



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS AQUÁTICOS
TROPICAIS-PPGAQRAT

RAFAEL JOSÉ FURTADO SOUZA

**USO DE ADITIVO NUTRICIONAL COMERCIAL PARA JUVENIS DE TAMBAQUI
(*Colossoma macropomum*) (CURVIER, 1818).**

BELÉM

2021

RAFAEL JOSÉ FURTADO SOUZA

**USO DE ADITIVO NUTRICIONAL COMERCIAL PARA JUVENIS DE TAMBAQUI
(*Colossoma macropomum*) (CURVIER, 1818).**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais: área de concentração Aquicultura, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Takata

Coorientador: Prof. Dr. Glauber David Almeida Palheta

BELÉM

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

-
- S719u Souza, Rafael José Furtado
Uso de aditivo nutricional comercial para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*)
(CURVIER, 1818) / Rafael José Furtado Souza. – Belém, 2021.
50 f. : in collar
- Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos
Tropicais (PPGARAT), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural da
Amazônia, Belém, 2021.
Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Takata.
Coorientador: Prof. Glauber David Almeida Palheta
- 1- Nutrição. 2- Manejo. 3- Piscicultura. 4- Aditivos nutricionais. I. Takata, Rodrigo, *orient.* II.
Título
-

RAFAEL JOSÉ FURTADO SOUZA

**USO DE ADITIVO NUTRICIONAL COMERCIAL PARA JUVENIS DE TAMBAQUI
(*Collossoma macropomum*) (CURVIER, 1818).**

Dissertação apresentado à Universidade Federal Rural da Amazônia como parte das exigências do Programa de pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Takata

Coorientador: Prof. Dr. Glauber David Almeida Palheta

Aprovada em 09/ 07/ 2021

BANCA EXAMINADORA



Dr. Rodrigo Takata - Orientador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA



Dr. Fábio Sterzelecki
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA



Dr. Lício de Sá freire
Fundação Instituto de pesca do Rio de Janeiro - FIPERJ

Dr. Thiago Mendes de Freitas
Universidade Nilton Lins

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer imensamente a Deus, por toda dádiva alcançada até aqui, a confiança construída muito mesmo antes de adentrar a esse desafio, foi moldado de uma forma tão sincera.

A minha família e em especial a minha mãe, meus avós e minha tia que sempre me apoiaram em todas as fases acadêmicas que estive, e que nunca mediram esforços para que eu não perdesse a esperança.

À Universidade Federal Rural da Amazônia pela oportunidade de retornar a base de meus aprendizados, e ao Programa de Pós Graduação em Aquicultura e Recursos Hídricos Aquáticos Tropicais (PPGAqRAT-UFRA) e a todo o corpo docente do mesmo, por essa oportunidade ímpar na minha carreira profissional

À coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES), pelo apoio financeiro durante os 24 meses da realização do mestrado, agradeço imensamente ao Programa Nacional de Cooperação Acadêmica na Amazônia (Procad Amazônia) pela oportunidade do desenvolvimento da pesquisa, e que me deu todo suporte antes, durante e após meus experimentos. Sou muito grato mesmo.

Aos meus colegas da turma de Mestrado 2019 do PPGAqRAT, que demonstraram incansavelmente que ninguém solta a mão de ninguém, em especial quero agradecer a duas pessoas dessa turma que foram meus parceiros direto nos períodos de experimentação, Aldry Lorrán e Rayane Guimarães quero levar essa parceria por muitos anos.

Agradeço imensamente a toda equipe do laboratório de aquicultura sustentável, Rafaela, Joane, Alessandro, Taiane e Ana que sempre estiveram dispostos a ajudar nem que seja nas mínimas coisas, obrigado por toda amizade e companheirismo, obrigado pelas risadas, pelos almoços rachados, açaí compartilhado.

Ao professor Edilson Matos a quem sou eternamente grato pela disponibilidade de seu laboratório para realizar minhas análises histológicas, e por todo aprendizado durante meus dias no laboratório.

Quero agradecer aqui imensamente a três pessoas que foram meus pilares de aprendizados dentro desse pequeno e curto tempo que foi o mestrado. Ao meu orientador Rodrigo Takata, ao meu coorientador Glauber Palheta e ao professor Fábio Sterzelecki, o que aprendi com os senhores não se compara nem com o que aprendi em 5 anos de graduação. Sou eternamente grato

Aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado quando mais precisei deles, eu sei que sempre poderei contar com vocês Jaqueline, Priscila, Sara, Helen, Marlon, Adnan, Tassio, Cássio.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte dessa minha jornada, o meu muito obrigado.

