a deposição de gordura no corpo. Os autores utilizaram animais com aproximadamente 0,6 g, e oito dietas com diferentes relações carboidrato/lipídeo (T1 - 3,7/1,7; T2 - 8,4/8,3; T3 - 13,8/6,7; T4 - 16,2/4,7; T5 - 18,5/4,0; T6 - 20,7/3,9; T7 - 21,2/3,7; T8 - 22,4/3,4 CHO%/LIP%). Concluiu-se que dietas com alto nível de carboidrato pode causar uma sobrecarga metabólica, principalmente se observada a concentração de glicogênio no fígado, assim foi sugerida uma dieta de 15,7% de dextrina e 3% de lipídeos.

A influência da ingestão de diferentes fontes de amido sobre indicadores metabólicos e enzimáticos em sangue e fígado de jundiás também foram

estudados (LOVATTO et al., 2013). O experimento foi realizado durante 20 dias, utilizando 60 juvenis, divididos em três tratamentos, compostos por dietas com inclusão de aveia descascada; farelo de arroz desengordurado e uma dieta controle, todas com 37% PB e 3200 kcal ED/kg. Não houve diferença significativa para os parâmetros de crescimento, entretanto ocorreram variações no metabolismo do animal. Os autores afirmam que o jundiá é capaz de metabolizar diferentes fontes de carboidrato, sem a necessidade de utilizar a proteína, tanto da dieta quanto a corporal, como fonte de energia.

O efeito da extrusão e da peletização de dietas contendo dois níveis de carboidrato (40 e 50%) e dois níveis de lipídeos (4 e 8%) foram avaliados sobre fator de condição, composição corporal e o perfil de ácidos graxos de pacu. As dietas peletizadas com 40% de carboidrato apresentaram a maior relação entre $n3/n6$ em comparação às dietas extrusadas. O perfil de ácidos graxos do filé de pacu sofreu grande influência da interação dos carboidratos, lipídeos e processamento. O aumento de carboidrato em dietas extrusadas produziu pacus com maiores teores de ômega-3 (HONORATO et al., 2013).

A utilização de carboidrato pelo pacu (*Piaractus mesopotamicus*) também foi pesquisada pelo Grupo de Aquicultura da Unesp de Dracena (GAUD), os resultados estão sendo finalizados. Foi possível constatar o efeito poupador de proteína, sugerindo-se a relação de 21/45% PD/CHO%, pois nesta concentração o desempenho produtivo, os parâmetros econômicos e eficiência nutricional foram superiores as demais dietas testadas (dados ainda não publicados, informação pessoal*).¹

O cachandia, híbrido do cachara (espécie carnívora) com o jundiá do norte (*Leiarius marmoratus*) (espécie onívora), foram estudados avaliando-se a fonte de óleo junto a inclusão de carboidrato na dieta. Os resultados encontrados foram positivos quanto ao efeito poupador de proteína utilizando carboidratos e lipídeos. A melhor ou pior utilização de carboidrato na dieta estão relacionadas com a fonte de óleo fornecida, sendo encontrado o teor de 25% carboidratos como efeito poupador de proteína. Os autores ressaltam na importância desta informação para aplicação em pesquisas com espécies carnívoras (PAULINO, 2013).

*TAKAHASHI, L. S. (Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Unesp Campus Experimental de Dracena). Comunicação pessoal, 2014.

Para o pintado, não existem estudos específicos em relação a utilização de carboidratos, porém a utilização de lipídeos como efeito poupador de proteína já foi estudada. Martino et al. (2005) testou cinco dietas isoproteicas formuladas para conter 470 g kg⁻¹ proteína bruta, cinco diferentes níveis de lipídeos (190, 210, 230, 250 e 270 g kg⁻¹), cinco diferentes níveis de carboidratos (178; 155; 158; 125 e 110 g kg⁻¹) e energia bruta (21,2; 21,6; 22,4; 22,8 e 23,2 MJ kg⁻¹). No final do ensaio não houve diferenças significativas no desempenho produtivo dos peixes. Ocorreu aumento de gordura nas vísceras com o aumento de lipídeos na dieta. Os autores sugerem que o pintado é capaz de utilizar eficientemente amido como fonte de energia, recomendando pesquisas nesta linha sobre carboidratos.

3. REFERÊNCIAS

- AMIN, M. N.; KATERSKY BARNES, R.; ADAMS, L. R. Effects of different protein and carbohydrate levels on growth performance and feed utilisation of brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill, 1814), at two temperatures. **Journal Applied Ichthyology**, p. 1–10, 2014.
- BRITSKI, H. A.; SATO, Y.; ROSA, A. B. S. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias (com chave de identificação para peixes da bacia do São Francisco)**. 3 ed. Brasília: CODEVASF, 1988. 115 p.
- BUITRAGO-SUÁREZ, U. A.; BURR, B. M. Taxonomy of the catfish genus *Pseudoplatystoma bleeker* (Siluriformes: Pimelodidae) with recognition of eight species. **Zootaxa**, v. 1512, p. 1 – 38, 2007.
- CAMPOS, P.; MARTINO, R. C.; TRUGO, L. C. Amino acid composition of Brazilian surubim fish (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with different levels and sources of fat. **Food Chemistry**, v. 96, p. 126–130, 2006.
- CAMPOS, J. L. O cultivo do pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*, Spix; Agassiz, 1829), outras espécies do gênero *Pseudoplatystoma* e seus híbridos. In: Bernardo Baldisserotto e Levy de Carvalho Gomes (Orgs.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Ed. Da UFSM, 2010. p. 335-361.
- CORNÉLIO, F. H. G.; CUNHA, D. A.; SILVEIRA, J. 2014. Dietary protein requirement of juvenile cachara catfish, *Pseudoplatystoma reticulatum*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 45, n. 1, 2014.
- COWEY, C. B., WALTON, M. J. Intermediary metabolism, In: HALVER, J.E. **Fish Nutrition**. New York: Academic Press, 1989. p. 259–329.
- DEGANI, G.; VIOLA, S. The protein sparing effect of carbohydrates in the diet of eels (*Anguilla anguilla*). **Aquaculture**, v. 64, n. 4, p. 283-91, 1987.
- ENES, P. et al. Effect of normal and waxy maize starch on growth, food utilization and hepatic glucose metabolism in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, v. 143, n. 1, p. 86-96, 2006.
- ENES, P. et al. Nutritional regulation of hepatic glucose metabolism. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 35, p. 519–539, 2009.
- FERNANDEZ, F. et al. Effects of diets with distinct protein-to-carbohydrate ratios on nutrient digestibility, growth performance, body composition and liver intermediary enzyme activities in gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) fingerlings. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 343, n1, p. 1- 10, 2007.

FURUYA, W. M.; FURUYA; V. R. B. Composition of amino acids of the carcass of the painted (*Pseudoplatystoma corruscans*) based on the concept of ideal protein. **Zootecnia Tropical**, v. 21, n. 2, p. 109-117, 2003.

GATESOUBE, F. J. et al. The effects of dietary carbohydrate sources and forms on metabolic response and intestinal microbiota in sea bass juveniles, *Dicentrarchus labrax*. **Aquaculture**, v. 422–423, p. 47–53, 2014.

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

GUERREIRO, I. et al. Water temperature does not affect protein sparing by dietary carbohydrate in Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles. **Aquaculture Research**, v. 45, p. 289–298, 2014.

HEMRE, G. I. et al. Carbohydrate nutrition in Atlantic salmon, *Salmo salar* L.: growth and feed utilization. **Aquaculture Research**, v. 26, p. 149-54, 1995.

HONORATO, C. A. et al. Efeito do processamento de dietas com diferentes níveis de carboidratos e lipídeos sobre a composição corporal e perfil de ácidos graxos do filé do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.14, n.1, p. 49-58, jan./mar., 2013.

JEONG, K. S. et al. The effects of dietary gelatinized ratios at different dietary energy on growth and characteristic of blood in rainbow trout fingerlings. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v. 58, p. 937–944, 1992.

LEGATE, N. J.; BONEN, A.; MOON, T. E. Glucose tolerance and peripheral glucose utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), American eel (*Anguilla Anguilla*), and black bullhead catfish (*Ameiurus melas*). **General and Comparative Endocrinology**, v. 122, p. 48-59, 2001.

LOVATTO, N. M. et al. Inclusão de diferentes fontes de amido na dieta de jundiás (*Rhamdia quelen*): Parâmetros metabólicos e bioquímicos. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.14, n.3, p. 299-304, jul./set., 2013.

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

MARTINO, R. C. et al. Use of white fat as a replacement for squid liver oil in practical diets for surubim *Pseudoplatystoma coruscans*. **Journal of The World Aquaculture Society**, v. 34, p. 192–202, 2003.

MARTINO, R. C. et al. Performance carcass composition and nutrient utilization of surubim *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz) fed diets with varying carbohydrate and lipid levels. **Aquaculture Nutrition**, v. 11; p.131–137, 2005.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**: Brasil 2010. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2012.

MOMMSEN, T. P., PLISETSKAYA, E. M., Insulin in fishes and agnathans: history, structure and metabolic regulation. **Rev. Aquat. Sci.** v. 4, p. 225–259, 1991.

MORO, G. V. et al. Dietary non-protein energy sources: growth, digestive enzyme activities and nutrient utilization by the catfish jundiá, *Rhamdia quelen*. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 394-400, 2010.

PANSERAT, S. et al. Glucokinase is highly induced and glucose-6-phosphatase poorly repressed in liver of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by a single meal with glucose. **Comp. Biochem. Physiol.**, n. 128, p. 275–283, 2001.

PAPOUTSOGLOU, E. S.; LYNDON, A. R. Digestive enzymes along the alimentary tract of the parrotfish *Sparisoma cretense*. **Journal of Fish Biology**, v. 69, n. 1, p. 130-140, 2006.

PÁRRIZAS, M. et al. Insulin receptors and its tyrosine kinase activity in skeletal muscle of carnivorous and omnivorous fish. **Am. J. Physiol.**, n. 266, p. 1944–1950, 1994.

