



**Universidade Federal do Pará  
Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Amazônia Oriental  
Universidade Federal Rural da Amazônia  
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal**

**FABRÍCIA DE JESUS PAIVA DA FONSECA SIZO**

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DIGESTÓRIO DE JUVENIS DE TAMBAQUI *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) ALIMENTADOS COM RAÇÕES FORMULADAS UTILIZANDO INGREDIENTES REGIONAIS.**

**Belém  
2013**

**FABRÍCIA DE JESUS PAIVA DA FONSECA SIZO**

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DIGESTÓRIO DE JUVENIS DE TAMBAQUI *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) ALIMENTADOS COM RAÇÕES FORMULADAS UTILIZANDO INGREDIENTES REGIONAIS.**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Pará. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental. Universidade Federal Rural da Amazônia.

Área de concentração: Ecologia Aquática e Aquicultura

Orientador Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Rossineide Martins da Rocha.

Co-orientadora Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Auxiliadora Pantoja Ferreira.

**Belém  
2013**

**FABRÍCIA DE JESUS PAIVA DA FONSECA SIZO**

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DIGESTÓRIO DE JUVENIS DE TAMBAQUI *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) ALIMENTADOS COM RAÇÕES FORMULADAS UTILIZANDO INGREDIENTES REGIONAIS.**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Pará. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental. Universidade Federal Rural da Amazônia.  
Área de concentração: Ecologia Aquática e Aquicultura.

Data da aprovação. Belém - PA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Banca Examinadora

---

Profa. Dra Rossineide Martins da Rocha-Orientador  
Universidade Federal do Pará- UFPA

---

Profa. Dra. Diva Aneli Guimarães- Membro Titular  
Universidade Federal do Pará- UFPA

---

Prof. Dr. Edilson Rodrigues Matos- Membro Titular  
Universidade Federal Rural da Amazônia- UFRA

¶ minha família

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pela dom da vida e pela força de continuar a caminhada.

Aos meus pais Arnaldo e Graça por serem exemplo de luta, caráter e por estarem sempre ao meu lado em todas as circunstâncias da minha vida.

Ao meu amado marido Denilson Sizo por ter aguentado meu mau humor, estresses e angústias, pacientemente e amorosamente.

Aos meus filhos Dayana e Davi Sizo por existirem e por terem sido o motivo de continuar meus estudos, pra que tenham orgulho dessa mãe.

Aos meus irmãos Fábio Paiva pelo silêncio misterioso e pelo seu carinho discreto e Fabíola Fonseca por ser meu porto seguro e pelo seu amor fraternal.

À Universidade Federal do Pará por ter sido a instituição onde adquirir todo o meu conhecimento e onde sempre tive o apoio, seja ele acadêmico, financeiro ou físico, para realização dos meus projetos.

Ao Prof. Dr. Felipe Nogueira Domingues, Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal pelo empenho no decorrer do Curso.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rossineide Martins da Rocha pela orientação competente, conhecimento transmitido, conselhos, críticas, amizade e por sua presença marcante em meu caminho.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Auxiliadora Pantoja Ferreira por toda disponibilidade, paciência e dedicação nos momentos difíceis que necessitei de sua orientação.

Aos meus amigos dos Laboratórios de Ultraestrutura Celular, Maria Bentes por sua amizade, conhecimentos e auxílios; Liziane Barbosa pelo companheirismo e força nos momentos de angústia e de alegrias; Caroline Montes pelas tentativas exaustivas em ensinar bioestatística, Ana Carolina Borges pela cumplicidade na batalha. Leonardo Paixão que mesmo distante estava sempre pronto para transmitir uma palavra de força e perseverança.

Aos amigos do Laboratório de Imunohistoquímica e Biologia do Desenvolvimento, Yanne Mendes, Juliana Molina, Ivana Kerly, Juliana Pantoja, Fernando Oliveira e Rodrigo Oliveira por todo auxílio, apoio e carinho.

À nossa técnica, Lia Soghabi do Laboratório de Técnicas Histológicas por sua ajuda nas confecções das lâminas histológicas e por seus conhecimentos transmitidos.

Aos docentes amigos Jeannie Santos, Andrea Campos, Márcia Freitas, pelos conselhos e incentivos de ânimos nos momentos necessários.

A todos os amigos, parentes, cunhados (as) e colegas que não foram citados os nomes, mas saibam que estão no meu coração. Recebam meu carinho sincero pela torcida, orações e por terem acreditado no meu potencial, meu muito, muito obrigada!!

“...Ó mestre, fazei que eu  
procure mais.  
Consolar que ser consolado.  
Compreender que ser  
compreendido.  
Amar que ser amado.  
Pois é dando que se recebe.  
É perdoando que se é  
perdoado.  
É morrendo que se vive para  
a vida eterna!”

Trecho da Oração de São  
Francisco de Assis.

## RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar o sistema digestório de juvenis de tambaqui alimentados com ração regional contendo 28% de proteína bruta e 3000 kcal/kg, com a inclusão de 20% dos seguintes ingredientes: torta de dendê, torta de tucumã, e farelo de coco. Foram utilizados 300 juvenis de tambaqui ( $16,0 \pm 1,5$ g), distribuídos em 12 tanques de 250L, em regime de recirculação, filtragem e aeração contínua de água. O experimento foi conduzido com três replicas de quatro tratamentos sendo eles: dieta basal-T1, dendê-T2, tucumã-T3 e coco-T4. Sessenta dias após a alimentação porções do intestino médio e fígado foram fixados em Bouin e processados para microscopia óptica. Morfometrias das vilosidades intestinais revelaram que as dietas-T1 e T4 interferiram na altura das microvilosidades epiteliais. A medida da área dos hepatócitos mostrou diferença entre as dietas T3, T2 e T1. As alterações hepáticas foram significativas na dieta a base de tucumã levando a conclusão de que a dieta a base de dendê é a mais indicada para a formulação de rações para juvenis de tambaqui.

**Palavras-chave:** Tambaqui. Dietas alternativas. Intestino. Fígado. Histologia.



## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the digestive system of juvenile tambaqui fed with an experimental diet containing 28% crude protein and 3000 Kcal/kg, with an inclusion of 20% of the following ingredients: palm kernel cake, tucuma pie and coconut bran. We used 300 juveniles tambaqui ( $16.0 \pm 1.5$  g), distributed in 12 recirculating tanks (250L) with continuous filtration and aeration of water. The experiment design was randomized and conducted with three replicates of four treatments identified as basal diet- T1, palm kernel-T2, tucumã- T3 and coconut-T4. After feeding for 60 days portions of the mid intestine and liver were fixed in bouin and processed for optic microscopy. Morphometric of intestinal villi showed that diets, T1 and T4 interfered in the epithelial microvilli height. Hepatocytes showed differences between the diets T3, T2 and T1. Hepatic changes were significant in the tucumã diet. Leading to the conclusion that a diet based on palm kernel is the most suitable to feed juveniles tambaqui.

Key words: *Colossoma macropomu*. alternative diets. Intestine. liver and histology.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Formulação das rações com ingredientes regionais com substituição de 20% da dieta basal- T1 por resíduos de origem vegetal para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Sendo T2- torta de dendê, T3- torta de tucumã e T4- farelo de coco. Preparação para 5Kg de ração.....27
- Tabela 2 - Médias e desvio padrão da morfometria do intestino médio de juvenis de tambaqui das diferentes dietas.....31
- Tabela 3 - Médias e desvio padrão da morfometria da área dos hepatócitos e do Índice Hepatosomático das diferentes dietas.....34

## **LISTA DE SIGLAS**

AOAC – Association of Official Analytical Chemistry

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

IBAMA – Instituto Brasileiro de Recursos Renováveis

IHS – Índice Hepatosomático

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário

MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura

NRC – National Research Council

UFPA – Universidade Federal do Pará

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
3.1. A ESPÉCIE.....	16
3.2. OS INGREDIENTES REGIONAIS.....	17
<b>3.2.1. Dendê.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.2. Tucumã.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.3. Coco.....</b>	<b>19</b>
<b>4 CAPITULO 1.....</b>	<b>21</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) –  
Biblioteca Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural / UFPA, Belém-PA

---

Fonseca-Sizo, Fabrícia de Jesus Paiva da

Avaliação do sistema digestório de juvenis de tambaqui *colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) alimentados com rações formuladas utilizando ingredientes regionais: torta de dendê, tucumã e farelo de coco. / Fabrícia de Jesus Paiva da Fonseca Sizo; orientadora, Rossineide Martins da Rocha, co-orientadora Maria Auxiliadora Pantoja Ferreira. – Belém, PA, 2013

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2013.

1. Tambaqui (Peixe) – Alimentação e rações. 2. Tambaqui (Peixe) – Nutrição. 3. Coco. 4. Dendê. I. Título

CDD – 22.ed. 636.085

---

## INTRODUÇÃO

A aquicultura é uma das atividades zootécnicas que mais crescem no Brasil e no Mundo, ocorrendo tanto em águas marinhas como em continentais. A economia pesqueira mundial e os produtos oriundos da pesca atingiram 142,3 milhões de toneladas (FAO, 2010). Este fato indica que 8% da população mundial tenham como meio de subsistência a pesca e aquicultura.

O consumo mundial de peixe por pessoa aumentou em 17,1kg em 2008 e pode alcançar um patamar de mais de 20 kg em 2030. Isto se deve a ascensão da pesca e aquicultura mundial e brasileira e principalmente, à busca por uma alimentação mais saudável e rica em nutrientes essenciais (FAO, 2011).

Segundo o relatório apresentado pelo Ministério da Pesca e Aquicultura - MPA nos últimos anos (2008-2010) a produção aquícola brasileira apresentou um crescimento de 15,3% comparado a 2009, sendo que a maior parcela dessa produção é proveniente da aquicultura continental, representando um total de 82,3% da produção nacional (MPA, 2012). Ainda de acordo Brasil (2012), esse aumento se deve aos incentivos governamentais e a facilitação ao acesso nos Programas, como Plano de Mais Pesca e Aquicultura desenvolvidos pelo ministério. A região nordeste foi a mais produtiva contribuindo com 32% da produção nacional, seguidos das regiões sul (24%) e norte (23%) em 2008. Em 2009 a região nordeste continuou sendo a primeira na produção nacional do pescado e ainda teve um acréscimo de 10,9% (34%), seguidos pela região sul (25%) e sudeste (14%). Entretanto, na região norte houve um decréscimo na produção de 1,7% de 2008 para 2009, contribuindo apenas 21% total da produção do pescado nacional.

