

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**  
**CURSO DE ZOOTECNIA**  
**MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ANATOMIA DO APARELHO DIGESTÓRIO DO TAMBAQUI**  
**(*Colossoma macropomum*) ALIMENTADOS COM RAÇÕES DE**  
**DIFERENTES NÍVEIS DE FÓSFORO DIGESTÍVEL**

**Aluna: Bruna Tássia dos Santos**  
**Pantoja**

**Orientador: Rafael Cardoso Carvalho**

**CHAPADINHA – MA**

**2018**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS**  
**CURSO DE ZOOTECNIA**  
**MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ANATOMIA DO APARELHO DIGESTÓRIO DO TAMBAQUI**  
*(Colossoma macropomum)* **ALIMENTADOS COM RAÇÕES DE**  
**DIFERENTES NÍVEIS DE FÓSFORO DIGESTÍVEL**

**Trabalho apresentado ao curso de Zootecnia da Universidade Federal do Maranhão como requisito indispensável para graduação em Zootecnia.**

**Aluna: Bruna Tássia dos Santos Pantoja**

**Orientador: Rafael Cardoso Carvalho**

**CHAPADINHA – MA**

**2018**

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

PANTOJA, BRUNA TÁSSIA DOS SANTOS.

Anatomia do aparelho digestório do tambaqui *Colossoma macropomum* alimentados com rações de diferentes níveis de fósforo digestível / BRUNA TÁSSIA DOS SANTOS PANTOJA. - 2018.

32 f.

Orientador(a): RAFAEL CARDOSO CARVALHO.

Monografia (Graduação) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal do Maranhão, CHAPADINHA, 2018.

1. MORFOLOGIA. 2. MORFOMETRIA. 3. NUTRIÇÃO. I. CARVALHO, RAFAEL CARDOSO. II. Título.

**BRUNA TÁSSIA DOS SANTOS PANTOJA**

**ANATOMIA DO TRATO DIGESTÓRIO DO TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)  
ALIMENTADOS COM RAÇÕES DE DIFERENTES NÍVEIS DE FÓSFORO  
DIGESTÍVEL**

Monografia apresentada ao Curso de Zootecnia da  
Universidade Federal do Maranhão como requisito  
indispensável à graduação em Zootecnia

Aprovada em:

Banca examinadora

---

Prof. Dr. Rafael Cardoso Carvalho – Universidade Federal do Maranhão  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim – Universidade Federal do Maranhão  
(1º membro)

---

Profª. Me. Renata Mondêgo de Oliveira – Universidade Federal do Maranhão – RENORBIO  
(2º membro)

CHAPADINHA – MA  
2018

Dedico à minha mãe, Francisca Pereira dos Santos Pantoja, meu alicerce e minha maior fonte de incentivo. E aos meus sobrinhos Maria Clara, Cauã, Julia e Yuri.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por tudo.

À minha mãe, **Francisca Pereira dos Santos Pantoja**, por estar sempre ao meu lado, nos momentos bons ou ruins. Por ser meu abrigo. Por ser minha conselheira, psicóloga, amiga, pai e mãe ao mesmo tempo. Por sempre ter uma palavra de incentivo e saber me acalmar de uma forma que ninguém sabe. Por sempre falar “tenha paciência minha filha, vai dar tudo certo”. Por não medir esforços para me ajudar. Não tenho palavras para descrever o quanto sou grata por ter uma mãe como você, sem seu apoio nada disso teria acontecido.

Aos meus familiares, em especial minhas irmãs **Herley**, **Brenda** e ao meu cunhado **Sandro**, por sempre estarem ao meu lado, me dando suporte.

Ao meu orientador **Rafael Cardoso Carvalho**, por toda credibilidade, ensinamentos, atenção e apoio. Por nunca medir esforços para me ajudar. Por ter contribuído no meu crescimento como profissional e como ser humano. Obrigada por todo incentivo e por ter apostado em mim no ramo da ciência. O mundo precisa de mais pessoas como você!

À profa **Katiene Regia Silva Sousa**, pela oportunidade de convívio e aprendizado, não apenas no que foi proposto, mas no meu crescimento como profissional e ser humano. Por ser um exemplo de resiliência, competência, inteligência e caráter. Obrigada por todos os ensinamentos, incentivo e conselhos.

Ao prof **Jefferson Costa de Siqueira**, pelo auxílio nas análises estatísticas e pelas sugestões.

À profa **Rose Ponso**, pelas sugestões e auxílio na execução do projeto.

Aos amigos **Francisco Gilvan (Jr)**, **Juliany Mendes**, **Gabriel Silva**, **Monik Silva**, **Daylane Oliveira**, **Eduardo Arouche**, **Angélica Alves**, **Katharine Batista**, **Wanderson Oliveira**, **Thomerson**, **Beatriz Costa**, **Edno Mota** e **Marina Pacheco** (mesmo sem manter contato), que estiveram presentes em todo o meu trajeto e em nenhum momento negaram apoio ou ajuda. Que o caminho de vocês seja repleto de vitórias.

À **Letícia Oliveira** e **Josué Silva**, pela amizade, companheirismo e incentivo ao longo desses anos.

Aos meus amigos e companheiros de curso **Danrley Martins**, **Bruno Miranda**, **Maryane Araújo**, **Ana Leão** e **Cledson Gomes**, pela amizade, companhia e apoio.

Ao pessoal do Laboratório de Anatomia Animal e Comparada, especialmente **Barbara Carvalho**, **Armando Reinaldo** e **Thamires Santos**, por toda ajuda, companheirismo e amizade.

À todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigada!

“Você nunca sabe os resultados que virão da sua ação. Mas se você não fizer nada, não existirão resultados.”

Mahatma Gandhi

## RESUMO

A importância de investigar a relação dos níveis de fósforo digestíveis na dieta de tambaquis com a morfologia do aparelho digestório destes peixes deve-se as diferentes moldagens que ocorrem morfológicamente, onde se observa que estas variações estão sob influências que provêm tanto pelas condições ambientais como pela biologia da espécie. Embora o conhecimento da biologia de peixes esteja sendo ampliado, estudos morfológicos de uma grande parte das espécies de peixes, são incipientes. Portanto existe a necessidade de maiores informações que auxiliem no conhecimento da biologia desta espécie, sendo os estudos que abordam a estrutura do aparelho digestório essenciais para elucidar as diversas relações das adaptações morfológicas frente a variações da dieta, além de fornecerem base para os estudos nutricionais de forma mais específica. Neste contexto, foram utilizados 150 peixes com peso médio inicial de 100 gramas, em delineamento inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos, cinco repetições e cinco peixes por unidade experimental. Para a fase inicial do tratamento nutricional, foram aplicadas administração de seis rações experimentais com diferentes níveis de fósforo total. Após o período do tratamento nutricional, foram coletados 60 peixes, sendo utilizados dez peixes por tratamento e dois peixes para cada repetição. Posteriormente, foi realizada a biometria dos peixes com o auxílio de ictiômetro e balança de precisão. Após 24 horas de fixação, os animais foram destinados para o estudo anatômico. Os resultados mostram que o esôfago se apresentou como um tubo curto, largo, com musculatura bem desenvolvida. O estômago pode ser dividido em três regiões: a cárdica, fúndica e pilórica. A região cárdica e pilórica possuem esfíncteres que controlam a passagem dos alimentos pelo estômago. O ceco pilórico apresentou-se como uma estrutura especializada encontrada na porção anterior e média do intestino, um divertículo cego de formato digitiforme. O intestino apresentou-se como um tubo relativamente simples, iniciando no piloro e terminando no reto. Podemos concluir que os diferentes níveis de fósforo digestíveis na dieta de tambaquis não modificam o padrão anatômico dos elementos constituintes do aparelho digestório desta espécie, assim como, é possível afirmar que não existem diferenças estatisticamente significantes entre os componentes morfológicos deste aparelho.