RESUMO

Para que haja uma boa produtividade na criação de peixes é necessário que o alimento satisfaça as exigências nutricionais da espécie e que proporcione saúde frente aos desafios dos sistemas de produção. De fato, em sistemas de confinamento, os animais estão frequentemente expostos a uma série de fatores estressantes. O uso de aditivos nutricionais na aquicultura, como os probióticos, prebióticos e simbióticos, têm sido frequente para melhorar a saúde dos animais, principalmente pelo equilíbrio da microbiota intestinal e, da mesma forma, diminuindo o uso desenfreado de antibióticos. Nesse contexto o presente estudo teve como objetivo avaliar o uso de um aditivo nutricional comercial a base de probióticos e prebióticos no desempenho de juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum* e no desafio de resistência ao estresse à hipoxia. A primeira fase do experimento consistiu no uso do produto na alimentação do tambaqui em diferentes níveis de inclusão (0, 2, 4, 6 e 8g/Kg de dieta) durante 45 dias. Em sequência foi realizada a segunda fase, caracterizada como desafio de resistência hipoxia, em que o nível de oxigênio dissolvido na água dos tanques de todos os tratamentos foi reduzido para aproximadamente 1mg/L durante 48h, e em seguida normalizada a oxigenação do sistema, seguida da observação da recuperação dos peixes após 24 e 48h. Não houve mortalidade dos peixes em nenhum tratamento nas fases I e II do estudo. O aditivo não proporcionou alterações entre os tratamentos em relação ao desempenho, parâmetros sanguíneos e na morfometria do intestino dos peixes ao final do experimento. Os parâmetros sanguíneos glicose, hematócrito e triglicerídeos apresentaram diferenças na comparação dos tratamentos com as amostras iniciais, sendo que a glicose foi maior em T4 e o hematócrito e triglicerídeos foram maiores em todos os tratamentos ao final do ensaio de desempenho. No desafio à hipóxia, os únicos parâmetros sanguíneos que apresentaram interação entre os fatores tempo de análise e concentração do aditivo foram o hematócrito e a glicose. Os demais apresentaram efeito apenas do tempo de análise; com exceção da ALT que não apresentou efeito para o tempo. A proteína plasmática foi a única variável que apresentou efeito para as concentrações do aditivo na ração. Dessa forma, conclui-se que as concentrações do aditivo nutricional comercial testadas no presente estudo não proporciona alterações no desempenho e nas variáveis sanguíneas e morfométricas intestinais para os juvenis de tambaqui. Em situação de estresse por hipóxia, as concentrações testadas do aditivo levam a mudanças nos parâmetros sanguíneos, principalmente para a glicose e hematócrito.

Palavra chave: aquicultura; Piscicultura, Espécies nativas; Manejo alimentar

ABSTRACT

In order for there to be good productivity in fish crops, the food must meet the nutritional requirements of the species and provide them with health in the face of the challenges of production systems. | In fact, in confinement systems, animals are often exposed to a number of stressors. The use of nutritional additives in aquaculture, such as probiotics, probiotics and symbiotics, has been common to improve host health by balancing the intestinal microbiota and, likewise, inhibiting the rampant use of antibiotics. It is in this context that the present study aimed to evaluate the use of a commercial nutritional additive based on probiotics and prebiotics in the performance of juveniles of tambaqui *Colossoma macropomum* and in the stress challenge to hypoxia. The first phase of the experiment consists of using the product to feed tambaqui at different levels of inclusion (0, 2, 4, 6 and 8g / kg of diet) for 45 days. Subsequently, a second phase was carried out, approved as a hypoxia test, in which the dissolved oxygen level of the tanks of all treatments were reduced to approximately 1mg / L for 48h, and then the system oxygenation was normalized, the recovery was verified. of fish in 24 and 48 hours. There was no fish mortality in any treatment in phases I and II of the experiment. The additive did not change between treatments in terms of performance, blood parameters and bowel morphometry at the end of the growth trial. The blood parameters glucose, hematocrit and triglycerides showed differences when comparing treatments with the initial samples, with glucose being higher in T4 and hematocrit and triglycerides being higher in all treatments at the end of the performance test. In the hypoxia challenge, the only blood parameters that showed interaction between the analysis time and additive concentration factors were hematocrit and glucose. The others had an effect mainly on the analysis time; with the exception of ALT, which had no effect for time. Plasma protein was the only variable that had an effect on the concentrations of the feed additive. Thus, it is concluded that the concentrations of the commercial nutritional additive tested in this study do not provide changes in performance and in blood and intestinal morphometric variables for tambaqui juveniles. In situations of hypoxia stress, the tested concentrations of the additive lead to changes in blood parameters, especially for glucose and hematocrit

Keywords: aquaculture, fish farming, native species, food management.

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1. Peso médio dos juvenis de tambaqui *Colossoma macropomun* alimentados por 45 dias com níveis de inclusão de um aditivo nutricional comercial.

CAPITULO II

Figura 1. Análises das vilosidades intestinais do tambaqui (*Colossoma macropomum*). (A) altura, (B) comprimento das vilosidades e (C) largura das vilosidades

LISTA DE TABELAS

CAPITULO I

Tabela 1: Estudo de uso de aditivos alimentares como probióticos e prebióticos em espécies de cultivo

CAPITULO II

Tabela 1: Médias (\pm desvio padrão) dos parâmetros físico-químico da água, temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Oxigênio dissolvido (OD) (mg/L), pH.

