

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE
CURSO DE AGRONOMIA

**DESEMPENHO DO TAMBAQUI (*Colossoma
macropomum*), SUBMETIDO A DIFERENTES FONTES
DIETÉTICAS DE ÁCIDOS GRAXOS POLI-
INSATURADOS.**

Aluno: Jefferson Barros Ferreira

Humaitá-AM
Setembro de 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE
CURSO DE AGRONOMIA

DESEMPENHO DO TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*), SUBMETIDO A DIFERENTES FONTES DIETÉTICAS DE ÁCIDOS GRAXOS POLI-INSATURADOS.

Aluno: Jefferson Barros Ferreira
Orientador: Dr. André Moreira Bordinhon

“Trabalho apresentado como parte das exigências do curso de Agronomia para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo”.

Humaitá-AM
Setembro de 2013

F383d Ferreira, Jefferson Barros.
Desempenho do tambaqui (*Colossoma macropomum*),
submetido a diferentes fontes dietéticas de ácidos graxos poli-
insaturados / Jefferson Barros Ferreira.-- 2013.
48 f.

Monografia (Engenheiro Agrônomo) – Universidade Federal
do Amazonas, curso de Agronomia, Humaitá, 2013.

Orientador: Prof. Dr. André Moreira Bordinhon.

1. Nutrição de peixes. 2. Tambaqui. 3. Lipídios. 4.
Óleos vegetais. I. André Moreira Bordinhon. II. Título.

CDU: 639.3.043

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária Ednelza Sarmiento Garcia – CRB11/707
Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente – IEAA
Universidade Federal do Amazonas - UFAM



UFAM

Universidade Federal do Amazonas – UFAM
Campus Vale do Rio Madeira – CVRM
Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente – IEAA
Coordenação do Curso de Agronomia

**DESEMPENHO DO TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*), SUBMETIDO A
DIFERENTES FONTES DIETÉTICAS DE ÁCIDOS GRAXOS POLI-
INSATURADOS.**

por

Jefferson Barros Ferreira

Trabalho de conclusão de curso defendido e **APROVADO** em 19 de setembro de 2013, as 09h00min, pela banca examinadora constituída pelos professores abaixo:

Prof. Dr. André Moreira Bordinhon
Zootecnista
(Orientador/Avaliador)

Sebastião Batalha Pinto de Souza
Engenheiro de Pesca
(Avaliador)

Prof. Luciano Augusto Souza Rohleder
Médico Veterinário
(Avaliador)

As idéias que defendo não são minhas. Eu as tomei emprestadas de Sócrates, recebi-as de Chesterfield, furtei-as de Jesus. E se você não gostar das idéias deles, quais seriam as idéias que você usaria?

Dale Carnegie

Aos meus queridos pais: Raimundo e Clarice, e meus irmãos, sobrinhos, a minha namorada, pela força, coragem, amor, carinho, apoio e confiança em mim depositado, o que contribui para a minha formação engrandecimento pessoal e profissional.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao senhor meu DEUS, pela graça da vida e pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

A Universidade Federal do Amazonas – UFAM, pela oportunidade de concluir este curso.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, pela concessão de bolsa no projeto.

A paciência, compreensão e aos conhecimentos sempre presentes do Prof. Dr. André Moreira Bordinhon, que de forma ímpar, contribuiu para o produto final deste trabalho, agradeço pela oportunidade de crescimento profissional através da orientação que me foi dada.

Aos professores do colegiado de Agronomia, e a todo o corpo docente do IEAA pelos ensinamentos, informações, esclarecimentos adquiridos nas disciplinas.

Ao prof. Dr. Milton César Costa Campos pela oportunidade de trabalhar na área de solos, foi uma experiência a mais em minha vida profissional.

Aos meus pais Raimundo e Clarice, pelo amor, dedicação, educação que sempre recebi de vocês; aos meus irmãos: Jean, Jane, Joel, Juciney, Janúzia, Jonas, Janiete, Joelma e Jalúzia, que acompanham nesta caminhada e me deram apoio, confiança e o otimismo, a todos os meus sobrinhos, a minha namorada Marciane pela força, coragem e apoio nos momentos mais difíceis e pela alegria e carinho nos melhores instantes de minha vida.

Agradecer é pouco, mas aos meus amigos: Josélia, Giovana, Márcia, Renildo, Nestor, Raimundo Nonato, Elimar, Adriana, Leidiane, Junior César, Juninho, Isnaime, Elison, Marcos Vinicius, Chistianne a todos da turma de Agronomia 2008, serei eternamente grato pelo apoio e pela saudável convivência durante esses anos de labuta.

Aos colegas de curso: Elenilson, José Cunegundes, Francisco, Cláudio Marcos, Pedro Aquino, Audiney, Rayele, Naime, Ivalmir, Rosiney, Ramily Clécia, Nilson, Ediana, Gisely, Laura, Rozenir, Vanessa, Rian, pelos momentos de descontração, brincadeiras, conversas.

Aos funcionários da Rudary: Raimundo, Jhonny, Frankilino, Toti, Fredson, Ivanio e as tias (Dilcenéia, Alcimar, Vanderléia, Leidiane), em especial ao Sr. Esmar pela ajuda na parte física das instalações do experimento sua colaboração foi fundamental.

Aos colegas de laboratório Giovana, Elison, Maria Francisca, Richely, Fayle e Marciane pela valiosa colaboração na condução do experimento.

Aos colegas do laboratório de solos: Renato, Marcelo Dayron, Ivanildo, Luís Antônio, Diogo, Bruno.

A todas as pessoas que participaram, diretamente ou indiretamente, desta conquista.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	10
Aspectos Gerais	10
A espécie de estudo: tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)	11
Nutrição	13
Proteína	15
Carboidratos	16
Lipídios.....	18
Ácidos graxos das series ω -3 e ω -6 e sua relação	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
CAPÍTULO II	29
ABSTRACT	30
INTRODUÇÃO.....	31
OBJETIVO	S
.....	35
MATERIAL E MÉTODOS	36
RESULTADOS	39
DISCUSSÃO.....	41
CONCLUSÕES	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

CAPÍTULO I

Aspectos Gerais

A aquicultura pode ser definida como a produção em cativeiro de organismo com hábito de vida predominantemente aquático, tais como: peixes, crustáceos, molusco, quelônios e anfíbios. A piscicultura é o ramo da aquicultura que vem se destacando e conquistando espaço no agronegócio nacional. Segundo (OSTRENSKI *et al.* 2000) a piscicultura brasileira corresponde por cerca de 61,3% da produção aquícola do país. O Brasil possui potencial para a atividade piscícola, pois oferece condições edafoclimáticas e recursos hídricos ideais para o cultivo, o que proporciona uma situação favorável à produção de peixes em cativeiro.

Para os peixes, os lipídios exercem importante papel como fonte energética e são constituintes de membranas celulares, nutrientes essenciais (ácidos graxos essenciais vitaminas lipossolúveis, etc.). Nos peixes marinhos, os lipídios, mesmo sob baixas temperaturas, encontram-se na forma fluída devido à grande quantidade de ácido graxos poli-insaturado (AGPI) de cadeia longa e aos lipídios não glicerídeos, o que os diferenciam dos animais terrestres (OGAWA & MAIA, 1999). Os peixes que vivem em baixas temperaturas possuem mais ácidos graxos (AG) da série ω -3, contrastando com peixes de água mais quente, que geralmente apresentam concentrações inferiores de AGP (PITCHER & HART, 1982).

A utilização de fontes lipídicas em dietas para peixes tem proporcionado melhores resultados no desenvolvimento, sobrevivência e deposição de nutrientes. Os lipídios são considerados fontes importantes de energia metabólica, sendo compostos mais energéticos que as proteínas e os carboidratos (FARKAS *et al.*, 1977). Também desempenham importantes funções em processos fisiológicos, mantendo a permeabilidade e flexibilidade das membranas celulares (CHO *et al.*, 1985; STICKNEY & HARDY, 1989). Além disso, são considerados importantes fontes de ácidos graxos essenciais (AGE), exercendo influência sobre a presença destes no corpo dos peixes, quando presentes na ração (GATLIN & STICKNEY, 1982).

Determinados ácidos graxos não podem ser sintetizados pelos peixes quando não forem encontradas na dieta as substâncias precursoras (NICOLAIDES & WOODALL, 1962). Vários estudos comprovaram que os lipídios são fontes indispensáveis ao bom desempenho das larvas e alevinos de peixes, variando, porém, sua concentração em função de fatores como espécie, tipo de ambiente (água doce ou salgada), temperatura do meio onde vivem e, provavelmente, estágio de desenvolvimento do peixe (larva-adulta) (LÉGER, 1980). Com relação às fontes de lipídios utilizadas na alimentação de peixes, a proporção de ácido graxo essencial (AGE) é variável. As quantidades dos ácidos graxos, requeridos por algumas espécies já estudadas, segundo o (NRC, 1993), variam em função das fontes utilizadas.

A espécie de estudo: tambaqui (*Colossoma macropomum*)

O tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) é uma espécie pertencente à família Characidae e gênero *Colossoma*. Esta espécie ocorre naturalmente nas bacias do rio Amazonas e do rio Orinoco, com distribuição ampla na parte tropical da América do Sul e na Amazônia Central (ARAÚJO-LIMA & GOULDING, 1997). Pode atingir comprimento máximo de aproximadamente 100 centímetros. Na natureza não há registros deste peixe atingindo peso maior que 30 quilos (GOULDING, & CARVALHO, 1982). Possui ótima aceitação no mercado pelo sabor da sua carne, seu valor nutricional e as ótimas características organolépticas no seu filé, resistência a elevadas temperaturas na água dos viveiros, ao manuseio e a enfermidades. Apresenta-se como uma das espécies mais consumidas pela população da Região Norte pela qualidade de sua carne e quantidade de gordura. Caracteriza-se por ser um animal de águas ricas em nutrientes, com temperaturas médias, entre 25 °C e 34 °C. Além disso, é capaz de resistir a baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água (~1 mg/L⁻¹).

Em situações de hipoxia, o animal apresenta adaptação morfológica, que é o aumento do lábio superior, chamado popularmente de “aiú”. Nessas condições, costuma nadar próximo a superfície para captar mais oxigênio. Essa simples estratégia pode contribuir para melhorar em até 30% o teor de oxigênio captado e distribuído por meio do sangue (ALMEIDA-VAL E VAL, 1995; MARCON *et al.*, 1999, ARAUJO – LIMA e GOMES, 2003).