PAULINO, R. R. **Inclusão de lipídeos e carboidratos em dietas de cachadias (*Pseudoplatystoma reticulatum* X *Leiarius marmoratus*)**. 2013. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

PÉRES, H.; OLIVA-TELES, A. Utilization of raw and gelatinized starch by European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Aquaculture**, v. 205, p. 287–299, 2002.

PEZZATO, L. E. et al. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J. E. P. et al. (Eds.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: Tec Art, 2004. p. 75-169.

PRINTZ, R. L., MAGNUSON, M. A., GRANNER, D. K. Mammalian glucokinase. **Annu. Rev. Nutr.**, n. 13, p. 463–496, 1993.

RAMÍREZ, A. P. **Utilização de carboidratos digestíveis em dietas para pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887)**. 2005. 138 p. Tese (Doutorado) - Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

RODRIGUES, A. P. O. et al. Intestinal morphology and histology of the striped catfish *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) fed dry diets. **Aquaculture Nutrition**, v.15, p.559-563, 2009.

SEIXAS FILHO, J. T. et al. Anatomia funcional e morfologia do intestino no Teleostei (Pisces) de água doce Surubim (*Pseudoplatystoma coruscans* - Agassiz, 1829). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1670-1680, 2001.

SEIXAS FILHO, J. T. Uma revisão sobre o papel do carboidrato e da proteína no metabolismo de peixes com hábitos alimentar carnívoro e onívoro. **Augustus**, v. 9, n. 18. 2004.

SHIAU, S. Y.; LIN, Y. H. Carbohydrate utilization and its protein-sparing effect in diets for grouper (*Epinephelus malabaricus*). **Animal Science**, v. 73, p. 299-304, 2001.

SILVA, T. S. C. Exigências em proteína e energia e avaliação de fontes proteicas alternativas na alimentação do cachara *Pseudoplatystoma fasciatum*. **Tese** (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil, 2013.

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

TAKEUCHI, T. et al. Effect of dietary α and β -starch on growth of juvenile striped jack and yellowtail. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v. 58, p. 701–705, 1992.

TAVARES, M. P. O surubim. In: MIRANDA, M. O. T. (Org.). **Surubim**. Belo Horizonte: Ibama, 1997. p. 69-79.

TEIXEIRA, E. A. et al. Coeficientes de digestibilidade aparente de alimentos energéticos para juvenis de surubim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 6, p. 1180-1185, 2010.

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

WRIGHT, J. J. R. et al. GLUT-4 deficiency and severe peripheral resistance to insulin in the teleost fish tilapia. **Gen. Comp. Endocrinol.**, n. 111, p. 20–27, 1998.

ZANARDI, M. F.; BOQUEMBUZOB, J. E.; KOBERSTEINC, T. C. R. D. Desempenho de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*) alimentados com três diferentes dietas. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 6, n. 4, p. 445-450, 2008.

CAPÍTULO 2 – DESEMPENHO PRODUTIVO E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE JUVENIS DE CACHARA (*Pseudoplatystoma reticulatum*) ALIMENTADOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE PROTEÍNA E CARBOIDRATO

RESUMO - Devido à carência de estudos para espécies nativas em geral, o presente trabalho verificou a influência de níveis crescentes de carboidratos e decrescentes de proteína nas dietas de cacharas. Os índices zootécnicos, metabolismo, reservas energéticas, composição e retenção de nutrientes na carcaça e quantificação de enzimas digestivas foram avaliados. Cento e noventa e dois juvenis ($69,2 \pm 4,4$ g) foram distribuídos em 24 caixas de polietileno (100-L), na proporção de oito peixes/caixa. O experimento foi conduzido num delineamento inteiramente casualizado com 6 tratamentos em esquema fatorial composto por 3 níveis de proteína bruta (PB) (44; 40; e 36%) e 2 níveis de carboidratos (CHO) (25 e 15%) e com 4 repetições cada. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Duncan (5%). Não ocorreram diferenças estatísticas ($P > 0,05$) entre os níveis de proteína testados para peso final (PF), ganho de peso (GP), ganho de peso diário (GPD) e taxa de eficiência proteica (TEP). Foram encontradas diferenças significativas ($P < 0,05$) para conversão alimentar (CA) com valores superiores para os tratamentos que consumiram ração com 44% PB. Entre os dois níveis de carboidratos testados foram constatados que as dietas com 15% CHO resultaram em índices zootécnicos melhores do que os animais que consumiram as dietas com 25% CHO. Ocorreu interação entre PB e CHO da dieta no consumo alimentar diário (CAD) e índice de consumo alimentar (ICA). Variações metabólicas ocorreram apenas na glicose plasmática, sendo o tratamento 40/25 o de maior concentração. Os animais que consumiram dietas com 15% CHO apresentaram maior retenção de PB e energia na carcaça. O índice gorduro viscerossomático resultou em interação entre PB e CHO, com o menor valor observado nos peixes que receberam a dieta 40/25. O lipídeo hepático também resultou em médias maiores para 36% PB. As demais reservas energéticas teciduais, a composição de carcaça e a produção de enzimas digestivas, não resultaram em diferenças significativas. Pode-se concluir que o aumento do nível de carboidratos não resultou em efeito poupador de proteína para o surubim.

Palavras-chave: metabolismo, amido, cachara, amilase, protease, glicose.

* O presente capítulo foi redigido seguindo as normas do periódico intitulado Journal of the World Aquaculture Society

1. INTRODUÇÃO

Os surubins (*Pseudoplatystoma sp.*) correspondem aos peixes nativos carnívoros mais cultivados no Brasil, com um crescimento de 39,8% na produção, considerando-se os anos de 2008 a 2010 (MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA 2012).

São apreciados pela pequena quantidade de espinhas em seus filés e pela carne de excelente qualidade, com coloração clara e textura firme (TAVARES 1997). Além da produção destinada a mesa, o surubim também é atrativo para a pesca esportiva e como peixe ornamental (CAMPOS 2010).

A nutrição e alimentação exercem um fator de extrema importância na produção de organismos aquáticos, correspondendo a mais de 60% do custo de produção. As rações para peixes apresentam maiores quantidades de proteína na dieta (24 a 55%) se comparadas a outros animais monogástricos como aves (18 e 23%) e suínos (14 e 16%). Um dos aspectos dessa maior exigência é o fato dos peixes serem capazes de utilizar mais eficientemente a proteína como fonte energética (GONÇALVES, 2011).

Os custos por unidade de peixe produzido podem ser reduzidos pelo uso de fontes de energia de baixo valor como os ingredientes ricos em carboidratos e lipídeos. A redução da proteína da dieta ao nível mínimo exigido pode também reduzir a poluição por excreção ou lixiviação de nitrogênio ao meio ambiente (HILLESTAD et al. 2001).

Os carboidratos são a fonte menos onerosa de energia e sua inclusão em dietas para peixes implica em grande redução de custos (FYNN AIKINS et al. 1992; CATA CUTAN e COLOSO 1997). Trata-se de uma fonte importante de energia na dieta de peixes, entretanto não existem exigências tabeladas, uma vez que não aparecem deficiências e sinais clínicos de carência quando estão ausentes na dieta (WILSON 1994). Segundo Hilton et al. (1987), um nível tolerável de carboidrato em dietas para peixes é aquele que não compromete o crescimento ou resulta em aumento da mortalidade, enquanto que um nível ótimo de carboidrato em dietas para peixes é o que permite que a glicose seja totalmente oxidada para produzir energia, e assim poupar proteína.

Há poucos trabalhos utilizando carboidratos como efeito poupador de proteína em peixes carnívoros como o surubim. A utilização de carboidratos,

mais especificamente o amido, sugerem resultados interessantes em dietas de surubim (DEL CARRATORE 2001; TAKAHASHI e CYRINO, 2006; OKAMURA 2009), tendo sido demonstrado uma adaptação na quantidade de enzima amilase produzida pelo trato digestório do animal em função a quantidades de amido consumidos na dieta (LUNDSTEDT et al., 2004).

A literatura pesquisada descreve que os surubins possuem um sistema digestivo de espécies carnívoras, mas os órgãos apresentam algumas particularidades que indicam certo grau de flexibilidade na dieta, comum apenas para siluriformes onívoros (SEIXAS FILHO et al. 2001; RODRIGUES et al. 2009).

Com base em algumas informações sobre a nutrição do surubim, visto suas particularidades anatômicas e fisiológicas do sistema digestório, possuindo capacidade de consumir o amido de milho, pesquisas objetivando dar subsídios para dietas que resultem em efeito poupador de proteína na dieta, e fundamentadas no entendimento dos mecanismos fisiológicos e do metabolismo dos carboidratos nesta espécie carnívora, são fundamentais para o crescimento da atividade. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes níveis de proteína e carboidratos das dietas no desempenho produtivo e no metabolismo de carboidratos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquicultura da Unesp, Campus de Dracena. Foram utilizadas 24 caixas de polietileno com capacidade para 130 L de água em sistema aberto de circulação. A instalação possuía um aerador elétrico acoplado a mangueiras de silicone e pedras porosas para promover adequada concentração de oxigênio dissolvido. A temperatura da água foi mantida constante (cerca de 26°C) através de aquecedores com termostatos. As caixas foram cobertas por tela sombrite, a fim de se reduzir o estresse, devido ao fato do surubim ser uma espécie de hábitos noturnos e conseqüentemente sensíveis à luz.

Diariamente foi realizado o monitoramento da água dos aquários experimentais com auxílio de equipamentos eletrônicos; temperatura ($25,7 \pm 1,9$ °C) (YSI 55 dissolved oxygen, YSI Incorporated, EUA), concentração de oxigênio dissolvido ($5,4 \pm 0,9$ mg L⁻¹) (YSI 55 dissolved oxygen, YSI Incorporated, EUA), concentração de amônia (YSI Professional Plus handheld multiparameter, YSI Incorporated, EUA) e potencial hidrogeniônico ($7,6 \pm 0,06$) (YSI Professional Plus handheld multiparameter, YSI Incorporated, EUA). A cada dois ou três dias, a matéria orgânica depositada no fundo das caixas foi removida através de sifonamento com uma mangueira de borracha.