**Palavras-chave:** Morfologia, Morfometria, Nutrição.

## ABSTRACT

The importance of investigating the relationship of digestible phosphorus levels in the diet of the *Colossoma macropomum* with the morphology of the digestive tract should be different moldings occurring morphologically, where it is observed that these variations are under influences derived by the environmental conditions and by species biology. In the other hands, although knowledge of fish biology is being expanded, morphological studies of a large part of fish species are incipient. Therefore, it is necessary more information to assist in the knowledge of the biology of this species, and studies addressing the structure of the digestive system to elucidate the relationships of morphological and the adaptations to diet changes, and provide the basis for nutritional studies. In this context, 150 fishes with an initial average weight of 100g were used in a completely randomized design, consisting of six treatments, five replicates and five fish per experimental unit. For the initial phase of the nutritional treatment, six experimental diets with different levels of total phosphorus were applied. After the nutritional treatment period, 60 fish were collected, ten fish per treatment and two fish were used for each replicate. Subsequently, the biometry of the fish were performed with the aid of an ichthyometer and a precision scale. After 24 hours fixation the animals were used for anatomical study. The results show that the esophagus presented as a short, broad tube with well developed musculature. The stomach can be divided into three regions: the cardiac, fundic and pyloric. The cardiac and pyloric region have sphincters that control the passage of food through the stomach. The pyloric cecum presented as a specialized structure found in the anterior and middle portion of the intestine, like as a blind diverticulum of digitiform shape. The intestine presented as a relatively simple tube, starting at the pylorus and ending at the rectum. We can conclude that the different levels of digestible phosphorus in the diet of *C. macropomum* do not modify the anatomical model of the elements of the digestive apparatus of this species, as well as it is possible to affirm that there are no statistically significant differences between the morphological components of this apparatus.

**Keywords:** Morphology, Morphometry, Nutrition.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
<b>2.1 Objetivo geral.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>3</b>
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
<b>3.1 Tabaqui (Colossoma macropomum).....</b>	<b>4</b>
<b>3.2 Fósforo.....</b>	<b>4</b>
<b>3.3 Anatomia do trato digestório.....</b>	<b>5</b>
<b>3.4 Divisões do trato gastrointestinal.....</b>	<b>6</b>
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	8
<b>4.1 Local de estudo.....</b>	<b>8</b>
<b>4.2 Tratamento nutricional.....</b>	<b>8</b>
<b>4.3 Estudo anatômico.....</b>	<b>9</b>
<b>4.4 Análise estatística.....</b>	<b>10</b>
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
<b>5.1 Aspectos anatômicos do aparelho digestório do tabaqui.....</b>	<b>11</b>
5.1.1 Esôfago.....	11
5.1.2 Estômago.....	13
5.1.3 Ceco pilórico.....	15
5.1.4 Intestinos.....	15
<b>5.2 Aspectos morfométricos do aparelho digestório do tabaqui.....</b>	<b>18</b>
6 CONCLUSÃO.....	20
7 REFERÊNCIAS.....	21

## 1 INTRODUÇÃO

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) ocorre naturalmente nas bacias do Rio Amazonas e do Rio Orinoco (ARAÚJO-LIMA E GOMES, 2005). Trata-se de uma espécie tipicamente onívora, aproveitando-se de nutrientes de alimentos de origem vegetal e animal, no período das cheias são frugívoros, e na seca, se alimentam de zooplâncton (SILVA *et al.*, 2003). Dentre as espécies nativas de peixes cultivadas no país, o tambaqui lidera o ranking de produtividade, superando 88,31 mil toneladas. No Maranhão, é a espécie de peixe mais produzida, os números oficiais indicam uma produção de 10.383 toneladas em 2015 (IBGE, 2017).

Conhecer a preferência alimentar de uma determinada espécie é útil no desenvolvimento de estudos nutricionais e alimentares, no preparo de rações, manejo da alimentação e no planejamento de policultivos (KUBITZA, 1998). As diferenças anatômicas no aparelho digestório dos peixes irão depender intimamente do hábito alimentar, do habitat, de suas condições nutricionais, e do estágio de evolução que o mesmo irá apresentar. A natureza do alimento ingerido depende primeiramente da morfologia e do comportamento alimentar do peixe, e secundariamente da composição e quantidade de alimento disponível (MORAES E BARBOLA, 1995; MORAES *et al.*, 1997). As modificações que ocorrem devido ao ambiente, podem ser de efeito permanente, ocasionando evolução filogenética ou temporária, gerando modificações. A anatomia e histologia do aparelho digestório têm sido descritas em várias espécies de peixes (KHANNA E MEHROTRA, 1971; HARDER, 1975; KAPOOR *et al.*, 1975; TIBBETS, 1997).

O conhecimento das formas e tamanho dos dentes, língua, elasticidade, tipo e direção das pregas do esôfago, estômago e intestino, existência de cecos pilóricos, entre as demais estruturas, são dados importantes para definir o hábito alimentar do peixe, inferir sobre a velocidade de trânsito do alimento, decidir sobre tamanho, forma e consistência dos peletes da ração (ROTTA, 2003). Antes do aprofundamento no estudo dos distintos mecanismos de absorção intestinal, é necessário o conhecimento das características anatomo-histológicas dos componentes do sistema digestório dos peixes (GALLEGO E RUS, 1987; HIDALGO E ALLIOT, 1987).

Existem poucos estudos relacionados à anatomia do trato digestório dos peixes brasileiros, o que é justificado pela imensa diversidade de espécies da fauna brasileira. Diante disso, o conhecimento morfológico do sistema digestório dos peixes torna-se um fator importante no estabelecimento e formulação de dietas que possam suprir as exigências

nutricionais destes animais. As exigências nutricionais de minerais, principalmente de fósforo, são específicas e dependem de diversos fatores ambientais e fisiológicos, assim como a morfologia do trato digestório e da fonte de fósforo (STEFFENS, 1987). Principalmente pelo fato do hábito alimentar, alimentação e nutrição estarem associadas com as modificações no sistema digestório dos mesmos. Portanto, o estudo dos efeitos morfológicos da adição de diferentes níveis de fósforo digestíveis na alimentação de tambaquis, torna-se um fator primordial para o estabelecimento de parâmetros nutricionais voltados para a espécie, o que justifica a realização desta pesquisa.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

- Descrever e comparar anatomicamente os constituintes do aparelho digestório de tambaquis alimentados com rações com diferentes níveis de fósforos digestível.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Comparar a anatomia do aparelho digestório de peixes tratados com diferentes níveis de fósforo;
- Realizar o estudo morfométrico dos constituintes do trato gastrointestinal.

### **3 REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 Tambaqui (*Colossoma macropomum*)**

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é um caracídeo de hábito alimentar onívoro, nativo das bacias dos rios Amazonas e Orinoco. Esta espécie, dentre as nativas, tem-se apresentado como uma das mais promissoras para piscicultura sustentável, pois possui carne branca, firme e de sabor suave, pode atingir em cativeiro tamanho comercial em um ano de cultivo e possui hábito alimentar onívoro/frugívoro/zooplanctófago, possibilitando a utilização de rações na sua criação (DAIRIKI E SILVA, 2011).