Na natureza, a espécie é encontrada preferencialmente em águas de cor preta (pH 3,8 – 4,9) e cor branca ou barrenta (pH 6,2 – 7,2). Em águas claras (pH 4,5 – 7,8), a ocorrência da espécie é nula ou pequena. Em um experimento que avaliou o desempenho e sobrevivência de juvenis de tambaqui sob diferentes fotoperíodos, observou-se que animais mantidos sob total escuridão (simulando a condição natural baixa visibilidade dos rios e lagoas) apresentaram melhor desempenho do que os animais mantidos sob iluminação contínua, os quais apresentaram sinais evidentes de estresse (ARIDE *et al.*, 2006).

Outra características da espécie é alta resistência a mudanças abruptas de pH, sendo que melhor desempenho constatado experimentalmente, foi inversamente proporcional ao aumento de pH da água. Animais mantidos em água ácida (4,0) apresentam melhor desempenho e nenhuma alteração fisiológica (ARIDE *et al.*, 2006). A espécie é considerada “símbolo ictíico da floresta tropical” por possuir hábito alimentar onívoro, com preferência por frutos e sementes da floresta e estreita com estes, além de ser a principal espécie comercializada na região e a mais estudada pelos pesquisadores da área (ALMEIDA-VAL E VAL, 1995; ARAUJO – LIMA e GOULDING, 1998; GOMES *et al.*, 2003). Possui alta aceitação no mercado, em razão de sua carne saborosa, que tem vida útil de 43 dias se conservada de forma correta entre camadas de gelo (ALMEIDA *et al.*, 2006)

Anatomicamente o tambaqui apresenta arcos branquiais com rastros longos e numerosos que formam uma verdadeira rede filtradora permitindo que o peixe aproveite bastante material planctônico, mostrando que também é um peixe planctófago. Possui forte mandíbula e dentição capazes de quebrar e triturar frutos e sementes grandes e duros. Apresenta esôfago curto e estômago alongado e muito elástico em forma de saco. Logo após o estômago, são encontrados os cecos pilóricos seguidos por um longo intestino. Acredita-se que esses cecos ajudem na digestão do material vegetal (GOULDING & CARVALHO, 1982).

Nutrição

Segundo (CARTER E HOULIHAN, 2001), nutrição de peixes é um ramo da fisiologia que se destina ao estabelecimento da relação entre a ração e o crescimento, à comparação entre possíveis ingredientes alimentares e à determinação das exigências nutricionais das espécies. Além disso, tem-se dado bastante ênfase à avaliação adequada do significado das respostas obtidas, pois a nutrição fornece matérias para a manutenção da vida.

Até a metade do século XX os estudos em nutrição de peixes abordavam, principalmente, a anatomia do trato digestivo e os aspectos fisiológicos dos animais em seu ambiente natural. Com o início da criação de peixes em sistemas de cultivo, apareceu à necessidade de estudos sobre suas exigências nutricionais (GUILLAUME, 2001). A determinação das necessidades qualitativas e quantitativas dos nutrientes essenciais na dieta é de fundamental importância para adequada formulação de rações para peixes (PEZZATO *et al.*, 2004).

Dessa forma, a rápida expansão da aquicultura depende fundamentalmente de sistemas que utilizam dietas balanceadas e de boa qualidade, a fim de permitir um aumento na produtividade de espécies com valor econômico com menor impacto ambiental possível (CHO *et al.*, 2001). Entretanto, a diferença entre os hábitos alimentares das várias espécies de peixes cultivados dificulta a elaboração de dietas específicas, que atendam as exigências nutricionais nas diferentes fases de cultivo (ABIMORAD, 2004).

Segundo (ARAUJO-LIMA E GOULDING, 1998), as preferências dietéticas do tambaqui mudam de zooplâncton para sementes e frutas conforme o crescimento do peixe e a época do ano. A quantidade de proteína ingerida diminui conforme o peixe cresce. A quantidade média cai de 42% nas larvas para apenas 20% nos jovens e adultos são inversamente relacionados. Os adultos necessitam de alimentos mais energéticos para contrabalançar seus altos custos metabólicos. Por causa do seu hábito onívoro, a espécie tem adaptações para digerir alimentos de origem animal e vegetal e é de fácil adaptação à alimentação fornecida.

O tambaqui possui um comportamento alimentar oportunista: quando as frutas e sementes não estão disponíveis eles se alimentam de itens de

origem animal, particularmente zooplâncton. Embora consuma frutas e/ou sementes contendo baixos teores de proteína, a espécie consegue balancear a taxa proteína/energia e cresce. Para isso, a espécie consome itens de composição variada para alcançar uma dieta balanceada e atender as necessidades metabólicas (SILVA *et al.*, 2000). (SILVA *et al.*, 2003) concluíram que pelo menos 133 espécies de árvores produzem frutos e sementes que já foram encontrados (inteiros ou triturados) no conteúdo estomacal do animal. A grande disponibilidade desses itens leva a espécie a incluí-los em sua dieta de forma variada para conseguir melhor equilíbrio de proteína, carboidratos, gorduras e vitaminas. Em relação às condições de cultivo, em temperaturas equivalentes, o metabolismo de rotina desta espécie é aproximadamente igual em tanques e ambientes naturais (SAINT-PAUL, 1984). Com o oxigênio dissolvido a níveis inferiores a 2 mg/L e a 30°C, o animal começa a deprimir sua taxa metabólica. Em alimento *ad libitum* de tambaqui somente 80% da ração é consumida (VAN DER MEER *et al.*, 1997). Para a manutenção dos indivíduos adultos e jovens, é necessário que a espécie consuma, respectivamente, 5.493 e (4.538 – 4.777 kcal/g) de alimento seco (ARAUJO-LIMA; GOULDING, 1998). Considera-se que a concentração ótima de proteína para a ração de tambaqui com mais de 100 g de peso deve variar entre 20-25%, o teor de energia deve oscilar entre (2.866 – 3.583 kcal/g) (SILVA; PEREIRA FILHO; OLIVEIRA-PEREIRA, 2003).

A quantidade de proteína nas rações varia de 19% a 40% e são ricas em proteína que a dieta natural (ARAUJO-LIMA; GOMES, 2005). Atualmente, o teor calórico nas rações para tambaqui é de (2.866 a 4.060 kcal/g) (12.659 – 16.003 kcal/g de proteína) e esses valores são similares aos encontrados na dieta da espécie silvestre (ARAUJO-LIMA; GOMES, 2005). Segundo (VAN DER MEER *et al.*, 1997) altos níveis de crescimento de tambaqui obtidos dentro de condições laboratoriais sugerem que esta espécie pode ser um candidato apropriado para a produção dentro de condições de aquicultura intensiva.

Entretanto, as taxas de crescimento para as espécies registradas são, muitas vezes, de difícil comparação, por causa dos protocolos experimentais utilizados. Aparentemente, experimentos conduzidos em aquários levam a taxa de crescimentos menores que tanques e viveiros. Os resultados obtidos com

peixes maiores são menos claros (ARAUJO-LIMA; GOMES, 2005). Tambaquis alimentados com rações feitas com pupunha, milho, frutas da floresta, torta de babaçu, em geral apresentam taxas de crescimento inferiores aos alimentados com as rações balanceadas (ARAUJO-LIMA; GOULDING, 1998).

A dieta deve conter os nutrientes e recursos energéticos essenciais ao crescimento, reprodução, saúde e, seu valor nutricional é avaliado, em primeira instância, pela presença dos elementos necessários e catalíticos (minerais e vitaminas), um abundante suprimento em alimentos auxiliares (água) e um balanço adequado entre alimentos energéticos e construtores (carboidratos, lipídios e proteínas).

A oxidação metabólica de carboidratos, lipídios e proteínas liberam das ligações químicas, quantidades variáveis de energia que são utilizadas na manutenção do metabolismo basal antes de se tornarem disponíveis para o crescimento (WEATHERLEY & GILL, 1987). Por isso o balanceamento adequado da dieta é muito importante já que 1) uma eficiência em energia poderá levar a utilização de proteínas como recurso energético e, 2) o excesso poderá restringir o consumo de alimento, impedindo a ingestão de quantidades de proteínas e outros nutrientes, além de reduzir o crescimento devido à alta demanda metabólica da excreção nitrogenada (WINFREE; STICKNEY, 1981).

Nos peixes taxas excessivamente alta de energia/nutriente podem ainda acarretar a deposição de grandes quantidades de gordura corporal, causando a redução na qualidade da carne (LOVELL, 1998; NCR, 1993). Portanto, o balanço entre proteína e energia é obviamente, o ponto central para o máximo crescimento (CARTER; HOULIHAN, 2001) e a taxa proteína/energia deve ser determinada separadamente para cada espécie para o desenvolvimento de uma dieta ótima.

Proteínas

Segundo (WEATHERLEY & GILL, 1987) as proteínas são consideradas pilares da construção celular, e os diferentes tipos de proteínas das dietas variam muito em seu valor nutricional para o crescimento na dependência de sua composição em aminoácidos. As proteínas de maior valor nutricional apresentam um conteúdo maior de aminoácidos essenciais, por exemplo, proteínas de origem animal como a farinha de peixe, possuem

valores nutricionais mais elevados que as proteínas de origem vegetais, porque satisfazem melhor a demanda de aminoácidos. A farinha de peixe tem, portanto, grande demanda resultando em custo crescente e oferta decrescente. Estes contribuíram para os preços mais altos de alimentos para peixes, desde que farinha de peixe é utilizada na maior parte das formulações de rações.

A proteína consumida pelo peixe é utilizada por duas rotas metabólicas, (1) *catabolismo* com excreção principalmente de amônia, produzindo energia para a manutenção e (2) *anabolismo*, principalmente para a síntese de proteínas do corpo, função na qual a sua composição em aminoácidos desempenham um papel crucial (HEPHER, 1989). Segundo (CARTER *et al.*, 2001), a quantidade de proteína sintetizada depende não somente da quantidade de proteína absorvida, mas também do seu balanço em aminoácidos e energia digestível. Os autores ainda ressaltam que somente uma proporção relativamente pequena das proteínas ingeridas em uma refeição é retida para o crescimento.