Foram utilizados 192 juvenis de surubim com peso médio de $69,2 \pm 4,4$ g, previamente treinados e adaptados a dietas comerciais secas, adquiridos de produtor comercial. Antes da fase experimental, os peixes foram aclimatados às condições laboratoriais por 30 dias em caixas de polietileno e alimentados duas vezes ao dia com ração comercial para carnívoros. Após o período de aclimação, os peixes foram mantidos em jejum (24 horas), e foram coletados aleatoriamente, anestesiados com benzocaína (1 g 10 L⁻¹ de água), individualmente pesados em balança digital semi-analítica, medidos em ictiômetro e distribuídos nas 24 caixas de polietileno (8 animais/caixa).

Durante 45 dias, os peixes foram alimentados com as dietas experimentais, até a saciedade aparente, em duas refeições diárias (18h00min e 00h30min). Entende-se por saciedade aparente o momento em que os animais deixaram de consumir os peletes de ração, desta forma as rações foram fornecidas em pequenas porções/quantidades durante alguns minutos,

com cautela e observação do comportamento animal, para desta forma não ocorrer sobra de ração. O consumo de ração foi medido através de pesagem dos recipientes de armazenagem de rações (potes) de cada caixa individual.

O experimento foi conduzido num delineamento inteiramente casualizado com 6 tratamentos em esquema fatorial 3 (níveis de PB) X 2 (níveis de CHO), com quatro repetições cada. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo Teste de Duncan (5%), utilizando-se programa estatístico SAS, versão 9.0.

2.1 DIETAS EXPERIMENTAIS

Foram formuladas seis dietas experimentais com suplementação mineral e vitamínica completa, como demonstrado na Tabela 1. Os ingredientes foram triturados em moinho de martelo (peneira de 0,8 mm) e misturados de acordo com a formulação. Posteriormente as dietas foram peletizadas com adição de água (20%) e os grânulos secos em estufa a 40°C por 12 horas. As dietas foram armazenadas em potes plásticos e conservadas em geladeira durante todo o experimento.

As análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB) e matéria mineral (MM) dos ingredientes e das dietas experimentais foram realizadas segundo métodos da AOAC (2000). O teor de carboidratos não estruturais (CHO) dos ingredientes e das dietas foi considerado o valor de extrativo não nitrogenado, estimado pelo método de análise aproximativa de Weende ($CHO = MS - (PB + EE + FB + MM)$). A energia bruta das dietas experimentais foi determinada por meio de bomba colorimétrica.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais

<i>Ingredientes</i>	<i>Dietas (PB/CHO)</i>					
	44/25	44/15	40/25	40/15	36/25	36/15
Farinha Peixe ²	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0
Farinha de Vísceras ³	36,6	36,6	30,5	30,5	24,3	24,3
Concentrado Proteico de Soja ⁴	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Amido Pré-Gelatinizado ⁵	28,5	17,1	28,5	17,1	28,5	17,1
Óleo Peixe ⁶	1,4	1,4	2,2	2,2	2,9	2,9
Vitaminas e Minerais ⁷	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Celulose ⁸	0,7	7,4	1,3	12,7	6,8	18,2
Caulim	0,0	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
Composição						
Matéria seca, %	94,9	95,7	94,7	96,4	95,3	96,5
Proteína bruta, %	44,5	44,8	39,9	41,7	37,5	37,4
Extrato etéreo, %	8,0	6,6	6,3	7,6	6,8	7,3
Matéria mineral, %	11,3	15,5	14,8	15,2	14,0	11,8
Carboidrato, %	25,0	15,0	25,0	15,0	25,0	15,0
Energia bruta, kcal kg ⁻¹	4.546	4.301	4.285	4.280	4.276	4.355

¹Enriquecimento por quilograma de ração: Vit. A (3.000 UI); Vit. D3 (3.000 UI); Vit. E (200,00 mg); Vit. B1 (6,00 mg); Vit. B2 (8,00 mg); Vit. B6 (3,00 mg); Vit. B12 (20,00 mg); Vit. C (350,00 mg); Vit. K (6,00 mg); Ac. Fólico (1,00 mg); Ac. Pantotênico (20,00 mg); Biotina (0,10 mg); Cobre (10,00 mg); Ferro (100,00 mg); Iodo (5,00 mg); Manganês (70,00 mg); Niacina (100,00 mg); Zinco (150,00 mg); (150,00 mg); B.H.T. (125,00 mg); Colina (150,00 mg);

² Pesquera Pacific Star, Puerto Montt – Chile. PB: 65,17%

³ Adamantina Alimenta, Adamantina / SP – Brasil. PB: 65,21%

⁴ ADM do Brasil Ltda, Paranagua / PR – Brasil. PB: 63,44%

⁵ Ingredient Incorporated, Mogi Guaçu / SP – Brasil.

⁶ Piscicultura Cristalina – Mauro Nakata, Fartura / SP – Brasil.

⁷ Poli-Nutri Alimentos SA., Osasco / SP – Brasil.

⁸ Rhoster Indústria e Comércio Ltda, Araçoiaba da Serra / SP – Brasil.

2.2 BIOMETRIAS E ÍNDICES ZOOTÉCNICOS

Para coleta de dados biométricos foram realizadas amostragens no início e aos 45 dias de experimento. Nestas biometrias, os peixes de cada parcela (caixa) foram anestesiados com benzocaína (1 g 10 L⁻¹ de água), individualmente pesados em balança digital semi-analítica com precisão de 0,01 g e medidos em ictiômetro. Como parâmetros de desempenho produtivo, foram avaliados:

- Peso médio final (PF);

- Ganho em peso:

GP (g) = (peso médio final – peso médio inicial);

- Ganho em peso diário:

GPD (g dia⁻¹) = (peso médio final – peso médio inicial) / período experimental;

- Consumo alimentar diário:

CAD (g dia⁻¹) = alimento consumido / período experimental;

- Índice de consumo alimentar:

ICA (% peso vivo dia⁻¹) = 100 x (consumo diário / peso vivo médio no período);

- Conversão alimentar aparente:

CA = alimento fornecido / ganho em peso total;

- Taxa de eficiência proteica:

TEP (%) = 100 x (ganho em peso / proteína bruta consumida);

2.3 METABÓLITOS NO SANGUE

Para as análises bioquímicas, foram coletados dois peixes de cada parcela ao final de 45 dias. Nessas coletas uma amostra de sangue foi retirada por punção caudal, sendo destinadas algumas alíquotas para separação do soro e outras para separação do plasma, de acordo com a análise a que se destinavam. A separação das frações do sangue foi realizada pela centrifugação do sangue em centrífuga refrigerada (3000 RPM, 10 min à 10 °C) para microtubos logo após a coleta, para separação do plasma, e, após uma hora à temperatura ambiente, para separação do soro.

No sangue foram analisados os seguintes metabólitos: glicose plasmática (Método GOD-Trinder, kit comercial), triglicerídeos (Método Enzimático-Trinder, kit comercial) e proteínas totais (Método do Biureto,

REINHOLD 1953). As determinações dos metabólitos sanguíneos foram realizadas no Laboratório de Química e Bioquímica do Campus de Dracena, UNESP.

2.4 ATIVIDADE ENZIMÁTICA

Para a determinação da atividade das enzimas digestivas, as amostras do intestino foram homogeneizadas, com adição de tampão de fosfato de sódio (glicerol v/v em tampão fosfato de sódio 20 mM e Tris 10 mM - pH 7,0), em um homogeneizador tipo Potter Elvehjem por 1 minuto a 0°C (sob banho de gelo). Após a homogeneização, a amostra foi centrifugada a 25°C, a 13.400 x g por 3 minutos e o sobrenadante foi utilizado na determinação das enzimas digestivas. A atividade amilásica nas amostras e porções do intestino foi determinada segundo metodologia Bernfeld (1955) modificada.

2.5 ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO CORPORAL

Para a determinação dos parâmetros de composição corporal, foram sacrificados dez peixes do grupo em aclimatação no início do experimento e dois peixes de cada parcela após 45 dias de experimento. Os peixes permaneceram em jejum por 24 horas para o esvaziamento do trato digestório e após serem insensibilizados e eutanasiados foram congelados para posteriormente serem moídos.

Os peixes congelados foram moídos em moedor de carne industrial (moedor de carne, 1,5 cv, boca 22) com adição de nitrogênio líquido para facilitar a moagem. O material moído foi seco em estufa com circulação de ar, à 55° C, até peso constante, para posterior realização das análises de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral (AOAC 2000). As análises de composição corporal foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Campus Experimental de Dracena, UNESP, exceto as análises de energia bruta, foram determinadas por meio de bomba calorimétrica no Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal – LANA, UNESP, Campus de Jaboticabal.

2.6 RESERVAS ENERGÉTICAS TECIDUAIS

Os animais utilizados nas coletas de sangue foram laparotomizados para retirada e pesagem da gordura visceral e do fígado, retirada da porção do intestino anterior. As amostras teciduais, acondicionadas em criotubo, foram identificadas, congeladas imediatamente em nitrogênio líquido e armazenadas em freezer a -80°C . Foram avaliadas as relações somáticas: índice gorduro-viscerossomático (IGVS) e índice hepatossomático (IHS) de acordo com a fórmula: $[100 \times (\text{peso do tecido} / \text{peso vivo})]$. Nos fragmentos de fígado foram realizadas as análises para determinação do lipídeo total hepático (BLIGH e DYER 1959) e do glicogênio hepático (MOON et al. 1989).

2.7 EFICIÊNCIA NUTRICIONAL

Foram determinadas as médias da composição corporal final dos peixes e a eficiência nutricional:

- Eficiência de retenção de proteína bruta:

$$\text{ERpb}(\%) = 100 \times ((\text{PBf} \times \text{pf}) - (\text{PBi} \times \text{pi})) / \text{proteína bruta consumida};$$

- Eficiência de retenção de energia bruta:

$$\text{EReb}(\%) = 100 \times ((\text{EBf} \times \text{pf}) - (\text{EBi} \times \text{pi})) / \text{energia bruta consumida};$$

- Proporção da proteína bruta no ganho em peso:

$$\text{PBgp} = 100 \times ((\text{PBf} \times \text{pf}) - (\text{PBi} \times \text{pi})) / (\text{pf} - \text{pi});$$

- Proporção do extrato etéreo no ganho em peso:

$$\text{EEgp} = 100 \times ((\text{EEf} \times \text{pf}) - (\text{EEi} \times \text{pi})) / (\text{pf} - \text{pi})$$

- Proporção da energia bruta no ganho em peso:

$$\text{EBgp} = 100 \times ((\text{EBf} \times \text{pf}) - (\text{EBi} \times \text{pi})) / (\text{pf} - \text{pi})$$

Sendo: PBf, EEf: proteína bruta ou extrato etéreo final na carcaça; PBi, EEi: proteína bruta ou extrato etéreo inicial na carcaça; pi, pf: peso vivo inicial ou peso vivo final.