Atualmente, é a espécie nativa mais criada no país registrando-se uma produção em 2017 de cerca de 88,31 mil toneladas. No Maranhão, é a espécie de peixe mais produzida, os números oficiais indicam uma produção de 10.382,9 toneladas em 2015 (IBGE, 2017). Considerando-se a grande diversidade das espécies de peixes e conseqüente diferenciação morfofisiológica, a nutrição de peixes apresenta-se como uma grande área de estudos, uma vez que estes apresentam hábitos e comportamentos alimentares diversos.

Apesar das estudos nesta área acumularem décadas de conhecimentos, muitos trabalhos vêm sendo realizados procurando relacionar as características estruturais, anatômicas e/ou histológicas do aparelho digestório dos peixes com seus hábitos e comportamentos alimentares, permitindo, inclusive, inferir a respeito da alimentação de espécies de valor comercial. Essas relações estabelecidas entre o regime alimentar e as características do aparelho digestório também vêm sendo estudadas em outros grupos zoológicos, onde a tecnologia já atingiu um estágio de controle na formulação e manipulação de rações balanceadas, indispensável na obtenção de resultados produtivos satisfatórios. Contudo, a nutrição de peixes encontra-se longe de estabelecer padrões de exigências que possam ser utilizados pelos nutricionistas de uma forma padronizada (SEIXAS-FILHO *et al.*, 2001).

#### **3.2 Fósforo**

O fósforo é um mineral essencial aos animais, estando presente principalmente no esqueleto e dentes. Tem participação na formação da matriz óssea em conjunto com o cálcio. O restante do fósforo está presente nos tecidos moles e outros fluidos, participando de variadas funções metabólicas (BUNZEN, 2009).

O fósforo que está nos alimentos é dissolvido no estômago e no intestino, sendo a porção inicial do intestino (jejuno) onde a absorção deste mineral é mais ativa. A absorção está diretamente ligada com o ponto de maior solubilidade do fosfato, visto que alguns fatores interferem na sua absorção, como pH, concentrações de cálcio, ortofosfatos e vitamina D3 na dieta (MCDOWELL, 1992; AUMAN, 2003).

O fósforo absorvido da água pelos peixes, além de ser em poucas quantidades, possui baixa eficiência na utilização, sendo necessário que seja realizada sua suplementação em rações para atender as suas necessidades nutricionais (QUINTERO-PINTO, 2008; TANG *et al.*, 2012). Quando ocorre carência de fósforo no organismo do animal, verifica-se à redução no desempenho produtivo, no desenvolvimento das vilosidades intestinais, na eficiência alimentar e na mineralização óssea, além do aumento da atividade de enzimas gliconeogênicas e do teor de gordura corporal, sendo o último, possivelmente, ocasionado pela inibição da  $\beta$ -oxidação dos ácidos graxos ou via estímulo a lipogênese a partir do esqueleto carbônico dos aminoácidos catabolizados (COSTA, 2017).

Uma das alternativas que vem sendo bastante utilizadas para suprir a carência de fósforo é através da utilização de fósforo proveniente de fontes inorgânicas, objetivando suprir as necessidades nutricionais dos peixes submetidos a rações formuladas com ingredientes de origem vegetal (FEITOSA, 2017).

### **3.3 Anatomia do trato digestório**

A anatomia e histologia do aparelho digestório têm sido descritas em várias espécies de peixes (KHANNA E MEHROTRA, 1971; HARDER, 1975; KAPOOR *et al.*, 1975; TIBBETS, 1997), despertando considerável interesse pelas amplas variações tanto na morfologia quanto nas funções, como reflexo da elevada diversidade deste grupo zoológico e suas diferentes posições na cadeia trófica. Apesar das diferenças interespecíficas no trato gastrintestinal, semelhanças estruturais básicas são comuns dentro do grupo (DIAZ *et al.*, 2003). Em algumas espécies, as diferenças estão relacionadas com a natureza do hábito alimentar, tamanho do corpo e sexo (KAPOOR *et al.*, 1975; SMITH, 1989).

Acredita-se que as estruturas macro e microscópicas dos órgãos do aparelho digestório apresentam estreita relação com a natureza do alimento e o modo como ele é ingerido. Assim, o comprimento do intestino relaciona-se diretamente com os hábitos iliófago, herbívoro e omnívoro e, inversamente com os hábitos carnívoro e insetívoro. A natureza do alimento ingerido depende primeiramente da morfologia e do comportamento alimentar do peixe, e

secundariamente da composição e quantidade de alimento disponível (MORAES E BARBOLA, 1995; MORAES *et al.*, 1997).

Vários autores ressaltaram a importância do conhecimento da morfologia do aparelho digestório dos peixes, por ela ser muito variável e ilustrar a diversidade de seus regimes alimentares e de seus modos de vida. Há sempre uma ênfase: por exemplo, o comprimento do tubo digestivo, que repercute de maneira importante nos aspectos quantitativos da digestão e absorção de alimento. Desta mesma forma, é considerado imprescindível, antes do aprofundamento no estudo dos distintos mecanismos de absorção intestinal, o conhecimento das características anátomo-histológicas dos componentes do sistema digestório dos peixes (GALLEGO E RUS, 1987; HIDALGO E ALLIOT, 1987).

As características anatômicas do aparelho digestório dos peixes apresentam estreita dependência com a natureza dos alimentos, as características do habitat, o estado nutricional e o estágio de desenvolvimento do indivíduo, manifestadas, especialmente nesse aparelho, por adaptações e modificações. Essas são variações morfológicas provocadas pela ação de fatores do ambiente sobre o organismo, podendo ser de caráter permanente, produzidas na evolução filogenética, como no caso das adaptações, ou, de caráter temporário, produzidas no ciclo ontogenético do indivíduo, chamadas de modificações. Portanto, é de fundamental importância o conhecimento da biologia das espécies e, em particular, o conhecimento da interligação desses fatores, o que fornece subsídios para melhor compreensão do seu desempenho em seus ecossistemas naturais ou em piscigranjas (SEIXAS-FILHO *et al.*, 2001).

### **3.4 Divisões do trato gastrointestinal**

O sistema digestório consiste no trato digestório (cavidade oral, esôfago, estômago, intestinos delgado e grosso, reto e cloaca) e suas glândulas associadas (glândulas salivares, fígado e pâncreas). Em peixes, a cavidade oral é denominada como cavidade bucofaringeana, que compreende a abertura oral, cavidade oral com língua, arcos branquiais, rastros branquiais, dentes faríngeos e faringe. Esta cavidade tem diversas funcionalidades para a alimentação do peixe tais como mastigação, apreensão e deglutição (ROTTA, 2003). A forma e a posição da boca, as dentições oral e faringiana e a presença ou não de rastros branquiais mostram estreita relação com a forma de alimentação e o tipo de alimento (PREJS, 1981).

O tubo digestório, constituído pelo esôfago, estômago e intestinos, é um tubo oco composto por uma luz, cujo diâmetro é variável e tem como função obter, a partir dos alimentos ingeridos, as moléculas necessárias para a manutenção, o crescimento e as demais

necessidades energéticas do organismo (JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2004). O conhecimento morfológico do sistema digestório dos peixes tem extrema importância na elaboração de dietas que atendam às exigências nutricionais dos peixes, pois o hábito alimentar está relacionado com modificações no sistema digestório dos mesmos (ARANDAS, 2009; ROTTA, 2003) e o tipo de ingrediente possível de ser digerido.