Os peixes de água doce mais cultivados na aquicultura da região norte são: a tilápia, carpa, tambaqui e curimatã. Embora o tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) seja a principal espécie nativa cultivada nacionalmente, e apresenta um valor comercial elevado por kg/peixe (entre R\$ 4,00 e R\$ 5,00) na região norte (IBAMA, 2007), o seu cultivo é uma atividade promissora para melhorar a renda do pequeno produtor rural (ARBEALÉZ-ROJAS et al., 2002). Visto que é um peixe de fácil cultivo, adapta-se rapidamente ao confinamento, tolera baixas condições de oxigênio dissolvido na água, além de seus alevinos serem encontrados ao longo de todo o ano (ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1998).

Apoio e incentivos financeiros neste setor têm proporcionado estudos científicos que respondam aos entraves dos investidores nesse setor aquícola, por isso o tambaqui é uma das

espécies mais estudadas na Amazônia (GOMES, 2003). O objetivo das empresas e instituições envolvidas nesta busca de conhecimento, processos tecnológicos e aspectos isolados do cultivo de diferentes espécies nativas na piscicultura amazônica (RESENDE, 2007) é o sucesso para a criação em cativeiro do tambaqui. De acordo com Chagas et al. (2007), em seus estudos observaram que os tambaquis criados em tanques-redes na várzea atinge 1% do peso vivo em condições adequadas de alimentação em cinco meses de cultivo, alcançando ótimos desempenhos zootécnicos.

O tambaqui é um peixe de escamas, pelágico, onívoro e a sua alimentação principal é constituída por frutos e sementes, variando de acordo com a disponibilidade do alimento e com a fase do ciclo vital do peixe. Nos viveiros os tambaquis podem ser alimentados com frutas, tubérculos, sementes e rações peletizadas e extrusadas. A variação na proporção destes itens é conforme o crescimento e mudanças no nível da água. Nas florestas inundáveis, no período de cheias, foram observados e classificados nove tipos de frutos no conteúdo estomacal desses peixes, as do tipo baga e drupa (23,9% cada) foram as mais frequentes e observou-se que esses vegetais poderiam estar em pedaços, triturados ou inteiros (SILVA et al., 2003). Segundo o mesmo autor no período da seca, alimentos com alto teor de proteína animal, como zooplâncton (Rotífera e Ostracoda) foram os mais comum, bem como crustáceos (caranguejo), insetos e moluscos (caramujo) menos frequentes dentro do estômago desse peixe, caracterizando que o tambaqui (*C. macropomum*) é uma espécie oportunista de acordo com a sazonalidade e disponibilidade do ambiente.

Um dos requisitos principais para o bom desenvolvimento da piscicultura é o conhecimento adequado da biologia da espécie que será cultivada. Estudos da morfofisiologia dos diferentes sistemas do organismo, sua interação com outros sistemas e como respondem às diversas alterações ambientais e aos métodos de criação, permitem que seja estabelecida uma metodologia adequada para o manejo de determinada espécie. Pois o erro na escolha ou na formulação da ração produzirá uma série de problemas à saúde e bem estar do peixe, como a diminuição no ganho de peso, doenças nutricionais, deformidades na coluna e alterações metabólicas, conduzindo o piscicultor a um maior gasto e diminuindo o lucro da atividade (QUEIROZ et al., 2002).

A piscicultura regional de espécies nativas ainda não possuem rações específicas, o que contribui para elevar os custos nos sistemas de cultivo do tambaqui. O acesso restrito as inovações na área de nutrição e a falta de um manejo alimentar adequado são fatores que impedem o crescimento dessa prática em relação a aquicultura mundial (IZEL; MELO, 2004).

Novas pesquisas que utilizam ingredientes alternativos vêm sendo utilizadas de forma decisiva no cultivo intensivo e semi-intensivo de peixes, quer como fator de sustentabilidade ecológica ou de variabilidade técnico-econômica da atividade, visto que a ração é a responsável por 50% a 70% dos custos de produção, no qual a proteína é a porção mais encarecedora. Por isso a busca por outros ingredientes de origem vegetal devem ser desenvolvidos proporcionando o melhor desempenho zootécnico, economia e o sucesso na produção (REZENDE et al., 2010).

Muitos estudos com o aproveitamento de produtos ou subprodutos vegetais para elaboração de dietas alternativas têm sido feito por pesquisadores da área (GOMES, 2003; SILVA, 2003; IZEL; MELO, 2004; OLIVEIRA, 2005; ANSELMO, 2008; REZENDE et al., 2010). Rezende et al. (2010) em seu trabalho verificou que os resíduos de acerola e jenipapo obtiveram melhores resultados e indicaram o seu uso como fonte de proteína para juvenis de tambaqui. Oliveira (2005) utilizou os frutos e sementes de jauari e camu-camu como base para rações comerciais e obteve desempenhos zootécnicos satisfatórios. Porém, muitos desses frutos não possuem uma demanda contínua de produção para ter o volume necessário para a indústria de ração.

Entretanto na Região Norte, no Estado do Pará, encontramos algumas das fábricas produtoras de óleo vegetal para utilização como biodiesel, na indústria alimentícia e de cosméticos. Elas produzem o ano inteiro o óleo, sendo os subprodutos dessa extração, o farelo de coco, a torta de dendê e a de tucumã. Esses resíduos ricos em fibras, carboidratos e ácidos graxos, podem ser reutilizados como ração animal (FERREIRA et al., 2008; LEMOS et al. 2011; YINHUI et al., 2011 ). O que viabiliza a redução dos gastos com a ração para o cultivo e ainda diminui o impacto desses resíduos no meio ambiente. Para FAO (2010-2011) a obtenção de uma segurança alimentar nos países em desenvolvimento como o Brasil, são decisões importantes a serem tomadas.

A escolha pelos órgãos do sistema digestório, intestino e fígado, foi devido as diversas funções metabólicas importantes desses órgãos à saúde do peixe. Por se tratar de um peixe com hábito alimentar onívoro com tendência a frugívoro, o trato digestório do tambaqui (*C. macropomum*) está constituído por uma cavidade bucofaringeana, com pequena boca prognata, lábios carnosos e dentes molares afiados com forte mordida, os quais quebram sementes e frutos de sua dieta. Possuem longos e numerosos rastros branquiais que auxiliam na filtração do zooplâncton. Esôfago curto, estômago grande e distensível, devido a alimentação rica em frutos (ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1998; ROTTA, 2003).



Segundo Torealba, (1982) próximo ao estômago encontram-se os cecos pilóricos, apêndice comuns em peixe onívoros, que em tambaqui adulto podemos encontrar até 75 cecos, cuja função mais aceita recentemente é de auxiliar na digestão de lipídeos, aumentando a área de superfície do estômago e intestino anterior, além de servir como reservatório de alimentos (BRUSLÉ; ANADON, 1996). O intestino é longo, alcançando 5 a 5,5 vezes o comprimento do corpo de um tambaqui adulto, e dividido em 3 porções: anterior, média e posterior, cuja função principal é a digestão e absorção dos nutrientes (ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1998; ROTTA, 2003).

O fígado é um órgão anexo do sistema digestório, que na maioria dos teleósteos possui coloração marrom-avermelhada; apresenta-se divididos em três lobos e por ter difuso em seu parênquima, o pâncreas exócrino, chamado de hepatopâncreas que é a junção das duas glândulas. É considerado um órgão denso e vital, que realiza diversas funções fisiológicas importantes; anabólicas (proteínas, lipídeos e carboidratos) e catabólicas (nitrogênio, glicogênio e desintoxicação) além de sua importância na vitelogênese no período de reprodução das fêmeas destes peixes (BRUSLÉ; ANADON, 1996). Al-Youseif et al.(2000) usou o fígado em seu trabalho como indicador ambiental.

Por ser um órgão muito vascularizado e de grande variação metabólica frente à alguns fatores como: sexo, idade, reprodução, estresse e alimentação, podem ocorrer processos patológicos irreversíveis à integridade do peixe (HIBIYA,1982). Medidas do Índice Hepatosomático ( $HSI = \text{peso fígado/peso corpo} \times 100$ ) pode correlacionar a quantidade de depósitos de gordura proveniente da dieta com o qual o peixe foi alimentado para estimar qual melhor ingrediente para elaboração regional de uma ração adequada, balanceada e de menor custo ao piscicultor (BRUSLÉ; ANADON, 1996). Baseado nesse contexto, este trabalho avaliará o efeito das rações formuladas com ingredientes regionais, dendê, tucumã e coco no intestino médio e fígado de juvenis de tambaqui.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

- Avaliar o efeito da inclusão dos ingredientes regionais (tortas de dendê e tucumã e farelo de coco) no sistema digestório (intestino médio e fígado) de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818) pela microscopia óptica.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Analisar histologicamente o intestino (porção média) e o parênquima hepático do tambaqui (*C. macropomum*);
- Verificar se há alterações patológicas nos órgãos: intestino (porção média) e fígado frente ao uso das rações regionais.
- Caracterizar morfometricamente o epitélio intestinal e o parênquima hepático de tambaqui
- Fazer comparação entre as dietas utilizadas no experimento.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 A ESPÉCIE

O *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) é considerado a maior espécie dentro da ordem dos Characiformes, pertence à família Characidae e subfamília Serrasalminae e classe dos Osteichthyes. É conhecido exclusivamente no Brasil como tambaqui, mas na Colômbia e Venezuela recebe o nome de cachama ou cachama negra, devido sua coloração. E para os piscicultores americanos ele é denominado de *black-pacu* (MACHADO-ALLISON, 1982; ARAUJO-LIMA; GOULDING, 1998).



**Figura 1** – Biometria dos juvenis de tambaqui.

É um peixe tropical e amplamente distribuído pelas bacias dos rios Amazonas, Solimões, Orinoco e afluentes, comum encontra-los nos lagos de várzeas e rios. É considerado “*símbolo ictiico da floresta tropical*” por consumir frutos e sementes da floresta. É o segundo maior peixe de escama dulcícola da América do Sul, perdendo apenas para o pirarucu (*Arapaima gigas*). É um peixe de hábito alimentar onívoro com tendência a frugívoro, principalmente os juvenis (GOULDING,1993).