O aumento da excreção de amônia para o ambiente, devido ao catabolismo protéico, contribui para a deterioração da qualidade da água, se o ambiente estiver em desequilíbrio, e esse problema é uma das maiores preocupações dos piscicultores em relação à qualidade de água nos tanques de cultivo (CRAIG, HELFRICH, 2002). Por isso tanta atenção tem sido dada, por parte das dietas concomitante maximização da utilização protéica para o crescimento (RUNGRUANGSAK-TORRISSEN *et al.*, 2009), através da inclusão cuidadosa de fontes de energia não protéicas (carboidratos e lipídios)

Carboidratos

Os carboidratos desempenham importantes funções biológicas, como por exemplo, o fornecimento de energia aos tecidos na forma de glicose, precursores metabólicos de ácidos nucléicos e integrantes de mucopolissacarídeos. Alguns carboidratos exibem propriedades aglutinantes, relevantes à produção das dietas. Embora os carboidratos constituam um dos principais componentes das dietas dos peixes, sendo utilizados como fontes de energia para o crescimento do animal, as funções biológicas e a metabolização deste nutriente em peixes ainda não são totalmente compreendidas (PERAGÓN *et al.*, 1999). Admite-se que os peixes não têm exigências

dietéticas para carboidratos por serem capazes de sintetizá-los a partir de substratos protéicos de glicerol (TACON, 1989). Entretanto, a falta deste nutriente na dieta pode deprimir o crescimento (NRC, 1993; WILSON, 1994), enquanto o excesso pode afetar negativamente os parâmetros morfológicos e fisiológicos, causando níveis glicêmicos altos e constantes e, conseqüentemente, prejudicando a função hepática por causa do aumento da deposição de glicogênio (HEMRE; MOMMSEN; KROGDAH, 2002).

Os carboidratos absorvidos podem ser usados imediatamente como energia, estocados como glicogênio no fígado e músculo, sintetizados em compostos como triacilgliceróis em esqueletos carbônicos de aminoácidos não essenciais, entre outros (LOVELL, 1988). Eles são o principal recurso de energia para os mamíferos, podem extrair cerca de 4 kcal de energia a partir de 1 g de carboidrato, enquanto os peixes podem extrair somente cerca de 1,6 kcal a partir da mesma quantidade de carboidrato (CRAIG, 2002).

Embora os peixes não usem o carboidrato tão eficientemente quanto os mamíferos e as aves, seu valor nutricional depende da espécie e tem sido associado a fatores tais como teor na dieta, origem, complexidade molecular e estado físico (WILSON, 1994; STONE; ALLAN; ANDERSON, 2003). Entretanto, as diferenças metabólicas na utilização de carboidrato entre as espécies ainda são pouco conhecidas (SÁ; POUSÃO-FERREIRA; OLIVA-TELES, 2007). Se os carboidratos não são fornecidos na dieta, outros nutrientes tais como proteína e/ou lipídio devem ser catabolizados para satisfazer a demanda energética corporal e também para gerar intermediários metabólicos para a síntese de outros compostos importantes para o crescimento e proliferação celular.

Quando adicionados na dieta, eles podem substituir os aminoácidos utilizados para neoglicogênese, favorecendo a geração de energia ao mesmo tempo em que poupa proteína (BARROSO *et al.*, 2001). Sabe-se que ingredientes ricos em carboidratos são excelentes recursos poupadores de proteína, especialmente em espécies onívoros (SATPATHY; MUKHERJEE; RAY, 2003). Em geral, assume-se que o teor de carboidrato digestível não deve ultrapassar 20% para espécies carnívoras, incluindo salmonídeos e peixes marinhos, enquanto para as espécies herbívoras ou onívoras de água doce níveis com até 40% são recomendadas (WILSON, 1994). Por ser recurso

de energia mais barato que o lipídio, é muito importante estabelecer a relação carboidrato/lipídio ideal a ser utilizada na dieta (CATACUTAN & COLOSO, 1997).

Lipídios

Os lipídios são a principal reserva de energia para os animais (9,4 kcal/g de energia bruta) e seu papel principal é gerar energia metabólica na forma de ATP através da β -oxidação. Esse macronutriente é representado principalmente pelos triacilgliceróis (ésteres de ácido graxo e glicerol). Os lipídios da dieta exercem grandes funções, pois são fontes de energia e ácidos graxos essenciais necessários ao desenvolvimento adequado (CHOU; SUCHEN, 2001), proporcionam maior palatabilidade ao alimento, servem como veículo para absorção de vitaminas lipossolúveis e esteróides e, além disso, desempenham um importante papel na estrutura das membranas biológicas na forma de fosfolipídios e ésteres de esteróides (HEPHER *et al.*, 1989; HERTRAMPF; PIEDAD-PASCUAL, 2000). Para os peixes, os lipídios não são apenas as maiores fontes de energia metabólica para o crescimento, do ovo até o animal adulto, mas também a maior fonte de energia metabólica para a reprodução (HALVER; HARDY, 2002). Além disso, são considerados os nutrientes mais importantes ao lado das proteínas, pois desempenham um papel principal na utilização ótima das proteínas da dieta para fins de crescimento (MOHANTA *et al.*, 2008).

Os triacilgliceróis são segregados em gotículas lipídicas que não aumentam a osmolaridade do citosol devido à sua hidrofobicidade e extrema insolubilidade em água e, diferentemente dos carboidratos, não contêm peso extra como água de solvatação. Essa relativa inércia química dos triacilgliceróis permite sua estocagem em grandes quantidades dentro das células sem o risco de ocorrerem reações químicas não desejadas com outros componentes celulares. Além disso, como os átomos de carbono dos ácidos graxos estão mais reduzidos que os dos açúcares, sua oxidação fornece mais do que o dobro em energia, grama por grama, que a oxidação dos açúcares (LEHNINGER; NELSON; COX, 2002).

Os lipídios das dietas, principalmente na forma de triacilgliceróis, são hidrolisados por lipases inespecíficas em ácidos graxos livres e glicerol (DE

SILVA; ANDERSON, 1995), que são absorvidos e usados para processos biossintéticos de vários componentes celulares, ou então, catabolizados para obtenção de energia. Geralmente são absorvidos pelo intestino superior e cecos pilóricos; parte como ácidos graxos e a grande maioria como mono e diglicerídios (quilomícrons).

Apesar da sua importância nutricional, dietas com altos teores de lipídios podem influenciar o metabolismo do animal e a composição da carcaça, como acúmulo indesejável de gordura corporal nos peixes (RIBEIRO *et al.*, 2008). Além disso, altos teores de lipídio podem criar problemas associados com a peletização e desenvolvimento de rancidez da ração quando armazenada (JANCEY, 1982). No Brasil, a produção de rações extrusadas com o conteúdo lipídico acima de 4% esbarra dois problemas: 1) limitações de ordem técnica das extrusoras e equipamentos acessórios, 2) baixo custo e grande disponibilidade das fontes de carboidratos (TOLEDO, 2004) para a confecção das dietas.

Devido à interação metabólica entre proteínas, lipídios e carboidratos, a definição da exata exigência em lipídios na dieta não é considerada particularmente importante (HALVER; HARDY, 2002). Entretanto, é amplamente sabido que quantidades de lipídios variando entre 10% e 20% do peso seco da dieta sejam suficientes para atender a demanda energética e permitir o direcionamento eficiente da fração protéica para o crescimento, sem que haja excessiva deposição de gordura na carcaça dos peixes (COWEY, SARGENT, 1979). Apesar disto, a quantidade precisa de lipídio depende do nível de proteína da dieta e, em alguns casos, também do nível de carboidrato (WATANABE, 1982), porém tais estudos ainda são escassos.

Ácidos graxos das séries ω -3 e ω -6 e sua relação

Existem duas séries de ácidos graxos essenciais que não podem ser sintetizados pelos animais e humanos e devem ser supridos pela dieta. A série ω -6 é derivada do ácido linoléico (LA) e a série ω -3, do ácido alfa-linolênico (ALN). A família de ácidos graxos ω -3 é composta de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) contendo de 18 a 22 carbonos. A designação de ômega tem relação com a posição da primeira dupla ligação, contando a partir do grupo metílico final da molécula de ácido graxo. Os ácidos graxos ω -3

apresentam a primeira dupla ligação entre o terceiro e o quarto átomo de carbono (WILEY e SONS, 1979). Os principais ácidos graxos ω -3 são o ácido linolênico 18:3, o ácido eicosapentaenóico (EPA) 20:5 e o ácido docosahexaenóico (DHA) 22:6, (KINSELLA, 1990; MAYSER *et al.*, 1998).

Os ácidos graxos ω -6 são uma família de ácidos graxos insaturados que tem em comum uma terminação carbono–oxigênio na posição ω -6, ou seja, na sexta ligação, a partir de sua terminação metil. Os efeitos biológicos dos ácidos graxos ω -6 são mediados por sua conversão em eicosanóides ω -6 que se ligam a diversos receptores encontrados em todos os tecidos do corpo.

A partir destes ácidos graxos polinsaturados (AGPI), são sintetizados os ácidos araquidônico (AA), eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA). As necessidades destes ácidos graxos nas diversas espécies de peixes vêm sendo estudadas desde os anos sessenta (NICOLAIDES e WOODALL, 1962). A pesquisa nesta área está concentrada nas quantidades e relações das famílias ω -3 e ω -6 na dieta, e como elas influenciam a capacidade das enzimas (desaturases e elongases) em promover a produção de ácidos graxos altamente insaturados (AGAI), partindo dos seus precursores (SARGENT *et al.*, 1999; ZHENG *et al.*, 2004).

Nesse sentido, peixes marinhos possuem uma relação ω -3/ ω -6 maior que peixes de água doce, devido a uma presença mais forte da série ω -3, na sua cadeia trófica (OLSEN, 1998). Por outro lado, algumas espécies de peixes de água doce possuem uma maior capacidade de alongar e dessaturar estes ácidos graxos (MOREIRA *et al.*, 2001). Esta peculiaridade vem sendo pesquisada com o intuito de alcançar melhores relações ω -3/ ω -6 no músculo destes peixes, através da dieta.