3. RESULTADOS

3.1. ÍNDICES ZOOTÉCNICOS

Os resultados observados no desempenho produtivo dos juvenis de cacharas alimentados com as dietas contendo diferentes níveis de proteína e carboidratos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros de desempenho produtivo: peso final (PF), ganho de peso (GP), ganho de peso diário (GPD), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar aparente (CA), taxa de eficiência protéica (TEP), consumo alimentar diário (CAD) e índice de consumo alimentar (ICA) de juvenis de cachara e coeficiente de variação.

Variáveis	Médias PB:			Médias CHO:		CV(%)
	44%	40%	36%	25%	15%	
PF (g/peixe)	198,5	177,7	173,9	171,2 B	195,5 A	12,4
GP (g/peixe)	129,2	109,8	103,5	102,2 B	126,1 A	18,2
GPD (g/peixe)	2,9	2,5	2,3	2,3 B	2,9 A	18,2
CA	1,2 A	1,5 B	1,5 B	1,6 B	1,3 A	14,6
TEP (%)	186,3	175,5	187,1	161,6 B	204,3 A	17,4
CAD (g/peixe)	3,5	3,5	3,5	3,6 A	3,5 B	2,2
ICA (%PV dia ⁻¹)	2,6 B	2,9 A	2,8 AB	2,9 A	2,6 B	8,3

Valores são médias. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$). $n=8$

Não ocorreram diferenças ($P > 0,05$) no ganho de peso (GP), peso final (PF), ganho de peso diário (GPD) e taxa de eficiência proteica (TEP) entre os grupos de animais que consumiram as dietas com os três níveis de proteína. Ocorreram diferenças ($P < 0,05$) apenas para a conversão alimentar (CA), demonstrando melhores resultados para os animais que consumiram a dieta com 44% PB. Entretanto ocorreu equiparação entre os animais que consumiram as dietas de 36% e 40% de PB.

Ocorreu interação entre proteína bruta e carboidratos da dieta apenas nos índices relacionados ao consumo, como CAD e ICA (Figura 1 e Figura 2). Entre os grupos que consumiram rações com alto carboidrato (dietas 44/25, 40/25 e 36/25), não foram observadas diferenças para CAD ($P > 0,05$),

entretanto entre os grupos que consumiram rações com menor quantidade de carboidrato (dietas 44/15, 40/15 e 36/15) foi possível constatar diferenças significativas entre os grupos ($P < 0,05$), sendo os peixes do grupo 36/15 com um CAD inferior ao grupo 44/15.

O ICA dos tratamentos que consumiram as dietas 40/25 e 36/25 foram maiores ($P < 0,05$) do que os animais que consumiram dietas com 40/15 e 36/15, respectivamente. O grupo que recebeu a dieta 44/25 não resultou em diferença ($P > 0,05$) daquele submetido a dieta 44/15, entretanto foi significativamente menor ($P < 0,05$) do que os grupos alimentados com as dietas 40/25 e 36/25.

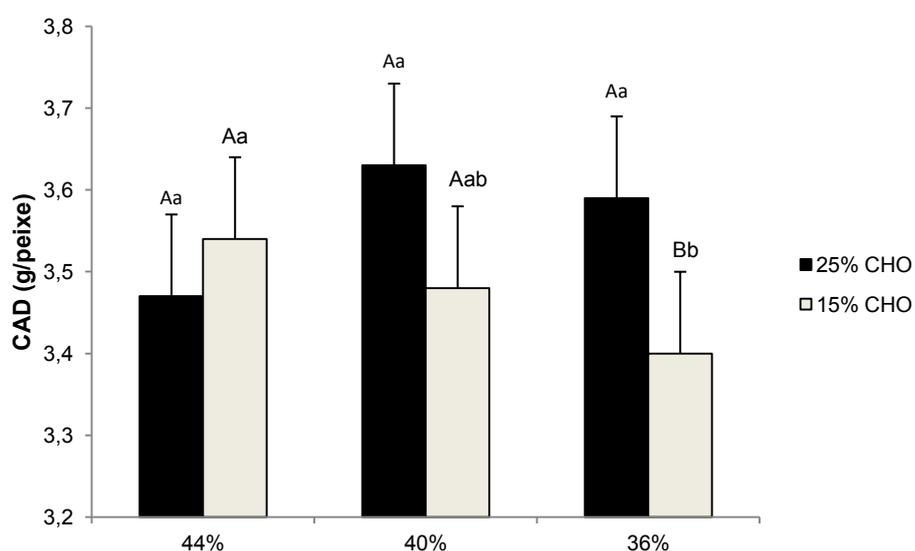


Figura 1. Consumo alimentar diário (CAD). Letras maiúsculas comparam CHO dentro de PB e minúsculas, PB dentro de CHO. Valores são médias \pm desvio padrão. Médias seguidas de letras iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($P > 0,05$).

Foram encontradas diferenças significativas entre as duas dietas de CHO testadas. Sendo que os grupos de animais que consumiram 15% de CHO obtiveram índices produtivos melhores do que os que consumiram dietas com 25% de CHO em todas as variáveis testadas ($P < 0,05$).

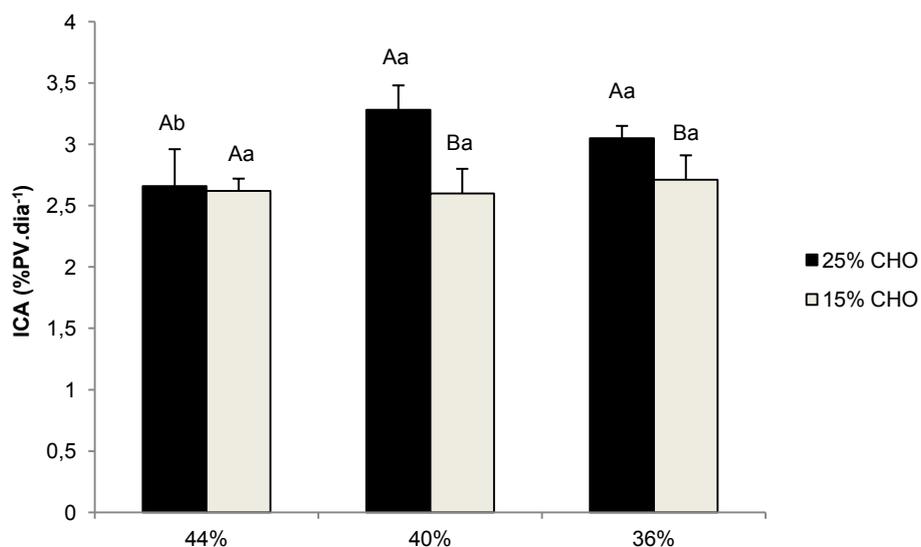


Figura 2. Índice de consumo alimentar (ICA). Letras maiúsculas comparam CHO dentro de PB e minúsculas, PB dentro de CHO. Valores são médias \pm desvio padrão. Médias seguidas de letras iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($P > 0,05$).

3.2. METABOLISMO

Não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) para triglicerídeos e proteínas totais do soro sanguíneo, o que demonstra que as dietas testadas não causaram alterações nestes parâmetros metabólicos (Tabela 3).

Tabela 3. Concentrações de triglicerídeos, proteínas totais e glicose plasmática de juvenis de cachara, e coeficiente de variação, alimentados com as dietas experimentais por 45 dias.

Variáveis	Médias para PB:			Médias para CHO:		CV(%)
	44%	40%	36%	25%	15%	
Triglicerídeos (mg.dl ⁻¹)	149,2	158,4	149,3	148,3	155,7	46,94
Proteínas Totais (mg.ml ⁻¹)	56,2	55,9	56,8	55,9	56,8	4,66
Glicose (mg.dl ⁻¹)	54,5	74,9	57,9	68,7	56,3	40,06

Valores são médias. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$). n=8.

Foi constatado interação entre CHO e PB da dieta nos níveis de glicose plasmática. Os animais que consumiram a dieta 40/25 obtiveram uma concentração de glicose plasmática superior ($P < 0,05$) aos níveis do tratamento 44/25 e 36/25. Entre os grupos com níveis inferiores de CHO e crescentes de

PB não foram encontradas diferenças significativas. Quando fazemos comparações entre grupos isoproteicos, encontramos diferenças significativas apenas entre os tratamentos 40/25 e 40/15 (Figura 3).

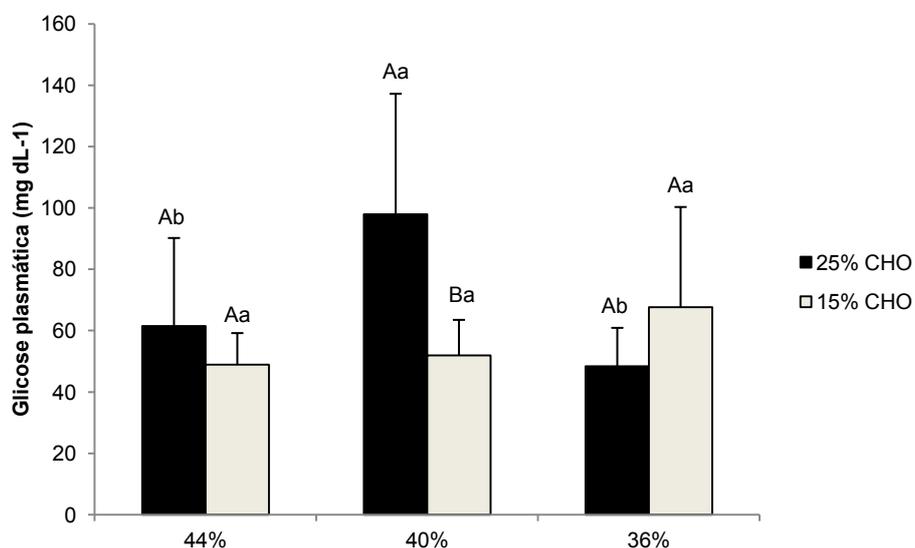


Figura 3. Concentração de glicose plasmática. Letras maiúsculas comparam CHO dentro de PB e minúsculas, PB dentro de CHO. Valores são médias \pm desvio padrão. Médias seguidas de letras iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($P > 0,05$).

