



Universidade Federal do Amapá  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação



Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical

Mestrado e Doutorado

UNIFAP / EMBRAPA-AP / IEPA / CI-Brasil

MARIA DE NAZARÉ FERREIRA COSTA

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE TAMBAQUI *Colossoma macropomum*  
(CUVIER, 1818) ALIMENTADO COM DIETAS SUPLEMENTADAS COM  
SILAGEM DE PESCADO E VEGETAIS**

MACAPÁ, AP

2021

MARIA DE NAZARÉ FERREIRA COSTA

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE TAMBAQUI *Colossoma macropomum*  
(CUVIER, 1818) ALIMENTADO COM DIETAS SUPLEMENTADAS COM  
SILAGEM DE PESCADO E VEGETAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical (PPGBIO) da Universidade Federal do Amapá, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biodiversidade Tropical.

Orientadora: Dra. Eliane Tie Oba Yoshioka

MACAPÁ, AP

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá  
Elaborada por Cristina Fernandes – CRB-2/1569

---

Costa, Maria de Nazaré Ferreira.

Respostas fisiológicas de tambaqui *Collossoma macropomum* (CUVIER, 1818) alimentado com dietas suplementadas com silagem de pescado e vegetais. / Maria de Nazaré Ferreira Costa; orientadora, Eliane Tie Oba Yoshioka. – Macapá, 2021.

46 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical.

1. Peixes - Amazônia. 2. Peixes - Pesquisa. 3. Aquicultura. 4. Tambaqui (Peixe). 5. Hematologia. I. Yoshioka, Eliane Tie Oba, orientadora. II. Fundação Universidade Federal do Amapá. III. Título.

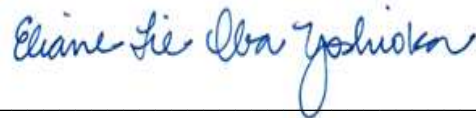
597.098116 C837r

CDD. 22 ed.

---

MARIA DE NAZARÉ FERREIRA COSTA

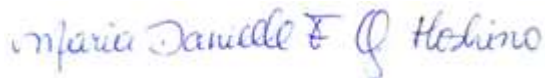
**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE TAMBAQUI *Colossoma macropomum*  
(CUVIER, 1818) ALIMENTADO COM DIETAS SUPLEMENTADAS COM  
SILAGEM DE PESCADO E VEGETAIS**



---

Dra. Eliane Tie Oba Yoshioka

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)



---

Dra. Maria Danielle Figueiredo Guimarães Hoshino

Universidade do Estado do Amapá (UEAP)



---

Dr. Jony Koji Dairiki

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)

Aprovada em 30 de Junho de 2021, Macapá, AP, Brasil

*Dedico, com muito amor, ao meu  
filho Joaquim Ferreira Vitor.*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, que é a força que faz eu acreditar que tudo posso, que tudo é possível.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico –CNPq, pela bolsa de mestrado que subsidiou minha permanência no curso em dedicação exclusiva.

Ao Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical –PPGBIO, por proporcionar acolhimento no espaço físico e pelos maravilhosos professores e demais colaboradores. Em especial à Lorena Antunes, por sempre estar disposta em ajudar e dar apoio aos discentes, cumprindo tarefas além de suas atribuições. Muito obrigada por tudo!

À Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária (Embrapa Amapá) e em suas dependências, ao Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos e demais colaboradores, que me proporcionaram toda estrutura física e logística para o desenvolvimento do projeto de pesquisa.

À minha orientadora Eliane Yoshioka, primeiramente por ser um ser humano incrível, e depois, por absolutamente tudo! Você me ensinou coisas que ultrapassam os limites do mestrado, e durante ele, obrigada por todo auxílio, paciência, disponibilidade e ensinamentos.

Aos colegas da turma, em especial aos amigos Estefany Furtado, Yuri Furtado e Eduardo Rodrigues, por compartilharem comigo os melhores momentos do mestrado.

*“A história da vida na Terra tem sido uma história de interação entre coisas vivas e seus ambientes.”*

*Rachel Carson*

## RESUMO

Costa, Maria de Nazaré Ferreira. Respostas fisiológicas de tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) alimentado com dietas suplementadas com silagem de pescado e vegetais. Macapá, 2021. Dissertação (Mestre em Biodiversidade Tropical) – Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical–Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - Universidade Federal do Amapá.

O tambaqui está entre as espécies mais importantes na aquicultura para a região Norte, sendo o terceiro mais cultivado nas pisciculturas a nível nacional. Atualmente, muitos estudos buscam testar novas matérias-primas para garantir bom alimento e boa nutrição às espécies em cultivo, de forma menos onerosa e mais sustentável. No âmbito da aquicultura, a silagem produzida a partir de resíduos de pescado e vegetais apresenta-se como uma alternativa de baixo custo e eficiente fonte proteica. Por isso, pensando em fontes viáveis para a produção alimentar, precisamente, para a piscicultura, este estudo objetivou testar quatro níveis de inclusão de silagem de resíduos de pescado e da agricultura (0%, 5%, 10% e 20%), que foram adicionados à dieta de alevinos de tambaquis em cultivo, avaliando suas respostas fisiológicas após dois períodos de alimentação, 45 e 90 dias. Espécimes (n=120) com peso médio inicial de  $31,15 \pm 3,65$  g foram acondicionados em grupos de 10 em 12 caixas d'água circulares de 100 L, aclimatados às condições do laboratório por 15 dias. As avaliações foram realizadas ao fim de cada período experimental por meio de análises hematológica (hematócrito, concentração de hemoglobina, contagem de eritrócitos, volume corpuscular médio, hemoglobina corpuscular média e concentração de hemoglobina corpuscular média), bioquímica (glicose, proteína total, albumina, colesterol total e triglicérides) e do crescimento. Os resultados evidenciaram a condição de saúde dos espécimes e o quanto a silagem inclusa na alimentação contribuiu para tal. Os tambaquis alimentados com dietas contendo a silagem nos níveis de suplementação avaliadas, aceitaram o alimento, indicando que a inclusão do suplemento não influenciou negativamente na ingestão das dietas. O peso corpóreo, comprimento total e índice hepatossomático dos espécimes, em um mesmo período de avaliação, não revelaram alterações entre as diferentes dietas experimentais. Concluímos que a silagem adicionada à dieta do tambaqui, em até 20%, mostrou significativas alterações não prejudiciais para a saúde dos animais, porém sem alterações em seu crescimento.

Palavras-chave: Aquicultura; hematologia; saúde animal.



## ABSTRACT

Costa, Maria de Nazaré Ferreira. Physiological responses of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier 1818) fed diets supplemented with silage from fish and vegetables. Macapá, 2021. Dissertação (Mestre em Biodiversidade Tropical) – Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical–Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - Universidade Federal do Amapá.

The tambaqui is among the most important aquaculture species in the North of Brazil and is the third most cultivated fish in farms at a national level. Currently, many studies seek to test new raw materials to ensure quality food and nutrition for species in cultivation, in a less costly and more sustainable way. In the scope of aquaculture, silage produced from fish and vegetables waste presents itself as an efficient, low cost protein alternative. Therefore, considering viable sources for food production, precisely for fish farming, this study aimed to test four levels of fish silage and agricultural waste (0%, 5%, 10% and 20%), which were added to the tambaqui fingerlings diet in cultivation, evaluating their physiological responses after two feeding periods, 45 and 90 days. Specimens (n=120) with an initial average weight of  $31.15 \pm 3.65$  g were divided in groups of 10 in 12 circular water tanks (100 L), acclimated to the laboratory conditions for 15 days. The evaluations were done at the end of each experimental period by means of hematological (hematocrit, hemoglobin concentration, and red blood cell count, mean corpuscular volume, mean corpuscular hemoglobin and mean corpuscular hemoglobin concentration), biochemical (glucose, total protein, albumin, total cholesterol, and triglycerides) and growth parameters. The results showed the health condition of the specimens and how the silage included in the diet contributed to their development. The tambaqui fed diets containing silage at the levels of supplementation evaluated, accepted the food, indicating that the inclusion of the silage did not alter the consumption of the diets. The body weight, total length and hepatosomatic index of fish did not show any change between the different experimental diets in the same period. In Conclusion, the silage added to the diet of tambaqui, up to 20%, showed significant changes in their health, but not detrimentally, though without changes in fish growth.

Keywords: Aquaculture; hematology; animal health.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>10</b>
1.1	PISCICULTURA NO ESTADO DO AMAPÁ.....	11
1.2	TAMBAQUI E NUTRIÇÃO.....	12
1.3	PRODUÇÃO E USO DA SILAGEM.....	13
1.4	ANÁLISES HEMATOLÓGICAS PARA AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DE SAÚDE DOS PEIXES CULTIVADOS.....	15
<b>2</b>	<b>HIPÓTESE.....</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
3.1	GERAL.....	18
3.2	ESPECÍFICOS.....	18
<b>4</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>19</b>
	ARTIGO CIENTÍFICO.....	24
	Abstract.....	25
	Introduction.....	27
	Material and Methods.....	28
	Results.....	31
	Discussion.....	35
	Conclusion.....	38
	Acknowledgments.....	39
	References.....	39
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>45</b>
<b>6</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>46</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A região Amazônica no Brasil, bem como em outros países, é conhecida por sua rica biodiversidade, e os recursos pesqueiros representam parte dessa riqueza e abundância. O setor pesqueiro passou por um processo de crescimento na demanda de consumo, com incentivo ao emprego de novas tecnologias à captura e à produção em geral, o que resultou no aumento dos esforços de pesca e, conseqüentemente, a evolução da pressão sobre os estoques pesqueiros da bacia Amazônica (Barthem et al. 1997). Por isso, da década de 1980 aos dias atuais, a aquicultura vem ganhando cada vez mais espaço, como complemento à pesca, com grande potencial em água doce e disponibilidade de várias espécies, além do ótimo clima na região (Ruffino and Roubach 2014).