A composição, a distribuição e a relação entre as séries ω -3 e ω -6 nos peixes são influenciadas basicamente por três fatores: genéticos (espécie, etapa de desenvolvimento, entre outros), ambientais (temperatura e salinidade) e, fundamentalmente nutricionais (JUSTI *et al.*, 2003). A composição corporal do peixe é um fiel reflexo da dieta consumida pelo animal (VISENTAINER *et al.*, 2005). Para tanto, surge à necessidade de estabelecer precisamente as exigências nutricionais dos peixes durante as diferentes etapas do cultivo, com

a finalidade de gerar dietas adequadas que maximizem o crescimento e mantenha o seu estado sanitário (VERGARA, 1992).

Uma forma de conhecer as exigências lipídicas dos peixes é fazer uma avaliação da relação ótima entre as séries de seus ácidos graxos em animais saudáveis em seu habitat natural. Em geral, peixes marinhos são caracterizados por apresentar uma relação ω -3/ ω -6 alta, variando entre 5 a mais que 10 (STEFFENS, 1997). Isto se deve ao alto conteúdo de AGPI de cadeia longa da série ω -3 de algumas espécies de fitoplâncton marinho, contidos em sua dieta (DE SILVA *et al.*, 1998). Geralmente, ácidos graxos ω -3 dominam sobre ácidos graxos ω -6, numa proporção de 5-20 em alimentos marinhos (OLSEN, 1998). Por isso, peixes marinhos carnívoros dependem de uma dieta rica em ácidos graxos ω -3 AGAI, particularmente EPA e DHA, para seu rápido crescimento (SARGENT *et al.*, 2002). Com a evolução, esses peixes foram perdendo sua capacidade de alongar e dessaturar os AGPI, devido à redução das enzimas que realizavam este trabalho, pois os AGPI provinham diretamente da dieta (OLSEN, 1998).

Por outro lado, a composição de ácidos graxos dos peixes de água doce, é caracterizada por altas proporções de ω -6 AGPI, especialmente ácido linoléico e ácido araquidônico. Para tanto, a razão total ω -3 para ω -6 de ácidos graxos é inferior para peixes de água doce que para peixes marinhos, estendendo-se de 1 (um) para aproximadamente 4 (quatro) (STEFFENS, 1997). Isto se deve a eles se alimentarem de fitoplâncton de água doce, crustáceos e larvas de insetos, que são ricos em LA ω -6, ALN ω -3 e EPA ω -3, (FARKAS, 1970; STEFFENS, 1997). Algas de água doce apresentam, em geral, grandes quantidades de ALN e AL; entretanto, as espécies *Oscillatoria* (Cyanophyta) e *Cladophora* (Chlorophyta) demonstram um comportamento “atípico”, onde foram encontrados, além dos precursores, altos níveis de ω -3 AGAI, como EPA e DHA (NAPOLITANO, 1998). Em geral, peixes de água doce demonstram ter uma maior capacidade de alongar e dessaturar ácidos graxos AGPI de cadeia curta. Com isso, convertem alimento de menor valor nutricional em alimento com maior valor nutricional (MOREIRA *et al.*, 2001).

Ainda, considera-se que peixes cultivados em água doce contêm menor quantidade de ácidos graxos da série ω -3 e maior quantidade de ω -6 (SUÁREZ-MAHECHA *et al.*, 2002). Assim, pesquisas sobre fontes lipídicas na

nutrição de peixes de água doce, são muito importantes para o desenvolvimento da aquacultura, pois nela está a possibilidade de se obter melhores resultados nas proporções das relações das séries ω -3 / ω -6. Muitos estudos têm sido realizados buscando o efeito da composição dos ácidos graxos da dieta sobre o metabolismo, especialmente em conexão com a exigência de ácidos graxos essenciais em várias espécies de peixes (JOBBLING, 2004).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMORAD, E. G. **Relações entre níveis de proteína e energia digestíveis em dietas com diferentes proporções de lipídios e carboidratos para o crescimento do pacu, *Piaractus mesopotamicus***, (2004). 107 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura em Águas Continentais), Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal-SP, 2004.
- ALMEIDA, N. M.; BATISTA, G. M.; KODAIRA, M.; LESSI, E. Alterações *post-mortem* em tambaqui (*Colossoma macropomum*) conservados em gelo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1288-1293, jul.-ago. 2006.
- ALMEIDA-VAL, V. M. F.; VAL, A. L. Adaptação de peixes aos ambientes de criação, In: VAL, A. L.; HONCZARYK, A. (Ed.). **Criando peixes na Amazônia**. Manaus: INPA, 1995. P. 45-49.
- ARAÚJO-LIMA, C.; GOMES, L. C. O tambaqui (*Colossoma macropomum*). In BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (Ed). **Espécies nativas para a piscicultura no Brasil**. Santa Maria, Ed. Da UFSM, 2005, Cap. 8. P. 175-202.
- ARAÚJO-LIMA, C.R.M.; GOULDING, M. **So fruitful fish**: ecology, conservation, and aquaculture of the Amazon's tambaqui. New York: Columbia University Press, 1997. 157p.
- ARAÚJO-LIMA, C.; GOULDING, M. **Os frutos de tambaqui**: ecologia, conservação e cultivo na Amazonia. Tefé, Am: Sociedade Civil Mamirauá; Brasília, DF: CNPq, 1998 p. (Estudos do Mamirauá, 4).
- ARIDE, P. H. R.; ROUBACH, R.; NOZAWA, S. R.; VAL, A. L. Tambaqui growth and survival when exposed to different photoperiods, **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n3, p. 381-384, 2006.
- BARROSO, J. B. *et al.* Carbohydrate deprivation reduces NADPH-production in fish liver but not in adipose tissue. **The International Journal of Biochemistry & cell Biology**, v. 33, n. 8, p. 785-796, 2001.
- CARTER, C. G.; HOULIHAN, D. F. Protein synthesis, In: WRIGTH, P.; ANDERSON, P. (Ed). **Nitrogen excretion**. San Diego. Academic Press, 2001. P. 31-75.
- CATACUTAN, M. R.; COLOROSO, R. M. Growth of juvenile Asian seabass, *Lates calcarifer*, fed varying carbohydrate and lipid levels. **Aquaculture**, v. 149, n. 1-2, p. 137-144, 1997.
- CHO, C. Y., COWEY, C.B., WATANABE, T. **Finfish nutrition in Asia: Methodological approaches to research and development**. ed. Ottawa, International Development Research Centre, 1985. 154p.
- CHO, C. Y.; BUREAU, D. P. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. **Aquaculture Research**, v. 32, p. 349-360, 2001.

- CHOU, R-L.; SU, M-S.; CHEN, H-Y. Optimal dietary and lipid levels for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 193, n 1-2, p. 81-89, 2001.
- COWEY, C. B.; SARGENT. J. R. Nutrition. In: HOAR, W.S. *et al* (ed). **Fish Physiology**. Orlando, FL: Academic Press, 1979. P. 1-69.
- CRAIG, S. HELFRICH, L. A. **Understanding Fish Nutrition, Feeds and Feeding**. Virginia U.S. Virginia Tech, 2002.
- DE SILVA, S. S. *et al*. Habitat related variations in fatty acids of catadromus *Galaxias maculatus*. **Aquatic Living Resources** v.11, n.6, p. 379-385, 1998.
- DE SILVA, S. S.; ANDERSON, T. A. **Fish nutrition in aquaculture**. London: Chapman & Hall, 1995. 319p.
- FARKAS, T., CSENGERI, I., MAZOROS, F., *et al*. Sem on fish Nutrition and diet Development, S.I. : s.e., 1977. **Role of lipids in fish nutrition.**: p.58-75.
- GATLIN, D.M., STICKNEY, R.R. Fall-winter growth of young channel catfish in response to quantity and source of dietary lipid. **Trans Amer Fish Soc**, v.111, p.90-93, 1982.
- GOMES, L. C.; ARAUJO-LIMA, C. A. R. M.; ROUBACH, R.; URBINATTI, E. C. Avaliação dos efeitos da adição de sal e da densidade no transporte de tambaqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 2, p. 283-290, fev. 2003.
- GOULDING, M.; CARVALHO. M. Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae): an important amazonian food fish. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.1, n.2, p.107-133, 1982.
- GUILLAUME, J. *et al*. **Nutrition and Feeding of fish and Crustaceans**. Chichester UK: Springer Praxis Publishing, 2001, 408p.
- HALVER, J. E.; HARDY. R. W. Nutrient flow and retention. In: HALVER, J. E; HARDY, R. W. (Ed). **Fish Nutrition**. Academic, 2002, p. 755-770.
- HEMRE, G. I.; MOMMSEN, T. P.; KROGDAHK, A. Carbohydrate in fish nutrition effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. **Aquaculture Nutrition**, v. 8, n. 3, p. 175-194, 2002.
- HEPHER, B. Principles of fish nutrition. In: SHILO, M; SARIG, M. (Ed). **Fish culture in warm water systems: problems and trends**. Boca Raton: CRC, 1989. P. 121-141.
- HERTRAMPF, J. W.; PIEDAD-PASCUAL. F. **Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds**. Dordrecht: The Netherlands Kluwer Academic, 2000.
- JANCEY, K 1982. Carp (*Cyprinus carpio*) nutrition-a review. Pages 215-263 in J. E Muir and R. J. Roberts, editors. **Recent advances in aqua-culture**. Croom Helm, London, England.

JOBLING, M. Are modifications in tissue fatty acid profiles following a change in diet the result of dilution? Test of a simple dilution model. **Aquaculture**, Amsterdam, v.232, p. 551–562, 2004.

JUSTI, K. C. *et al.* The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with ω -3 fatty acids. **Food Chemistry**, v.80, p.489-493, 2003.

KINSELLA, J.E. 1990 Dietary ω -3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms. **Am. J. Clin. Nutr.**, 52: 1-28.

LÉGER, C. Développement récents de la notion d'acide grās essentiel chez les poissons. **Ann Nutr Alim**, 34: 207-216, 1980.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX. M. M. **Lehninger princípios de bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 2002.

LOVELL, T. **Nutrition and feeding of fish**. New York: Chapman & Hall, 1998.

MARCON, J. L.; WILHELM FILHO, D. Antioxidant processes of the wild tambaqui, *Colossoma macropomum* (Osteichthyes, Serrasalminidae) from the Amazon. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C**, Amsterdam, v. 123, p. 257-263, 1999.