3.3. ENZIMAS DIGESTIVAS

As enzimas digestivas analisadas foram amilase e protease (Tabela 4). Não ocorreram diferenças ($P > 0,05$) para nenhuma das duas enzimas digestivas analisadas, não ocorrendo interação, e diferenças entre proteínas e carboidratos.

Tabela 4. Atividade da amilase e protease no intestino de juvenis de cachara, e coeficiente de variação, alimentados com as dietas experimentais por 45 dias.

Variáveis	Médias PB:			Médias CHO:		CV (%)
	44%	40%	36%	25%	15%	
Amilase (U mg de proteína ⁻¹ min ⁻¹)	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	67,59
Protease (U mg de proteína ⁻¹ min ⁻¹)	3,48	3,91	2,18	2,44	3,79	81,18

Valores são médias. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$). $n = 8$.

3.4. ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO CORPORAL

Não ocorreram diferenças ($P>0,05$) entre os animais submetidos aos tratamentos na composição da carcaça dos animais, demonstrando que a quantidade de PB e CHO não influenciaram na porcentagem de MS, MM, PB, EE e EB da carcaça (Tabela 5).

Tabela 5. Matéria mineral (MM), matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB) e extrato etéreo (EE) das carcaças de juvenis de cachara, e coeficiente de variação, alimentados com as dietas experimentais por 45 dias.

Variáveis	Médias PB:			Médias CHO:		CV (%)
	44%	40%	36%	25%	15%	
MM (%)	1,9	1,7	1,8	1,9	1,7	18,89
MS (%)	22,1	21,5	21,2	21,8	21,5	5,68
PB (%)	17,8	17,6	17,4	17,7	17,6	4,55
EB (kcal/g)	1220,5	1177,7	1156,9	1206,5	1168,7	6,02
EE (%)	2,6	2,4	2,1	2,5	2,3	23,69

Valores são médias. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Duncan ($P<0,05$). n=8.

3.5. RESERVAS ENERGÉTICAS TECIDUAIS

As reservas energéticas teciduais avaliadas foram glicogênio hepático, lipídeo hepático, índice gorduro-viscero somático (IGVS) e índice hepatossomático (IHS) (Tabela 6).

Ocorreu interação entre as quantidades de PB e CHO testadas para o IGVS (Figura 4), os animais que consumiram as dietas com 40% PB e 25% CHO apresentaram valores inferiores aos demais grupos ($P<0,05$). Entre as demais médias não ocorreram diferenças significativas entre nenhum dos dois fatores testados (44/25, 44/15/, 40/15, 36/25 e 36/15)

O IHS, glicogênio hepático e lipídeo hepático não foram influenciados pelos tratamentos, não diferindo entre as quantidades de proteínas e carboidratos testados ($P>0,05$).

Tabela 6. Médias das reservas energéticas: glicogênio hepático, lipídeo hepático, índice gordura visceral e índice hepatossomático de juvenis de cachara e coeficiente de variação.

Variáveis	Médias PB:			Médias CHO:		CV (%)
	44%	40%	36%	25%	15%	
Glicogênio (g/100g)	11,1	10,5	10,5	11,1	10,3	21,03
Lip. Hepático (%)	3,7 AB	3,4 B	4,2 A	3,9	3,5	17,33
IGVS (%)	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	22,39
IHS (%)	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	19,77

Valores são médias. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$). $n=8$.

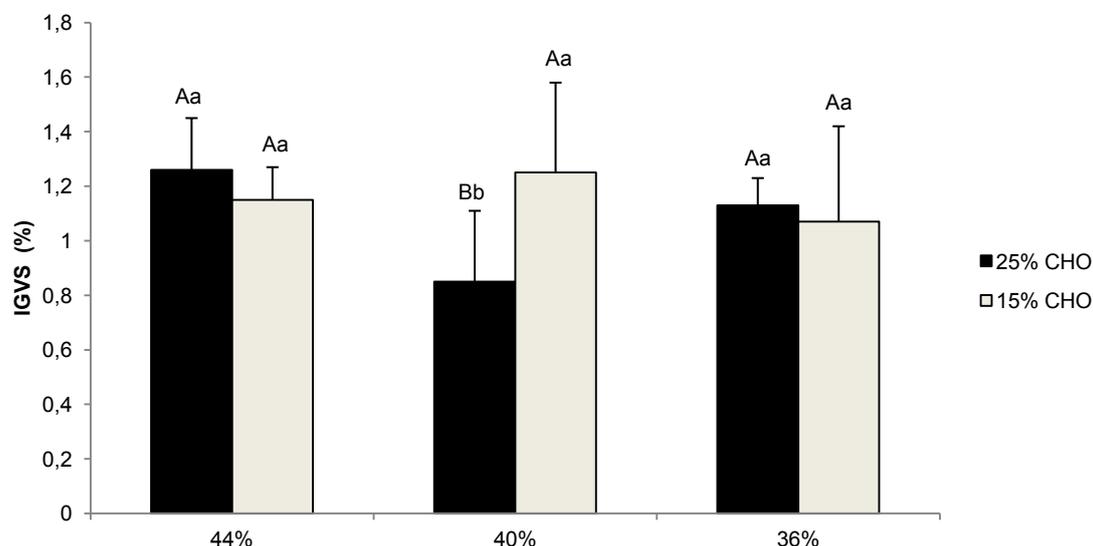


Figura 4. Índice gorduro-viscerossomático (IGVS) de juvenis de cacharas submetidos a diferentes dietas com relação PB/CHO. Letras maiúsculas comparam CHO dentro de PB e minúsculas, PB dentro de CHO. Valores são médias \pm desvio padrão. Médias seguidas de letras iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ($P > 0,05$).

3.6. EFICIÊNCIA NUTRICIONAL

Foram avaliados a proporção da proteína (PBG), do extrato etéreo (EEGP) e da energia (EBGP) no ganho em peso dos animais. Não foram encontradas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos para nenhum desses índices testados.

A eficiência de retenção de proteína bruta (RPB) e a eficiência de retenção de energia bruta (REB) também foram avaliadas. Não foram

encontradas diferenças significativas ($P>0,05$) entre os níveis de proteína bruta, entretanto foi detectado que diferenças de RPB e REB entre os níveis de carboidrato, sendo que os tratamentos que consumiram 15% de CHO obtiveram RPB e REB significativamente superiores ($P<0,05$) aos tratamentos que consumiram 25% de CHO.

Tabela 7. Médias das concentrações de % de extrato etéreo no ganho de peso, % energia bruta no ganho de peso, % proteína bruta de ganho de peso, eficiência de retenção de energia bruta, eficiência de retenção de proteína bruta de juvenis de cachara e coeficiente de variação.

Variáveis (%)	Médias PB:			Médias CHO:		CV (%)
	44%	40%	36%	25%	15%	
EEGP	2,8	2,7	2,2	2,7	2,6	37,76
EBGP	1262,9	1230,7	1174,5	1252,0	1199,9	9,94
PBGP	18,5	18,3	18,0	18,3	18,2	6,91
REB	23,9	20,2	18,9	18,5 B	23,9 A	21,60
RPB	34,7	31,3	32,2	28,9 B	36,3 A	18,31

Valores são médias. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Duncan ($P<0,05$). n=8.

4. DISCUSSÃO

Alguns trabalhos têm sido realizados para determinar as exigências nutricionais para a maioria das espécies de peixe, especialmente para definir os níveis ótimos de proteína nas dietas. Os níveis de proteína bruta exigidos para um ótimo crescimento variam entre as diferentes espécies, as condições de cultivo, condições ambientais, estado fisiológico e desenvolvimento dos animais (ELANGAVAN e SHIM 1997); podendo variar também com relação aos níveis de outros nutrientes não proteicos presentes na dieta (TORRES, 2004).

No presente trabalho, entretanto, os níveis proteicos apresentavam interação com outro nutriente não proteico, os carboidratos da dieta, apenas nos índices relacionados ao consumo, na glicose metabólica e no índice gorduro-víscerosomático.

Entre os peixes que consumiram rações com alto carboidrato (dietas 44/25, 40/25 e 36/25), não foram observadas diferenças ($P > 0,05$), entretanto entre os tratamentos que consumiram rações com menor quantidade de carboidrato (dietas 44/15, 40/15 e 36/15) foi possível constatar que o consumo aumentou de acordo com o aumento na quantidade de proteína.

A relação ideal entre energia e proteína do cachara é de aproximadamente 9,23 kcal/g (SILVA 2013), entretanto o valor de 10,27 kcal/g também foi encontrado (CORNELIO et al. 2014). Todas as dietas experimentais foram consideradas dentro dos intervalos demonstrados, portanto esta relação não influenciou no consumo.

Este aumento do consumo entre os grupos proteicos, provavelmente esta relacionado com a melhor palatabilidade da ração 44/15 em relação às outras duas rações com níveis menores de proteína (40/15 e 36/15). A palatabilidade é uma característica extremamente importante para os bagres carnívoros, uma vez que possuem barbilhões tácteis, sendo uma de suas funções auxiliar na captação de alimentos (CAMPOS 2010). O fato desta mesma diferença de consumo não ter sido encontrado nas rações com alto carboidrato pode estar relacionada ao fato das dietas estarem mais atrativas aos animais. As dietas com níveis de 15% de CHO necessitaram da adição de elementos inertes a ração, sem valores nutricionais, como é o caso da celulose

microfina. Desta forma a ração com maior quantidade de celulose microfina foi a dieta 36/15, se tornando a de menor palatabilidade.