O tambaqui é encontrado na natureza, principalmente em rios ricos em nutrientes como os de água branca (barrenta) e preta, raramente em águas claras. As quais influenciam mudanças na coloração e formato do peixe, principalmente na fase juvenil de desenvolvimento. O jovem é caracterizado pelo corpo com formato romboide, que alonga-se com o crescimento, a coloração da metade superior do corpo é parda e preta na parte inferior e com presença de raios na extremidade da nadadeira adiposa curta (ANSELMO, 2008).

A temperatura para o tambaqui pode variar de 25° a 34°C em média, grandes variações de pH podem ser tolerado, de acordo com o tipo de rio onde ele é encontrado, podendo ser ácido (pH 3,8 a 4,9) em água preta e básico (pH 6,2 a 7,2) em água branca. Apresentam grande resistência às condições anóxicas da água (~ 1mg L<sup>-1</sup> OD), devido a adaptações morfológicas nos lábios inferiores, as quais aumentam de volume para captação do oxigênio superficial, conhecidas popularmente de “aiú” (ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1998).

É uma espécie migradora, tanto para fins reprodutivos, tróficos e de dispersão. É um peixe de grande porte, podendo chegar a um peso de 40 kg e medir 108 cm de comprimento (do focinho até a base da nadadeira caudal). Na natureza se reproduzem no período de novembro a março, época estipulada para o defeso. Sua pesca vem sendo controlada com objetivo de preservação dos estoques naturais, devido aos altos índices de sobrepesca na região Amazônica (RUFFINO, 2005). Possui uma carne saborosa, magra e com baixo teor de gordura nos músculos dos peixes silvestres (<1,5%), podendo aumentar (2 a 6%) em peixes cultivados. (ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1998).

É o peixe nativo mais cultivado e vem sendo estudado desde os anos 70, devido sua rusticidade no manejo. Pode ser criado em sistema de produção diferente, desde o policultivo com outras espécies, por exemplo, o jaraqui ou a carpa capim, como também em viveiros escavados, tanque-rede e barragens, os quais necessitam de dietas balanceadas as exigências nutricionais do peixe para o sucesso do cultivo (ARBELÉZ-ROJAS et al., 2002; IZEL, 2004; CHAGAS et al., 2007).

### 3.2 OS INGREDIENTES REGIONIAS

No Brasil, a ascensão da piscicultura vem abrindo caminho para novas tecnologias e pesquisas quanto ao uso de subprodutos regionais de origem vegetal que possam substituir os ingredientes mais utilizados atualmente, como a farinha de peixe, a soja e o milho, os quais representam um custo elevado no valor final da ração (PASCOAL et al., 2006).

Alguns subprodutos já foram testados para alimentação de peixes, como por exemplo, farelo de girassol (FABREGAT et al., 2011); farelo de canola (VIEGAS et al., 2008) farelo de babaçu (LOPES et al., 2010); farinhas de seringa barriguda, munguba e infrutescência da embaúba (SILVA et al., 2003) entre outros. Existe ainda uma preocupação na demanda desses subprodutos para a elaboração das rações nas fábricas (SILVA et al., 2003), então buscou-se na região Norte, através desse projeto, a utilização de resíduos não convencionais,

provenientes das indústrias que utilizam o dendê, o tucumã e o coco para elaborarmos as dietas alternativas para os juvenis de tambaqui.

### 3.2.1 Dendê

O dendê (*Elaeis guineensis*) é o fruto proveniente da palmeira conhecida como dendezeiro, o qual pertence a família das Palmáceas. É uma planta de origem africana e chegou ao Brasil na época da escravidão (século XV). Cresce até 15 m de altura, não possui ramificações, seu tronco é do tipo estipe ereto e com raízes fasciculadas.

Para o sucesso no cultivo do dendezeiro são necessárias condições adequadas de temperatura (25° a 27° C), clima (umidade relativa entre 75 a 90%), boa precipitação (2500 mm/ano) grande insolação (2000 h luz/ano) e solos planos, argilosos e bem drenados. Por isso são tão comuns na Amazônia. O seu plantio é de grande rentabilidade e de baixo custo de produção, dando retorno após 3 anos de cultivo. Do processamento do fruto dendê extraem-se os seguintes produtos e subprodutos: óleo de palma bruto, óleo de palmiste, torta de palmiste e engaços, fibras, cascas e efluentes líquidos (FURLAN JUNIOR, 2006).

O Estado do Pará é um dos maiores produtores (95%) do óleo de palma no país e ainda há perspectivas de aumento do plantio de 150 mil para 500 mil hectares (EMBRAPA, 2012). A torta de dendê ou palmiste é o coproduto resultante da secagem, moagem e extração do óleo, a qual pode ser aproveitada na alimentação animal e como adubo orgânico. Por possuir um grande valor nutricional-14% a 15% de proteína bruta, 50 % a 60% de digestibilidade de matéria orgânica, 3% a 5% de óleo residual de palmiste rico em ácido láurico, 11% de água e 48% de carboidratos e 4% de cinzas (FURLAN JUNIOR, 2006; BRASIL, 2007).

### 3.2.2 Tucumã

O tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) é fruto da palmeira conhecida como tucumanzeiro, pertence à família das Arecacea, nativa da América Sul com dispersão até a Guiana Francesa e Suriname. É comum na região Amazônica onde é bastante consumido e comercializado no mercado local. Cresce até 15 m de altura, geralmente nas proximidades de

rios, em terra firme e em campo limpo, pode florescer e frutificar em cachos, ao longo de todo o ano (LIMA et al., 1986).

O fruto é do tipo drupa, com polpa comestível, oleosa, coloração alaranjada, com sabor adocicado, odor peculiar e de consistência mucilaginosa. A polpa (mesocarpo) possui um grande teor de lipídeos e principalmente de pró-vitamina A ( $\beta$ - caroteno), onde apenas um fruto supre as doses diárias necessárias na alimentação de crianças e adultos. É muito utilizado na alimentação humana e de animais domésticos. O caroço (endocarpo) ocupa 45% do fruto e de onde se extrai 40% a 50% de óleo, que pode ser usado como biodiesel, na indústria alimentícia e de cosmético, cujos ácidos graxos são 90% saturados com 8 a 14 carbonos compondo sua cadeia. Sendo assim sua comercialização uma importante fonte de renda para o pequeno produtor local (CLEMENT, 2005).

O ácido oleico e o palmítico são os principais ácidos encontrados no óleo da polpa de tucumã, na proporção de 67,47% e 24,38%, respectivamente (OTERO, 2012). Sendo indicado para o consumo alimentar (FERREIRA et al., 2008). Pantoja et al., (2006) em seus estudos verificou que a composição química do fruto tucumã é de 5% de proteína, 30% lipídeos, 46% umidade, 9% de fibras e 3% de minerais, em média.

### 3.2.3 Coco

O coco (*Cocos nucifera* L.) é o fruto da palmeira perene pertencente à família Palmae conhecida popularmente como coqueiro. Originária da Sudeste Asiático o coco chegou ao Brasil pelos portugueses no século XVI através da Bahia e foi se disseminando por todo o nordeste, daí a denominação de coco-da-Bahia. Planta arbórea de copa densa cresce em torno de 25m (coqueiro gigante), caule tipo estipe, raiz fasciculada, com folha de pecíolo curto e inflorescência em forma de cacho, de solo plano, profundo e irrigado (BAHIA, 2012).

O fruto é do tipo drupa com casca lisa, mesocarpo fibroso e endocarpo duro, sua coloração varia da cor verde, vermelho e amarelo, dependendo da variedade. Possui em seu interior a água de coco e a amêndoa. Seu cultivo é de grande interesse econômico, pois da sua comercialização temos mais de 100 produtos como, por exemplo: coco ralado, leite de coco, fibra de coco, o óleo e ainda pode ser consumido *in natura* e serve para o paisagismo. Por isso o coqueiro é uma das plantas mais cultivadas mundialmente (principais nos continentes da Ásia e Oceania), e no Brasil, a região nordeste é responsável por 96% da produção nacional.

Rico em ácido láurico, o óleo é muito utilizado na indústria de cosméticos e de alimentos (EMBRAPA, 1986, PASCOAL et al., 2006).

E o subproduto resultante da industrialização do coco é o farelo de coco, resíduo proveniente da extração do óleo da polpa seca e que vem sendo muito utilizado na alimentação de animais monogástricos (PASCOAL et al., 2006) e também de ruminantes (SOUZA JÚNIOR et al., 2009). Várias pesquisas evidenciaram que na composição do farelo de coco possui em média 90,80% de matéria seca, 22,30% proteína bruta, 8,05% de extrato etéreo e 13,50% de fibra bruta, 42,01% de extrativo não nitrogenado e 6,42% de cinzas. (ROSTAGNO, 2000).

#### **4 AVALIAÇÃO DO SISTEMA DIGESTÓRIO DE JUVENIS DE TAMBAQUI *COLOSSOMA MACROPOMUM* (CUVIER, 1818) ALIMENTADOS COM RAÇÕES FORMULADAS UTILIZANDO INGREDIENTES REGIONAIS.**

Resumo - O objetivo do presente estudo foi avaliar o sistema digestório de juvenis de tambaqui alimentados com ração regional contendo 28% de proteína bruta e 3000 kcal/kg, com a inclusão de 20% dos seguintes ingredientes: torta de dendê, torta de tucumã, e farelo de coco. Foram utilizados 300 juvenis de tambaqui ( $16,0 \pm 1,5g$ ), distribuídos em 12 tanques de 250L, em regime de recirculação, filtragem e aeração contínua de água. O experimento foi conduzido com três replicas de quatro tratamentos sendo eles: dieta basal-T1, dendê-T2, tucumã-T3 e coco-T4. Sessenta dias após a alimentação porções do intestino médio e fígado foram fixados em Bouin e processados para microscopia óptica. Morfometrias das vilosidades intestinais revelaram que as dietas-T1 e T4 interferiram na altura das microvilosidades epiteliais. A medida da área dos hepatócitos mostrou diferença entre as dietas T3, T2 e T1. As alterações hepáticas foram significativas na dieta a base de tucumã levando a conclusão de que a dieta a base de dendê é a mais indicada para a formulação de rações para juvenis de tambaqui.

Termos para indexação: *Colossoma macropomum*. dietas alternativas. intestino. fígado e histologia.