Portanto, existe a necessidade de maiores informações que auxiliem no conhecimento da biologia desta espécie, sendo os estudos que abordam a estrutura do aparelho digestório essenciais para elucidar as diversas relações das adaptações morfológicas frente a variações da dieta, além de fornecerem base para os estudos nutricionais de forma mais específica.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Local de estudo**

O experimento foi realizado no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais - CCAA da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, localizado no município de Chapadinha, Maranhão. Foram utilizados 150 peixes com peso médio inicial em torno de 100 gramas, em delineamento inteiramente casualizado, composto por seis tratamentos, cinco repetições e cinco peixes por unidade experimental. Os peixes foram mantidos em caixas de polietileno recebendo o manejo alimentar durante 60 dias.

A água de abastecimento dos aquários foi proveniente de poço artesiano e sua temperatura foi aferida diariamente, às 7:30 e 17:30 horas, com o auxílio de um termômetro de bulbo de mercúrio, graduado de 0 a 50°C. Os controles do pH e do teor de oxigênio dissolvido e da amônia na água foram aferidos a cada sete dias, respectivamente, por intermédio de um potenciômetro, oxímetro e kit comercial para teste de amônia tóxica, respectivamente. Os aquários foram limpos diariamente, duas vezes por dia, após as leituras da temperatura da água, por sifonagem.

### **4.2 Tratamento nutricional**

Os tratamentos foram constituídos de seis rações experimentais com diferentes níveis de fósforo total, isoproteicas, isoenergéticas e isocálcicas. No caso da carência de informações sobre o nível dietético recomendado de energia digestível ou de determinado(s) nutriente(s) para cada fase de criação avaliada para a espécie, foram utilizados os valores recomendados para tilápias do Nilo apresentadas nas Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias (FURUYA *et al.*, 2010) e no NRC (2011).

As rações experimentais contendo os respectivos níveis de fósforo avaliados estão apresentadas na Tabela 1, abaixo:

**Tabela 1** – Composição percentual e química das rações do experimento

Ingredientes (%)	Nível de fósforo total (%)					
	0,41	0,60	0,79	0,98	1,17	1,36
Farelo de soja	60,424	60,424	60,424	60,424	60,424	60,424
Milho	26,825	26,825	26,825	26,825	26,825	26,825
Óleo de soja	5,776	5,776	5,776	5,776	5,776	5,776
Inerte	1,800	1,440	1,080	0,720	0,360	0,000
Lisina-HCl	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135
DL-Metionina	0,245	0,245	0,245	0,245	0,245	0,245
L-Treonina	0,386	0,386	0,386	0,386	0,386	0,386
Calcáreo Calcítico	3,341	2,672	2,004	1,336	0,668	0,000
Fosfato Bicálcico	0,000	1,028	2,056	3,084	4,112	5,140
Premix Vitamínico e Mineral <sup>5</sup>	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Vitamina C <sup>4</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sal	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Antioxidante (BHT)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Composição calculada <sup>1</sup>						
Proteína Bruta (%)	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Proteína Digestível (%) <sup>2</sup>	27,44	27,44	27,44	27,44	27,44	27,44
Energia Digestível (kcal/kg) <sup>2</sup>	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00
Extrato Etéreo (%)	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75
Fibra Bruta (%)	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67
Ca Total (%)	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
P total (%)	0,41	0,60	0,79	0,98	1,17	1,36
P não-fítico (%)	0,15	0,34	0,53	0,72	0,91	1,10
P digestível calculado (%) <sup>3</sup>	0,12	0,30	0,48	0,66	0,84	1,02
Lisina Digestível (%) <sup>2</sup>	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600
Metionina + Cistina Digestível (%) <sup>2</sup>	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040
Treonina Digestível (%) <sup>2</sup>	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408
Triptofano Digestível (%) <sup>2</sup>	0,375	0,375	0,375	0,375	0,375	0,375

<sup>1</sup> Com base nos valores propostos por Rostagno et al. (2011);

<sup>2</sup> Com base nos coeficientes de digestibilidade do milho, farelo de soja e óleo de soja propostos por Vidal Júnior (2000) e para os aminoácidos sintéticos propostos por Rostagno et al. (2011);

<sup>3</sup> Com base nos coeficientes de digestibilidade do milho, farelo de soja e fosfato bicálcico propostos para tilápia do Nilo por Furuya et al. (2010);

<sup>4</sup> Vit. C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo;

<sup>5</sup> Suplemento vitamínico e mineral comercial (5 kg/t), com níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D<sub>3</sub>, 200.000 UI; Vit. E, 1.200 mg; Vit. K<sub>3</sub>, 2.400 mg; Vit. B<sub>1</sub>, 4.800 mg; Vit. B<sub>2</sub>, 4.800 mg; Vit. B<sub>6</sub>, 4.800 mg; Vit. B<sub>12</sub>, 4.800 mg; Vit. C, 48 g; ác. Fólico, 1.200 mg; pantotenato de Ca, 12.000 mg; Vit. C, 48.000 mg; biotina, 48 mg; cloreto de colina, 108 g; niacina, 24.000 mg; Fe, 50.000 mg; Cu, 3.000 mg; Mn, 20.000 mg; Zn, 30.000 mg; I, 100 mg; Co, 10 mg; Se, 100 mg.

### 4.3 Estudo anatômico

Após o período do tratamento nutricional, foram coletados 60 peixes, sendo dez peixes por tratamento e dois peixes para cada repetição. Os mesmos foram encaminhados ao

Laboratório de Anatomia Animal e Comparada do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais-UFMA, onde foram eutanasiados utilizando hidrocloreto de benzocaína, na concentração de 100 mg/L com imersão dos espécimes por aproximadamente 15 minutos. Com o auxílio de ictiômetro e balança de precisão foi realizada a biometria dos peixes coletados, sendo registrados os dados individuais referentes ao comprimento total (cm), comprimento padrão (cm), comprimentos do trato gastrointestinal (cm), peso total (g) e peso do trato gastrointestinal (g). Os exemplares tiveram sua cavidade celomática aberta para melhor fixação as estruturas do sistema digestório e foram fixados em formaldeído a 10%. Após 24 horas de fixação, os animais foram destinados para o estudo anatômico do sistema digestório. Inicialmente, foi efetuada uma incisão ventro-mediana da cavidade celomática para exposição dos constituintes anatômicos do aparelho digestório e investigação da anatomia da mucosa (formato, pregas, coloração, espessura) de cada órgão, bem como o comprimento e descrição anatômica do esôfago, estômago, ceco pilórico e intestino.

#### **4.4 Análise estatística**

Os dados foram analisados com o auxílio do pacote computacional SAS versão 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA) e submetidos a análises exploratórias preliminares, para eliminar dados discrepantes e aos testes de Shapiro-Wilks (modificado), para verificar a normalidade dos resíduos, e teste de homocedasticidade. Após as análises preliminares, as características foram submetidas à análise de variância e em caso de efeito significativo as médias foram comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Aspectos anatômicos do aparelho digestório do tambaqui**