Del Carratore (2001) testando quantidades de amido na dieta de surubins, utilizou dietas semipurificadas e necessitou acrescentar gelatina como veículo inerte nas rações. A gelatina foi detectada como ingrediente que altera e prejudica a palatabilidade das dietas para cachara (SILVA 2013), informação que demonstra mais uma vez a seletividade e sensibilidade táctil dos animais.

O efeito da fibra na ração dos peixes é ainda um assunto em discussão, a celulose microfina apresenta pouca influência na velocidade de trânsito gastrintestinal, não promove fermentação e pouco interfere no controle da glicemia e do colesterol (DREHER 1987). Há diferenças na composição química das fibras, que pode variar em função de sua origem, estrutura, espécie e idade do vegetal (REIS 2000), podendo ocasionar diferentes respostas.

A influência da celulose sobre a digestibilidade de dietas foi avaliado para alevinos de tilápia do Nilo, observando-se que com o aumento no teor de fibra bruta, o consumo de alimento e a digestibilidade de carboidratos diminuíram (WANG et al. 1985). Foi verificado em trutas (*Salmo gairdneri*), que rações com altas concentrações de fibra bruta também resultaram em menor ingestão e digestibilidade de todos os nutrientes (HILTON et al. 1983). Diferentemente do demonstrado anteriormente, em algumas espécies de animais herbívoros, como tilápia (*Oreochromis mossambica*) e carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*), e animais onívoros, como o tambaqui (*Colossoma macropomum*), foram identificadas bactérias produtoras de celulase em seu intestino (SAHA et al. 2006; SILVA et al. 2003; WEGBECHER 2010). Em peixes carnívoros como a truta arco-íris, constatou-se que a alta concentração de fibra bruta não interferiu na digestibilidade da fração proteica das dietas, entretanto, na dieta controle (com níveis mínimos de fibra bruta), os carboidratos foram pobremente digeridos (UFODIKE E MATTY 1986).

O tempo de trânsito gastrointestinal de juvenis de surubim (*Pseudoplatystoma sp.*) é de 450 min (7,5 horas) tempo considerado curto em comparação com outras espécies (MAYUMEOSHIRO et al. 2012). A fibra bruta

influencia na digestibilidade do carboidrato, proteína e lipídeo, por modificar o tempo de esvaziamento gástrico, atuando na motilidade, trânsito intestinal, atividade enzimática e uma maior interação com a superfície da parede intestinal, interferindo na absorção de nutrientes (MADAR e THORNE 1987), possivelmente por redução da taxa de passagem, crucial para animais com intestino curto como peixes carnívoros (SEIXAS FILHO 2004).

Exigências de carboidratos nas dietas de peixes ainda não estão determinadas, vários estudos demonstraram que diversos fatores podem interferir no desempenho produtivo, tais como teores muito elevados de carboidratos, dietas sem a inclusão ou com níveis baixos (BERGOT 1979; BRAUGE et al. 1994; HEMRE et al. 1995).

A níveis entre 13 - 25% de CHO, constantemente são demonstradas em trabalhos como a melhor resposta em crescimento para juvenis de surubins (DEL CARRATORE 2001; LUNDSTEDT et al. 2004; OKAMURA 2009). Tal resultado pode ser reflexo das dificuldades digestivas ou metabólicas dos peixes arraçoados com teores superiores a estes valores. Entretanto, Takahashi e Cyrino (2006) testando diferentes concentrações de carboidratos para juvenis de surubins, afirmaram que é possível a utilização de dietas contendo até 29% de carboidratos sem prejudicar o crescimento e a conversão alimentar dos animais, isso pode ser atribuído, ao melhor uso do carboidrato como fonte energética e, conseqüentemente, da proteína para ganho de peso.

A habilidade em digerir polissacarídeos, mesmo pouco desenvolvida, está presente em carnívoros (HALVES e HANDY 2002). O surubim pode utilizar o amido como fonte de energia eficiente, entretanto requer uma investigação mais aprofundada para encontrar a fonte e nível de carboidrato mais adequado (MARTINO et al. 2005). É consenso entre os autores que a qualidade do nutriente utilizado é o balizador para as resposta de desempenho. A digestibilidade de concentrados energéticos vegetais para juvenis de surubins não são boas, sendo encontrados índices inferiores a 50% para o milho, farelo de trigo e glutenose de milho (GONÇALVES e CARNEIRO 2003; SILVA 2013).

O amido cozido ou gelatinizado possui uma melhor digestibilidade e influencia mais acentuadamente no crescimento dos peixes que os amidos crus

(WILSON 1994), por isso a opção de utilizar o amido pré-gelatinizado como fonte de carboidrato nas dietas utilizadas neste experimento. Entretanto, quando o nível de incorporação do amido à dieta é muito alto, também pode afetar a digestão e absorção das proteínas, diminuindo seu coeficiente de digestibilidade (KITAMIKADO et al. 1964).

A digestão do carboidrato é realizada por uma série de enzimas, mas sem dúvida, a mais importante delas é a amilase, agindo nas ligações glicosídicas α -1,4, produzindo a partir do amido uma variedade de oligossacarídeos (LOVELL 1988).

A produção de amilase no trato digestório de surubins pode aumentar em resposta a quantidade e presença de carboidratos, ou de produtos de sua hidrólise no lúmen do trato gastrointestinal, sendo diagnosticado que quantidades baixas de PB e altas de amido, aumentaram a produção de amilase até certo limite. Foram encontradas quantidades altas da enzima no trato gastrointestinal do animal, com 13 e 25% de amido, entretanto quando o nível de amido fornecido na dieta aumentou para 36%, acabou inativando a produção da enzima (LUNDSTEDT et al. 2004).

A digestão de carboidratos foi avaliada na truta arco-íris, sendo observada uma ineficiente utilização do amido cru a partir de 20% de inclusão na dieta. A baixa atividade da amilase não ocorreu devido à redução na secreção da enzima, mas sim devido à adsorção da enzima ao amido cru, inibindo sua ação amilohidrolítica. Isso ocasionou um tempo de trânsito duas vezes maior, devido a um aumento no volume de secreção do suco intestinal, sugerindo que a redução no tempo de exposição impediria maior absorção do amido (SPANNHOF e PLANTKOW 1983).

As quantidades de CHO testadas no presente experimento foram 15 e 25%, quantidades dentro do mesmo intervalo estudado por Lundstedt et al. (2004). Da mesma forma que o experimento citado, não ocorreram diferenças ($P > 0,05$) entre os tratamentos na quantidade de amilase existente no intestino. Devido às diferenças ($P < 0,05$) entre os dois tratamentos nos índices zootécnicos uma possível explicação é que, apesar de ter sido utilizado amido pré-gelatinizado, a absorção do amido das dietas com 25% não tiveram a sua

ação amilohidrolítica alterada, como sugerido por Spannhof e Plantkow (1983) para amido cru.

Além da enzima amilase, foram avaliadas também as proteases digestivas. Diferentemente da amilase, estas enzimas estão ligadas diretamente a digestão de proteínas da dieta. As proteases de surubim são constitutivas e são adequadas para dietas com alto conteúdo de proteína. O perfil enzimático de pintado, em resposta a variação de PB na dieta, não se alterou possivelmente por se tratar de uma espécie carnívora (LUNDSTEDT et al. 2004). As quantidades de proteases digestivas analisadas no presente experimento, não variaram entre os tratamentos, seguindo a tendência proposta pelos autores citados anteriormente. Peixes nativos onívoros, como o jundiá (*Rhandia quelen*) (MELO et al. 2002) e piracanjuba (*Brycon orbignianus*) (GARCIA-CARREÑO et al. 2002), respondem aos diferentes níveis de proteína adaptando seu perfil de enzimas digestivas, respondendo a qualidade e quantidade do alimento.

O efeito poupador de proteína pode ocorrer quando a proteína da dieta estiver abaixo dos níveis ótimos para máximo crescimento, resultando em desempenho um pouco inferior ao observado com os níveis ótimos. O máximo crescimento nem sempre representa o maior retorno econômico, principalmente se for considerado o alto custo da proteína da dieta (SHIAU e LIN 2001). Pode-se constatar que o aumento do nível de carboidratos não resultou em efeito poupador de proteína para o surubim, demonstrando que o fato do animal ser um carnívoro por excelência o prejudicou no aproveitamento e utilização das fontes de carboidratos. Paulino (2013) encontrou efeito poupador de proteína alimentando o cachandia; híbrido de cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*) com jundiá (*Leiarius marmoratus*); com 25% CHO na dieta, entretanto estes animais tratam-se de um cruzamento de um carnívoro com um onívoro, desta forma seus mecanismos fisiológicos podem ter sido alterados e se demonstrado de forma diferente dos animais do gênero *Pseudoplatystoma*.

Tradicionalmente quantidades elevadas de PB são utilizadas e testadas para surubins, testando-se quantidades até mesmo superiores a 40% PB. Martino et al. (2002) observaram maior ganho de peso e conversão

alimentar com uma relação proteína bruta e lipídeos de 46/18. Em outro estudo com a mesma espécie, a dieta contendo 40% PB e 3781 kcal/kg EB foi a que resultou em melhor desempenho produtivo de juvenis de pintado em comparação com dietas contendo 35% e 45% PB (ZANARDI et al. 2008).

A falta de dados concretos sobre as exigências nutricionais nas diferentes fases de desenvolvimento dos animais, resultam em altos índices de mortalidade, baixa eficiência alimentar e reduzido desempenho produtivo (HALVER e HARDY 2002). Em uma produção comercial de surubins, geralmente não é levado em conta à fase de desenvolvimento dos animais, os animais são alimentados com rações únicas durante todo o seu ciclo de produção (CORNÉLIO et al. 2014).

Atualmente as rações comerciais produzidas para alevinos e juvenis carnívoros utilizam entre 40 e 42% de proteína bruta (CAMPOS 2010) e os níveis tradicionais de lipídeos utilizados são entre 8 e 12% (CAMPOS et al. 2006), mesma quantidades de lipídeos das dietas testadas. Dados referentes as exigências exclusivas de juvenis de cacharas são mais recentes na literatura e não haviam sido publicada até o início de nossa pesquisa, sendo encontrados como ideais as concentrações de PD 39% e ED 3600 kcal/kg (SILVA 2013). Posteriormente, foram encontrados também exigências nutricionais de PB 49,25% e EB 4600 kcal/kg (CORNÉLIO et al. 2014).