**Evaluation of diets with alternative ingredients in the digestive system of tambaqui juvenile.**

Abstract - The objective of this study was to evaluate the digestive system of juvenile tambaqui fed with an experimental diet containing 28% crude protein and 3000 Kcal/kg, with an inclusion of 20% of the following ingredients: palm kernel cake, tucuma pie and coconut bran. We used 300 juveniles tambaqui ( $16.0 \pm 1.5$  g), distributed in 12 recirculating tanks (250L) with continuous filtration and aeration of water. The experiment design was randomized and conducted with three replicates of four treatments identified as basal diet- T1, palm kernel-T2, tucumã- T3 and coconut-T4. After feeding for 60 days portions of the mid intestine and live were fixed in bouin and processed for optic microscopy. Morphometric of intestinal villi showed that diets, T1 and T4 interfered in the epithelial microvilli height. Hepatocytes showed differences between the diets T3, T2 and T1. Hepatic changes were significant in the tucumã diet. Leading to the conclusion that a diet based on palm kernel is the most suitable to feed juveniles tambaqui.

Index terms: *Colossoma macropomum*. alternative diets. Intestine. liver and histology.

## Introdução

A aquicultura é umas das atividades econômicas que mais crescem atualmente no Brasil e no mundo, gerando emprego e renda para uma pequena parcela da população mundial (8%) que retira dessa atividade sua subsistência. Esse crescimento influencia no aumento do consumo de peixe e de seus produtos pela população, que vem buscando alimentos mais saudáveis e ricos em nutrientes (FAO, 2010).

A região Norte possui inúmeras vantagens para piscicultura, pois têm uma extensa rede hidroviária, barragens, clima e temperaturas adequadas ao cultivo. Porém, nos últimos anos as regiões nordeste e sul foram as maiores produtoras do pescado nacional, contribuindo com 32% e 24%, respectivamente e a região norte com 21% da produção total nacional (MPA, 2012).

Um dos entraves para a piscicultura é o custo com a ração, que eleva o valor em média 70% do total, dependendo do tipo de cultivo. Por isso, torna-se necessário a busca por ingredientes vegetais alternativos que possam substituir os mais utilizados (soja, trigo e milho), e que tenham as mesmas exigências nutricionais para a elaboração e produção de rações balanceadas à alimentação e saúde do peixe a ser cultivado (Pascoal et al., 2006).

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é um peixe nativo da Bacia Amazônica e um dos mais cultivado. É um peixe que apresenta rusticidade no manejo, se adapta facilmente ao confinamento e ao uso de rações peletizadas e extrusadas, tolera condições anóxicas da água, além da facilidade de obter alevinos o ano todo (Araújo-lima & Goulding, 1998; Gomes et al., 2003).

Esta espécie apresenta um grande potencial econômico para a piscicultura por ter um bom desempenho zootécnico, pela aceitação de sua carne pelos consumidores, além de possuir um bom preço de mercado (Gomes et al., 2003; Izel et al., 2004; Chagas et al., 2007). Baseado nesse potencial vem sendo estudados subprodutos vegetais e regionais que tenham

demanda de produção anual para a fabricação de rações de menor custo para o piscicultor (Dairiki, 2011).

. Na tentativa de se adequar os subprodutos da extração de óleos, foram utilizados para formulação de ração, os frutos do dendê (*Elaeis guineensis*), do tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) e do coco (*Cocos nucifera* L.) industrializados na região paraense. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito dos ingredientes regionais no sistema digestório de juvenis de tambaqui pela microscopia óptica.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado no período de dezembro de 2009 a março de 2010, na Estação de Piscicultura Carlos Estevão de Oliveira da Embrapa Amazônia Oriental, situado no Parque Estadual do Utinga na cidade de Belém Estado do Pará (Brasil), sob as coordenadas 1°25'38"S e 48°25'11"W.

Foram utilizados um total de 300 exemplares de juvenis de tambaqui (*C. macropomun*). Os animais apresentaram o peso inicial entre  $16,0 \pm 1,5$ g e estocados na densidade de 25 peixes por unidade experimental, sendo utilizados 12 tanques circulares de polietileno com capacidade para 250L, em regime de recirculação fechada, filtragem (filtro biológico) e aeração contínua de água. O experimento foi executado dentro de um galpão coberto. E os peixes foram submetidos diariamente a um fotoperíodo de 12h de claro e 12 h de escuro.

Temperatura (°C), pH e oxigênio dissolvido-OD (mg/L) foram monitorados duas vezes por dia, sendo uma pela manhã e outra pela tarde, antes do manejo alimentar diário. OD, Temperatura e pH foram medidos pelos equipamentos (YSI, modelo-55). Amônia (mg/L N-NH<sub>3</sub>), nitrito (mg/L N-NO<sub>2</sub>) e alcalinidade total (mg/L C<sub>a</sub>CO<sub>3</sub>), foram analisados semanalmente pelos Kits Compact Alfatech. Os tanques eram sifonados duas vezes por semana com retirada parcial d'água.

Foram realizadas duas biometrias (comprimento total e peso) nos peixes: uma no início do experimento para verificar a homogeneidade dos lotes e a outra após 60 dias, utilizando-se balança eletrônica com capacidade de 3 kg. Para facilitar o manejo e diminuir o estresse dos peixes, em cada biometria os juvenis de tambaquis foram previamente anestesiados com solução de benzocaína a uma concentração de 100 mg/L (Gomes et al., 2001). Antes de iniciar o experimento os animais permaneceram 15 dias no tanque para

aclimação do manejo alimentar. Durante o estudo os animais foram alimentados duas vezes ao dia, (8h e 16h) até a saciedade aparente.

Foram utilizados três ingredientes regionais, torta de dendê, torta de tucumã e farelo de coco. Esses ingredientes são resíduos provenientes das indústrias da região e foram cedidos para o experimento. Para elaboração das farinhas as tortas foram trituradas separadamente em moinho de faca tipo Willy, peneirados em malha de 3 mm de abertura para a padronização dos grânulos, pesados em balança (FILIZOLA, modelo BP-15) e misturados por 30 minutos em uma amassadeira PANIZ – AM25, sendo necessário a adição de água e óleo na mistura. Foi utilizado moedor de carne industrial (BECCARO, modelo PB-II) e peneira de 5 mm para que a mistura fosse peletizadas. Após esse processo foi realizada a secagem em estufa (60°C) durante 6 horas. Em seguida as rações peletizadas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenados em freezer a uma temperatura de -20°C.

Todas as rações experimentais eram isoprotéicas e isocalóricas de acordo com o recomendado para juvenis de espécies similares ao tambaqui, como “Channel Catfish” NRC (1993), sendo utilizado o software SUPER CRAC 5.5 (TD Software). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições, sendo uma dieta sem inclusão de ingredientes alternativos (Basal-T1) e três dietas com a inclusão de 20% de cada ingrediente alternativo (28% Proteína Bruta- PB e 3000 kcal/kg), torta de dendê-T2, torta de tucumã-T3 e com farelo de coco-T4.

A composição físico-química dos ingredientes foi realizada no Laboratório da Agroindústria da Embrapa Amazônia Oriental em Belém (PA) e no Laboratório de Bromatologia da Embrapa Agropecuária Sudeste em São Carlos (SP). As rações experimentais foram analisadas de acordo com a recomendação da AOAC (1999) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Formulação das rações com ingredientes regionais com substituição de 20% da dieta controle- T1 por resíduos de origem vegetal para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Sendo T2- torta de dendê, T3- torta de tucumã, T4- farelo de coco. Preparação para 5 Kg de ração.

Ingredientes <sup>(1)</sup>	Quantidade dos ingredientes por tratamento (%)			
	T1 <sup>(2)</sup>	T2 <sup>(3)</sup>	T3 <sup>(4)</sup>	T4 <sup>(5)</sup>
Farelo de soja	37,97	33,54	38,40	27,55
Farelo de milho	34,13	19,09	14,46	24,25
Farelo de trigo	10,00	10,00	10,00	13,20
Farinha de peixe	10,00	10,00	10,00	10,00
Óleo de soja	4,10	3,57	3,34	1,20
Fosfato bicalcico	2,50	2,50	2,50	2,50
Premix vit-min*	0,75	0,75	0,75	0,75
D-L Metionina**	0,25	0,25	0,25	0,25
Lisina	0,20	0,20	0,20	0,20
Torta de Dendê	0	20	0	0
Torta de Tucumã	0	0	20	0
Farelo de Coco	0	0	0	20
Crômio***	0,1	0,1	0,1	0,1
Total (%)	100	100	100	100
Parâmetros	Composição percentual dos nutrientes nas dietas (% da base seca)			
Matéria seca (MS, %)	91,06	92,42	89,84	92,26
Proteína bruta (PB, %)	33,41	32,58	32,08	31,27
Matéria mineral (MM,%)	6,23	6,98	6,56	6,62
Extrato etéreo (EE, %)	6,38	8,45	9,64	8,46
Fibra bruta (FB, %)	4,37	5,48	5,45	4,51
ENN <sup>(6)</sup>	54,12	50,56	51,73	53,07
Cálcio (Ca, %)	9,46	9,4	9,73	8,98
Fósforo (P,%)	2,71	3,09	3,34	3,22

<sup>(1)</sup> Rações formuladas conforme normas da Coordenação de Produtos Alimentação Animal- CPAA. <sup>(2)</sup> Dieta Basal, <sup>(3)</sup> Dieta a base de torta de dendê, <sup>(4)</sup> Dieta a base de torta de tucumã, <sup>(5)</sup> Dieta a base de farelo de coco. \*Composição do Premix vitamínico e mineral (Nutron Alimentos, Campinas, SP) por Kg do produto: ácido fólico 250 mg, ácido pantotênico 5000 mg, biotina 125 mg, cobalto 25 mg, cobre 2000 mg, colina 15000 mg, ferro 13820 mg; iodo 100 mg, manganês 3750 mg; niacina 5000 mg, selênio 75 mg, vitamina A (acetato de retinol) 1 0000000 UI; tiamina 1250 mg, vitamina B12 3750 mg, riboflavina 2500 mg, piridoxina 1875 mg, vitamina C 42000 mg, vitamina D3 500000 UI; vitamina E (acetato de tocoferol) 2000 UI, vitamina K3 500 mg, zinco 17500 mg. \*\* Ajinomoto CO.INC, Kanagawa, Japão. \*\*\* Trióxido de cromo, anidro (Vetec química fina LTDA). Teor mínimo 99%, ferro (Fe) máx. 0,02%, metais pesados (como Pb) máx. 0,002%, cloreto (Cl) máx. 0,01%, óxido de cromo VI (CrO<sub>3</sub>) máx. 0,01%, sulfato (SO<sub>4</sub>) máx. 0,05%. <sup>(6)</sup> extrativo não nitrogenado, onde ENN= 100 – (% de água) – (% de PB) – (% de EE) – (% de cinzas) – (% de FB).