Estima-se que em 2025 a aquicultura chegue em 104,4% de crescimento para o Brasil, superando outros países da América do Sul como Argentina, Chile e Peru. Por isso, além de fomentar a economia, a aquicultura é uma forte aliada à crescente demanda de produção de alimentos no mundo, e juntamente com a pesca é capaz de fornecer proteína animal para milhões de pessoas (FAO 2016).

A diminuição da pressão que os ambientes aquáticos naturais sofrem é um dos efeitos que o sistema de produção da aquicultura proporciona. Além disso, por meio do cultivo de peixes (piscicultura), uma categoria da aquicultura, que é a mais expressiva para a região Norte do Brasil, é possível a obtenção de melhores condições de renda e sobrevivência para as populações devido aos avanços nas tecnologias de criação, além da oferta de produtos para os comércios locais (Ruffino and Roubach 2014, Lopes 2012).

Por se tratar de uma prática com grande crescimento no país, é importante garantir que tal crescimento seja acompanhado de práticas sustentáveis na indústria da piscicultura. Para tal, devem-se utilizar alternativas para substituir ações nocivas ao meio ambiente, que se tornam,

a cada dia, mais essenciais em sistemas de produção aquícola. De acordo com Pezzato et al. (2009), isso inclui o uso de ingredientes alternativos na formulação de alimentos para os peixes de cultivo, como o tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier 1818).

### 1.1 PISCICULTURA NO ESTADO DO AMAPÁ

Simultaneamente a outros estados da região Amazônica, o Amapá conta com um grande potencial para a prática da aquicultura, apresentando variedades de espécies aquáticas e recursos hídricos abundantes. Além disso, agregado a esses fatores, o clima é ótimo para o cultivo por não variar de maneira brusca no decorrer do ano, o que permite uma produção constante e sem entressafra (Gama 2008).

Há dez anos foi relatado que na região haviam 269 pisciculturas, sendo a maioria (55,4%) situada na capital do estado do Amapá, Macapá, e utilizando sistemas de cultivo semi-intensivos ou intensivos. Dentre as espécies cultivadas estão, o pirarucu *Arapaima gigas* (Schinz 1823), tambaqui *Colossoma macropomum* e pirapitinga *Piaractus brachypomus* (Cuvier 1818), além dos híbridos tambatinga (fêmea *C. macropomum* x macho *Piaractus brachypomus*) e tambacu (fêmea *C. macropomum* x macho *Piaractus mesopotamicus*) (Tavares-Dias 2011). No entanto, apesar das características naturais que o estado do Amapá dispõe, é um dos que possui o menor desenvolvimento no cultivo de peixes no Brasil (Gama 2008).

No estudo de Oliveira e Florentino (2018) fica evidente o quanto o cultivo de peixes é pouco desenvolvido, visto que os produtores do município de Porto Grande, Amapá, Brasil, necessitam de atividades complementares para obter uma renda mensal maior viabilizando o sustento das famílias. E, dentre os entraves existentes à atividade, estão a falta de alevinos no comércio local, falta de assistência técnica, preços elevados das rações artificiais e falta de recursos financeiros para aquisição da alimentação. É importante observar que o alto custo da

alimentação e o baixo poder aquisitivo para compra podem levar o produtor a oferecer alimentos de baixa qualidade e isso pode refletir em um baixo desenvolvimento das espécies em cultivo (Tavares-Dias 2011).

## 1.2 TAMBAQUI E NUTRIÇÃO

O tambaqui é um peixe nativo da bacia Amazônica, possui hábito alimentar onívoro, apresentando ótima aceitabilidade para alimentos de origem vegetal, além de ser a espécie de peixe mais cultivada na região Norte do Brasil. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2015, a produção desta espécie somou 106.742 toneladas para os estados da região Norte. Tal grandeza de cultivo e produção estão atrelados ao fato de que é um peixe robusto e demanda um manejo simples, sobretudo, por ser uma espécie cujo sabor é bastante apreciado pelos consumidores (Izel et al. 2014, Araújo-Dairiki et al. 2018).

Os peixes em cultivo intensivo dependem, exclusivamente, do que lhes é ofertado nos viveiros ou tanques. Portanto, uma alimentação que contempla o máximo de nutrientes possível, garante às espécies condições de saúde favoráveis à sobrevivência e crescimento em cativeiro para suportarem variações do ambiente aquático e evitar doenças, além de garantir melhor desempenho orgânico-reprodutivo nos animais (Chagas and Val 2003, Rotta 2003, Pezzato et al. 2009, Lopes 2012). Além disso, a qualidade da água também é essencial para a saúde animal. Dessa forma, a alimentação não balanceada e pouco aproveitada pelos indivíduos pode gerar excesso de matéria orgânica e efluentes dispersos no ambiente, promovendo alterações na qualidade do sistema aquático (Pezzato et al. 2009, Cyrino et al. 2010).

Dentre os nutrientes essenciais à vida dos peixes cultivados estão os aminoácidos, ácidos graxos, minerais e as vitaminas. Eles atuam em diversas funções no organismo, incluindo o desenvolvimento ósseo, muscular, de células sanguíneas, entre outros tecidos, além do

fornecimento de energia. Algumas espécies não conseguem, ou fazem em quantidade mínima, a síntese protéica, assim necessitando do oferecimento desses nutrientes (Chagas and Val 2003, Cyrino et al. 2010, Lopes 2012). Ressalta-se que para as espécies tropicais de peixes, incluindo as nativas do Brasil, não há ainda uma determinação completa de suas exigências nutricionais (Chagas and Val 2003).

Assegurar uma boa nutrição aos peixes de cultivo é oneroso para os produtores, visto que as dietas comerciais possuem um valor elevado, pois insumos como óleo e farinha de peixe, que são base nutricional para a fabricação das rações, são produtos caros. Por esse motivo, estudos experimentais buscam novas alternativas nutricionais para substituírem tais produtos (Tacon and Metian 2008, Cyrino et al. 2010).

Entre as pesquisas que buscam alternativas nutricionais, discute-se sobre a formulação e uso de silagem de pescado, que é um produto com alto teor protéico, rico em ácidos graxos e de alto valor biológico na nutrição animal, podendo ser produzida a partir de espécies subutilizadas na piscicultura, fauna acompanhante de pesca marítima, descartes da comercialização de pescado e de resíduos das indústrias de processamento (Vidotti et al. 2002, Oliveira et al. 2012).

### 1.3 PRODUÇÃO E USO DA SILAGEM

Os resíduos da comercialização de pescado e das indústrias de processamento como cabeça, pele, escama, vísceras, espinhas e nadadeiras podem ser utilizados como base para a alimentação animal, pois são classificados como não comestíveis para humanos e, por isso, são facilmente descartados (Pinto et al. 2017).

Decarli et al. (2016), por exemplo, citam a grande quantidade de resíduos gerados na indústria de processamento de pescado e da filetagem de tilápia, sendo de 60 a 70% da sua matéria-prima geram resíduos, que podem ou não ser subutilizados, e caso não sejam, são

descartados de forma imprópria no meio ambiente. Por isso, o aproveitamento desses resíduos por meio da produção de silagem é de suma importância para se aproveitar ao máximo o recurso que já foi extraído/produzido, evitando-se o descarte inapropriado.

A produção da silagem consiste na obtenção de um produto pastoso, pela autólise da proteína do resíduo de pescado, podendo esta ser ácida (com adição de ácido) chamado de processo químico; ou biológica (usando processo fermentativo) (Fernandes et al. 2007, Boscolo et al. 2010). O processo de produção de silagem tem como objetivo acidificar o pH da massa de resíduos de pescado triturada, deixando-a livre para ação das enzimas, liquefazendo em cerca de três dias, a um pH de 3,9 a 4,2 e a uma temperatura ambiente de 27 a 30°C, conservando a atividade enzimática por muitos meses (Vidotti and Gonçalves 2006).

Pesquisas buscam respostas positivas quanto à inclusão de resíduos da agricultura na formulação de rações para peixes, visto que frutos e vegetais possuem ótimos valores nutricionais. No Brasil uma grande disponibilidade desses produtos é observada, tendo em vista que o país teve 23% do seu PIB (Produto Interno Bruto) gerado pela agricultura e pecuária em 2017 (IBGE); além disso, é o terceiro no ranking mundial de produção de abacaxi, por esse motivo vem melhorando a qualidade da produção e dos frutos, possibilitando o melhor uso dos restos culturais da fruta, que podem ser empregados em diversas finalidades, incluindo a produção de silagem (Paula and Faria Júnior 2019).

Diante disso, identifica-se que a produção de silagem com frutos, vegetais e resíduos de pescados pode ser fonte alternativa de alimento para peixes em cultivo e viável economicamente para produtores locais, podendo ser adicionada às rações para aumentar o fornecimento de proteína ou mesmo como substituto da farinha de peixe. Além disso, tal processo proporciona um benefício muito importante ao meio ambiente, que é a diminuição do descarte de resíduos de pescado de forma incorreta (Oliveira et al. 2012), como o descarte diretamente nos rios.

Corrêa et al. (2020), por exemplo, evidenciaram em sua pesquisa que o uso de silagem ácida de pescado na dieta de pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887), criado em condição climática não ideal de temperatura, melhorou o desempenho produtivo da espécie. Tal resultado apresentou-se positivo levando-se em consideração que, para o estudo, a espécie não foi criada em suas condições ideais de temperatura, porém a nutrição oferecida foi um fator influente para tais melhorias.