Os dados encontrados no presente experimento sugerem que pode ocorrer uma economia na quantidade de proteína bruta utilizada na dieta tradicional de surubins, uma vez que o balanço nutricional da ração com 36% PB e 15% de CHO não resultou em menor ganho de peso e peso final do animal, entretanto cálculos dos indicadores econômicos devem ser realizados para comprovar esta economia em relação às outras duas dietas (40PB/15CHO e 44PB/15CHO).

A composição da carcaça dos cacharas não foi afetada pelo teor de carboidrato e proteína da dieta, o mesmo ocorreu em experimento com cacharas em determinação da exigência de proteína e energia (SILVA 2013), e com avaliação da utilização de níveis de carboidratos e lipídeos (MARTINO et al. 2005).

A eficiência nutricional não variou entre os tratamentos, demonstrando equilíbrio entre as dietas testadas, entretanto a eficiência de retenção de proteína bruta (RPB) e a eficiência de retenção de energia bruta (REB) foram mais eficazes nos peixes que consumiram 15% de CHO, provavelmente por causa de um melhor balanço entre os nutrientes da dieta. Isso demonstra que estas dietas disponibilizaram melhor os carboidratos para gastos energéticos, portanto a proteína pode ser utilizada para o crescimento.

Com relação às reservas energéticas teciduais, o lipídeo hepático não resultou em diferenças significativas entre os níveis de CHO ($P > 0,05$), mas entre os níveis de PB os peixes que consumiram ração com 36% PB apresentaram mais lipídeo no fígado. Em mamíferos a deficiência proteica pode constituir um modelo indutor de esteatose hepática não alcoólica por meio de dieta (CASTRO et al. 2009), que atualmente apresenta diversas outras formas de indução em modelos experimentais, tais como a deficiência de colina e metionina (KIRSCH et al. 2003), dieta rica em gordura (GAUTHIER et al. 2003; LIEBER et al. 2004) e rica em carboidratos simples (ZIVKOVIC et al. 2007), dentre outros.

O índice hepatossomático (IHS) não sofreu influência das dietas testadas ($P > 0,05$), o que significa que a alimentação dos juvenis com até 44% de PB e 25% de CHO não resultaram em alterações no tamanho do fígado destes animais. Resultados semelhantes de IHS para juvenis dessa mesma espécie foram encontrados por Del Carratore (2001) e Takahashi e Cyrino (2006). Em outro estudo com surubins, mas envolvendo níveis de lipídeos na dieta, a energia e a proteína das rações aumentaram o IHS e o lipídeo abdominal (MARTINO et al. 2002) ; entretanto quando os níveis de lipídeos foram avaliados juntos a carboidratos, não foi registrado efeitos no IHS e IGVS de juvenis de pintado (MARTINO et al., 2005).

Ocorreu interação entre níveis PB e CHO para o índice gorduro-viscerossomático (IGVS), sendo observado no tratamento 40 PB/25 CHO média inferior a todos os demais, por terem acumulado a menor quantidade de gordura visceral, parecem ter utilizado mais eficientemente os carboidratos como fonte energética, sem prejuízo aos índices de desempenho e com utilização eficiente da proteína para o crescimento. Para pintados, os menores

valores IGVS foram observados para os peixes alimentados 29% CHO, enquanto os maiores para os animais que consumiam a dieta com 9% CHO, o que permite inferir que os alevinos de pintado alimentados com a dieta com 9% de carboidratos totais e 11,45% de lipídeos acumularam energia sob a forma de gordura visceral, forma de reserva energética não prontamente disponível (TAKAHASHI e CYRINO, 2006).

A extração da glicose da circulação sanguínea é uma das principais funções do fígado, para ser armazenado como glicogênio e, em caso de necessidade, liberá-la posteriormente, mediante a hidrólise do glicogênio (RAMIREZ 2005). O valor do glicogênio hepático em juvenis de tambaqui aumentou com dietas com concentrações crescentes de amido de milho (CORRÊA 2002), entretanto não encontraram variações da glicemia plasmática. Estudo utilizando a glicose, dextrina e amido no crescimento e composição corporal de *Platichthys stellatus*, encontraram um aumento do IHS com a elevação dos níveis de amido, que esteve diretamente relacionado com a deposição de glicogênio hepático (LEE e LEE 2004).

Okamura (2009) estudando níveis de amido para surubins testou quantidades de 5, 10, 15 e 20% de amido na dieta, sendo encontrado 77 mg/dL de glicose plasmática para os animais que consumiram 15% de amido, valores mais altos que a média dos valores encontrados para a glicemia de mesma dieta dos cacharas deste experimento (15% CHO) e 113 mg/dL para os animais que consumiram 20% de amido, valor também mais alto do que a glicemia de todos os grupos que consumiram a dieta com 25% CHO do presente experimento. Entretanto, as concentrações de triglicerídeos sanguíneos encontradas no estudo de Okamura se assemelham as encontradas no presente estudo. Carratore (2001) também testando níveis de amido na dieta de surubins (10, 16, 22 e 28%), encontrou valores abaixo dos considerados basais, com médias de 20,6 mg/dL de glicose plasmática para animais que ingeriram dietas com 28% de amido. Segundo o autor, estas variações ocorrem e são influenciadas por fatores como período de jejum pós-prandial, ou até mesmo o comportamento fisiológico dos animais, uma vez que os surubins são animais noturnos, e o fato das coletas serem realizadas durante o dia pode ocasionar a quantificar parâmetros sanguíneos de animais

que estão em um período de menor atividade. Os valores glicêmicos dos surubins do presente estudo se assemelham a valores de outros peixes tropicais, tais como os pacus (*Piaractus mesopotamicus*), com valores entre 47,7 e 82,1 mg/dL (SOUZA et al. 2000) e matrinxã (*Brycon cephalus*) com 50 mg/dL em média (URBINATI e CARNEIRO 2001).

Através dos dados demonstrados, percebe-se que há um desequilíbrio na homeostase da glicose, resultando em um mau funcionamento entre absorção de glicose hepática (glicólise) e sua produção (gliconeogênese) (PANSERAT et al. 2001), desta forma análises envolvendo as principais enzimas metabólicas são necessárias em futuros estudos, para elucidar melhorar algumas afirmações.

5. CONCLUSÕES

A interação entre proteína e carboidrato não comprometeu o crescimento de juvenis de cachara. A inclusão de 25% CHO na ração resultou em índices produtivos inferiores aos animais que consumiram dietas com 15% CHO, entretanto as quantidades de 44%, 40 e 36% PB não diferenciaram em relação ao crescimento e comportamento fisiológico. Pode ocorrer efeito poupador de proteína em função de um balanço entre fontes energéticas não proteicas, entretanto necessita-se de mais estudos para identificar e diferenciar estes fatores nutricionais.

6. REFERÊNCIAS

- AOAC. 2000. Official methods of analysis. (17th ed.). Association of Official Analytical Chemists: Gaithersburg, MD, USA.
- BERGOT, F. 1979. Carbohydrate in rainbow trout diets: effects of the level and source of carbohydrate and the number of meals on growth and body composition. *Aquaculture*, 18:157-67.
- BERNFELD, P. 1955. Amylases α and β : colorimetric assay method. In: COLOWICH, S.P.; KAPLAN, N.O. (eds) *Methods in Enzymology*. New York: Academic Press Inc., 1:149-54.
- BRAUGE, C.; MEDALE, F.; CORRAZE, G. 1994. Effect of dietary carbohydrates levels on growth, body composition and glycaemia in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in seawater. *Aquaculture*, 123:109-20.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. 1959. Rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry Physiology*, 37:911-7.
- CAMPOS, P.; MARTINO, R. C.; TRUGO, L. C. 2006. Amino acid composition of Brazilian surubim fish (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with different levels and sources of fat. *Food Chemistry*, 96:126–130.
- CAMPOS, J. L. 2010. O cultivo do pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*, Spix; Agassiz, 1829), outras espécies do gênero *Pseudoplatystoma* e seus híbridos. In: Bernardo Baldisserotto e Levy de Carvalho Gomes (Orgs.). *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. Santa Maria: Ed. Da UFSM, 335-361.
- CARRATORE, C. R. D. 2001. Desempenho produtivo, digestibilidade e metabolismo energético de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*) alimentados com níveis crescentes de amido. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Brasil.
- CASTRO, G. S. F.; MIALICH, M. S.; ANJOS, E. M.; ALMEIDA, L. P.; ARROYO, P. F. PORTARI, G. V.; JORDÃO JR, A. A. 2009. Caracterização da esteatose hepática não alcoólica induzida por dieta hipoprotéica em ratos. *Medicina, Ribeirão Preto*, 42(1): 48-53.
- CATACUTAN, M.R.; COLOSO, R.M. 1997. Growth of juvenile Asian seabass *Lates calcarifer*, fed varying carbohydrate and lipid levels. *Aquaculture*, 149:137-144.
- CORNÉLIO, F. H. G.; CUNHA, D. A.; SILVEIRA, J. 2014. Dietary protein requirement of juvenile cachara catfish, *Pseudoplatystoma reticulatum*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 45(1).
- CORRÊA, C. F. 2002. Estudo dos padrões de digestão enzimática e perfil metabólico em tambaqui, *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1818) alimentado com diferentes teores de proteína e carboidrato em regime de confinamento. Tese (Doutorado) – São Carlos: UFSCar. 115p.

DEL CARRATORE, C. R. 2001. Desempenho produtivo, digestibilidade e metabolismo energético de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma corruscan*) alimentados com níveis crescentes de amido. Tese (Doutorado) - Centro de aquicultura da UNESP, Jaboticabal.

DREHER, M. L. 1987. Handbook of dietary fiber. Marcel Dekker, New York, 237p.

ELANGAVAN, A.; SHIM, K. F. 1997. Growth response of juvenile *Barbodes altus* fed isocaloric diets with variable protein levels. *Aquaculture*, 158:321-329.

FYNN-AIKINS, K., HUNG, S.S.O., LIU, H. 1992. Growth, lipogenesis and liver composition of white sturgeon fed different levels of D-glucose. *Aquaculture* 105, 61-72.