Para as análises histológicas foram utilizados um total de 36 animais capturados ao acaso, sendo nove animais de cada dieta utilizada nos tratamentos – T1, T2, T3 e T4. Os peixes foram anestesiados com solução de benzocaína a 100 mg/L (Gomes et al., 2001). Logo em seguida foram sacrificados, foi feita uma incisão abdominal, e retirados fragmentos do trato digestório, (intestino médio e fígado). O fígado foi pesado em balança digital para a obtenção do Índice hepatossomático (IHS- peso fígado/peso corporal x 100), e os fragmentos dos órgãos foram fixados em solução de Bouin e transportados para o Laboratório de Técnicas Histológicas do Instituto de Ciências Biológicas da UFPA.

No laboratório após 24 horas de fixação, as amostras foram desidratadas em concentrações crescentes de etanol, diafanizadas em xilol e incluídas em parafina (Prophet et al., 1995). Foram feitos cortes histológicos de 5 $\mu$ m de espessura em micrótomo rotatório (LEICA RM2245) e posteriormente corados em solução de Hematoxilina e Eosina (HE), Reativo de Shiff (PAS) e Tricômico de Masson. Para fotomicrografias e morfometrias dos cortes utilizou-se o microscópio de luz (NIKON Eclipse Ci) acoplado a uma câmera digital (NIKON DS-Ri1) equipado com software NIS-Elements BR4.00.07, respectivamente.

Para realização das medidas morfométricas do intestino médio do tambaqui foram utilizados duas lâminas com cortes histológicos de dois animais de cada tratamento (T1, T2, T3 e T4), e realizadas dez medidas morfométricas: altura das vilosidades intestinais – hV (0,91 $\mu$ m pixel<sup>-1</sup>) e cinco medidas de altura do epitélio, sendo uma no ápice da vilosidade- hEa (0,23  $\mu$ m pixel<sup>-1</sup>), a segunda no lado esquerdo superior (hEe1), a terceira no lado esquerdo inferior da vilosidade (hEe2), a quarta e quinta medida do lado direito da vilosidade superior (hEd1) e inferior (hEd2), respectivamente. Também foram mensuradas as alturas supranucleares- hSN (0,23 $\mu$ m) dos enterócitos e a altura das microvilosidades- hMV ( planura estriada) na mesma posição onde foram medidas as alturas dos epitélios. Os parâmetros mensurados no presente estudo foram adaptados de Escafre et al., (2007).

Para realização das medidas morfométricas do fígado foram utilizados três lâminas com cortes histológicos, que correspondem a três indivíduos de cada tratamento (T1, T2, T3 e T4). Foram feitas medidas de área ( $\mu\text{m}^2$ ) de 100 hepatócitos nas proximidades de cinco veias centro lobulares. E análise qualitativa para verificar o grau de alteração patológica do órgão.

Os resultados da morfometria do intestino médio, do fígado, e o índice hepatossomático- IHS foram submetidos à análise estatística, utilizando o software BioEstat 5.0 (Ayres et al., 2007). Foram conduzidos os testes de normalidade e homocedasticidade, e as diferenças avaliadas por meio de Análise de Variância para um ou dois critérios (ANOVA) e submetidos ao Teste de Tukey em nível de 5% de significância, representados pelas médias e desvio padrão.



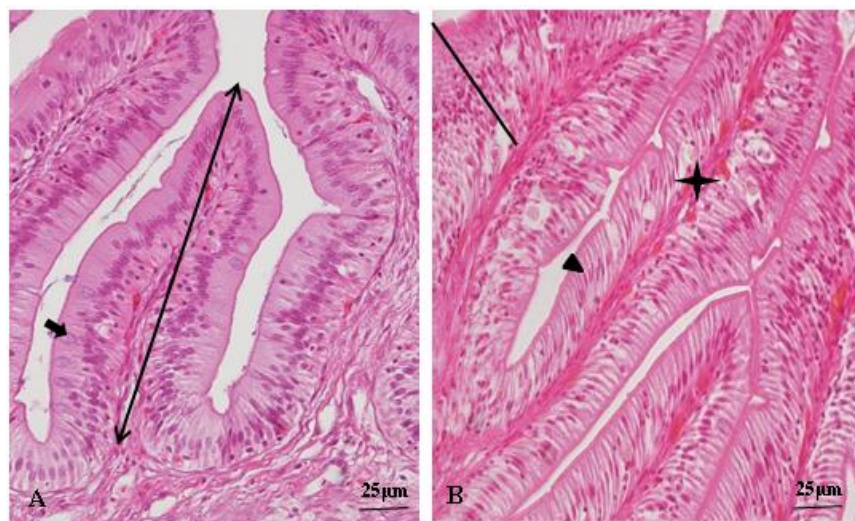
## Resultados e Discussão

A qualidade da água é um dos fatores cruciais para o desempenho de uma produção, pois a variação do pH, temperatura, alcalinidade e concentração de amônia e nitrito alteram o metabolismo dos animais, podendo comprometer o crescimento e a saúde dos peixes (Wedermeyer, 1997). Durante o experimento foram obtidas as médias das variáveis físico-químicas. A temperatura foi de  $29,55 \pm 0,89^\circ\text{C}$ ; pH de  $6,24 \pm 0,59$ ; Oxigênio dissolvido de  $5,68 \pm 0,61\text{mg/L}$ ; Amônia de  $0,165 \pm 0,08\text{ mg/L}$ ; Nitrito de  $0,01 \pm 0,003$  e alcalinidade total de  $8,56 \pm 5,96\text{ mg/L}$ . Estes resultados estão dentro dos limites aceitáveis para piscicultura, pois concordam com aqueles padronizados para a criação de peixes tropicais de água doce (Rocha & Paulinho, 2007; Kubitzka, 2004).

Macroscopicamente o intestino do tambaqui é um tubo longo comparado a outras espécies de teleósteos, fato relacionado com a dieta e o hábito alimentar. O intestino é dividido em três regiões não distintas, sendo classificado como intestino anterior, médio e posterior (Araújo-lima & Goulding, 1998; Rotta, 2003). No presente trabalho foi utilizada a porção média por ser a responsável pelo final da digestão e pela absorção dos nutrientes.

As análises histológicas do intestino médio mostraram normalidade e preservação dos tecidos, sendo constituídas das camadas mucosa, submucosa, muscular e adventícia (Figura 1). O resultado das análises morfométricas das vilosidades intestinais (Tabela 2) revelaram que as dietas não interferiram nas medidas de altura das vilosidades- hV, altura de epitélio- hE e altura supranuclear- hSN ( $p > 0,05$ ). Porém, apenas as dietas T1 e T4 interferiram na altura de microvilosidade - hMV ( $p < 0,05$ ), sendo essas responsáveis pela absorção dos nutrientes e responsável em sua grande maioria pela digestão enzimática dos alimentos (Lovell, 1988). Contudo, foi observado que em *Oncorhynchus mykiss* alimentados com farinha de peixe e concentrado de proteína de soja ocorreu alterações altura do epitélio do intestino distal (Escaffre et al., 2007). Fato que não ocorreu no presente estudo, visto que foi utilizada a

porção média. Montagne et al. (2003), ressalta que o excesso de fibra alimentar solúvel na dieta pode causar alterações no epitélio intestinal de animais não ruminantes. Por outro lado, Fabregat et al. (2011) em seu trabalho com *Piaractus mesopotamicus* não observou variações na morfometria intestinal entre as diferentes dietas com ingredientes fibrosos, considerando que o percentual médio de fibra de todas as dietas foi de 9%. Confirmando os resultados desse estudo em que a dieta com maior percentual de fibra (5,48%) não provocou alterações na morfometria do intestino de tambaqui.



**Figura 1.** Intestino delgado de juvenis de tambaqui alimentados com ingredientes regionais. (A) Mucosa intestinal de animais alimentados com a dieta dendê (B) Mucosa intestinal de animais alimentados com a dieta coco. (seta dupla) Vilosidade intestinal; (seta) Células caliciformes; (linha) Alteração no epitélio intestinal; (cabeça de seta) enterócitos; (estrela) Lâmina própria. Corados em HE (400X).

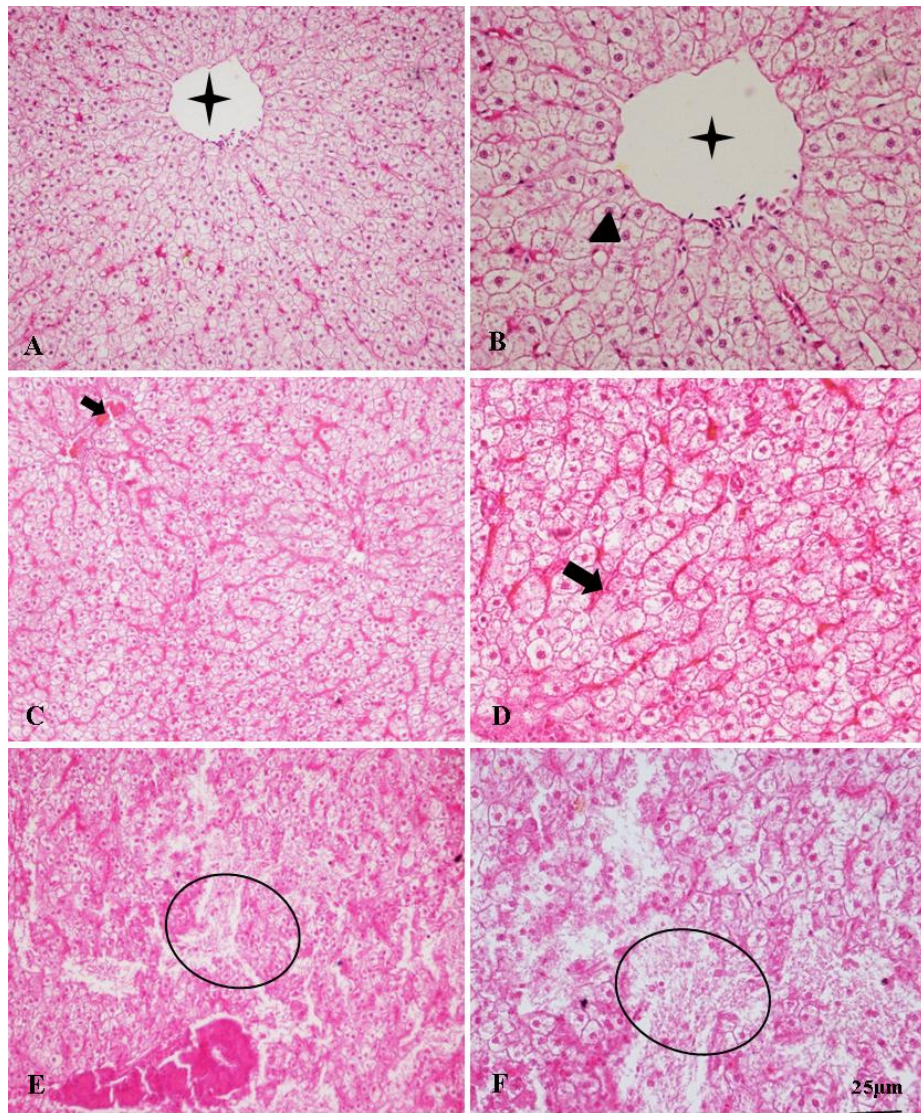
**Tabela 2.** Médias e desvio padrão da morfometria do intestino médio de juvenis de tambaqui das diferentes dietas.