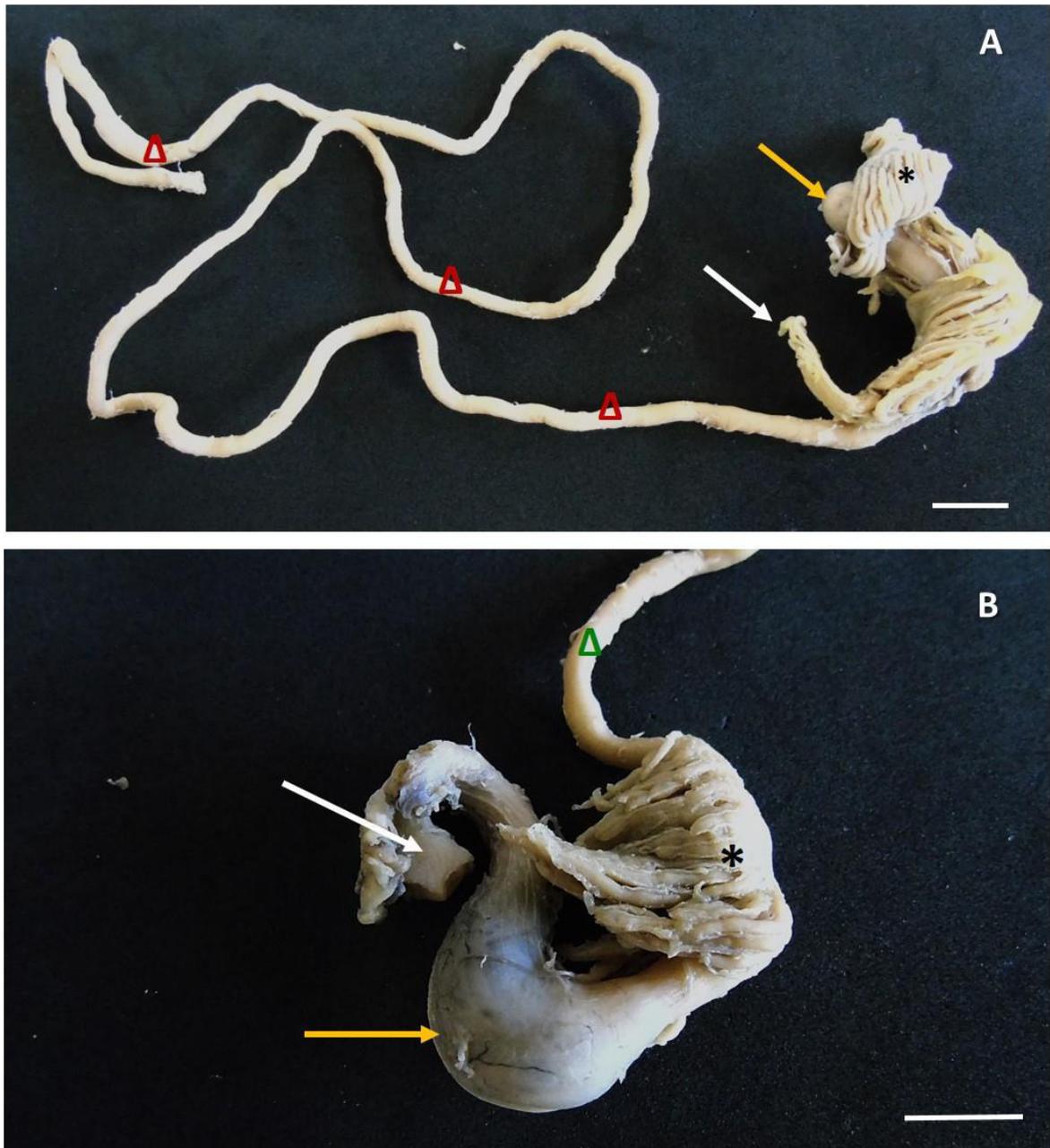
O trato gastrointestinal ou digestório é o tubo que vai da boca a cloaca e pelo qual passam os alimentos. Anatomicamente pode ser caracterizado por possuir uma cavidade bucal ou bucofaringeana, intestino anterior (esôfago e estômago), intestino médio (intestino propriamente dito) e intestino posterior (reto) (figura 1A). Os vários tecidos e órgãos relacionados a ele estão envolvidos com a apreensão, mastigação e deglutição, seguidas da digestão e absorção dos nutrientes, como também com a excreção. Vale a pena ressaltar que, anatomicamente as estruturas do trato gastrointestinal não apresentaram diferenças morfológicas nos diferentes grupos tratados.

#### **5.1.1 Esôfago**

No tambaqui, o esôfago (figura 1A e 1B) apresentou-se como um tubo curto, largo, reto e a musculatura bem desenvolvida. De acordo com as análises realizadas, pode-se inferir que, para estes peixes, sua função é transportar o alimento até o estômago com o auxílio das ondas peristálticas (contrações musculares cuja função é transportar os alimentos pelo trato gastrointestinal, misturá-los com os sucos digestivos e pôr os nutrientes digeridos em contato com a mucosa intestinal, para sua subsequente absorção).

Diferentemente de algumas outras espécies de peixes, no tambaqui, este órgão foi de fácil identificação, por possuir o esfíncter cárdico que o separa do estômago. O esôfago nesta espécie inicia-se na boca e termina na região cárdica do estômago.

**Figura 1** – Aparelho digestório do tambaqui (*Colossoma macropomum*) “*ex situ*” em vista lateral direita e esquerda.



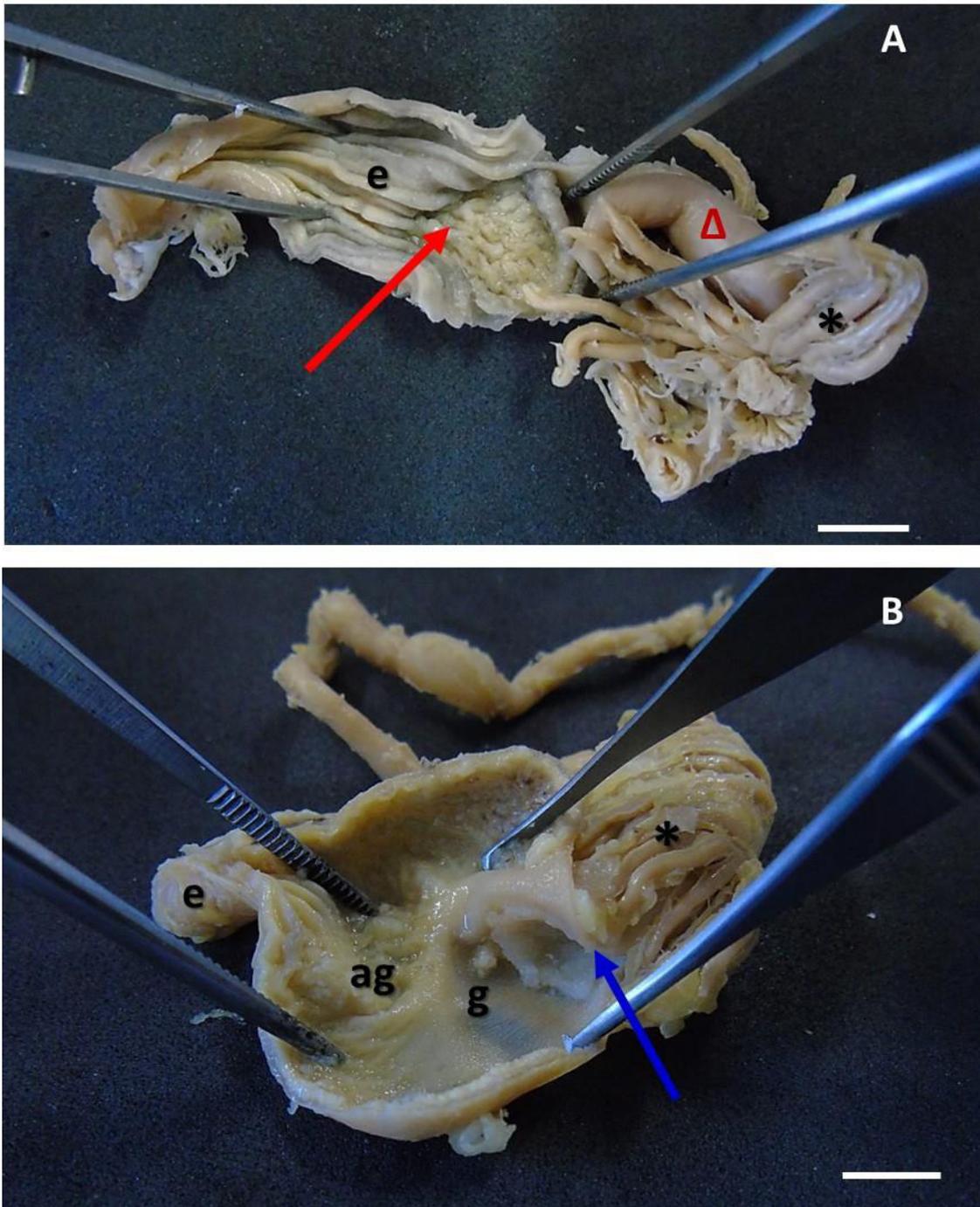
Legenda: Em A – Componentes anatômicos do aparelho digestório do tambaqui. Seta branca – esôfago; Seta amarela – estômago; \* - ceco pilórico;  $\Delta$  - intestinos anterior, médio e posterior. Em B – Estômago e ceco pilórico. Seta branca – esôfago; seta amarela – estômago; \* - ceco pilórico;  $\Delta$  - intestino anterior. Observar em A que os intestinos não apresentam variação de calibre, apresentando-se como um tubo uniforme em suas três porções. Em B, notar o formato sigmóide do estômago com a região cárdica, fúndica e pilórica e sua íntima relação topográfica com o ceco pilórico. Escala de barra = 1cm.