GARCÍA-CARREÑO, F. L.; ALBURQUERQUE-CAVALCANTI, C.; NAVARRETE DEL TORO, M. A.; ZANIBONI FILHO, E. 2002. Digestive proteinases of *Brycon orbignyanus* (Characidae, Teleostei): characteristics and effects of protein quality. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 132B:343-352.

GAUTHIER, M. S.; COUTURIER, K.; LATOUR, J. G.; LAVOIE, J. M. 2003. Concurrent exercise prevents high-fat-diet-induced macrovesicular hepatic steatosis. *Journal of Applied Physiology*, 94(6): 2127-34.

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

GONÇALVES, G. S. 2011. Nutrição e alimentação de peixes. In: AYROZA, L. M. S.; SCORVO, C. M. D. F.; AYROZA, D. M. M. R.; GARCIA, F.; GONÇALVES, G. S.; SCORVO FILHO, J. D.; QUEIROZ, J. F.; LOSEKANN, M. E.; MARTINS, M. I. E. G.; VIDOTTI, R. M.; SCHALCH, S. H. C. Manual Técnico CATI, 79, Campinas, São Paulo.

HALVER, J. E.; HARDY, R. W. 2002. Nutrient flow and retention. In: HALVER, J. E.; HARDY, R. W. (eds.). *Fish Nutrition*. 3 ed, Academic Press. pp. 755-770.

HEMRE, G. I.; SANDNES, K.; LIE, Ø., TORRISSEN, O., WAAGBØ, R. 1995. Carbohydrate nutrition in Atlantic salmon, *Salmo salar* L.: growth and feed utilization. *Aquaculture Research*, 26:149-54.

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

HILTON, J. W.; ATKINSON, J. L.; SLINGER, S. J. 1983. Effect of increased dietary fiber on the growth of rainbow trout (*Salmo gairdinerri*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40:81-85.

HILTON, J.W.; PLISETSKAYA, E.M.; LEATHERLAND, J.F. 1987. Does oral 3,5,3'-triiodo-L-thyronine affect dietary glucose utilization and plasma insulin levels in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 4(3):113-20.

KIRSCH, R.; CLARKSON, V.; SHEPHARD, E. G.; MARAIS, D. A.; JAFFER, M. A.; WOODBURNE, V. E.; KIRSCH, R.E.; HALL, P. L. 2003. Rodent nutritional model of non-alcoholic steatohepatitis: species, strain and sex difference studies. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 18(11): 1272-82.

KITAMIKADO, M.; MORISHITA, T.; TACHINO, S. 1964. Digestibility of dietary proteins. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 30. Tokyo, p. 46-9.

LEE, S.; LEE, J. 2004. Effect of dietary glucose, dextrin and starch on growth and body composition of juvenile starry flounder *Platichthys stellatus*. *Fisheries Science*, 70:53-58.

LIEBER, C. S. LEO, M. A.; MAK, K. M.; XU, Y.; CAO, Q.; REN, C.; PONOMARENKO, A.; DECARLI, L. M. 2004. Model of nonalcoholic steatohepatitis. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79(3): 502-9.

LOVELL, T. 1988. *Nutrition and feeding of fish*. New York: Chapman & Hall, 259p.

LUNDSTEDT, L. M. 2003. Aspectos adaptativos dos processos digestivo e metabólico de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) arraçoados com diferentes níveis proteína e energia. PhD dissertation. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil.

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

MADAR, Z.; THORNE, R. 1987. Dietary fiber. *Progress in Food and Nutrition Science*, 11:153-174.

MARTINO, R. C.; CYRINO, J. E. P.; PORTZ, L.; TRUGO, L. C. 2002. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of surubim, *Pseudoplatystoma corruscans*. *Aquaculture*, 209:209-218.

MARTINO, R. C.; CYRINO, J. E. P.; PORTZ, L.; TRUGO, L. C. 2005. Performance carcass composition and nutrient utilization of surubim *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz) fed diets with varying carbohydrate and lipid levels. *Aquaculture Nutrition*, 11:131–137.

MAYUMEOSHIRO, F.; FRAGA, T. L.; HONORATO, C. A. 2012. *Journal of Agronomic Sciences, Umuarama*, 1(2):128-138.

MELO, J. F. B.; LUNDSTEDT, L. M.; RADUNZ NETO, J.; SANTOS NETO, C.; MORAES, G. 2002. Respostas enzimáticas do trato digestório de jundiá *Rhamdia quelen* alimentados com diferentes níveis de proteína. Resumo expandido. Recife, Anais da XXXIX Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. 2012. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura - Brasil - 2010. Brasília.

MOON, T.W.; FOSTER, G.D.; PLISETSKAYA E.M. 1989. Changes in peptide hormones and liver enzymes in the rainbow trout deprived of food 6 weeks. *Canadian Journal of Zoology*, 67: 2189-2193.

OKAMURA, D. 2009. Influência do amido de milho no metabolismo energético de surubins *Pseudoplatystoma spp.* Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.

PANSERAT, S., CAPILLA, E., GUTIERREZ, J., FRAPPART, P. O., VACHOT, C., PLAGNES-JUAN, E., AGUIRRE, P., BRÈQUE, J., KAUSHIK, S. 2001. Glucokinase is highly induced and glucose-6-phosphatase poorly repressed in liver of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by a single meal with glucose. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 128:275–283.

PAULINO, R. R. 2013. Inclusão de lipídeos e carboidratos em dietas de cachadias (*Pseudoplatystoma reticulatum* X *Leiarius marmoratus*). Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.

RAMÍREZ, A. P. 2005. Utilização de carboidratos digestíveis em dietas para pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). Tese (Doutorado), Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Brasil.

REINHOLD, J. G. 1953. Manual determination of serum total protein, albumin and globulin fraction by Biuret method. In: REINER, M. (ed.) *Standar method of clinical chemistry*. Ney work: Academic Press, p.88.

REIS, S. T. 2000. Valor nutricional de gramíneas tropicais em diferentes idades de corte. Lavras: UFLA. 99p.

RODRIGUES, A. P. O.; PAULETTI, P.; KINDLEIN, L.; CYRINO, J. E. P.; DELGADO, E. F.; MACHADO-NETO, R. 2009. Intestinal morphology and histology of the striped catfish *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) fed dry diets. *Aquaculture Nutrition*, 15:559-563.

SAHA, S.; ROY, R. N.; SEN, S. K.; RAY, A. K. 2006. Characterization of cellulose producing bacteria from the digestive tract of tilapia, *Oreochromis mossambica* (P) and grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (V). *Aquaculture Research*, 37:380-388.

SEIXAS FILHO, J. T.; BRÁS, J. M.; GOMIDE, A. T. M.; OLIVEIRA, M. G. A.; DONZELE, J. L.; MENIN, E. 2001. Anatomia funcional e morfologia do intestino no Teleostei (Pisces) de água doce Surubim (*Pseudoplatystoma coruscans* - Agassiz, 1829). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(6):1670-1680.

SEIXAS FILHO, J. T. 2004. Uma revisão sobre o papel do carboidrato e da proteína no metabolismo de peixes com hábitos alimentar carnívoro e onívoro. Augustus, Rio de Janeiro, 9(18), Jan./Jun.

SHIAU, S. Y.; LIN, Y. H. 2001. Carbohydrate utilization and its protein-sparing effect in diets for grouper (*Epinephelus malabaricus*). Animal Science, 73:299-304.

SILVA, J. A. M.; FILHO, M. P.; OLIVEIRA-PEREIRA, M. I. 2003. Frutos e sementes consumidos pelo tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) incorporados em rações. Digestibilidade e velocidade de trânsito pelo trato gastrointestinal. Revista Brasileira de Zootecnia, 32(6):1815-1824.

SILVA, T. S. C. 2013. Exigências em proteína e energia e avaliação de fontes proteicas alternativas na alimentação do cachara *Pseudoplatystoma fasciatum*. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.

SOUZA, V. L.; OLIVEIRA, E. G.; URBINATI, E. C. 2000. Effects of food restriction and refeeding on energy stores and growth of pacu, *Piaractus mesopotamicus*. Journal of Aquaculture in the Tropics, 15(4):371-379.

SPANNHOF, L.; PLANTKOW, H. 1983. Studies on carbohydrate digestion in rainbow trout. Aquaculture, 30:95-108.

TAKAHASHI, L. S.; CYRINO, J. E. P. 2006. Dietary carbohydrate level on growth performance of speckled catfish, *Pseudoplatystoma coruscans*. Journal of Aquaculture in the Tropics, 21(1):13-19.

TAVARES, M. P. 1997. O surubim. In: MIRANDA, M. O. T. (Org.). Surubim. Belo Horizonte: Ibama, p.69-79.

TORRES, W. V. 2004. Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. Universidad de lós Llanos, Villavicencio.

UFODIKE, E. B.; MATTY, A. J. 1986. Nutrient digestibility and growth response of rainbow trout (*Salmo gairdnerii*) fed different carbohydrate types. Proceedings Annual Conference of Fisheries. Society, Nigeria, 3:76-83.

URBINATI, E. C.; CARNEIRO, P. C. F. 2001. Metabolic and hormonal responses of the matrinxã (*Brycon cephalus*) to the stress of transport under the influence of benzocaine. Journal of Aquaculture in the Tropics, 16(1): 75-85.

WANG, K.W.; TAKEUCHI, T.; WATANABE, T. 1985. Optimum protein and digestible energy levels in diets for tilapia nilotica. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries / Nissuishi, 51 (1): 141-146.

WEGBECHER, F. X. 2010. Bactérias celulolíticas e o uso de resíduo de maracujá (*Passiflora edulis*) em rações extrusadas para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Tese (Doutorado em Piscicultura). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil.

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

ZANARDI, M. F.; BOQUEMBUZOB, J. E.; KOBERSTEINC, T. C. R. D. 2008. Desempenho de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*) alimentados com três diferentes dietas. Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais, 6(4):445-450.

ZIVKOVIC, A. M.; GERMAN, J. B.; SANYAL, A. J. 2007. Comparative review of diets for the metabolic syndrome: implications for nonalcoholic fatty liver disease. American Journal of Clinical Nutrition, 86(2): 285-300.