Parâmetros	Dietas			
	T1 <sup>(1)</sup>	T2 <sup>(2)</sup>	T3 <sup>(3)</sup>	T4 <sup>(4)</sup>
hV <sup>(5)</sup>	411,80 ± 45,51 <sup>a</sup>	420,19 ± 56,53 <sup>a</sup>	443,59 ± 58,33 <sup>a</sup>	381,68 ± 62,97 <sup>a</sup>
hE <sup>(6)</sup>	33,389 ± 3,00 <sup>a</sup>	33,319 ± 4,00 <sup>a</sup>	38,342 ± 5,32 <sup>a</sup>	34,057 ± 3,78 <sup>a</sup>
hSN <sup>(7)</sup>	14,256 ± 2,00 <sup>a</sup>	14,597 ± 4,82 <sup>a</sup>	15,397 ± 2,15 <sup>a</sup>	16,237 ± 1,79 <sup>a</sup>
hMV <sup>(8)</sup>	4,317 ± 0,28 <sup>a</sup>	3,892 ± 0,34 <sup>bc</sup>	3,932 ± 0,26 <sup>bc</sup>	3,412 ± 0,19 <sup>d</sup>

Médias seguidas de letras iguais na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). <sup>(1)</sup> Dieta Basal, <sup>(2)</sup> Dieta a base de torta de dendê, <sup>(3)</sup> Dieta a base de torta de tucumã, <sup>(4)</sup> Dieta a base de farelo de coco, <sup>(5)</sup> altura da vilosidade, <sup>(6)</sup> altura do epitélio, <sup>(7)</sup> altura supranuclear dos enterócitos, <sup>(8)</sup> altura de microvilosidades.

O fígado normal do tambaqui apresentou uma estrutura homogênea, de coloração marrom avermelhada em virtude de sua rica vascularização e está localizado craniodorsalmente ao estômago. O órgão é dividido em três lobos um ventral e dois laterais direito e esquerdo com tamanhos equivalentes. Porém difere do fígado de *Brachyplatystoma rousseauxiii* que apresenta dois lobos (Rocha et al., 2010). Possivelmente a divisão de lobos esteja relacionada com a posição filogenética das espécies ou com seu modo de vida.

O parênquima hepático de juvenis de *Colossoma macropomum* é constituído pela veia centro lobular (VCL) circundado por cordões de hepatócitos e por capilares sinusóides. O hepatócito apresentou formato poligonal com núcleo esférico e centralizado (Figura 2). Ainda foram observados próximo às veias e artérias hepáticas, tecido pancreático exócrino difuso e a ausência de tríade portal, sendo encontrados ductos biliares e artérias hepáticas dispersas no parênquima. Esses dados corroboram com aqueles observados em *Leporinus macrocephalus* (Bombonato et al., 2007), em *Astyanax altiparanae* (Bertolucci et al., 2008) e em *Colossoma macropomum* (Costa et al., 2012) e *Oreochromis nilotus* (Vicentini et al., 2005). As tríades portais não são distintas ou são ausentes em quase todos os teleósteos (Bruslé & Anadon, 1996).



**Figura 2.** Fígado de juvenis de tambaqui alimentados com ingredientes regionais. (A) e (B) Parênquima hepático normal de tambaquis alimentados com a dieta dendê evidenciando os hepatócitos (cabeça de seta) e a veia centro lobular (estrela) Aumento de 200X e 400X, respectivamente; (C) e (D) Parênquima hepático de tambaquis alimentados com dieta coco, apresentando congestão de vasos sanguíneos (setas) (200 e 400X); (E) e (F) Parênquima hepático de tambaquis alimentados com a dieta tucumã mostrando degeneração celular (círculos) (200 e 400X). Corados com HE.

A análise estatística das medidas de área dos hepatócitos (aHp) mostrou que a dieta T3 ( $211.11 \pm 6.29$ ) diferiu significativamente das dietas T1 ( $194.64 \pm 5.42$ ) e T2 ( $186.36 \pm 9.63$ ). Assim como a dieta T2 ( $186.36 \pm 9.63$ ) diferiu significativamente da dieta T4 ( $204.95 \pm 5.51$ ) (Tabela 3). O fígado é o órgão que realiza diversas funções fisiológicas importantes,

anabólicas (proteínas, lipídeos e carboidratos) e catabólicas (nitrogênio, glicogênio e desintoxicação) e também responsável pelo armazenamento de lipídeos e vitaminas (Bruslé & Anadon, 1996). Possivelmente o aumento da área dos hepatócitos com a dieta tucumã-T3, foi devido a composição química do ingrediente, pois de acordo com Ferreira et al. (2008), o óleo do tucumã possui um elevado teor lipídico (média 40,49%), rico principalmente nos ácidos graxos, oleico (média 67,62%) e palmítico (média 22,90%).

**Tabela 3.** Médias e desvio padrão da morfometria da área dos hepatócitos e do Índice Hepatosomático das diferentes dietas.

Dieta	aHP <sup>(5)</sup>	IHS <sup>(6)</sup>
T1 <sup>(1)</sup>	194,64 ± 5,42 <sup>a</sup>	2,22 ± 0,25 <sup>abc</sup>
T2 <sup>(2)</sup>	186,36 ± 9,63 <sup>a</sup>	2,01 ± 0,31 <sup>ab</sup>
T3 <sup>(3)</sup>	211,11 ± 6,29 <sup>b</sup>	2,36 ± 0,22 <sup>abc</sup>
T4 <sup>(4)</sup>	204,95 ± 5,51 <sup>ab</sup>	2,39 ± 0,33 <sup>ac</sup>

Médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). <sup>(1)</sup> Dieta Basal, <sup>(2)</sup> Dieta a base de torta de dendê, <sup>(3)</sup> Dieta a base de tucumã, <sup>(4)</sup> Dieta a base de farelo de coco, <sup>(5)</sup> Área do hepatócito, <sup>(6)</sup> Índice Hepatosomático- IHS = 100x [peso fígado (g)/ peso vivo total (g)].

A análise qualitativa do fígado mostraram também que na dieta T3 todos os peixes apresentaram congestão de vasos sanguíneos e 44,40% apresentaram degeneração celular. Assim como na dieta T4 que 100% dos peixes apresentaram congestão de vasos sanguíneos. Contudo, juvenis de tambaqui com parênquima hepática normal foram observados nas dietas T1 (88,90%) e T2 (66,70%). Fountoulaki et al., (2009) observaram maior acúmulo de ácido oleico no fígado do que no músculo de *Spaurus aurata* alimentados com óleo de dendê. Contudo em *Heterobranchus longifilis* após alimentação com óleo de torta de dendê e girassol observaram hepatócitos regulares com núcleo centralizado e sem evidências de acúmulos de lipídeos citoplasmáticos (Babalola et al., 2011).

Os resultados obtidos do Índice Hepatosomático- IHS mostrou que houve diferenças estatisticamente significativas apenas entre as dietas T2 e T4 (p<0.05) (Tabela 3). Segundo Matos et al., (2008) a quantidade dos ácidos graxos presente no farelo de coco é rico em ácido láurico (média 44 a 52%) e mirístico (média 13 a 19%) de cadeias saturadas e grande

percentagem de glicerol. Então sugere-se que a composição lipídica do farelo de coco do presente estudo aumentou o volume do órgão, porém isso não alterou nenhuma função hepática nos juvenis de tambaqui. O aumento do IHS também foi observado por Tibbetts et al. (2005) que verificaram que quanto maior a quantidade de lipídeo na dieta de *Melanogrammus aeglefinus* maior era o IHS (>12%). O mesmo foi confirmado por Nanton et al. (2003) estudando a atividade  $\beta$ - oxidação de ácidos graxos no fígado e músculo de juvenis de haddock, que detectaram o aumento do IHS e lipídeos nos animais submetidos a uma dieta com 12 a 24% de lipídeos. Por conseguinte a quantidade desse composto orgânico presente na dieta T4 não prejudicaria a estrutura funcional do fígado, visto que órgão é armazenador de lipídeos.

### **Conclusões**

1- As dietas experimentais testadas nesse trabalho não alteraram a integridade geral da mucosa intestinal. Mas, foram verificadas diferenças apenas no parâmetro, altura de microvilosidades, entre a dieta basal e a dieta à base de farelo de coco.

2- O fígado foi o órgão que mostrou maiores alterações patológicas, evidenciando que a dieta à base de coco não mostrou bons resultados no IHS, nas morfometrias dos hepatócitos e nas patologias.

3- A dieta a base de tucumã foi mais prejudicial quanto à integridade dos hepatócitos e do parênquima hepático.

4- A dieta à base de torta de dendê é a mais indicada para incluímos na alimentação de juvenis de tambaqui.

### **Agradecimentos**

À CAPES pela bolsa de Pós- Graduação concedida e a Rede AquaBrasil pelo financiamento do projeto.