### 5.1.2 Estômago

Em *C. macropomum*, anatomicamente o estômago pode ser dividido em três regiões: a cárdica (ou esofágica), fúndica e pilórica (relacionada ao intestino) (figura 1B). Na espécie estudada, a região cárdica e pilórica possuem esfíncteres que controlam a passagem dos alimentos pelo estômago (figura 2 A e B). Macroscopicamente, pode-se observar que a superfície interna (mucosa) contém uma variedade de células glandulares que produzem o muco e o suco gástrico (figura 2B). Destaca-se que as características das glândulas gástricas variam conforme o hábito alimentar do peixe, bastante desenvolvidas nos tambaquis, por se tratarem de peixes onívoros.

De acordo com a morfologia gástrica observada para esta espécie, pode-se inferir que o estômago armazena temporariamente o alimento e desempenha funções mecânicas que auxiliam no início da digestão dos alimentos. Além disso, este órgão apresentou um formato saculiforme distensível, sigmoide (figura 1B), recoberto por numerosas pregas com paredes musculares muito desenvolvidas. A cárdia assinala a mudança do músculo estriado do esôfago para o músculo liso do estômago (figura 1B e 2B).

**Figura 2** – Estômago e Ceco Pilórico do tambaqui (*Colossoma macropomum*) “*ex situ*”, em vista dorsal.



Legenda: Em A – esôfago e estômago dissecados. e –esôfago com as pregas musculares em sentido longitudinal; seta vermelha – esfíncter cárdico; \* - ceco pilórico; Δ - intestino anterior. Em B – estômago dissecado onde podemos evidenciar a mucosa gástrica com as porções aglandular (ag) e glandular (g), além da presença do esfíncter pilórico (seta azul). Escala de barra = 1cm.

### 5.1.3 Ceco pilórico

O ceco pilórico (figura 2A e 2B) se mostrou como uma estrutura especializada encontrada na porção anterior e média do intestino. Os cecos pilóricos são divertículos cegos de formato digitiforme que se encontram na região pilórica e na porção anterior do intestino médio, estando livres entre si e fundidos à parede do estômago.

No tambaqui, o ceco pilórico possui estruturas bastante desenvolvidas e de acordo com a morfologia encontrada nas análises, não possuem função fermentativa. Pelos achados desta pesquisa, não foi possível afirmar que estas estruturas sirvam também como reservatório de alimento.

### 5.1.4 Intestinos

No tambaqui, o intestino apresentou-se como um tubo relativamente simples, iniciando na válvula pilórica (piloro) e terminando no reto (figura 3A). Vale a pena destacar que não é possível distinguir a subdivisão usual em intestino delgado e grosso. Possui glândulas digestivas e um suprimento abundante de vasos de sangue e de linfa, onde se completa a digestão iniciada no estômago. Devido ao comprimento e na anatomia observada nesta estrutura, pode-se inferir que é no intestino onde ocorre a maior parte da absorção dos nutrientes, íons e água oriundos da dieta, sendo os produtos da digestão mantidos em solução, o que facilita a absorção.

Quanto ao comprimento do intestino, de acordo com o hábito alimentar da espécie estudada e as características anatômicas observadas, *Collossoma macropomum* possui um intestino curto, reto e espesso, em forma de “N” (quando a análise é realizada “*in situ*”). A literatura especializada relata que o comprimento do intestino está mais correlacionado com a quantidade de materiais indigeríveis do que com a natureza do alimento (vegetal ou animal). Essa observação corrobora aos nossos achados, uma vez que, por se tratarem de espécie onívoras, irão consumir alimentos de maior digestibilidade e apresentam, geralmente, intestinos mais curtos se comparados aos peixes herbívoros. Pode-se então deduzir que o tambaqui, por possuir hábito alimentar onívoro, apresenta um intestino curto, mas como a quantidade de alimento ingerido é menor e a qualidade é superior, o trânsito é mais lento, sendo este aspecto importante para favorecer a difusão dos nutrientes para dentro das numerosas e profundas pregas que existem na mucosa intestinal antes de serem absorvidos.