No geral, a boa nutrição é uma das principais fontes de saúde animal e os produtores precisam sempre estar atentos à higidez de seus espécimes, pois dela advém os benefícios do cultivo de peixes. Dessa forma, as avaliações periódicas de saúde são imprescindíveis para observar as respostas orgânicas das espécies em relação à alimentação fornecida e se, na pior das hipóteses, houver uma resposta detrimental, há a possibilidade de reverter o mais rápido possível o dano (Ishikawa et al. 2010). Portanto, uma dieta equilibrada oferecida aos animais garante mais benefícios, pois se configura em uma maior conversão alimentar do que a da dieta não balanceada, além do gasto com tratamento aplicado a indivíduos doentes, que pode ser minimizado (Santos and Oba 2009). Destaca-se que o desequilíbrio (falta ou excesso) de macro e micronutrientes na dieta de peixes em cultivo pode acarretar desvantagens orgânicas para estes, e tais efeitos podem ser evidenciados em modificações nos parâmetros sanguíneos (Tavares-Dias et al. 2009).

#### 1.4 ANÁLISES HEMATOLÓGICAS PARA AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DE SAÚDE DOS PEIXES CULTIVADOS

Por meio do estudo do sangue obtêm-se diversas informações acerca de parâmetros que permitem avaliar se a condição de saúde dos indivíduos, ou populações, está em níveis normais ou não (Ranzani-Paiva et al. 2013). O sangue é um líquido que contém plasma e composição de 90% de água, 7% de proteínas (Ranzani-Paiva 2007), além de possuir em sua



estrutura eritrócitos, leucócitos e trombócitos, que atuam como mecanismos de transporte de oxigênio e gás carbônico, na defesa nos organismos e na coagulação do sangue, respectivamente (Tavares-Dias and Moraes 2004).

Entre as avaliações hematológicas mais comuns realizadas em peixes temos o hemograma (Campbell 2004), sendo que os resultados podem ser utilizados como indicadores da qualidade de seu cultivo. Assim, mostrando a existência de boa oferta nutricional, qualidade da água, do habitat, do clima, entre outros fatores que podem modificar os valores hematológicos, de maneira satisfatória ou detrimental (Tavares-Dias and Moraes 2004, Fazio 2019). Além disso, a obtenção do plasma e do soro viabiliza a realização de análises bioquímicas, que, juntamente ao hemograma, são ferramentas de grande importância para identificação de fatores como os fisiológicos e, até mesmo, os patológicos (Brites 2002).

Em termos nutricionais, Aride et al. (2018) observaram as alterações dos parâmetros fisiológicos de tambaqui alimentados com dietas suplementadas em diferentes proporções da fruta amazônica camu camu, *Myrciaria dubia*, e após 30 dias de experimento; os parâmetros hematológicos dos espécimes não mostraram alterações significativas. Contudo, a suplementação na dieta, com a proporção de 30%, contribuiu para a melhora dos estados nutricionais e homeostáticos.

Todos os seres vivos são afetados pelo meio em que vivem; porém, os pecilotérmicos, como no caso dos peixes, em comparação aos animais terrestres, respondem com maior intensidade às mudanças ambientais. E, em confinamento, condições de fatores físicos, químicos e biológicos, podem sofrer constantes alterações. Por isso, o conhecimento sobre parâmetros hematológicos é essencial para o manejo das espécies de peixes e prevenção de doenças quando em cultivo (Kavamoto et al. 1983, Cyrino et al. 2010, Santos and Tavares-Dias 2010).

Levando-se em consideração o crescimento na demanda e, conseqüentemente, na produção pesqueira, os entraves envolvendo questões sanitárias de ambientes de confinamento também aumentaram. As condições em que os indivíduos são mantidos podem expô-los a agentes patológicos. Por isso, avaliar o estado de saúde dos animais tornou-se imprescindível. Nesse sentido, as análises hematológicas funcionam como um importante instrumento que possibilita a coleta de informações e o monitoramento para um bom diagnóstico da saúde animal, auxiliando na profilaxia de iminentes problemas de saúde (Ranzani-Paiva et al. 2013, Morselli et al. 2016).

Portanto, considerando a necessidade de sempre se buscar melhorias na saúde de animais em cultivo, principalmente por meio da nutrição, este trabalho teve como objetivo avaliar as respostas fisiológicas de tambaqui *Colossoma macropomum* alimentado com dietas suplementadas com silagem de pescado e vegetais.

## **2 HIPÓTESE**

Quanto maior o nível de suplementação de silagem de pescado e vegetais na alimentação de tambaqui, melhores serão a condição de saúde e o crescimento destes peixes em cativeiro.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 GERAL

Avaliar a condição de saúde de tambaqui *Colossoma macropomum* após suplementação da dieta com silagem de pescado e vegetais.

#### 3.2 ESPECÍFICOS

- Avaliar o crescimento de tambaqui suplementado com diferentes níveis de silagem (0%, 5%, 10% e 20%);
- Avaliar respostas hematológicas de tambaqui suplementado em diferentes níveis de silagem (0%, 5%, 10% e 20%);
- Avaliar respostas bioquímicas de tambaqui suplementado em diferentes níveis de silagem (0%, 5%, 10% e 20%).

#### 4 REFERÊNCIAS

- Araújo-Dairiki, T. B. , F. C. M Chaves, J. K. Dairiki. 2018. Seeds of sacha inchi (*Plukenetia volubilis*, Euphorbiaceae) as a feed ingredient for juvenile tambaqui, *Colossoma macropomum*, and matrinxã, *Brycon amazonicus* (Characidae). *Acta Amazonica* 48: 32-37.
- Aride, P. H. R. A, A. M. Oliveira, R. B. Batista, M. S. Ferreira, J. Pantoja-Lima, D. S. Ladislau, P. D. S. Castro, A. T. Oliveira. 2018. Changes in physiological parameters of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed with diets supplemented with Amazonian fruit Camu camu (*Myrciaria dubia*). *Brazilian Journal of Biology* 78 (2).
- Barthem, R. B. , M. Petrere Jr. , V. Issac, M. C. L. D. B. Ribeiro, D. G. Mcgrath, I. J. Vieira, M. V. Barco. 1997. A pesca na Amazônia: problemas e perspectivas para o seu manejo. In: Valladares-Pádua, C. , R. E. BODMER. (eds. ). Manejo e conservação de vida silvestre no Brasil. Rio de Janeiro: MCT/CNPq/Sociedade Civil Mimirauá, pp 173-185.
- Boscolo, W. R. , A. M. dos Santos, C. V. B. Martins, A. Feiden, F. Bittencourt, A. A. Signor. 2010. Avaliação microbiológica e bromatológica da silagem ácida obtida de resíduos da indústria de filetagem de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 31 (2), 515-522.
- Brites, V. L. de C. 2002. Hematologia, bioquímica do sangue, parasitologia, microbiologia, algas epizoárias e histopatologia de *Phrynops geoffroanus* (Schweigger, 1812) (Testudinata, Chelidae), expostos a diferentes influências antrópicas no rio Uberabinha, Minas Gerais. Tese (Doutorado), Universidade Federal de São Carlos- UFSCar, 196 p.
- Campbell, T. W. 2004. Hematology of Lower vertebrates. In: 55ª reunião annual do American College of Veterinary for. Pathol. (ACVP) e 39ª reunião anual da Sociedade Americana

- de Patologia Clínica (ASVCP). ACVP e ASVCP (Eds. ). Serviço Internacional de Informação Veterinária, Ithaca NY, Middleton WI, EUA(1214-1104) .
- Chagas, E. C. , A. L. Val. 2003. Efeito da vitamina C no ganho de peso em parâmetro hematológico de tambaqui. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(3): 397-402.
- Corrêa, C. F., T. da S. Oliveira, A. F. Leonardo, R. V. Reis-Neto, D. B. S. Enke. 2020. Acid fish silage in the diet of pacu and tambacu reared at cold sub optimal temperature. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 55, e01653.
- Cyrino, J. E. P. , A. J. A. Bicudo, R. Y. Sado, R. Borghesi, J. K. Dairiki. 2010. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*. V. 39, p. 68-87.
- Decarli, J. A., F. de A. Pedron, R. Lazzari, A. Signor, W. R. Boscolo, A. Feiden. 2016. Hidrolisados proteicos na alimentação do jundiá (*Rhamdia voulezi*)\* Protein hydrolysates in feeding of catfish (*Rhamdia voulezi*). *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, v. 23, n. 3-4, p. 168-173.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2016. The state of world fisheries and aquaculture. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200 pp.
- Fernandes, J. B. K., R. J. Bueno, L. A. Rodrigues, T. E. H. P. Fabregat, N. K. Sakomura. 2007. Silagem ácida de resíduos de filetagem de tilápias em rações de juvenis de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*). *Acta Scientiarum*, 29 (3), 339-344.
- Gama, C. de S. 2008. A criação de tilápia no estado do Amapá como fonte de risco ambiental. *Acta Amazônica*. 38 (3).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2015. Produção da Pecuária Municipal-PPM. IBGE.