MAYSER, P.; MROWIETZ, U.; ARENBERGER, P.; BARTAK, P.; BUCHVALD, J., CRISTHOPHER, E.; JABLONSKA, S.; SALMOHOFER, W.; SCHILL, W.B.; KRAMER, H.J.; SCHLOTZER, E.; MAYER, K.; SEEGER, W.; GRIMMINGER, F. 1998 Omega-3 fatty acid based lipid infusion in patients with chronic plaque psoriasis: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled, multicenter trial. **J. Am. Acad. Dermatol.**, 38: 421.

MEER, M.B.; ZAMORA, J.E.; VERDEGEM, M.C.J. Effect of dietary lipid level on protein utilization and the size and proximate composition of body compartments of *Colossoma macropomum* (Curvier). **Aquaculture Research**, v.28, n.6, p.405 - 417, 1997.

MOHANTA, K. N. *et al.* Protein requirement of silver barb, *Puntius gonionotus* fingerlings. **Aquaculture Nutrition**, v. 14, p. 143-152, 2008.

MOREIRA, A. B. *et al.* Fatty acids profile and cholesterol contents of Three Brazilian *Brycon* freshwater fishes. **Journal Food Composition and Analysis**, v.14, p.565-574, 2001.

NAPOLITANO, G. E. Fatty acids as trophic and chemical markers In: ARTS, M. T., WAINMAN, B. C. **Lipids in freshwater ecosystems**, New York: Springer-Verlag, 1998. cap.2, p. 21-44.

NICOLAIDES, N. ; WOODALL, A. H. Impaired pigmentation in chinook salmon fed diets deficient in essential fatty acids. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.78, p.431-437, 1962.

NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fishes** National Academy of Sciences. Washington, DC, 1993.

OGAWA, M.; MAIA, E.L. **Manual de pesca: Ciência e tecnologia do pescado**. 1, São Paulo: Varela, 1999. 326p.

OLSEN, Y. Lipids and essential fatty acids in aquatic foods webs: what can freshwater ecologists learn from mariculture. In: ARTS, M. T., WAINMAN, B. C **Lipids in freshwater ecosystems**, 1998. cap. 8, p.161-202.

OSTRENSKI, A.; BORGHETTI, J.R.; PEDINI, M. Situação atual da Aquicultura brasileira e mundial. In: VALENTI, W.C. (Ed.). **Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável**. Brasília: CNPq / Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000. p. 353-382.

PERAGÓN, J. *et al.* Carbohydrates affect protein-turnover rates, growth, and nucleic acid content in the white muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 179, n. 1-4, p. 425-437, 1999.

PEZZATO, L. E. *et al.* Nutrição de Peixes. In: CYRINO, J. E. P. *et al* (Ed). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: aquabil, 2004 p. 75-170.

PITCHER, T.J.; HART, P.J.B. **Fisheries Ecology**. London: Chapman & Hall, 1982. 414p.

RIBEIRO, P. A. P. *et al.* Efeito do uso do óleo na dieta sobre a lipogênese e o perfil lipídico de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 37, p. 1331-1337, 2008.

RUNGRUANGSAK-TORRISSEN, K *et al.* Different dietary levels of protein to lipid ratio affected digestive efficiency, skeletal growth, and muscle protein in rainbow trout families. **Scholarly Research Exchange**, v. 2009, p. 1-13, 2009.

SÁ, R.; POUSÃO-FERREIRA, P.; OLIVA-TELES, A. Growth performance and metabolic utilization of diets with different protein:carbohydrate ratios by white sea bream (*Diplodus sargus*, L) juveniles. **Aquaculture Research**, v. 38, n. 1, p. 100-105, 2007.

SAINT-PAUL, U. Ecological and physiological investigations of *Colossoma macropomum*, a new species for fish in Amazonia. **Memorias de la Association Latinoamericana de la acuicultura.**, v. 5, p. 501-518, 1984.

SARGENT, J.G.M. *et al.* Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. **Aquaculture**, Amsterdam, v.177, p.191-199, 1999.

SATPATHY, B. B.; MUKHERJEE, D.; RAY, A. K. Effects of dietary protein and lipid levels on growth, feed conversion and body composition in rohu, *Labeo rohita* (Halmiton), fingerlings. **Aquaculture Nutrition**, v. 9, n. 1, p. 17-24, 2003.

- SILVA, J. A. M. D.; PEREIRA-FILHO, M; OLIVEIRA-PEREIRA, M. D. Seasonal variation of nutrients and energy in tambaqui's (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) natural food. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, p. 599-605, 2000).
- SILVA, J. A. M. D.; PEREIRA-FILHO, M; OLIVEIRA-PEREIRA, M. I. D. Frutos e sementes consumidos pelo tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818). Incorporados em rações: digestibilidade e velocidade de transito pelo trato gastrointestinal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1815-1824, 2003).
- STEFFENS, W. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. **Aquaculture**, Amsterdam, v.151, p.97–119, 1997.
- STICKNEY, R.R., HARDY, R.W. Lipid requirements of some warm-water species. **Aquaculture**, n.78, p.145-156, 1989.
- STONE, D. A. J.; ALLAN, G. L.; ANDERSON, A. J. Carbohydrate utilization by juvenile silver perch, *Bidyanus bidyanus* (Mitchell). III. The protein-sparing effect of wheat starch-based carbohydrate. **Aquaculture Research**, v. 34, n.2, p. 123-134, 2003.
- SUÁREZ-MAHECHA, H. *et al.* Importância de ácidos graxos poli-insaturados presentes em peixes de cultivo e de ambiente natural para a nutrição humana. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v.28, n.1, p.101-110, 2002.
- TACON, A. J. **Nutricion y alimentacion de peces y camarones cultivados. Manual de Capacitacion.** In: FAO (Ed). Brasília, Brazil, 1989, p.572.
- TOLEDO, M. P. **Processamento de dietas práticas com diferentes fontes de energia para o crescimento e a digestibilidade da tilápia do Nilo.** 2004, 79p. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura, Universidade Estadual PAULISTA, Jaboticabal, 2004.
- VAN DER MEER, M. B.; ZAMORA, J. E.; VERDEGEM, M. C. J. Effect of dietary lipid level protein utilization and the size and proximate composition of body compartments of *Colossoma macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Reserch**, v. 28, n 6, p. 405-417, 1997).
- VERGARA, J.M. **Studies on the utilization of dietary protein and energy by Gilthead Seabream *S. spratus*.** 1992. 162p. PhD. Tesis of doctorate in Institute of Acuiculture University of Stirling. Scotland.
- VISENTAINER , J. V. *et al.* Influence of diets enriched with flaxseed oil on the a-linolenic, eicosapentaenoic and docosahexaenoic fatty acid in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Food Chemistry**, v.90, p.557-560, 2005.
- WATANABE, T. Lipid nutrition in fisg. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 73b. p. 3-16, 1982.

WEATHERLEY, A. H.; GILL, H. S. **The biology of fish growth**. London. Academic Press, 1987.

WILEY, J. e SONS. **Bailey's Industrial Oil and Fat Products**. In: SWERN, D. Ed. Structure and composition of fats and oils. v.1, 841p., 1979.

WILSON, R. P. Utilization of dietary carbohydrate by fish. **Aquaculture**, v. 124, n. 1-4, p. 67-80, 1994.

WINFREE, R. A.; STICKNEY, R. R. Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of tilapia aurea. **J. Nutri.**, v. 11, n. 6, p. 1001-1012, June 1, 1981.

ZHENG, X. *et al.* Effects of diets containing vegetable oil on expression of genes involved in highly unsaturated fatty acid biosynthesis in liver of Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, Amsterdam, v.236, p.467-483, 2004.

CAPÍTULO II

RESUMO

O tambaqui é uma das espécies mais consumidas pela população da Região Norte do Brasil, pela qualidade de sua carne e quantidade de gordura. Considerando este fato, este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho do tambaqui (*Colossoma macropomum*) submetido a diferentes fontes dietéticas de ácidos graxos poli-insaturados. Foram avaliados 320 alevinos com peso médio inicial de 1,72 g, distribuídos em 32 aquários, de 50 L de volume útil, em um delineamento experimental inteiramente casualizado com oito tratamentos: Testemunha (sem adição de óleo), 6% de óleo de linhaça (OL), 3% de OL + 3% de OG (3OL), 2% de OL + 4% de OG (2OL), 6% de óleo de girassol (OG), 6% óleo de côco (OC), 6% óleo de soja (OS) e 6 % óleo de arenque (óleo de peixe, OP) e quatro repetições, considerando-se um aquário com dez animais como unidade experimental, por um período de setenta dias. Os resultados das variáveis produtivas tais como: consumo diário de ração, ganho de peso, taxa de crescimento específico, e taxa de eficiência protéica apresentaram diferença significativa ($P>0,05$). Peixes alimentados com ração Testemunha e Óleo de Coco apresentaram melhores resultados para variáveis produtivas onde houve diferença significativa. Os resultados mostraram que as rações Testemunha e Óleo de Coco melhoram os parâmetros de crescimento de juvenis de tambaqui.

Palavras-chave: lipídeos, óleos vegetais, nutrição de peixes tropicais.

ABSTRACT

The tambaqui is one of the most consumed species of fish in the North Region due the quality of its meat quality and amount of fat. Thus, this study aimed to evaluate the performance of tambaqui (*Colossoma macropomum*) submitted to different dietary sources of poly-unsaturated fatty acids. Three hundred and twenty fingerlings (average weight: 1,72g) were distributed in 32 aquaria (50L) in a totally random design in eight treatments in four replica: testimony (no oil – TE), 6% linseed oil (OL), 3% linseed oil + 3% sunflower seed oil (3OL), 2% linseed oil + 4% sunflower seed oil (2OL), 6% sunflower seed oil (OG), 6% coconut oil (OC), 6% soybean oil (OS) and 6% fish oil. Each aquaria were taken as a experimental unit and the trial was conducted through 70 days. Daily consumption of feed, weight gain, specific growth index and protein efficiency index were significantly different among treatments. Fish fed TE and OC feed presented better performance.