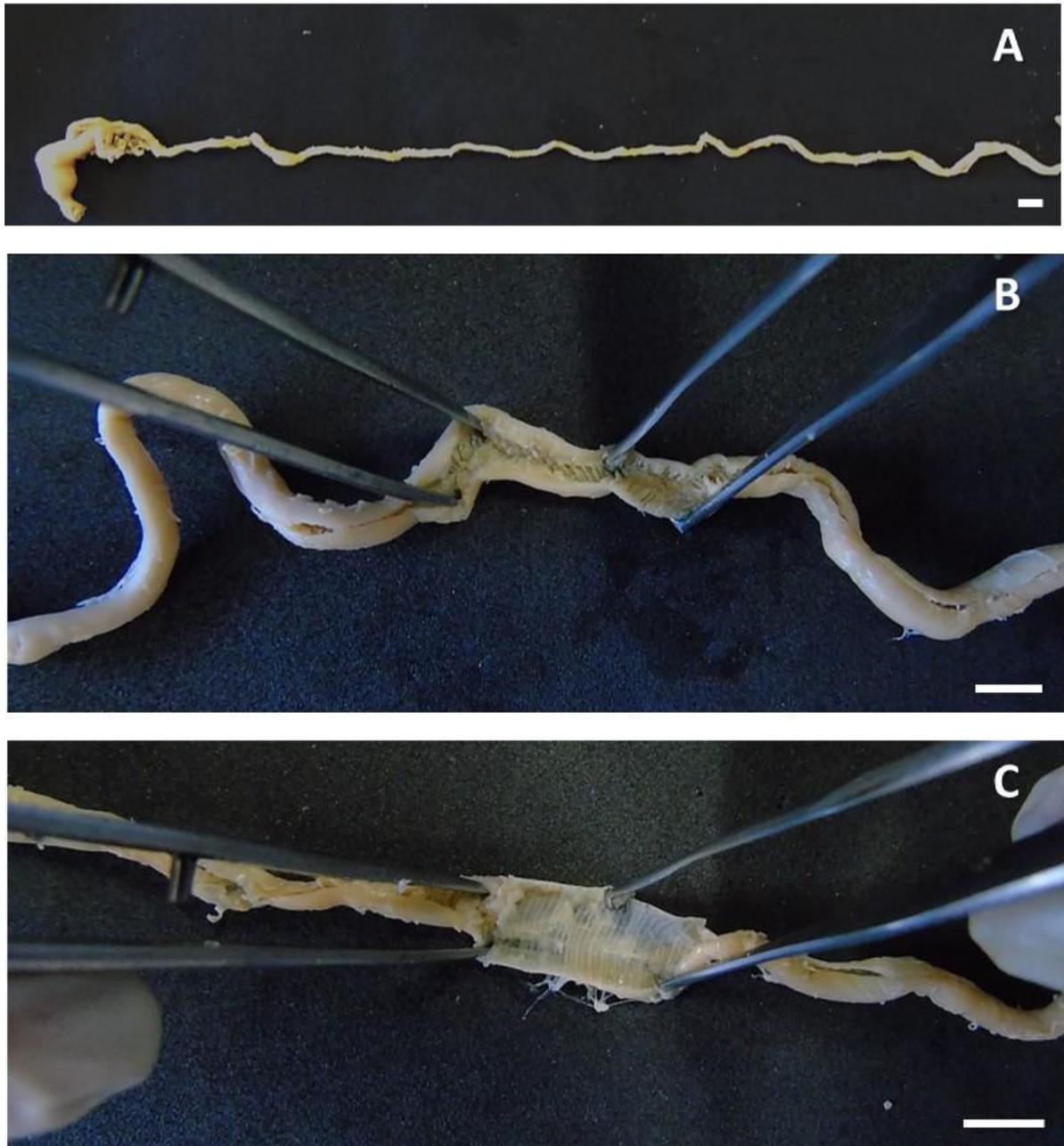
Nesta espécie, as pregas da mucosa intestinal mais complexamente estruturadas estão relacionadas com o hábito alimentar, estando envolvidas nos processos absorptivos dado ao aumento da área superficial dessa estrutura. Ainda, pode-se destacar nesta espécie a presença dos cecos pilóricos, onde o trânsito alimentar é ainda mais lento, pois o alimento que entra nesses sacos de fundo cego deve retornar novamente a luz do intestino para então ser excretado.

Quanto à análise anatômica da mucosa intestinal, podemos observar as pregas da mucosa intestinal com duas disposições anatômicas: transversais e horizontais (figuras 3B e 3C). Estas disposições anatômicas estão relacionadas com o transporte do material em processamento: pregas longitudinais auxiliam o transporte desse material, acelerando-o, ao passo que pregas transversais retardam o seu trânsito, uma vez que atuam como obstáculos à sua passagem (figura 1). Vale a pena ressaltar que anatomicamente esta estrutura não apresentou diferenças morfológicas nos diferentes grupos tratados.

No tambaqui, anatomicamente observou-se que o reto possui uma parede muscular mais espessa que a porção média do intestino e com uma grande capacidade de distensão. Anatomicamente, o reto foi diferenciado do intestino médio pelo decréscimo da vascularização, o que foi observado no estudo “*ex situ*”. Não foi observada a presença dos cecos retais, cuja função principal é a absorção de água e nem da válvula ileorretal que é uma pequena constrição entre o intestino e o reto, marcada pela presença de um esfíncter muscular.

O trato digestório tem seu término na abertura cloacal que é também o local de terminação dos ductos urinários e reprodutivos.

**Figura 3** – Intestino do tambaqui (*Colossoma macropomum*) “*ex situ*”, em vista dorsal.



Legenda: Em A – aparelho digestório completo onde pode-se observar o volume e formato uniforme do intestino. Em B e C – observar as pregas musculares longitudinais na porção média do intestino. Escala de barra = 1cm.

## 5.2 Aspectos morfométricos do aparelho digestório do tambaqui

Os dados morfométricos obtidos neste estudo estão expressos na tabela 1. As médias observadas apresentaram grau de significância apenas para peso do trato gastrointestinal (PTGIF), comprimento do esôfago (C. Esof.) e comprimento do intestino (C. Intest.). Pode-se observar também que, a partir das análises estatísticas não houve diferenciação na média a nível de significância entre os tratamentos.

**Tabela 1** – Médias de comprimento total (cm), comprimento padrão (cm), comprimento do trato gastrointestinal (cm), peso do trato gastrointestinal (g), peso do trato gastrointestinal com formol (g), comprimento do esôfago (cm), comprimento do estômago (cm), comprimento do ceco (cm) e comprimento do intestino (cm) de tambaquis de 60 dias de idade, de acordo com o nível de inclusão de fósforo

Variáveis	Níveis de fósforo (%)						P>0,05	CV (%)
	0,42%	0,64%	0,86%	1,08%	1,30%	1,52%		
C. Total	28,62	29,40	22,27	27,43	28,94	28,16	0,18	7,20
C. Padrão	23,47	24,43	22,69	22,86	23,91	23,40	0,25	7,19
CTGI	60,20	60,55	55,45	56,32	64,95	59,90	0,07	12,37
PTGI	11,02	11,80	8,37	10,10	11,03	12,60	0,28	32,39
PTGIF	10,50 ab	12,36 a	7,49 b	9,13 ab	10,51 ab	11,24 a	0,04	27,60
C. Esôfago	1,78 b	2,39 a	1,76 b	2,34 a	2,08 ab	2,21 ab	0,02	20,66
C. Estômago	4,74	4,76	4,37	5,10	4,86	5,09	0,60	17,68
C. Ceco	1,79	2,03	1,59	2,01	2,03	2,21	0,12	22,68
C. Intestino	45,15 a	45,41 a	37,56 b	46,91 a	41,80 ab	45,84 a	0,03	12,96

a.b. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Duncan ( $p > 0,05$ ).

CV = coeficiente de variação (%); Teste F da análise de variância

C. Total = comprimento total; C. Padrão = comprimento padrão; CTGI = comprimento do trato gastrointestinal; PTGI = peso do trato gastrointestinal; PTGIF = peso do trato gastrointestinal com formol; C. Esôfago = comprimento do esôfago; C. Estômago = comprimento do estômago; C. Ceco = comprimento do ceco; C. Intestino = comprimento do intestino.

Uma hipótese que pode justificar a não diferenciação entre os diferentes grupos tratados com níveis crescentes de fósforo é que a eficiência de absorção desse mineral que está disponível poderia estar sendo prejudicada, uma vez que a inativação do mecanismo de transporte ativo aumenta a perda fecal da parcela de fósforo potencialmente digestível (TANG *et al.*, 2012). Efeito semelhante encontrado por Sousa (2017), que ao observar que a conversão alimentar e a eficiência proteica para ganho de peso de tambaquis juvenis melhoraram de forma quadrática ( $p < 0,01$ ) em relação à elevação dos níveis de fósforo na ração, resultando no melhor aproveitamento dos nutrientes, em contrapartida, foi observado

no mesmo estudo que a eficiência de fósforo para ganho de peso apresentou uma redução ( $p < 0,01$ ) de forma quadrática quando os níveis de fósforo foram elevados.

Resultados similares foram encontrados também por Ribeiro et al. (2006), que ao avaliarem níveis crescentes de fósforo para alevinos de tilápia do Nilo, observaram que a taxa de eficiência de retenção de fósforo e a taxa de eficiência de fósforo foram afetadas ao elevar os níveis de fósforo na dieta, visto que ficou evidenciada a redução na eficiência de retenção corporal e de fósforo para o ganho de peso a medida que a quantidade de fósforo consumida era aumentada.