- Ishikawa, M. M., S. B. de Pádua, F. Satake, P. S. de Pietro, H. Hisano. 2010. Procedimentos Básicos para Colheita de Sangue em Peixes. Circular Técnica, EMBRAPA. Dourados, MS. Julho. 8p.
- Kavamoto, E. T. , M. Tokumaru, R. A. P. Souza e Silva, B. E. S. Campos. 1983. Algumas variáveis hematológicas do "cascudo" *Plecostomus albopunctatus* (Regan, 1908). BoI. Inst. Pesca, São Paulo, 10: 101-106.
- Lopes, J. C. O. 2012. Técnico em agropecuária: piscicultura/ Jackelline Cristina Ost Lopes. Florianópolis: EDUFPI. 80p.
- Ministério da Pesca e Aquicultura-MPA. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br>. Acesso em: 28 de abril de 2019. Brasília, Brasil.
- Morselli, M. P. E., F. S. E. D. V. Faria, V. M. F. Ribeiro, M. N. S. Viana, A. F. Parente, L. J. Baginski, C. Jardim e D. B. V. Reis. 2016. Biometria e parâmetros hematológicos em tartarugas-da-amazônia de um criatório comercial de Rio Branco/AC. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia **68** (6): 1548 - 1556.
- Oliveira, A. L. T. de, R. de O. Sales, J. B. S. Freitas, J. E. Lopes. 2012. Alternativa sustentável para descarte de resíduos de pescado em Fortaleza. Rev. Bras. Hig. San. Anim. , 6 (2), 97-119.
- Oliveira, N. I. da S. de, A. C. Florentino. 2018. Avaliação socioeconômica dos piscicultores do município de Porto Grande, Amapá, Brasil. Ciência e Natura v.40, e 31.
- Paula, K. S. A. de, O. L. de Faria Júnior. 2019. Utilização dos restos culturais e resíduos da industrialização de abacaxi na alimentação de ruminantes: Revisão. Pubvet- medicina veterinária e zootecnia. v. 13, n. 2, a271, p. 1-7.
- Pinto, B. V. V., A. E. Bezerra, E. Amorim, R. C. Valadão, G. M. de Oliveira. 2017. O resíduo de pescado e o uso sustentável na elaboração de coprodutos. Revista Mundi Meio

Ambiente e Agrárias. Curitiba, PR, v.2, n.2.

Pezzato, L. E. , M. M. Barros, W. M. Furuya. 2009. Valor nutritivo dos alimentos utilizados na formulação de rações para peixes tropicais. *Rev. Bras. Zootec.* , 38, 43-51.

Ranzani-Paiva, M. J. T. 2007. Hematologia como ferramenta para avaliação da saúde de peixes. In: 2º Simpósio de Nutrição e Saúde de Peixes, 2007. *Anais. 2º Simpósio de Nutrição e Saúde de Peixes*. Botucatu, São Paulo. Universidade Estadual Paulista, 74p.

Ranzani-Paiva, M. J. T. e Â. T. Silva-Souza. Hematologia de peixes brasileiros. 2004. Páginas 89 - 120 *in*: M. J. T. Ranzani-Paiva, R. M. Takemoto e M. de L. A. P. Lizama, Editores. Sanidade de organismos aquáticos. Editora Varela, São Paulo, Brasil.

Ranzani-Paiva, M. J. T. , S. B. de Pádua, M. Tavares-Dias e M. I. Egami. 2013. Métodos para análise hematológica em peixes. Eduem, Maringá, Paraná, Brasil.

Rotta, M. A. 2003. Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura. Corumbá: Embrapa Pantanal. 48p. (Documentos, 53).

Ruffino, M. L. , R. Roubach. 2009. A pesca e aqüicultura na Amazônia brasileira. Em: Zamudio, HB, CHS Hernando, MO Olalde, MA Tarancón (Eds. ). *Amazônia y Água: desarrollo sostenible en el Siglo XXI*. UNESCO, 249-258.

Santos, L. R. B. , E. T. Oba. 2009. Dieta: ferramenta importante para manejo dos peixes no cultivo. Páginas 89-105 In: TAVARES-DIAS, M. (Org. ). *Manejo e sanidade de peixes cultivados*. Macapá: Embrapa Amapá.

Santos, R. B. da S. , M. Tavares-Dias. 2010. Células sanguíneas e resposta hematológica de *Oxydoras niger* (Pisces, Doradidae) oriundos da bacia do médio rio Solimões, estado do Amazonas (Brasil), naturalmente parasitados. *Bol. Inst. Pesca*, São Paulo, 36(4): 283-292.

Tacon, A. G. J. , M. Metian, 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285: 146-158.

- Tavares-Dias, M, F. R. Moraes. 2004. Hematologia de peixes teleósteos. 1aed. Ribeirão Preto: M. Tavares-Dias, 131 p.
- Tavares-Dias, M. , M. M. Ishikawa, M. L. Martins, F. Satake, H. Hisano, S. B. de Pádua, G. T. Jerônimo, A. R. S. de Sá. 2009. Hematologia: ferramenta para o monitoramento do estado de saúde de peixes em cultivo. Páginas 43-80 em, A. Saran Net. do, Wos S. Mariano, S. F. P. Sória (Org. ). Tópicos especiais em saúde e criação animal. São Carlos: Pedro & João Editores.
- Tavares-Dias, M. 2011. Piscicultura continental no Estado do Amapá: diagnóstico e perspectivas. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, v. 81, Macapá: Embrapa Amapá.
- Vidotti, R. M. , E. M. M. Viegas, D. J. Carneiro. 2002. Produção e caracterização da fração lipídica de silagens de peixes. In: Congresso brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 18, 2002, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Tecnologia de Alimentos.
- Vidotti, R. M. , G. S. Gonçalves. 2006. Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de tilápia e sua utilização da alimentação animal. Artigo disponibilizado na página do Instituto de Pesca ([www.pesca.sp.gov.br](http://www.pesca.sp.gov.br)).



ARTIGO CIENTÍFICO

**Physiological responses of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) fed diets supplemented with silage from fish and vegetables by-products**

*Artigo submetido ao periódico "Aquaculture Reports"*

**Physiological responses of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier 1818) fed diets supplemented with silage from fish and vegetables by-products**

Maria de Nazaré Ferreira Costa<sup>a</sup>, Yuri Ian Carvalho Furtado<sup>a</sup>, Crisziellem Cardoso Monteiro<sup>b</sup>, Alexandre Renato Pinto Brasiliense<sup>a</sup>, Eliane Tie Oba Yoshioka<sup>a,b,c</sup>

<sup>a</sup>Federal University of Amapá, Graduate Program in Tropical Biodiversity, Rodovia Juscelino Kubitschek, Km 02, Bairro Jardim Marco Zero, CEP: 68. 903-419, Macapá, Amapá, Brazil.

<sup>b</sup>State University of Amapá, Collegiate of Fishing Engineering, Avenida Presidente Vargas, 650, Bairro Centro, CEP: 68. 900-070, Macapá, Amapá, Brazil.

<sup>c</sup>Brazilian Agriculture and Livestock Research Company (Embrapa), Aquaculture and Fisheries Laboratory, Rodovia Juscelino Kubitschek, Km 5, 2600, Bairro Universidade, CEP: 68. 903-419, Macapá, Amapá, Brazil.

\* Corresponding author. Tel: +55 96 3203 0244; eliane.yoshioka@embrapa.br

## **Abstract**

The demand for products to replace high-cost raw materials in the manufacture of feed for use in aquaculture, while also guaranteeing the nutritional quality of the diets, is increasing. Silage produced from fish and agriculture by-products is a low-cost and efficient protein source. The objective of the present study was to evaluate the physiological and biochemical responses of tambaqui fingerlings fed four different levels of silage included in commercial feed with 28% crude protein, over two periods: 45 and 90 days. Each treatment was carried out over three replications, with 10 tambaqui in each 100 L experimental box. At the end of each established period, blood samples were collected from five animals from each repetition to determine the hematological and biochemical variables. The weight, total length and hepatosomatic and liposomal indexes of specimens fed with silage did not exhibit significant changes in either assessment period, while the hematocrit values also remained similar. After 45 days of feeding, the hemoglobin concentrations of the tambaqui increased when they were fed a diet including 20% silage. The erythrocyte count, mean corpuscular volume and mean corpuscular hemoglobin did not change between treatments in either period. The total proteins increased significantly in the plasma of tambaqui fed with diets with the inclusion of 5 and 10% of silage, evaluated after feeding for 45 days. It was found that the groups which had silage included in their diet did not exhibit significant alterations in the evaluated parameters, and the diet was therefore not considered harmful to the health of the tambaqui. Therefore, the use of silage as a food supplement during the cultivation of tambaqui is a sustainable alternative for producers, as it leads to a reduction in waste from fish and agriculture by-products, with the use of materials suitable for consumption.

**Keywords:** Animal health; aquaculture; hematology.

## Introduction

Tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier 1818), belongs to the order Characiformes, and is considered the second largest scaly fish in the Amazon basin (Goulding and Carvalho 1982). It has omnivorous feeding habits, with a preference for fruits and seeds (Araújo-Lima and Goulding 1998). It is among the most important aquaculture species in the North of Brazil and is the third most cultivated fish in farms at a national level (Araújo-Lima and Goulding 1998; Rufino and Roubach 2009). In the aquatic animal cultivation system, feed constitutes one of the largest final costs (Hisano et al. 2008), representing a significant expense to the producer, as the main products that make up the manufacture of feed, oil and fish meal, are expensive. In view of this, many experimental studies have sought alternative products that can replace, or reduce, the use of these raw materials at a lower cost while ensuring the nutritional quality of the species under cultivation (Tacon and Metian 2008, Cyrino et al. 2010). A study by Boscolo et al. (2004) showed that flour from tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758), corvine *Plagioscion squamosissimus* (Heckel 1840) and shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862) residues can be used as ingredients in the formulation of fish feed, as a source of protein.

In this case, a suitable choice is the production of silage from fish processing residues, as well as agricultural by-products (Paula and Faria Júnior 2019), through biomass hydrolysis, a simple and low-cost method, as the product has a high protein value, is rich in fatty acids and is of high biological value for animal nutrition. In addition to being an alternative and economically viable source for producers, it allows a reduction in the amount of waste disposed in the environment, such as that produced from underutilized species in fish farming and fisheries, rejects from the commercialization of fish and processing industries (Vidotti 2001, Arruda et al. 2006, Naylor et al. 2009, Cyrino et al. 2010, Oliveira et al. 2012).