Key words: lipids, plant oils, tropical fish nutrition

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Parâmetros de qualidade da água observados num período 70 dias.	36
TABELA 2 – Dietas experimentais com diferentes fontes de lipídeos para juvenis de tambaqui.	37
TABELA 3 – Desempenho de juvenis de tambaqui (peso inicial 1,72 g±0,12,) alimentados com dietas suplementadas com fontes lipídicas em dietas artificiais isoprotéicas e isocalóricas num período de 70.	39

INTRODUÇÃO

Entre as espécies com grande potencial para piscicultura sustentável, pode-se destacar o tambaqui (*Colossoma macropomum*), que possui elevada eficiência na conversão de proteína dietética em peso corporal e em proteína depositada no tecido muscular (ZANIBONI FILHO & MEURER, 1997). Esta espécie, cultivada em todo o território nacional, exceto na região Sul (VALENTI *et al.*, 2000), tem papel econômico e social relevante, especialmente para o mercado consumidor do estado do Amazonas.

Contudo, não estão disponíveis informações sobre o papel dos lipídios dietéticos no desenvolvimento e na modificação do perfil lipídico da espécie em cativeiro. Além disso, o tambaqui apresenta elevada atividade da enzima amilase (KOHILA *et al.*, 1992), o que pode explicar a sua capacidade de utilização de proteína de origem vegetal em substituição à proteína de origem animal e possibilitar a redução no custo de produção desta espécie (CRUZ *et al.*, 1997; SILVA *et al.*, 1997). Entre as alternativas sustentáveis para substituir o óleo de peixe esta à inclusão de óleos vegetais, por meio de alteração do perfil dos ácidos graxos que compõe as gorduras da carcaça do animal, através do fornecimento de dietas que contêm fontes naturais de ácidos graxos. Estudos recentes têm demonstrado que a dieta influencia o comportamento, a integridade estrutural, saúde, funções fisiológicas, crescimento dos peixes e a reprodução (TAKAHASHI, 2003).

Os lipídios, juntamente com sua dinâmica, são fundamentais para a saúde, sobrevivência e sucesso das populações de peixes (ADAMS, 1998). As funções destas moléculas no crescimento dos peixes estão bem definidas, sendo elas: energéticas, estruturais, hormonais, precursores de eicosanóides e bioquímicas, entre outras (HALILOGLU *et al.*, 2003). Dentro dos lipídios, os ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) são necessários para um crescimento e desenvolvimento normais, principalmente através da manutenção da integridade estrutural e funcional das membranas (SARGENT *et al.*, 1999). Entretanto, tais substâncias, possuem um papel importante na nutrição animal, provendo ácidos graxos essenciais, e possibilitando a absorção de nutrientes lipossolúveis (SARGENT *et al.*, 1995). Nos últimos anos, estudos revelaram a importância dos lipídios de peixes na alimentação humana, por ser uma fonte

rica em ácidos graxos poli-insaturados principalmente aqueles da família ômega (GIBSON, 1983).

As exigências lipídicas apresentam grandes variações entre as espécies cultivadas, as quais representam um grande campo de pesquisa (DE SILVA e ANDERSON, 1995). A exigência nutricional nos peixes está definida como a capacidade de sintetizar ou não os diferentes grupos de moléculas. Nos lipídios, os ácidos graxos linoléico (AL) e linolênico (ALN) não podem ser sintetizados pelos peixes e, portanto, devem ser incorporados na dieta (BELL, 1998). Estes ácidos graxos essenciais são encontrados principalmente em óleos vegetais, sendo precursores de muitos outros derivados por acréscimo de carbono na cadeia e por introdução de duplas ligações, formando as famílias ômega (ω -6) e ômega (ω -3), respectivamente (OLSEN, 1998).

A utilização de óleos vegetais geralmente não interfere no crescimento de peixes (LOSEKANN *et al.*, 2008), no entanto pode afetar as características de carcaça e, conseqüentemente a aceitação pelo consumidor (BELL *et al.*, 2001). Uma vez que a inclusão crescente de lipídios em rações para peixes leva a um aumento no teor de gordura corporal (MEURER *et al.*, 2002), a nutrição lipídica relaciona-se diretamente com a qualidade do filé dos peixes (JUSTI *et al.*, 2003).

Nos últimos anos, a utilização de óleos de origem vegetal na alimentação de peixes tem aumentado devido aos benefícios que a inclusão desses alimentos pode trazer tanto para o desempenho animal quanto para saúde humana. Além disso, a farinha e o óleo de peixe, fontes tradicionalmente utilizadas, tendem a uma elevação no custo, o que torna necessária a realização de estudos de fontes alternativas para esses ingredientes, sem comprometer a qualidade da água e o desempenho dos peixes (BELL *et al.*, 2001; MOURENTE *et al.*, 2005; LOPES *et al.*, 2010). Algumas fontes de origem vegetal como os óleos de soja, girassol, canola, milho, linhaça, arroz estão entre as mais usadas (MELO *et al.*, 2002; VARGAS *et al.*, 2007; LOSEKANN *et al.*, 2008). A utilização de óleos de origem vegetal pode melhorar a utilização da proteína ingerida, diminuir o custo de rações e ainda fornecer ácidos graxos essenciais necessários ao desenvolvimento dos peixes (MARTINO *et al.*, 2002). Desse modo, o presente trabalho foi estudado com o propósito de se obter informações para proporcionar melhores condições de cultivo deste

animal em cativeiro, otimizando o desempenho zootécnico por meio de dietas com diferentes fontes de ácidos graxos poli-insaturados, visando adequar suas exigências nutricionais.

OBJETIVOS

Geral:

Este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho do tambaqui (*Colossoma macropomum*) submetido a diferentes fontes dietéticas de ácidos graxos poli-insaturados.

Específicos:

Determinar parâmetros de crescimento de tambaquis submetidos a dietas com diferentes fontes de lipídeos;

Observar a influência destas fontes na morfo-anatomia de indivíduos de tambaqui;

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no período de Maio a Julho de 2013, totalizando 70 dias, nas dependências do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente – IEAA/UFAM, no Município de Humaitá – AM. Neste ensaio 320 juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*), com peso médio inicial de $1,72 \text{ g} \pm 0,12$, foram distribuídos aleatoriamente em 32 aquários de polietileno com capacidade volumétrica de 50L, cada unidade experimental recebeu 10 alevinos, distribuídos aleatoriamente com fluxo contínuo de água, filtragem e aeração independente e controle de temperatura.

O monitoramento da temperatura e oxigênio dissolvido na água foi realizado diariamente. Além disso, foram monitorados semanalmente os níveis de amônia, nitrito e pH. Neste sistema os parâmetros de qualidade de água mantiveram-se dentro da faixa de tolerância para a espécie e estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 – Parâmetros de qualidade da água observados num período 70 dias.

Medidas	Amônia (ppm)	Nitrito (ppm)	O.D ⁽²⁾ (mg/L)	pH	T ⁽³⁾ (°C)
Média	0,62	0,06	6,24	6,93	27,81
D.P ⁽¹⁾	0,27	0,05	0,27	0,08	0,29

D.P⁽¹⁾ Desvio Padrão; O.D⁽²⁾ Oxigênio Dissolvido; T⁽³⁾ Temperatura.

O Delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com oito tratamentos e quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais. Para compor os tratamentos, foram confeccionadas oito rações experimentais: Testemunha (sem adição de óleo), 6% de óleo de linhaça (OL), 3% de OL + 3% de OG (3OL), 2% de OL + 4% de OG (2OL), 6% de óleo de girassol (OG), 6% óleo de coco (OC), 6% óleo de soja (OS) e 6% óleo de arenque (óleo de peixe, OP).

TABELA 2 – Dietas experimentais com diferentes fontes de lipídeos para juvenis de tambaqui.

INGREDIENTES	TRATAMENTO							
	2OL	3OL	OC	OG	OL	OP	OS	TE
Farelo de Soja	54,3	54,3	54,3	54,3	54,3	54,3	54,3	56,8
Farinha de milho	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	15,0
Farinha de carne	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	16,5
Fibra de Trigo	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Amido de milho	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Premix	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Vitamina C	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Sal	1	1	1	1	1	1	1	1
Óleo de Linhaça	2	3	-	-	6		-	-
Óleo de Soja	-	-	-	-	-	3	6	-
Óleo de Peixe	-	-	-	-	-	3	-	-
Óleo de Côco	-	-	6	-	-	-	-	-
Óleo de Girassol	4	3	-	6	-	-	-	-
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Composição centesimal das dietas experimentais

M.S (%)	88,01	88,01	88,01	88,01	88,01	88,01	88,01	87,39
P.B (%)	32,61	32,61	32,61	32,61	32,61	32,61	32,61	34,52
P.D (%)	28,87	28,87	28,87	28,87	28,87	28,87	28,87	30,51
E.B (kcal/kg)	4166,05	4166,05	4166,05	4166,05	4166,05	4166,05	4166,05	3834,81
E.D (kcal/kg)	2704,21	2704,21	2704,21	2704,21	2704,21	2704,21	2704,21	2332,64
E.E (%)	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	3,47
Fibra Bruta (%)	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	3,81
Cálcio (%)	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,81
P total (%)	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,50
P disponível (%)	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,25
Amido (%)	20,80	20,80	20,80	20,80	20,80	20,80	20,80	22,35
M.M (%)	9,44	9,44	9,44	9,44	9,44	9,44	9,44	10,19
Vitamina C(%)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07

TE= Testemunha; P.B= Proteína Bruta; P.D= Proteína Digestível; E.B= Energia Bruta; E.D= Energia Digestível; E.E= Extrato Etéreo; M.M= Matéria Mineral.

Os peixes foram arraçoados quatro vezes ao dia (8:30, 11:30, 14:30 e 17:30 horas), com fornecimento até a saciedade aparente. Foram realizadas duas biometrias, para ajustes na quantidade de ração a ser fornecida e obtenção dos parâmetros de desempenho dos animais. Para avaliar a eficiência das dietas experimentais, as variáveis analisadas foram: consumo diário de ração (CDR), ganho de peso (GP), conversão alimentar aparente

(CAA), taxa de crescimento específico (TCE), taxa de sobrevivência (TS) e taxa de eficiência protéica (TEP), dos tambaquis, segundo as equações abaixo:

$$\text{CDR} = \text{CTR}/\text{PE}$$

$$\text{GP} = (\text{PF}-\text{PI})/\text{PE}$$

$$\text{CAA} = \text{CR}/\text{GP}$$

$$\text{TCE} = (\text{PF}-\text{PI}) \times 100/\text{PE}$$

$$\text{TEP} = \text{GP}/\text{PB}_R$$

$$\text{TS} (\%) = 100 - ((\text{IV} - \text{IM})/\text{IV}) \times 100$$

Nas expressões acima, CTR representa o consumo total de ração (g); PE, o período experimental (dias); PB_R , a proteína bruta da ração (%); PF, o peso final (g); PI, o peso inicial (g); CR, o consumo de ração (g); GP, o ganho de peso (g); IV Indivíduos vivos; IM indivíduos mortos. Para obter dados de desempenho, ao final de 70 dias, todos os peixes e sobras de ração foram pesados.