## Referências

- AYRES, M.; AYRES JUNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S. **BioEstat 5.0.: aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biomédicas**. Sociedade Civil Mamirauá: Belém, Pará- Brasil. 34p. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Ong Mamiraua. Belém, PA. 2007.
- AOAC- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY, 1999. **Official Methods of Analysis**, AOAC, Washington, DC.
- ARAÚJO-LIMA, C. & GOULDING, M. **Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia**. Sociedade Civil Mamirauá, MCT – CNPq, 186p. 1998.
- BABALOLA, T. O.; APATA, D. F.; OMOTOSHO, J. S.; ADEBAYO, M. A. Differential effects of dietary lipids on growth performance, digestibility, fatty acid composition and histology of African catfish (*Heterobranchus longifilis*) Fingerlings. **Food and Nutrition Sciences**, v. 2, p. 11-21, 2011.
- BERTOLUCCI, B.; VICENTINI, C. A.; VICENTINI, I. B. F.; BOMBONATO, M. T. S. Light microscopy and ultrastructure of the liver of *Astyanax altiparanae* Garutti and Britski, 2000 (Teleostei, Characidae). **Acta Scientiarum Biological Science**. Maringá, v. 30, n. 1, p. 73-76, 2008.
- BOMBONATO, M. T. S.; ROCHEL, S. S.; VICENTINI, C. A.; VICENTINI, I. B. F. Estudo morfológico do tecido hepático de *Leporinus macrocephalus*. **Acta Scientiarum Biological Science**. Maringá, v. 29, n. 1, p. 81-85, 2007.
- BRUSLÉ, J. e ANADON, G. G. The structure and function of fish liver. In: **Fish Morphology: Horizon of new research**. Science publishers, 300 p, 1996.
- CHAGAS, E. C.; GOMES, L. C.; MARTINS-JUNIOR, H. e ROUBACH, R. Produtividade de tambaqui criado em tanque-rede com diferentes taxas de alimentação. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 37, n.4, p.1109 -1115, julho - agosto, 2007.
- COSTA, G. M.; ORTIS, R. C.; LIMA, M. G.; CASALS, J. B.; LIMA, A. R.; KFOURY JUNIOR, J. R. Estrutura morfológica do fígado de tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, n. 9, p. 947-950, setembro 2012.
- DAIRIKI, J. K. **Revisão de literatura: exigências nutricionais do tambaqui- complicação de trabalho, formulação da ração adequada e desafios futuros/** Jony Koji Daikiri e Thyssia Bonfim Araújo da Silva. – Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2011. 44p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documento, 91) ISSN 1517:3135.



ESCAFFRE, ANNE-MARIE; KAUSHIK, S. e MAMBRINI, M. Morphometric evaluation of changes in the digestive tract of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) due to fishmeal replacement with soy protein concentrate. **Aquaculture**, v.273, p. 127-138, 2007.

FAO- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Fisheries and aquaculture**. Viale delle Terme di Caracalla, 00153, Rome, Italy (2010). Disponível em: [www.fao.org](http://www.fao.org) .Acesso em 18/01/2012.

FABREGAT, T. E. H. P et al. Fontes de fibra na alimentação do pacu: desempenho, composição corporal e morfometria intestinal. **Arq. Bras. Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.6, p.1533 -1540, 2011.

FERREIRA, E.S.; LUCIEN, V.G.; AMARAL, A.S.; SILVEIRA, C.S. Caracterização físico-química do fruto de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart). **Alimentos e Nutrição Araraquara**. v.19, n.4, p 427-433, out/dez 2008.

FOUNTOULAKI, E.; VASILAKI, A.; HURTADO, R.; GRIGORAKIS, K.; KARACOSTAS, I.; NENGAS, I.; RIGOS, G.; KOTZAMANIS, Y.; VENOU, B.; ALEXIS, M. N. Fish oil substitution by vegetable oils in commercial diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.); effects on growth performance, flesh quality and fillet fatty acid profile. Recovery of fatty acid profiles by a fish oil finishing diet under fluctuating water temperatures. **Aquaculture**, v. 289, p. 317-326, 2009.

GOMES, L. C.; CHIPPARI-GOMES, A. R.; LOPES, N. P.; ROUBACH, R.; ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M. Efficacy of benzocaine as na anesthetic in juvenile tambaqui, *Colossoma macropomum*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 32, n. 4, p. 426- 431. Dez. 2001.

GOMES, L. C. **Protocolo para o transporte de Tambaqui (*Colossoma macropomum*) vivo/** Levy de Carvalho Gomes. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 20 p.(Embrapa Amazônia Ocidental, Documento; 27- ISSN 1517-3135). 2003.

IZEL, A . C. U.; MELO, L. A . S. **Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques escavados no Estado do Amazonas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 20p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 32) 2004.

KUBITZA, F. **Coletânea de informações aplicadas ao cultivo do tambaqui, do pacu e de outros peixes redondos. Parte 2**. Panorama da Aquicultura. Edição 83; p. 13- 21, ISSN 1519- 1141. Mai/Junho 2004.

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

MPA- MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura- 2010.** Disponível no site [www.sepaq.pa.gov.br/files/u1/anuario\\_da\\_pesca\\_completo.pdf](http://www.sepaq.pa.gov.br/files/u1/anuario_da_pesca_completo.pdf). Acesso em 19/01/2012.

MATOS, F. J. A.; CAVALCANTI, F. S.; PARENTE, J. P. Estudo agrônômico qualitativo e quantitativo de *Cyperus esculentus* L.(junca)- Uma fonte inexplorada de alimento energético. **Revista Ciên. Agron.**, Fortaleza, v. 39, n. 01, p. 124 – 129, Jan-Mar., 2008.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HANPSON, D. J. A review of interactions between dietary fibre and intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v. 108, p. 95-117, 2003.

NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Fish.** ISBN:0-309-59629-7, 127 p. 8,5 x 11, (1993). National Academy Press, PDF disponível no site: <http://www.nap.edu/catalog/2115.html>. Acesso em: 16/10/2010.

NANTON, D. A.; LALL, S. P.; ROSS, N. W.; McNIVEN, M. A. Effect of dietary lipid level on fatty acid  $\beta$ -oxidation and lipid composition in various tissues of haddock, *Melanogrammus aeglefinus* L. **Comparative biochemistry and physiology part B: Biochemistry and molecular biology**, v. 135, n. 1,p. 95-108, may 2003.

PASCOAL, L. A. F.; MIRANDA, E. C.; SILVA FILHO, F.P. O uso de ingredientes alternativos em dietas para peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 3, n. 1, p 284 - 298, Jan/Fevereiro 2006. Disponível em [http://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/029V3N1P287\\_298\\_JAN2006.pdf](http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/029V3N1P287_298_JAN2006.pdf). Acesso em 12/03/2013.

PROPHET, E. B.; MILIS, B.; ARRINGTON, J. B.; SOBIN, L. H. Métodos Histotecnológicos **Instituto de Patologia de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos de America (AFIP)**, Washigton (DC), 1995.

ROCHA, R. M.; COELHO, R. P.; MONTES, C. S.; SANTOS, S. S. D.; FERREIRA, M. A. P. Avaliação histopatológica do fígado de *Brachyplatystoma rousseauxii* (Castelnau, 1855) da Baía do Guajará. **Ciência Animal Brasileira** (UFG, Impresso), v. 11, p. 101-109, 2010.

ROCHA, C. M. S e PAULINO, W. D. **Qualidade da água para piscicultura.** Leitura de Minuto 7. *In:* Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos- Governo do Estado do Ceará, 2007. PDF disponível no site: <http://www.hidro.ce.gov.br/aceso-rapido/leituras-de-minuto>. Acesso em: 06/02/2013.

ROTTA, M. A. **Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura**/ 48 p. Documentos/ Embrapa Pantanal ISSN 1517-1973;53 Marco Aurélio Rotta. Corumbá: 2003.

TIBBETTS, S. M.; LALL, S. P.; MILLEY, J. E. Effects of dietary protein and lipid level and DP DE<sup>-1</sup>ratio on growth, feed utilization and hepatosomatic index of juvenile haddock, *Melanogrammus aeglefinus* L. **Aquaculture Nutrition**, v. 11, p. 67- 75, 2005.

VICENTINI, C.A.; FRANCESCHINI-VICENTINI, I. B.; BOMBONATO, M. T. S.; BERTOLUCCI, B.; LIMA, S. G.; SANTOS, A. S. Morphological study of the liver in the Teleost *Oreochromis nilotus*. **International Journal of Morphology** (online), Temuco, v. 23, n.3, p. 211-216, 2005.

WEDEMEYER, G. A. (1997). Effects of rearing conditions on the health and physiological quality of fish in intensive culture. In: **Fish Stress and Health in Aquaculture** (Ed. By G.K. Iwama, A. D. Pickering, J. P. Sumpter & C.B. Schreck), p. 35-71. Cambridge University Press, United Kingdom.

## 5 CONCLUSÃO

As dietas experimentais testadas nesse trabalho não alteraram a integridade da mucosa intestinal, mas foram verificados maiores valores na altura de microvilosidades da dieta basal e menores na dieta à base de farelo de coco.

O fígado foi o órgão que mostrou maiores alterações patológicas em virtude de exercer funções fisiológicas diversificadas para a saúde do peixe. Evidenciamos assim, que a dieta à base de coco-T4 respondeu negativamente tanto ao IHS, as morfometrias dos hepatócitos e as patologias. Sendo por tanto a menos indicada para alimentação de juvenis de tambaqui. No entanto, recomendamos a dieta de dendê-T2 para inclusão e alimentação desses peixes.