In a study by Bonfá et al. (2017), the addition of pineapple to silage achieved positive results, with various levels of pineapple peel included in the elephant grass ensiling process. When the level of inclusion reached 50%, an increase in the crude protein content, which reached levels close to 4.5%, was observed. In addition, Yuangsoi et al. (2018) also used pineapple co-products in the diet of fish, at a level of inclusion from 1 to 2%, resulting in increased protein digestibility and fish growth, reduced ammonia level in water and, consequently, reduced nitrogen pollution. Therefore, it is observed that the production of silage with the remains of fruits, vegetables and fish by-products can be alternative and economically viable sources for local producers with regard to fish nutrition, reducing the disposal of fish waste in the environment. However, considering the condition of confinement of animals in cultivation, in which they depend exclusively on the feed offered to them, one must ensure, among other factors, a diet that includes the greatest possible amount of nutrients (Chagas and Val 2003, Rota 2003), since diet can modify the bodily functioning of the fish (Cyrino et al. 2010). Therefore, it is essential to achieve nutritional balance.

One way to monitor the health of these animals and understand how nutrition acts in the body is through hematological evaluations, which allow for the collection of information and the diagnosis of the health status of specimens farmed (Ranzani-Paiva et al. 2013, Morselli et al. 2016). In this context, the objective of the present study was to verify the physiological responses of tambaqui *Colossoma macropomum* after their diet was supplemented with silage produced with fish and agriculture by-products.

## **Material and Methods**

### ***Experimental diets and analyses***

This experiment is authorized by Ethics Committee for Animal Use (CEUA) of Embrapa Amapá, under procedural nr 015-CEUA/CPAFAP, and is registered in National

System for the Management of Genetic Heritage and Associated Traditional Knowledge (SisGen), under identification number A0D6DC0. The experiments were carried out at the Aquatic Organisms Nutrition Laboratory, Embrapa Amapá, from August 2019 onwards.

The specimens of *Colossoma macropomum* were purchased from a commercial fish farm in the municipal region of Macapá, in the state of Amapá. Specimens (n=120) with an initial average weight of  $31.15 \pm 3.65$  g were divided in groups of 10 in 12 circular water tanks (100 L), acclimated to the laboratory conditions for 15 days, and fed with 28% crude protein feed (Acqualine, Supra, Alisul Alimentos S. A., São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brazil).

The silage produced with fish and vegetable by-products was prepared in accordance with Yoshioka et al. (2020) and kept in a freezer until used in this study. Silage was included in ground feed at four levels: 0% (Control), 5%, 10% and 20%, well mixed and passed through a meat grinder, dried and broken into smaller pieces, to be supplied to the fish. The distribution of diets in each experimental tank was carried out in a randomized way, in triplicate, to ensure maximum independence between the samples.

The experimental diets produced for the feeding of the tambaqui were collected (100 g of each experimental diet), in triplicate, according to the guidelines of the Association of Analysts of Analytical Chemistry (1995) to analyze centesimal composition of the experimental diets. Table 1 shows the chemical composition of the experimental diets.

**Table 1.** Basal composition of commercial ration and proximate composition of experimental diets containing different concentrations of fisheries and vegetal silage.

Parameters	Diet (Silage percentage inclusion)			
	0%	5%	10%	20%
Dry matter (%)	94.14±0.14	94.37±0.15	94.09±0.09	94.05±0.07
Crude protein (%)	24.19±1.86	28.23±0.38	27.17±0.58	29.08±0.73
Ether extract (%)	6.23±0.14	6.50±0.22	6.89±0.16	7.18±0.13
Ashes (%)	14.01±0.31	15.13±0.38	15.05±0.25	14.86±0.21
Phosphorous (%)	1.79±0.06	1.94±0.05	1.95±0.09	2.28±0.12
Calcium (%)	3.50±0.47	3.63±0.05	3.21±0.39	2.00±0.38

Data expressed as mean values ± standard deviation.

These diets, that is, the commercial diet with the addition of different percentages of silage for each experimental treatment, were made up of dry matter, crude protein, ether extract and similar ashes. Only in diets with the inclusion of 20% silage were lower amounts of calcium and higher levels of phosphorus verified. In addition, it was noted that the inclusion of silage did not lead to an increase in the amount of crude protein in the diets, possibly because the proteins are not whole but are in smaller parts, such as polypeptides and amino acids, due to the enzymatic hydrolysis process (Gao et al. 2021).

The daily amount of food was 5% of the biomass of each experimental box, divided into four parts and provided at 8:00 am, 11:00 am, 2:00 pm and 5:00 pm. The total feeding period was 90 days, with the following procedures performed after 45 and 90 days: collection of blood samples from the specimens (15 from each treatment, five specimens from each repetition) to assess health status. After blood collection, the specimens were sacrificed by means of spinal transection, to obtain the total weight and total length; removal and weighing of the liver and visceral fat, to check the hepatosomatic (HSI= liver weight/body weight x 100) and liposomatic (LSI= visceral fat weight/body weight x 100) indexes, respectively.

The blood samples were collected by caudal vessel puncture, using needles and syringes containing Na<sub>2</sub>EDTA 3%. Each blood sample was used to determine the hematocrit (Ht), hemoglobin concentration (Hb), and red blood cell count (RBC). These data were used to determine mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin (MCH) and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) (Ranzani-Paiva et al. , 2013). The remaining blood samples were centrifuged at 75 G for 5 minutes (Centrifuge 5424, Eppendorf, Hamburg, Germany) to obtain the plasma, in order to determine the levels of glucose (mg. dL<sup>-1</sup>), total protein (g. dL<sup>-1</sup>), albumin (g. dL<sup>-1</sup>), total cholesterol (mg. dL<sup>-1</sup>), and triglyceride (mg. dL<sup>-1</sup>), using specific colorimetric kits (Ebram Laboratorial Products, São Paulo, SP, Brazil) for each metabolite, with absorbance readings from a spectrophotometer (Biospectro SP-220, Curitiba, Paraná, Brazil).

### ***Statistical analysis***

The data were firstly subjected to normality and homoscedasticity tests using the Shapiro-Wilk and Levene methods, respectively, and, where analyzed using ANOVA and post hoc Tukey and Kruskal-Wallis tests. Differences were considered significant at 5% probability (Zar 2010). Data are presented as mean and standard deviation. The tests were performed using Graph Pad InStat (version 3. 0, 1997) software.

### **Results**

Diets supplemented with the inclusion of 5, 10 and 20% of silage were successfully accepted by the tambaqui during the provision of feed in the 90-day period. Mortalities were not verified. However, the body weight, total length and HSI of the specimens did not change ( $P>0.05$ ) between the different experimental diets in the same period. In contrast, when comparing the 45- and 90-day feeding periods, a significant increase in the weight and length



of the fish was found regardless of the level of inclusion of silage in the diets. Only HSI showed a decline in the group fed a diet supplemented with 20% silage for 90 days, in comparison with 45 days (Table 2). After 45 days, a lower LSI was observed in tambaqui that received 5% Silage than in the Control and 10% Silage groups. When fed for 90 days, there were no differences ( $P>0.05$ ) between the groups. However, there was a significant increase in LSI values when fed for 90 days, compared to 45 days (Table 2).

Table 2. Body weight and total length, hepatosomatic (HSI) and liposomatic index (LSI) (mean values  $\pm$  standard deviation) of *Colossoma macropomum* fed diets supplemented with fisheries and vegetables silage, for 45 and 90 days.

	45-day period			
	Silage 0%	Silage 5%	Silage 10%	Silage 20%
Weight (g)	60.40 $\pm$ 11.27 <sup>a</sup>	61.20 $\pm$ 12.90 <sup>a</sup>	57.47 $\pm$ 10.72 <sup>a</sup>	67.73 $\pm$ 12.39 <sup>a</sup>
Total length (cm)	15.33 $\pm$ 1.19 <sup>a</sup>	15.37 $\pm$ 1.08 <sup>a</sup>	15.37 $\pm$ 0.69 <sup>a</sup>	16.10 $\pm$ 0.94 <sup>a</sup>
HSI (%)	1.43 $\pm$ 0.25 <sup>a</sup>	1.42 $\pm$ 0.21 <sup>a</sup>	1.59 $\pm$ 0.23 <sup>a</sup>	1.47 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>
LSI (%)	0.92 $\pm$ 0.26 <sup>a</sup>	0.58 $\pm$ 0.13 <sup>b</sup>	0.91 $\pm$ 0.27 <sup>a</sup>	0.81 $\pm$ 0.22 <sup>ab</sup>
	90-day period			
	Silage 0%	Silage 5%	Silage 10%	Silage 20%
Weight (g)	117.47 $\pm$ 23.83 <sup>a*</sup>	126.93 $\pm$ 15.86 <sup>a*</sup>	119.27 $\pm$ 20.86 <sup>a*</sup>	123.33 $\pm$ 23.68 <sup>a*</sup>
Total length (cm)	19.33 $\pm$ 1.39 <sup>a*</sup>	19.91 $\pm$ 0.76 <sup>a*</sup>	19.41 $\pm$ 0.95 <sup>a*</sup>	19.44 $\pm$ 1.23 <sup>a*</sup>
HSI (%)	1.41 $\pm$ 0.36 <sup>a</sup>	1.28 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>	1.38 $\pm$ 0.16 <sup>a</sup>	1.29 $\pm$ 0.23 <sup>a*</sup>
LSI (%)	1.37 $\pm$ 0.30 <sup>a*</sup>	1.13 $\pm$ 0.33 <sup>a*</sup>	1.50 $\pm$ 0.24 <sup>a*</sup>	1.18 $\pm$ 0.31 <sup>a*</sup>

Data expressed as mean values  $\pm$  standard deviation. Different letters mean significant differences by ANOVA, analysis followed by post-hoc Tukey ( $P<0.05$ ); asterisk (\*) means significant difference ( $P<0.05$ ) when comparing groups from 45 and 90-day periods, from the same treatment, for the same parameter.