O índice Hepato-somático (IHS) foi calculado a partir da seguinte equação: $\text{IHS} = \text{PF}/\text{PT}$; sendo IHS= índice hepato-somático; PF= peso do fígado e PT= peso total, e o índice víscero-somático (IVS) da seguinte equação: $\text{IVS} = \text{PV}/\text{PT}$; sendo IVS= índice víscero-somático; V= peso das vísceras e PT= peso total.

As médias das variáveis de desempenho: (CDR, GP, CAA, TCE e TEP), e os índices Hepato-somático e Víscero somático, foram submetidas à análise de variância (ANOVA), utilizando-se o software ASSISTAT versão 7.6 beta (2013) e, quando detectadas diferenças, foi aplicado o teste de Tukey a 5% para a comparação das médias. O modelo estatístico utilizado foi:

$$y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij},$$

Em que y_{ij} = amostragem da parcela referente à dieta i na repetição j ($i = 1, 2, \dots, 8$) e $j = (1, 2, \dots, 4)$; μ = média geral do experimento; t_i = efeito da dieta i ($i = 1, 2, \dots, 8$); e_{ij} = desvio associado a cada observação, que, por hipótese, tem distribuição normal, média zero e variância δ^2 .

RESULTADOS

Os valores médios dos parâmetros de desempenho dos alevinos de tambaqui, submetidos às diferentes dietas, são mostrados na Tabela 3.

TABELA 3 – Desempenho de juvenis de tambaqui (peso inicial 1,72 g±0, 12,) alimentados com dietas suplementadas com fontes lipídicas em dietas artificiais isoprotéicas e isocalóricas num período de 70.

PARÂMETROS DE DESEMPENHO	TRATAMENTOS								CV ¹ (%)
	2OL	3OL	OC	OG	OL	OP	OS	TE	
Período 0 – 30 dias									
CAA	1,06 ^{ab}	0,99 ^{ab}	0,94 ^{ab}	1,06 ^a	0,98 ^{ab}	0,96 ^{ab}	0,85 ^b	0,92 ^{ab}	7,84
GP*	6,17	6,36	6,74	6,33	6,09	6,60	6,74	6,74	5,20
TEP*	0,18	0,19	0,20	0,19	0,18	0,20	0,20	0,19	5,16
CDR	1,97 ^{ab}	1,96 ^{ab}	1,97 ^{ab}	2,06 ^{ab}	1,83 ^b	1,95 ^{ab}	1,79 ^b	2,24 ^a	6,57
TS	100	100	100	100	97,5	100	100	100	-
Período 0 -70 dias									
CAA*	1,45	1,28	1,28	1,41	1,37	1,46	1,35	1,32	6,65
GP	30,09 ^{ab}	29,83 ^{ab}	31,95 ^a	30,54 ^{ab}	26,88 ^b	31,37 ^{ab}	30,27 ^{ab}	33,80 ^a	6,85
IVS*	0,08	0,07	0,06	0,07	0,08	0,07	0,07	0,06	11,32
IHS*	0,012	0,012	0,013	0,013	0,015	0,013	0,011	0,015	27,39
TEP	0,92 ^{ab}	0,91 ^{ab}	0,97 ^a	0,93 ^{ab}	0,82 ^b	0,96 ^{ab}	0,92 ^{ab}	1,03 ^a	6,85
TCE	20,50 ^{ab}	20,01 ^{ab}	21,61 ^{ab}	21,01 ^{ab}	17,41 ^b	21,20 ^{ab}	19,93 ^{ab}	21,96 ^a	8,86
CDR	5,76 ^{ab}	5,12 ^{cd}	6,10 ^a	5,58 ^{abc}	5,85 ^{ab}	4,95 ^d	5,70 ^{ab}	5,52 ^{bc}	4,17
TS	100	97,5	100	97,5	97,5	100	97,5	100	-

CAA= Conversão alimentar aparente (g); GP= Ganho de peso (g); IVS= Índice Viscerosomático (g); IHS= Índice Hepato-somático (g); TEP= Taxa de eficiência protéica (%/dia), CDR= Consumo diário de ração (g); TS= Taxa de sobrevivência (%). * Valores seguidos de letras iguais não diferem significativamente de acordo com análise de variância ($p > 0,05$) e teste Tukey (5%). (TE)= (Testemunha, sem adição de óleo); (OL)= 6% de óleo de linhaça; (3OL)= 3% de óleo de linhaça + 3% de óleo de girassol; (2OL)= 2% de óleo de linhaça + 4% de óleo de girassol; (OG)= 6% de óleo de girassol; (OC)= 6% óleo de côco; (OS)= 6% óleo de soja e (OP)= 6% óleo de arenque (óleo de peixe). CV¹= Coeficiente de variação.

Ao avaliar o desempenho zootécnico de tambaquis utilizando fontes lipídicas em juvenis por 30 dias observou-se melhor conversão alimentar aparente CAA ($P < 0,05$) quando a fonte de ácidos graxos utilizada foi o óleo de soja (6% óleo de soja/OS). Para a variável de consumo diário de ração CDR, houve diferença significativa ($P < 0,05$), onde tratamento OS foi o que apresentou menor consumo de ração, porém melhor conversão alimentar

(Tabela 3). Neste período, não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) nos parâmetros de ganho de peso GP e taxa de eficiência protéica TEP (Tabela 3).

Ao final dos 70 dias do experimento a CAA dos animais não foi influenciada ($P>0,05$) pelos diferentes tratamentos durante o período experimental. A TEP apresentou diferença significativa ($P>0,05$) para os tratamentos sem adição de óleo TE e óleo de coco OC. Na Tabela 3 encontram-se os dados referentes ao índice víscero-somático (IVS) e o índice hepato-somático IHS em função das dietas, onde para estas variáveis não foram observadas diferenças significativas. Os peixes alimentados com a dieta BA apresentaram os maiores valores de TCE, já os peixes alimentados com a dieta OL apresentaram pior TCE.

Peixes alimentados com as rações TE e OC apresentaram melhores ganho de peso. Houve diferença significativa no CDR, onde o maior consumo foi no tratamento OC o que refletiu em melhor ganho de peso. A taxa de sobrevivência (TS), ao longo dos setenta dias foi de 100% para os tratamentos: 2OL, OC, OP e de 97,5% para os tratamentos: OL, 3OL, OG, OS e OP.

DISCUSSÃO

O crescimento e a eficiência da deposição de nutrientes em peixes são as ferramentas mais importantes e precisas no estudo de eficiência alimentar e exigências nutricionais das espécies (BELAL, 2005), já que o conteúdo de lipídio, proteínas e carboidrato e suas relações influenciam o seu crescimento (GAYE-SIESSEGER, *et al.*, 2007). Os tambaquis alimentados com a dieta OS durante os 30 dias apresentaram melhor CAA. Essa resposta deu-se provavelmente, devido o óleo de soja ser fonte de energia e ácidos graxos essenciais, como linoleico (BAHURMIZ & NG, 2007; RIBEIRO *et al.*, 2008) e possivelmente este ácido graxo, presente no tratamento OS, tenha atendido a exigência nutricional do tambaqui, uma vez que foram observadas diferenças na CAA entre os tratamentos.

Resultado similar para conversão alimentar aparente foi obtido por (MATSUSHITA *et al.*, 2006), em experimento com ração enriquecida com 5% de óleo de soja para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), no qual obtiveram valor de 1,20:1, esse valor se aproxima ao valor encontrado neste experimento (Tabela 3).

O consumo CDR para o tratamento OS foi o menor em relação aos demais tratamentos, porém apresentou melhor conversão alimentar, tal fato pode ser explicado, pois a dieta estaria adequadamente balanceada com níveis de lipídios e carboidratos em quantidades suficientes para atender as exigências nutricionais, dessa forma diminuindo a inclusão de proteínas sem comprometer o crescimento e a eficiência alimentar dos peixes. Por outro lado não houve diferenças entre o GP e TEP entre todos os tratamentos indicando que tiveram um crescimento saudável e fizeram bom uso do alimento oferecido.

A conversão alimentar não foi influenciada pela adição de óleos vegetais ao final dos 70 dias. Por outro lado o consumo diário de ração refletiu no ganho de peso e nos demais parâmetros de produção. Provavelmente, a fonte lipídica da dieta influenciou na indução da lipase, o que promoveu conseqüentemente, aumento no GP no tratamento OC. (NUNES, 2007) O expressivo maior valor de CDR apresentado pelo tratamento OC pode ter ocorrido provavelmente devido à maior aceitabilidade e melhor palatabilidade

conferida à ração em função da inclusão deste óleo. A preferência de peixes por dietas contendo diferentes fontes lipídicas (óleo de peixe, linhaça, girassol e colza) foi evidenciada por (GEURDEN *et al.*, 2005) em ensaios com truta arco-íris, no qual, os animais tiveram preferência pela ração contendo óleo de peixe e as maiores recusas foram por dietas com adição de óleo de linhaça (37 %), seguido por óleo de girassol (30 %) e de colza (15 %).

A TEP, que representa a eficiência do animal em transformar proteína dietética em massa corporal, apresentou resultados satisfatórios para os tratamentos OC e TE, indicando que as dietas fornecidas atenderam as exigências de manutenção e crescimento, demonstrando o aumento da eficiência de aproveitamento da proteína para a deposição de tecido. A taxa de crescimento específico foi maior no tratamento TE sem adição de óleos vegetais, o que refletiu em melhores desempenhos: TEP e GP.