A ausência da não diferenciação entre os diferentes grupos tratados pode ser justificada também pela fase de desenvolvimentos dos peixes utilizados no experimento, ou pelo tempo de duração que pode ter influenciado para que não ocorresse diferença entre os diferentes grupos tratados. Levantando perspectivas para realização de novos trabalhos, avaliando diferentes fases de desenvolvimento e diferentes nutrientes.

## **6 CONCLUSÃO**

De acordo com as análises anatômicas e de morfometria, podemos afirmar que os diferentes níveis de fósforo digestíveis na dieta de tambaquis não modificam o padrão anatômico dos elementos constituintes do aparelho digestório desta espécie.

## 7 REFERÊNCIAS

- ARANDAS, J. K. G. Análise histológica do intestino delgado da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). 2009. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Rural Pernambuco, Recife.
- ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M., GOMES, L.C. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: Baldisserotto, B. Gomes, L.C. (ed) Espécies nativas para piscicultura no Brasil. 1ª ed. Santa Maria. Ed. da UFSM. p. 468, 2005.
- AUMAN, S.K. Increasing dietary phosphorus retention and decreasing fecal phosphate excretion in modern commercial broilers. 2003. Dissertation (PhD) – Faculty of North Carolina State University, Raleigh.
- BUNZEN, S. Digestibilidade do fósforo de alimentos e exigência de fósforo digestível de aves e suínos. 2009. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- COSTA, D.C. Digestibilidade e Eficiência de Utilização do Fósforo em Rações para Tambaqui na Fase entre 100 e 500 Gramas. 2017. Monografia (graduação) – Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha.
- DAIRIKI, J. K. & SILVA, T. B. A. Revisão de literatura: exigências nutricionais do tambaqui – compilação de trabalhos, formulação de ração adequada e desafios futuros. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2011. 44p (Embrapa Amazônia Ocidental, 91). ISSN 1571-3135.
- DIAZ, A.O.; GARCÍA, A.M.; DEVINCENTI, C.V.; GOLDEMBERG, A.L. Morphological and histochemical characterization of the mucosa of the digestive tract in *Engraulis anchoita*. **Anatomia, Histologia, Embryologia: Journal of Veterinary Medicine**, Série C 32:341-346, 2003.
- FEITOSA, A.S. Níveis de fósforo digestível para tambaqui na faixa de peso entre 100 e 500 gramas. 2017. Monografia (graduação) – Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha.
- FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; BOSCOLO, W. R.; CYRINO, J. E. P.; FURUYA, V. R. B.; FEIDEN, A. 2010. **Tabelas brasileiras para nutrição de tilápias**. Toledo: GFM. 100p.
- GALLEGO, M.G. & RUS, A.S. Absorción intestinal en peces. In: ESPINOSA DE LOS MONTEROS, J., LABARTA, U. (Eds.). **Nutricion em acuicultura I**. Madrid: Plan de Formación de Técnicos Superiores em Acuicultura. p.123-171, 1987.
- HARDER, W. The digestive tract. In: HARDER, W. ed. **Anatomy of fishes**. Stuttgart, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele, Obermiller). v.1, p. 159-164, 1975.

- HIDALGO, F. & ALLIOT, E. La digestión en los peces. In: ESPINOSA DE LOS MONTEROS, J., LABARTA, U. (Eds.). **Nutrición em acuicultura I**. Madrid: Plan de Formación de Técnicos Superiores em Acuicultura. p.85-107, 1987.
- IBGE. Produção da Pecuária Municipal. Rio de Janeiro, v. 45, p. 1-8, 2017.
- JUNQUEIRA, L. C. & CARNEIRO, J. **Histologia básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
- KAPOOR, B. G.; SMITH, H. & VERIGHINA, I. A. The alimentary canal and digestion in teleosts. **Advance in Marine Biology** 63:301-308, 1975.
- KHANNA, S.S. & MEHROTRA, I.F. Morphology and histology of teleostean intestine. **Anatomischer Anzeiger** 129:1-18, 1971.
- KUBITZA, F. Nutrição e alimentação dos peixes cultivados. Campo Grande, MS: [s.n.], 1998. p. 108.
- MCDOWELL, L.E. Minerals in animal and human nutrition, p. 26-77, Academic Press INC, San Diego, C.A. 1992.
- MORAES, M.F.P.G. & BARBOLA, I.F. Hábito alimentar e morfologia do tubo digestivo de *Hoplias malabaricus* (Osteichthyes, Erythrinidae) da Lagoa Dourada, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Acta Biológica Paranaense**, 24 (1,2,3,4) : 1-23, 1995.
- MORAES, M.F.P.G.; BARBOLA, I.F.; GUEDES, E. A. C. Alimentação e relações morfológicas com o aparelho digestivo do "curimbatá", *Prochilus lineatus* (Valenciennes) (Osteichthyes, Prochilodontidae), de uma lagoa do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 14 (1): 169 -180, 1997
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington: National Academy of Science, 2011. 376p.
- PREJS, A. **Métodos para el estudio de los alimentos y las relaciones tróficas de los peces**. Caracas: Universidad Central de Venezuela, 1981, 129p.
- QUINTERO-PINTO, L.G. Exigências dietárias e disponibilidade de fontes de fósforo para a tilápia do Nilo em três fases de desenvolvimento. 2008. 95p. Tese (doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista – Botucatu.
- RIBEIRO, F.B.; LANNA, E.A.T.; BOMFIM, M.A.D.; DONZELE, J.L.; FREITAS, A.S.; SOUSA, M.P.; QUADROS, M. Níveis de fósforo total em dietas para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1588-1593, 2006.

- ROTTA, M.A. **Aspectos Gerais da Fisiologia e Estrutura do Sistema Digestivo dos Peixes Relacionados à Piscicultura**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003, 48 p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 53).
- SEIXAS FILHO, J.T.; BRAS, J M.; GOMIDE, A.T.M.; OLIVEIRA, M.G.A.; DONZELE, J.L.; MENIN, E. Anatomia funcional e morfometria do intestino no Teleostei (Pisces) de água doce surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*- Agassiz, 1829). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.6, p.1670-1680, 2001.
- SILVA, J.A.M.; PEREIRA FILHO, M.; OLIVEIRA-PEREIRA, M.I. Valor nutricional e energético de espécies vegetais importantes na alimentação do tambaqui. *Acta Amazônica*, Manaus, v.33, n.4, p.687-700, 2003.
- SOUSA, T.J.R. Exigência de fósforo para tambaqui (*Colossoma macropomum*) em diferentes faixas de peso. 2017. 72p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha.
- SMITH, L.S. Digestive functions in teleosts fishes In: HALVER, J. E. eds. **Fish nutrition**. San Diego, Academic. p.331-421, 1989.
- STEFFENS, W. **Principios fundamentales de la alimentación de los peces**. Zaragoza: Editora Acribia, 1987. 272 p.
- TANG, Q.; WANG, C.; XIE, C.; JIN, J.; HUANG, Y. Dietary Available Phosphorus Affected Growth Performance, Body Composition, and Hepatic Antioxidant Property of Juvenile Yellow Catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. *The scien. World Journal*, 2012. DOI: 10.1100/2012/987570.
- TIBBETS, I.R. The distribution and function of mucous cells and their secretions in the alimentary tract of *Arrhamphus sclerolepis Krefftii*. **Journal of Fish Biology** 50:809-820, 1997.