The Ht values of the tambaqui after having different proportions of silage included in their diets did not differ ( $P>0.05$ ), after either 45 or 90 days. However, Ht decreased significantly in the 5% silage and 20% silage groups fed for 90 days, when compared to those fed for only 45 days. In specimens that received the diet with the inclusion of 20% silage for 45 days, an increase ( $P<0.05$ ) in Hb concentration was observed, when compared with the Control group (Silage 0%). However, a significant reduction in Hb in groups also fed diets with the inclusion of 5 and 20% silage was observed after 90 days of feeding, in comparison with the 45-day period (Table 3).

Table 3. Hematological and biochemical parameters (mean  $\pm$  standard deviation) of tambaqui *Colossoma macropomum* fed diets supplemented with silage from fish and vegetables by-products (Silage 0%, 5%, 10% e 20%) for 45 and 90 days.

	45-day period			
	Silage 0%	Silage 5%	Silage 10%	Silage 20%
Ht (%)	27.65 $\pm$ 5.51 <sup>a</sup>	30.53 $\pm$ 3.72 <sup>a</sup>	30.77 $\pm$ 4.98 <sup>a</sup>	30.30 $\pm$ 2.30 <sup>a</sup>
Hb (g. dL <sup>-1</sup> )	7.39 $\pm$ 1.29 <sup>b</sup>	8.34 $\pm$ 1.06 <sup>ab</sup>	7.92 $\pm$ 0.98 <sup>ab</sup>	8.67 $\pm$ 0.68 <sup>a</sup>
RBC (x 10 <sup>6</sup> $\mu$ L <sup>-1</sup> )	2.15 $\pm$ 0.41 <sup>a</sup>	2.15 $\pm$ 0.62 <sup>a</sup>	2.05 $\pm$ 0.57 <sup>a</sup>	1.78 $\pm$ 0.51 <sup>a</sup>
MCV (fL)	160.04 $\pm$ 43.80 <sup>a</sup>	147.77 $\pm$ 43.06 <sup>a</sup>	159.25 $\pm$ 40.35 <sup>a</sup>	179.93 $\pm$ 60.89 <sup>a</sup>
MCH (g. dL <sup>-1</sup> )	41.85 $\pm$ 9.20 <sup>a</sup>	41.37 $\pm$ 7.94 <sup>a</sup>	41.22 $\pm$ 8.51 <sup>a</sup>	50.77 $\pm$ 10.55 <sup>a</sup>
MCHC (g. dL <sup>-1</sup> )	27.74 $\pm$ 6.32 <sup>a</sup>	27.49 $\pm$ 3.45 <sup>a</sup>	26.10 $\pm$ 3.77 <sup>a</sup>	28.67 $\pm$ 2.34 <sup>a</sup>
Glucose (mg. dL <sup>-1</sup> )	53.94 $\pm$ 8.13 <sup>b</sup>	63.51 $\pm$ 6.20 <sup>a</sup>	54.15 $\pm$ 8.89 <sup>b</sup>	50.38 $\pm$ 8.85 <sup>b</sup>
Total protein (g. dL <sup>-1</sup> )	3.25 $\pm$ 0.46 <sup>b</sup>	3.82 $\pm$ 0.28 <sup>a</sup>	4.53 $\pm$ 0.61 <sup>a</sup>	3.25 $\pm$ 0.35 <sup>b</sup>
Albumin (g. dL <sup>-1</sup> )	0.94 $\pm$ 0.19 <sup>a</sup>	0.99 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	0.96 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup>	0.91 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>

Total cholesterol (mg. dL <sup>-1</sup> )	94. 49±14. 12 <sup>b</sup>	101. 37±9. 15 <sup>ab</sup>	105. 82±9. 99 <sup>a</sup>	123. 53±10. 33 <sup>a</sup>
Triglyceride (mg. dL <sup>-1</sup> )	143. 54±26. 95 <sup>ab</sup>	161. 04±25. 61 <sup>a</sup>	158. 75±23. 51 <sup>a</sup>	127. 80±18. 05 <sup>b</sup>
<b>90-day period</b>				
	<b>Silage 0%</b>	<b>Silage 5%</b>	<b>Silage 10%</b>	<b>Silage 20%</b>
Ht (%)	25. 37±3. 29 <sup>a</sup>	26. 96±3. 29 <sup>a*</sup>	27. 96±4. 19 <sup>a</sup>	26. 54±1. 59 <sup>a*</sup>
Hb (g. dL <sup>-1</sup> )	8. 61±0. 68 <sup>a*</sup>	7. 58±0. 83 <sup>b*</sup>	7. 64±1. 01 <sup>b</sup>	7. 88±0. 73 <sup>ab*</sup>
RBC (x 10 <sup>6</sup> µL <sup>-1</sup> )	1. 52±0. 43 <sup>a*</sup>	1. 50±0. 32 <sup>a*</sup>	1. 47±0. 35 <sup>a*</sup>	1. 46±0. 47 <sup>a</sup>
MCV (fL)	181. 94±58. 59 <sup>a</sup>	189. 52±69. 69 <sup>a</sup>	203. 48±51. 16 <sup>a*</sup>	200. 06±62. 11 <sup>a</sup>
MCH (g. dL <sup>-1</sup> )	61. 18±13. 43 <sup>a*</sup>	54. 52±11. 77 <sup>a*</sup>	55. 17±11. 79 <sup>a*</sup>	56. 51±6. 55 <sup>a</sup>
MCHC (g. dL <sup>-1</sup> )	33. 61±3. 32 <sup>a*</sup>	28. 97±3. 15 <sup>b</sup>	27. 76±3. 48 <sup>b</sup>	29. 82±2. 19 <sup>b</sup>
Glucose (mg. dL <sup>-1</sup> )	59. 20±13. 11 <sup>a</sup>	56. 91±10. 89 <sup>a</sup>	51. 97±6. 93 <sup>a</sup>	56. 42±11. 61 <sup>a</sup>
Total protein (g. dL <sup>-1</sup> )	3. 71±0. 37 <sup>ab*</sup>	3. 25±0. 76 <sup>b*</sup>	3. 78±0. 99 <sup>a*</sup>	3. 77±0. 55 <sup>ab*</sup>
Albumin (g. dL <sup>-1</sup> )	0. 93±0. 10 <sup>bc</sup>	0. 91±0. 12 <sup>b*</sup>	1. 02±0. 06 <sup>ac</sup>	1. 04±0. 08 <sup>a*</sup>
Total cholesterol (mg. dL <sup>-1</sup> )	123. 53±10. 33 <sup>a*</sup>	114. 46±10. 29 <sup>a*</sup>	113. 94±7. 89 <sup>a*</sup>	118. 91±17. 55 <sup>a*</sup>
Triglyceride (mg. dL <sup>-1</sup> )	162. 84±14. 19 <sup>a*</sup>	152. 25±16. 27 <sup>a</sup>	165. 27±12. 03 <sup>a</sup>	153. 19±25. 05 <sup>a*</sup>

Ht: Hematocrit; Hb: Hemoglobin concentration; RBC: red blood cell count; MCV: mean corpuscular volume; MCH: mean corpuscular hemoglobin; MCHC: mean corpuscular hemoglobin concentration.

Data expressed as mean values ± standard deviation. Different letters mean significant differences by ANOVA, analysis followed by post-hoc Tukey (P<0. 05); asterisk (\*) means significant difference (P<0. 05) when comparing groups from 45 and 90-day periods, from the same treatment, for the same parameter.

RBC, MCV and MCH showed no changes between treatments at either period analyzed. However, significant differences between feeding periods were observed. RBC declined significantly in the groups fed with 0, 5 and 10% silage for 90 days, compared to the respective groups after 45 days (Table 3). In contrast, the MCH values of the same groups increased significantly after 90 days of feeding. In addition, there was an increase in MCV in the group of tambaqui that received a 10% silage diet for 90 days, compared to those who

were fed for 45 days. At 90 days, MCHC increased significantly in the Control group, being higher than that of the Control group after 45 days of being fed a diet supplemented with silage.

Glycemia increased ( $P < 0.05$ ) in animals that received a 5% Silage diet for 45 days. In addition, total protein plasma levels increased significantly with 5 and 10% silage diets, in comparison with the other diets. However, the total protein levels of specimens receiving diets with 5 and 10% silage declined ( $P < 0.05$ ) when fed for 90 days, although when 20% silage was included, there was a significant increase in comparison with feeding for 45 days (Table 3). After 90 days of feeding, albumin levels decreased when the tambaqui received a 5% silage diet, compared to those that received diets with 10 and 20% silage in their diets, and in comparison, with the 45-day period. In contrast, the 20% silage diet supplied for 90 days led to an increase ( $P < 0.05$ ) in relation to the Control and 5% silage diet, and in comparison, with feeding for 45 days (Table 3). Total cholesterol levels in the plasma of the tambaqui increased significantly in the groups that received the 10 and 20% silage diets for 45 days. However, after 90 days of feeding, these levels remained similar between the experimental groups. All the total cholesterol levels were higher ( $P < 0.05$ ) at 90 days than at 45 days. Plasma triglycerides increased significantly following the use of silage 5 and 10% diets for 45 days. They also increased ( $P < 0.05$ ) between 45 and 90 days of feeding with the 0 and 20% silage diets.

## **Discussion**

The tambaqui fed diets containing silage from fish and agriculture by-products, at the levels of supplementation evaluated, accepted the food, verified by the consumption and growth of the animals, indicating that the inclusion of the supplement did not negatively influence the consumption of the diets (Meurer et al. 2000). Such acceptance may be linked to

the fact that fruits and seeds are already part of the diet of several species of native omnivorous fish, including tambaqui (Silva et al. 2003).