Provavelmente a adição de óleo implica em correlação negativa no GP, uma vez que o organismo pode suprir a falta de lipídios com sua produção endógena, pelo processo de lipogênese, a partir de carboidratos e proteína. Em trabalhos (VARGAS *et al.*, 2005) que relatam o emprego de diferentes fontes lipídicas, para algumas espécies de peixes, também não foram observadas diferenças significativas em alguns parâmetros.

No entanto, foram encontradas diferenças no consumo de ração e na TEP. Quanto ao emprego de óleos vegetais, (LOSEKANN *et al.*, 2005) testaram óleo de soja, arroz e canola em jundiá (*Rhamdia quelen*), e não foram observadas diferenças no desempenho (GP e TCE) destes animais, resultados estes que se assemelham a este trabalho.

Com base nos resultados, nos quais foram observadas diferenças entre os tratamentos, exceto para CAA, IVS e IHS, a ração sem adição de óleo pode ser eficientemente empregada, uma vez que promoveu um dos menores índices consumo de ração diário, em relação aos tratamentos como adição de óleo, com efeito positivo no GP e nos outros parâmetros de desempenho de produção. Para o tratamento TE o que pode explicar o ganho de peso são a relação das concentrações de proteína e energia estarem balanceadas, o que refletiu diretamente no crescimento, com elevadas taxas de eficiência alimentar (ELLIS & REIGH, 1991).

Deficiência ou excesso de energia digestível na dieta pode reduzir as taxas de crescimento dos peixes (NRC, 1993). A ração com 3,0% de lipídeos fornece cerca de três vezes mais que a exigência da espécie em ácidos graxos essenciais (NRC, 1993). O presente estudo trabalhou com um nível de 6% de lipídeos nas deitas, onde possivelmente esses níveis de lipídios diminuíram o desempenho dos alevinos; observou-se que à medida que o houve incremento de lipídeo na dieta, este diminuiu a quantidade de amido presente nas rações (Tabela 2), isso demonstra que o tambaqui utilizou bem o carboidrato da ração sem adição de óleo, fato este em consonância com os resultados de (DEGANI & REVACH, 1991; SHIAU, 1997).

Os resultados de CA, embora não diferiram estatisticamente, apresentou menor valor numérico quando os animais foram alimentados sem adição de óleo na dieta. Do ponto de vista econômico, esta ração seria mais apropriada por proporcionar maior razão custo/benefício, dado o semelhante desempenho de produção quando comparada aos demais tratamentos.

CONCLUSÕES

Rações sem adição de fontes oleaginosas e com óleo de coco melhoram os parâmetros de crescimento de juvenis de tambaqui.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, M. S. Ecological role of lipids in the health and success of fish populations. In: ARTS, M. T., WAINMAN, B. C. **Lipids in freshwater ecosystems**. New York : Springer-Verlag,1998. cap. 7, p. 132-160.

BAHURMIZ, O.M.; NG, W.K. Effects of dietary palm oil source on growth, tissue fatty acid composition and nutrient digestibility of red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp., raised from stocking to marketable size. **Aquaculture**, v.262, p.382-392, 2007.

BELAL, I. E. H. A review of some fish nutrition methodologies. **Bioresource Technology**, v.34, n, 3-4, p. 203-212, 2005.

BELL, J.G. Current aspects of lipid nutrition in fish farming. In: BLACK, K. D., PICKERING, A. (Eds), **Biology of Farmed Fish**. Sheffield: Sheffield Academic Press, p.114-145, 1998.

BELL, J.G; McEVOY, J.; TOCHER, D.R.; McGHEE, F.; CAMPBELL, P.J.; SARGENT, J.R. Replacement of fish oil with rapeseed oil in diets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) affects tissue lipid compositions and hepatocyte fatty acids metabolism. **Journal of Nutrition**, v.131, p.1535 - 1543, 2001.

CRUZ, W.D.; MIGUEL, C.B.; BONIFÁCIO, A.D. *et al.* Resíduo de cervejaria na alimentação de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier,1818). **Boletim do Instituto de Pesca**, v.24(especial), p.133-138, 1997.

DE SILVA, S.S.; ANDERSON, T.A. **Fish nutrition in aquaculture**. London: Chapman & Hall, 1995. 319p.

DEGANI, G.; REVACH, A. Digestive capabilities of three commensal fish species: carp, *Cyprinus carpio* L., tilapia, *Oreochromis aureus* X *O. niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchel 1822). **Aquaculture and Fisheries Management**, v.22, p.397-403. 1991.

ELLIS, S.C.; REIGH, R.C. Effects of dietary lipid and carbohydrate levels on growth and body composition of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*). **Aquaculture**, v.97, p.383-394, 1991.

GAYE-SIESSEGGER, J. *et al.* Influence of dietary non-essential amino acid profile on growth performance and amino metabolism of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L). **Comparative Biochemistry and Physiology – Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 146, n. 71-77, 2007.

GEURDEN, I. *et al.* Rainbow trout can discriminate between feeds with different oil sources. **Physiology & Behavior**, 85, p. 107-114, 2005.

GIBSON, R.A. Australian fish- An excellent source of both arachidonic acid and w-3 polyunsaturated fatty acids. **Lipids**, v. 18, p. 743-752, 1983.

HALILOGLU, H.I. *et al.* Comparisons of fatty acid composition in some tissues of rainbow (*Oncorhynchus mykiss*) living in seawater and freshwater. **Food Chemistry**, v.86, p.55-59, 2003.

KOHLA, U.; SAINT-PAUL, U.; FRIEBE, J. *et al.* Growth, digestive enzyme activities and hepatic glycogen levels in juvenile *Colossoma macropomum* Curvier from South America during feeding, starvation and refeeding. **Aquaculture Fisheries Management**, v.23, n.1, p.189-208, 1992.

JUSTI, K. C. *et al.* The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with ω -3 fatty acids. **Food Chemistry**, v.80, p.489-493, 2003.

LOPES, J.M.; PASCOAL, L.A.F.; SILVA FILHO, F.P.; SANTOS, I.B.; WATANABE, P.H.; ARAÚJO, D.M.; PINTO, D.C.; OLIVEIRA, P.S. Farelo de babaçu em dietas para tambaqui. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.2, p.519 - 526, 2010.

LOSEKANN, M. E. *et al.* Crescimento de juvenis de jundiá alimentados com diferentes óleos vegetais. In: 42^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005, Goiânia, **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005.

LOSEKANN, M.E.; NETO, J.R.; EMANUELLI, T.; PEDRON, F.A.; LAZZARI, R.; BERGAMIN, G.T.; CORRÊIA, V.; SIMÕES, R.S. Alimentação do jundiá com dietas contendo óleos de arroz, canola ou soja. **Ciência Rural**, v.38, n.1, p.225 - 230, 2008.

MARTINO, R.C.; CYRINO, J.E.P.; PORTZ, L.; TRUGO, L.C. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. **Aquaculture**, v.209, p.233 - 246, 2002.

MATSUSHITA, M.; JUSTI, K.C.; PADRE, R.G.; MILINSK, M.C.; HAYASHI, C.; GOMES, S.M.T.; VISENTAINER, J.V.; SOUZA, N.E. Influence of diets enriched with different vegetable oils on the performance and fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings, **Acta Scientiarum Technology**, v.28, n.2, p.125 - 131, 2006.

MELO, J.F.B.; NETO, J.R.; SILVA, J.H.S.; TROMBETTA, C.G. Desenvolvimento e composição corporal de alevinos de jundiá (*Rhandia quelen*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. **Ciência Rural**, v.32, n.2, p.323 - 327, 2002.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; SOARES, C.M. Lipídeos na alimentação de alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.566 - 573, 2002.

MOURENTE, G.; GOOD, J. E.; BELL, J. G. Partial substitution of fish oil with rapeseed, linseed and olive oils in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): effects on flesh fatty acid composition, plasma prostaglandins E₂ and

F₂, immune function and effectiveness of a fish oil finishing diet. **Aquaculture Nutrition**, v.11, p.25-40, 2005.

NUNES, C. S.; **Desempenho de produção e enriquecimento em ácidos graxos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) com diferentes fontes lipídicas nas dietas**, 2007, 38p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2007.

NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fishes** National Academy of Sciences. Washington, DC, 1993.

OLSEN, Y. Lipids and essential fatty acids in aquatic foods webs: what can freshwater ecologists learn from mariculture. In: ARTS, M. T., WAINMAN, B. C **Lipids in freshwater ecosystems**, 1998. cap. 8, p.161-202.

RIBEIRO, P. A. P. *et al.* Efeito do uso do óleo na dieta sobre a lipogênese e o perfil lipídico de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 37, p. 1331-1337, 2008.

SARGENT, J.G.M. *et al.* Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. **Aquaculture**, Amsterdam, v.177, p.191-199, 1999.

SARGENT, J.R., BELL, J.G., BELL, M.V., HENDERSON, R.J. & TOCHER, D.R. (1995) **Req for essential fatty acids**. J. Appl. Ichthyol., 11, 183.

SHIAU, S.Y. Utilization of carbohydrates in warmwater fish – with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture**, v.151, p.79-96, 1997.

SILVA, P.C.; FRANÇA, A.F.S.; PADUA, D.M.C.; JACOB, G. Milheto (*Pennisetum americanum*) como substituto do Milho (*Zea mays*) na alimentação do tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Boletim do Instituto da Pesca**, v.24, p.125-131, 1997.

TAKAHASHI, N.S. **Nutrição de peixes**. Disponível em: <<http://www.jundiai.com.br/abrapesq/material11.htm>>. Acesso em: 7 jul. 2013.

VALENTI, W.C. *et al.* **Aquicultura no Brasil**: bases para um desenvolvimento sustentável. Brasília: CNPq, 2000. 399 p.

VARGAS, R. *et al.* Desempenho de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) utilizando diferentes fontes lipídicas: óleo de peixe, óleo de linhaça e óleo de milho In: 42^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005, Goiânia, **Anais...** Goiânia: RSBZ, 2005.

VARGAS, R.J.; SOUZA, S.M.G.; TOGNON, F.C.; GOMES, M.E.C.; KESSLER, A.M. Desempenho de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.13, n.3, p.377 – 381, 2007.

ZANIBONI FILHO, E.; MEURER, S. Limitações e potencialidades do cultivo de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) na região subtropical do Brasil. **Boletim Instituto Pesca**, v.24(especial), p.169-172, 1997.