## REFERÊNCIAS

- AL-YOSEIF, M.H. et al. Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. **Science of the Total Environment**, Michigan, v.256, p 87-94, 2000.
- AYRES, M. et al. **BioEstat 5.0.: Aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biomédicas**. Sociedade Civil Mamirauá: Belém, Pará- Brasil. 34p. Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biomédicas. Ong Mamiraua. Belém, PA. 2007.
- ANSELMO, A. A. S. **Resíduos de frutos amazônicos como ingredientes alternativos em rações extrusadas para juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum***. 2008. 45f. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais) Curso de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2008.
- AOAC- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official Methods of Analysis**, AOAC, Washington, DC, 1999.
- ARAÚJO-LIMA, C. ; GOULDING, M. **Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia**. Sociedade Civil. Mamirauá (AM), MCT – CNPq, 1998, 186 p.
- ARBEALÉZ-ROJAS, G. A.; FRACALOSSO, D. M.; FIM, J. D. I. Composição corporal de tambaqui *Colossoma macropomum*, e Matrinxã, *Brycon cephalus*, em Sistemas de Cultivo Intensivo, em Igarapé, e Semi- Intensivo, em Viveiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.3, p. 1059- 1069. 2002
- BAHIA (Estado). Secretaria de Agricultura, Pecuária, Irrigação, Reforma Agrária, Pesca e Aquicultura. **Produção do coco e cadeia produtiva na Bahia**. Bahia, 2012. Disponível em <http://www.bahiaeconomica.com.br/noticia/59140,producao-de-coco-e-cadeia-produtiva-crecem-na-bahia.html>
- BEHMER, O. A.; TOLOSA, E. M. C de; FREITAS NETO, A. G. **Manual de Técnicas para Histologia Normal e Patológica**. 2 ed. Barueri, São Paulo: Manole, 2003, 331 p.
- BERNET, D. et al. Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution. **Journal of fish diseases**. v.22, p. 25-34, 1999.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **Viabilidade da extração de óleo de dendê no estado do Pará- Texto para revisão e crítica**. Viçosa- MG,2007, 60 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura-Brasil 2010 publicado em fevereiro 2012.** disponível no site [www.sepaq.pa.gov.br/files/u1/anuario\\_da\\_pesca\\_completo.pdf](http://www.sepaq.pa.gov.br/files/u1/anuario_da_pesca_completo.pdf). Acesso em 19/01/2013.

BRUSLÉ, J. ; ANADON, G. G. The structure and function of fish liver.

In: **Fish Morphology: Horizon of new research.** [USA] Science publishers, 1996, 300 p.

CHAGAS, E. C. et al. Produtividade de tambaqui criado em tanque-rede com diferentes taxas de alimentação. **Ciência Rural.** Santa Maria, v. 37, n.4, p.1109 -1115, jul - agos, 2007.

CLEMENT, C. R.; LLERAS, P. R.; VAN LEEUWEN, J. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociência, Montivideo,** v. 9, n. 1-2, p. 67 -71, 2005. Disponível em: [http://www.inpa.gov.br/cpca/charles/pdf/agrociencias\\_clement-et-al\\_2005.pdf](http://www.inpa.gov.br/cpca/charles/pdf/agrociencias_clement-et-al_2005.pdf). Acesso em 13/03/2013.

EMBRAPA. **Instruções para o cultivo do coqueiro.** Aracajú: Embrapa-CNPCo, 1986, 27p. (Circular Técnica, 3) Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/358963>. Acesso em 14/03/2013.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2012. A produção de dendê na Amazônia. Disponível em: <http://www.cpatu.embrapa.br/noticias/2012/seminario-internacional-avalia-a-producao-de-dende-na-amazonia>. Acesso em 12/03/2013.

ESCAFFRE, A.; KAUSHIK, S. ; MAMBRINI, M. Morphometric evaluation of changes in the digestive tract of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) due to fishmeal replacement with soy protein concentrate. **Aquaculture,** v.273, p. 127-138, 2007.

FABREGAT, T. E. H. P et al. Fontes de fibra na alimentação do pacu: desempenho, composição corporal e morfometria intestinal. **Arq. Bras. Medicina Veterinária e Zootecnia,** v.63, n.6, p.1533 -1540, 2011.

FAO- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Fisheries and aquaculture.** Viale delle Terme di Caracalla, 00153,Rome, Italy 2010. Disponível em: [www.fao.org](http://www.fao.org) .Acesso em 18/01/2012.

FAO- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAO no Brasil – Memória de Cooperação Técnica.** The State of Food and Agriculture 2010-2011. The State of the World's Forests 2011. Disponível em [www.fao.org.br](http://www.fao.org.br). Acesso em 15/01/2012.

FERREIRA, E.S. et al. Caracterização físico-química do fruto de tucumã (*Astrocarium vulgare* Mart). **Alimentos e Nutrição Araraquara**. v.19, n.4, p 427-433, out/dez 2008.

FULAN JUNIOR, J. **Dendê: manejo e uso dos suprodutos e resíduos**. Belem -PA: Embrapa Amazônia Oriental. 2006. 40 p. Documentos, 246.

GOMES, L. C. et al. Efficacy of benzocaine as na anesthetic in juvenile tambaqui, *Colossoma macropomum*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 32, n. 4, p. 426- 431. Dez. 2001.

GOMES, L. C. **Protocolo para o transporte de Tambaqui (*Colossoma macropomum*) vivo**/ Levy de Carvalho Gomes. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2003, 20 p. (Documento; 27- ISSN 1517-3135).

GOULDING, M. **The fishes and the florest; Explorations in Amazonian natural history**. Univ. California Press, Berkeley and Los Angeles, 1980, 280 p.

GOUDING, M. Flood forests of the Amazon. **Scientific American**, v.268, p. 113-120. 1993.

HIBIYA, T. **An atlas of fish histology, normal and pathological features**. Coll. Agric., Nihon Univ.,Tokyo, Japan. 1982, 147 p. ISBN 3-437-30388-0.

IBAMA- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Estatística da Pesca 2007. Brasil- Grandes regiões e unidades da Federação**. Brasília: Ibama, 2007, 151p.

IBAMA- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Estatística da Pesca 2006 Brasil- Grandes regiões e unidades da Federação**. Brasília: Ibama, 2008. 174 p; 29 cm. ISBN 978-85-7300-276-8. Disponível em [http://www.ibama.gov.br/ma/wp-content/files/boletim\\_2006.pdf](http://www.ibama.gov.br/ma/wp-content/files/boletim_2006.pdf). Acesso em 18/01/2012.

IZEL, A . C. U.; MELO, L. A . S. **Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques escavados no Estado do Amazonas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2004, 20p. (Documentos, 32).

KUBITZA, F. Coletânea de informações aplicadas ao cultivo do tambaqui, do pacu e de outros peixes redondos. Parte 2. In: **Revista Panorama da Aquicultura**. Edição 83; p. 13-21, ISSN 1519- 1141. Mai/Junho 2004.

LEMOS, M. V. A.; GUIMARÃES, I. G.; MIRANDA, E. C. Farelo de coco em dietas para o tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Revista Bras. Saúde Produção Animal Salvador**, v.12, n.1, p.188-198 jan/mar, 2011. ISSN 1519 9940.

LIMA, R. R.; TRASSATO, L. C.; COELHO, V. **O tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) principais características e potencialidade agroindustrial**. Belém. EMBRAPA-CPATU, Boletim de Pesquisa 75, 27 p. 1986.

LOPES, J. M.; PASCOAL, L. A. F.; SILVA FILHO, F. P. et al. Farelo de babaçu em dietas para tambaqui. **Revista Bras. Saúde e Produção Animal**, v. 11 n. 2, p 519 -526, abr/jun, 2010.

MACHADO-ALLISON, A. Estudios sobre La subfamília Serrasalminae (Teleostei, Characidae). Parte I. Estudios comparado de lós juveniles de lãs cachamas de Venezuela. **Acta Biologica Venezuelica**, v. 11, p.1- 101,1982.

NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Fish**. ISBN:0-309-59629-7, 127 p. 8,5 x 11, (1993). National Academy Press, PDF disponível no site: <http://www.nap.edu/catalog/2115.html>. Acesso em: 16/10/2010.

OLIVEIRA, Alzira. Miranda de. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos do tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818) alimentado com dietas suplementadas por frutos e sementes de áreas alagadas**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Curso de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 73p.

OTERO, L. E. S. **Limites e potencialidade do tucumã como fonte de energia para regiões isoladas da Amazônia**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas), Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 79p.

PANTOJA, N. V. Estudo do fruto do tucumã (*Astrocarium aculeatum*) para obtenção de óleo e síntese de biodiesel. In: 29ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. 2006, Águas de Lindóia- SP. **Anais da 29ª Reunião da Sociedade Brasileira de Química**. 2006.

PASCOAL, L. A. F.; MIRANDA, E. C.; SILVA FILHO, F.P. O uso de ingredientes alternativos em dietas para peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 3, n. 1, p 284 - 298, jan/fevereiro 2006. Disponível em [http://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/029V3N1P287\\_298\\_JAN2006.pdf](http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/029V3N1P287_298_JAN2006.pdf). Acesso em 12/03/2013.



QUEIROZ, J. F.; LOURENÇO, J. N. P. e KITAMURA, P. C. (Eds.). **A Embrapa e a Aquicultura. Demandas e prioridades de pesquisa**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002, 35p. (Texto para Discussão; 11).

RESENDE, E. K. **Bases tecnológicas para o desenvolvimento da aqüicultura no Brasil AQUABRASIL**. Projeto em Rede- Macroprograma 1 Grandes Desafios Nacionais/Embrapa Pantanal, 2007.

REZENDE, J. R. et al. Avaliação da soja como fonte de alimentação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) produzido no Tocantins. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**- Goiânia, v.6, n. 11; p. 1-8, 2010.

ROCHA, C. M. S; PAULINO, W. D. **Qualidade da água para piscicultura**. Leitura de Minuto 7. In: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos- Governo do Estado do Ceará, 2007. PDF disponível no site: <http://www.hidro.ce.gov.br/acesso-rapido/leituras-de-minuto>. Acesso em: 06/02/2013.

ROSTAGNO, H. S. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos: tabelas brasileiras**. Viçosa: UFV, 110 p. 2000.

ROTTA, M. A. **Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura** / 48 p - Documentos/Embrapa Pantanal ISSN 1517-1973;53 Marco Aurélio Rotta Corumbá: 2003.

RUFFINO, L. M. **Gestão do uso de recursos pesqueiros na Amazônia**. Manaus: IBAMA, 2005, 135 p.

SILVA, J. A. M.; FILHO, M. P.; OLIVEIRA-PEREIRA, M. I. 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**, v.32, n. 6, p. 1815-1824, 2003.

SOUZA JÚNIOR, L. et al. Avaliação do valor nutritivo da torta de coco (*Cocos nucifera* L.) para suplementação alimentar de ruminantes na Amazônia Oriental. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, Belém, v. 4, n. 8, jan/jun. 2009.

VIEGAS, E.M.M. et al. Farelo de canola em dietas para pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887): efeito sobre o crescimento e a composição corporal. **Arq. Bras. Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 60, n. 6, p. 1502 -1510, 2008.

YINHUI, M. et al. Utilization of palm kernel cake (PCK) in aquaculture. **Palm Oil Research and Technical Service Institute of Malaysian Palm Oil Board**. 18 lane 88, Shanghai, China agosto 2011.