In the present study, despite the fish growth observed, varying the inclusion levels of silage in diets did not result in significant benefits in the biometric parameters. However, studies by Vendruscolo et al. (2009) which included 30% biologically treated apple pomace in the diet of tilapia fingerlings, over a period of 30 days, identified an increase in biometric parameters in comparison with the Control group.

No change in HSI was observed between the treatments in either of the evaluated periods, indicating that the health conditions of the tambaqui from the experimental groups were similar, in addition to the fact that the inclusion of silage in the diets did not cause any harm to the animals. Corrêa et al. (2020) observed similar behavior in round fish, pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887) and tambacu, fed a diet containing biological fish silage. In addition, Lima et al. (2010) found that the inclusion of different levels of mango meal bran in the diet of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* did not modify HSI, reinforcing the viability of using fish and agriculture by-products in the production of feed.

The lower LSI value of tambaqui that received a diet with 5% silage inclusion for 45 days indicates that these animals did not accumulate perivisceral fat, possibly because they did not ingest an adequate amount of food or because they exhibited stress, with greater energy use (Boaventura et al. 2021). In addition, feeding for 90 days caused the LSI of the tambaqui to increase significantly, indicating that the animals adapted to the feeding and laboratory conditions.

The addition of silage to the diet of the tambaqui did not change the Ht values. Only when the groups in the different periods were compared did a reduction occur in those that received diets with the inclusion of 5 and 20% silage for 90 days. Tavares-Dias et al. (2009) described the hematological values of fish produced for commercial purposes in Brazil and

indicated that the Ht values of tambaqui can vary from 26. 0% to 38. 0%. Centeno et al. (2007) performed the hematological characterization of tambaqui in cultivation in three stages of life: fingerlings, juveniles, and adults, and obtained the following average Ht values: 29. 87, 31. 76 and 33. 70%, respectively. The animals in the present study had values similar to those reported in literature. Despite being different species of fish, specimens of *Arapaima gigas* (Schinz 1823) pirarucu fed a diet containing glucomannan, derived from yeasts and algae, showed Ht values similar to those in the present study, when cultivated for a period of 45 days (Hoshino et al. 2017).

The RBC and Hb values of the tambaqui in the present study were similar to those described by Tavares-Dias et al. (2009). Furthermore, these results were similar to those reported by Chagas and Val (2003), in tambaqui with a diet supplemented with vitamin C (L-ascorbic acid) present in fruits and vegetables, with the inclusion of 100 mg of ascorbic acid/kg in the diet resulting in the following mean Hb and RBC values:  $8.11 \pm 0.58 \text{ g. dL}^{-1}$  e  $1.60 \pm 0.13 \times 10^6. \text{ mm}^{-3}$ , respectively.

Ranzani-Paiva et al. (1999) found lower Hb values for tambaqui captured in fish farming in the state of São Paulo (mean value of  $5.6 \text{ g. dL}^{-1}$ ), due to natural and specific variations. However, Centeno et al. (2007) observed a tendency for Hb to increase as the *C. macropomum* specimens grow, thus obtaining higher values in adult individuals. It is noteworthy that values below those described in literature cited for Ht, Hb and RBC, can result in a profile of anemia (Chagas and Val 2003, Chagas et al. 2013). Thus, the results of the present study show that the specimens are in good health.

The hematological indices did not change due to the supplementation of diets with silage, with only an increase in MCH values observed with a longer feeding period of 90 days. Similar values to these indexes were described by Drumond et al. (2010) for the pirarucu *A. gigas* in semi-intensive fish farms (mean values of MCV and MCHC:  $159.8 \pm 21$

fL and  $27.1 \text{ g} \cdot \text{dL}^{-1}$ , respectively). Diets with the inclusion of silage reduced the MCHC, in comparison with those of the tambaqui from the Control group after 90 days of feeding. According to Tavares-Dias et al. (2009), this index can present values between  $20.0$  and  $30.0 \text{ g} \cdot \text{dL}^{-1}$ , however in tambaqui from the 0% silage group this value was higher than indicated by these authors ( $33.61 \pm 3.32 \text{ g} \cdot \text{dL}^{-1}$ ). It is noteworthy that the MCHC values obtained in the groups that received diets with silage included presented values similar to those described by Tavares-Dias and Sandrim (1998) for juveniles of the same species. Therefore, the values found in the present study are considered adequate for the health of these specimens.

The blood glucose of tambaqui in the present study was similar to the values described by Chagas et al. (2007), who submitted specimens of tambaqui raised in net tanks to different feeding rates. Such results suggest that the specimens do not suffer from a hyperglycemic condition, or signs of stress, due to the presence of different silage levels in the diets, as Silva et al. (2020) reported that tambaqui fed diets with the inclusion of over 16% whole banana bran exhibited hyperglycemia, with values above  $78.0 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ . Furthermore, Chagas et al. (2007) identified total plasma protein values considered adequate for tambaqui, that is, above  $2.0 \text{ g} \cdot \text{dL}^{-1}$ . The triglyceride levels, on the other hand, were higher, as in the study by Silva et al. (2020). This increase in triglycerides may be linked to high amounts of carbohydrates in the diet (Silva et al. 2020), which was not found in the present study. Ribeiro et al. (2017) did not observe changes in the hematological and biochemical parameters of *A. gigas* fed for 60 days with diets with up to 20% inclusion of the fish protein hydrolysate and suggested this formulation as an adequate supplement to the diet of these fish.

## **Conclusion**

The inclusion of 5%, 10% and 20% of silage produced with fish and agriculture by-products in the diets of the tambaqui did not cause changes in biometric parameters, even with

the use of diets with a lower percentage of CP in the formulation. These feeds with lower percentage of CP are generally less expensive, enabling the growth of fish and profit for the producer. In addition, the hematological and biochemical parameters showed some variation based on the levels of silage inclusion used, but this did not prove harmful to the health of the tambaqui. Therefore, the use of silage as a food supplement during the tambaqui farming can be recommended as a less costly and more sustainable alternative for producers, promoting a reduction in the disposal of important by-products which are suitable for consumption, and enabling an increase in fish production in the state of Amapá, together with the preservation of the environment.

### **Acknowledgments**

The authors thank the Brazilian Agriculture and Livestock Research Corporation (Embrapa Amapá) and the Amapá State Research Support Foundation (FAPEAP) for financial support.

### **References**

- Araújo-Lima, C. , M. Goulding. 1998. Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia. Tefé, AM: Sociedade Civil Mamirauá; Brasília, DF: CNPq. 188 p.
- Arruda, L. F., R Borghesi, A. Brum, D'Arce, M. Regitano, M. Oetterer. 2006. Nutritional aspects of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) silage. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, n. 4, p. 749-756.
- AOAC-Association of Official Analytical Chemists. 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. AOAC, Arlington, 1141p.
- Boaventura, T. P. , P. P. C. Pedras, F. A. C. Santos, A. L. Ferreira, G. C. Favero, G. D. A. Palheta, N. F. A. C. Melo, R. K. Luz. 2021. Cultivation of juvenile *Colossoma*



- macropomum* in different colored tanks in recirculating aquaculture system (RAS): Effects on performance, metabolism, and skin pigmentation. *Aquaculture*, 532, 736079.
- Bonfá, C. S. , S. D. J. Villela, G. H. de F. Castro, R. A. dos Santos, A. R. Evangelista, O. de S. P. Neto. 2017. Silagem de capim-elefante adicionada de casca de abacaxi. *Rev. Ceres*, v. 64, n. 2.
- Boscolo, W. R. , C. Hayashi, F. Meurer, A. Feiden, R. A. Bombardelli. 2004. Digestibilidade aparente da energia e proteína das farinhas de resíduo da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e farinha integral do camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a tilápia do Nilo. *R. Bras. Zootec.* , 33 (1), 8-13.
- Centeno, L. , R. Silva-Acuña, R. S. Lugo, R. Barrios, C. Matute, J. L. Pérez. 2007. Características hematológicas de la cachama (*Colossoma macropomum*) en tres etapas de crecimiento cultivadas en el estado Delta Amacuro, Venezuela. *Zootecnia Trop.* , 25(4): 237-243.
- Chagas, E. C. , A. L. Val. 2003. Efeito da vitamina C no ganho de peso em parâmetro hematológico de tambaqui. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 38(3): 397-402.
- Chagas, E. C. , A. L., L. de C. Gomes, H. Martins Júnior, R. Roubach. 2007. Produtividade do tambaqui criado em tanques-rede com diferentes taxas de alimentação. *Ciênc. Rural*, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1109 – 1115.
- Chagas, E. C. , A. L. F. Pilarski, R. Sakabe, F. R. de Moraes. 2013. Desempenho produtivo e respostas fisiopatológicas de tambaquis alimentados com ração suplementada com  $\beta$ -glucano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 48, n. 8, p. 899-905.
- Corrêa, C. F.T. da S. Oliveira, A. F. Leonardo, R. V. Reis-Neto, D. B. S. Enke. 2020. Acid fish silage in the diet of pacu and tambacu reared at cold sub optimal temperature. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 55, e01653.

- Cyrino, J. E. P. , A. J. A. Bicudo; R. Y. Sado; R. Borghesi; J. K. Dairiki. 2010. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. Revista Brasileira de Zootecnia. V. 39, p. 68-87.
- Drumond, G. V. F. , A. P. de A. Caixeiro, M. Tavares-Dias, J. L. Marcon, E. G. Affonso. 2010. Características bioquímicas e hematológicas do pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimidae) de cultivo semi-intensivo na Amazônia. Acta Amazonica, 40: 591-596.
- Gao, R. ,Q. Yu, Y. Shen, Q. Chu, G. Chen, S. Fen, M. Yang, L. Yuan, D. J. McClements, Q. Sun. 2021. Production, bioactive properties, and potential applications of fish protein hydrolysates: Developments and challenges. Trends in Food Science & Technology, 110, 687-699.
- Goulding, M. , M. Carvalho. 1982. Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae): an important Amazonian food fish. Revista Brasileira de Zoologia, v. 1, n. 2, p. 107-133.
- Hisano, H. , M. R. Maruyama, M. M. Ishikawa, A. L. Melhorança, A. A. Otsubo. 2008. Potencial da utilização da mandioca na alimentação de peixes. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 29 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 94).
- Hoshino, M. D. F. G. , R. das G. Barbosa Marinho, D. F. Pereira, E. T. O. Yoshioka, M. Tavares-Dias, R. O. de A. Ozorio, A. F. R. Rodriguez, R. A. Ribeiro, F. S. E. D. V. de Faria. 2017. Hematological and biochemical responses of pirarucu (*Arapaima gigas*, Arapaimidae) fed with diets containing a glucomannan product derived from yeast and algae. Acta Amazonica. VOL. 47(2) 2017: 87 – 94.

- Lima, M. R., M. C. M. M. Ludke, F. F. Porto-Neto, B. W. C. Pinto, T. R. Torres, E. J. O. Souza. 2011. Farelo de resíduo de manga para tilápia do Nilo. *Acta Scientiarum Animal Science*, Maringá, v. 33, n. 1, p. 65- 71.
- Meurer, F. , C. Hayashi, C. M. Soares, W. R. Boscolo. 2000. Utilização de levedura spray dried na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L. ). *Acta Scientiarum* 22(2):479-484.
- Morselli, M. P. E. , F. S. E. D. V. Faria, V. M. F. Ribeiro, M. N. S. Viana, A. F. Parente, L. J. Baginski, C. Jardim e D. B. V. Reis. 2016. Biometria e parâmetros hematológicos em tartarugas-da-amazônia de um criatório comercial de Rio Branco/AC. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **68** (6): 1548 - 1556.
- Naylor, R. L. , R. W. Hardy, D. P. Bureau, A. Chiu, M. Elliott, A. P. Farrell, I. Forster, D. M. Gatlin, R. J. Goldberg, K. Hua, P. D. Nichols. 2009. Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proceedings of the National Academy of the United States of America*, v. 106 (36), p. 15103-15110.
- Oliveira, A. L. T. de, R. de O. Sales, J. B. S. Freitas, J. E. Lopes. 2012. Alternativa sustentável para descarte de resíduos de pescado em Fortaleza. *Rev. Bras. Hig. San. Anim.* , 6 (2), 97-119.
- Paula, K. S. A. de, O. L. de Faria Júnior. 2019. Utilização dos restos culturais e resíduos da industrialização de abacaxi na alimentação de ruminantes: Revisão. *Pubvet- medicina veterinária e zootecnia*. v. 13, n. 2, a271, p. 1-7.
- Ranzani-Paiva M. J. T., F. A. Salles, J. C. Eiras, A. C. Eiras, C. M. Ishikawa e A. C. Alexandrino. 1998/1999. Análises hematológicas de curimatá (*Prochilodus scrofa*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) das estações de piscicultura do Instituto de Pesca, estado de São Paulo. *Bol. Inst. Pesca*. 25: 77-83.

- Ranzani-Paiva, M. J. T., S. B. de Pádua, M. Tavares-Dias e M. I. Egami. 2013. Métodos para análise hematológica em peixes. Eduem, Maringá, Paraná, Brasil.
- Ribeiro, M. da S. , F. A. L. da Fonseca, M. N. de Queiroz, E. G. Affonso, L. E. C. da Conceição, L. U. Gonçalves. 2017. Fish protein hydrolysate as an ingredient in diets for *Arapaima gigas* juveniles. Bol. Inst. Pesca, v. 44, p. 85-92.
- Rotta, M. A. 2003. Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura. Corumbá: Embrapa Pantanal. 48p. (Documentos, 53).
- Ruffino, M. L. , R. Roubach. 2009. A pesca e aqüicultura na Amazônia brasileira. Em: Zamudio, HB, CHS Hernando, MO Olalde, MA Tarancón (Eds. ). Amazônia y Agua: desarrollos ostensibleen El Siglo XXI. UNESCO, 249-258.
- Santos, L. R. B. , E. T. Oba. 2009. Dieta: ferramenta importante para manejo dos peixes no cultivo. Páginas 89-105 In: TAVARES-DIAS, M. (Org. ). Manejo e sanidade de peixes cultivados. Macapá: Embrapa Amapá.
- Silva, J. A. M., M Pereira Filho, M. I. Oliveira-Pereira. 2003. Frutos e sementes consumidos pelo tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) incorporados em rações. Digestibilidade e velocidade de trânsito pelo trato gastrointestinal. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 32, n. 6, p. 1815-1824.
- Silva A. F. e, C. E. Copatti, E. P. de Oliveira, H. C. Bonfá, F. V. S. T. de Melo, A. C. de S. Camargo, J. F. B. Melo. 2020. Effects of whole banana meal inclusion as replacement for corn meal on digestibility, growth performance, haematological and biochemical variables in practical diets for tambaqui juveniles (*Colossoma macropomum*). Aquaculture Reports 17, 100307.

- Tacon, A. G. J. , M. Metian, 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285: 146-158.
- Tavares-Dias M. eE. F. S. Sandrim. 1998. Influence of anticoagulants and blood storage on hematological values in tambaqui, *Colossoma macropomum*. *Acta Scient.* , 20: 151-155.
- Tavares-Dias, M. , M. M. Ishikawa, M. L. Martins, F. Satake, H. Hisano, S. B. de Pádua, G. T. Jerônimo, A. R. S. de Sá. 2009. Hematologia: ferramenta para o monitoramento do estado de saúde de peixes em cultivo. Páginas 43-80 em, A. Saran Neto, W. dos S. Mariano, S. F. P. Sória (Org. ). *Tópicos especiais em saúde e criação animal*. São Carlos: Pedro & João Editores.
- Vendruscolo, F. , C. S. Ribeiro, E. Espósito, J. L. Ninow. 2009. Tratamento biológico do bagaço de maçã e adição em dietas para alevinos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. V. 13, n. 4, p. 487–493
- Vidotti, R. M. 2001. Produção e utilização de silagens de peixe na nutrição do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Tese (Doutor) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura.
- Yoshioka, E. T. O. , L. F. Damasceno, R. das G. B. Marinho, J. D. M. Rocha. 2020. Elaboração de silagem biológica com coprodutos de peixes. Macapá: Embrapa Amapá. 11 p. (Embrapa Amapá. Comunicado técnico,160).
- Yuangsoi, B. , R. Klahan, S. Charoenwattanasak, S. -M. Lin. 2018. Effects of supplementation of pineapple waste extract in diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on growth, feed utilization, and nitrogen excretion. *Journal of Applied Aquaculture*, v. 30 (3), p. 227-237.
- Zar, J. H. 2010. *Biostatistical analysis*. 5th ed. New Jersey, PrenticeHall, 944

## 5 CONCLUSÕES

A suplementação de silagem de pescado e vegetais em dietas para tambaqui em até 20% de inclusão nas dietas, promove algumas alterações nos parâmetros hematológicos, porém sem alteração no crescimento destes peixes.

As respostas hematológicas e bioquímicas de tambaqui suplementado com silagem, em comparação ao grupo Controle (sem silagem), evidenciaram variações em seus valores, porém não demonstrando prejuízo à higidez dos exemplares.

Neste estudo apresentou-se uma possível alternativa para agregar nutrientes às dietas fornecidas aos tambaquis em cultivo, e que pode ser aprofundado em estudos futuros. Além disso, sugerimos o uso da silagem como suplemento alimentar, visto que pode ser produzido pelos próprios piscicultores, permitindo a redução de gastos com a aquisição de rações extrusadas para peixes com maiores níveis de proteína bruta, bem como a redução do descarte de resíduos de pescado e agricultura, contribuindo para a sustentabilidade dos setores de produção de alimentos.

## 6 ANEXOS

### Anexo 1 – comprovante de submissão de artigo.

---

**Aquaculture Reports** <em@editorialmanager.com> seg., 19 de abr. 10:30 (há 2 dias) ☆ ↶ ⋮

📧 para mim ↕

\*This is an automated message.\*

Journal: Aquaculture Reports  
Title: Physiological responses of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed diets supplemented with silage from fish and vegetables by-products  
Corresponding Author: Dr Eliane Tie Oba Yoshioka  
Co-Authors: Maria de Nazaré Ferreira Costa; Yuri Ian Carvalho Furtado; Alexandre Renato Pinto Brasileiro  
Manuscript Number:

Dear Maria de Nazaré Ferreira Costa,

Dr Eliane Tie Oba Yoshioka submitted this manuscript via Elsevier's online submission system, Editorial Manager, and you have been listed as a Co-Author of this submission. Elsevier asks Co-Authors to confirm their consent to be listed as Co-Author and track the papers status. In order to confirm your connection to this submission, please click here to confirm your co-authorship:

<https://www.editorialmanager.com/aqrep/l.asp?i=76406&i=UOF13LID>

If you have not yet registered for the journal on Editorial Manager, you will need to create an account to complete this confirmation. Once your account is set up and you have confirmed your status as Co-Author of the submission, you will be able to view and track the status of the submission as it goes through the editorial process by logging in at <https://www.editorialmanager.com/aqrep/>

If you did not co-author this submission, please contact the Corresponding Author directly at [eliane.yoshioka@embrapa.br](mailto:eliane.yoshioka@embrapa.br)

Thank you,

Aquaculture Reports

More information and support  
FAQ: What is Editorial Manager Co-Author registration?  
[https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a\\_id/28460/supporthub/publication/kw/co-author+editorial+manager/](https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/28460/supporthub/publication/kw/co-author+editorial+manager/)

---

Exibir tod