Tabela 2: Médias (\pm desvio padrão) do oxigênio dissolvido (OD) (mg/L) na água, nos período durante e depois a hipoxia.

Tabela 3. Médias (\pm desvio padrão) do ganho em peso (GP, g), comprimento total (CT, cm), o consumo de ração (Consumo, g), a conversão alimentar (CA), biomassa (Biomassa, g), sobrevivência (Sob., %), Taxa de crescimento relativo (TCR, %) e a taxa de eficiência proteica (TEP) dos juvenis de tambaqui *Colossoma macropomun* alimentados com níveis de inclusão de aditivo comercial.

Tabela 4: Médias (\pm desvio padrão) dos parâmetros sanguíneos glicose (mmol.L^{-1}), hematócrito (%), proteína plasmática (Prot. plasmática g.L^{-1}), colesterol (mmol.L^{-1}) e triglicerídeos (mmol.L^{-1}) dos juvenis de tambaqui *Colossoma macropomun* alimentados com níveis de inclusão de um aditivo alimentar comercial a base de probióticos e prebiótico.

Tabela 5. Médias (\pm desvio padrão) dos parâmetros sanguíneos aspartato aminotransferase (AST, UI/L), alanina aminotransferase (ALT, UI/L), proteína plasmática (mg/L), hematócrito (%), glicose (mmol/L) e triglicerídeos (mmol/L) de juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum* expostos a hipóxia após serem alimentados por 45 dias com dietas contendo níveis de inclusão de aditivo nutricional a base de probióticos e prebióticos. Os resultados são referentes as análises nos tempos de pré-exposição à hipóxia (Pré-H), imediatamente após 48h de hipóxia (48-H), com 24h de recuperação (24-R) e com 48h de recuperação (48-R) à hipóxia.

Tabela 6: Média (\pm desvio padrão) das variáveis hematócrito (%) e glicose (mmol/L) no desdobramento da interação entre tempo de coleta x concentração de aditivo nutricional para juvenis de tambaqui no desafio à hipóxia.

Tabela 7. Médias (\pm desvio padrão) da relação entre comprimento do intestino pelo comprimento do peixe (CI/CP), peso dos fígados (g) e índice hepatossomático (IHS) dos juvenis de tambaqui *Colossoma macropomun* alimentados com níveis de inclusão de aditivo comercial.

Tabela 8: Médias (\pm desvio padrão) da altura, comprimento e largura do intestino dos juvenis de tambaqui *Colossoma macropomun* alimentados com níveis de inclusão de aditivo comercial.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL	14
2 OBJETIVOS	16
3- REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1- Panorama da produção mundial e brasileira de pescado	17
3.2- Caracterização da espécie.	18
3.2.1-Sistemática e morfológica	18
3.2.2- O tambaqui em ambiente natural e na aquicultura.	19
3.3 – Hipoxia e respostas fisiológicas dos peixes.	21
3.5 - Aditivos alimentares utilizados na aquicultura	23
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
4- CAPITULO 2: Efeito de diferentes níveis de simbiótico comercial sobre o desempenho, sobrevivência, parâmetros sanguíneos, morfometria intestinal e na resistencia à hipoxia em juvenis de tambaqui <i>Colossoma macropomum</i> (CURVIER, 1818).	38
RESUMO	39
ABSTRACT	40
1- INTRODUÇÃO	41
2- MATERIAL E METODOS	42
2.1- Condições pré-experimentais	42
2.2- Condições experimentais	43
2.3- Análise de desempenho e sobrevivência	44
2.4- Teste de hipoxia	44
2.5- Analise Sanguínea	45
2.6- Analise histológica	45
2.7- Análises estatísticas	46
3- RESULTADOS	46
3.1- Desempenho e sobrevivência	46
3.2- Análises dos parâmetros sanguíneos	25
3.3- Análises relativos ao desafio à hipoxia	26

3.4- Morfometria do intestino e análise histológica	29
DISCUSSÃO	31
CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
CONSIDERAÇÕES FINAIS	45

CAPÍTULO I
CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1 INTRODUÇÃO GERAL

As pisciculturas têm aumentado e intensificado cada vez mais suas produções, com aumento da densidade de estocagem, da taxa de arração e elevada matéria orgânica nos sistemas de produção, o que pode levar ao estresse dos animais e o aumento de bactérias indesejáveis, favorecendo o aparecimento de doenças e causando a mortalidade dos peixes (WINCKLER et al., 2015).

O estresse nos peixes pode ocorrer por alterações no ambiente de produção, fazendo com que o animal passe por adaptações de suas funções. Os agentes estressantes do ambiente produtivo podem ter caráter químico (alterações no pH, oxigênio dissolvido, altas concentrações de nitrito e amônia na água) e até mesmo físico (captura, transportes, biometrias, densidades) (COSTA et al., 2004; URBINATI et al., 2004). Estas situações apresentadas podem levar ao estresse e, como consequência, a uma diminuição da capacidade de defesa do organismo, abrindo a possibilidade para as enfermidades e perdas econômicas (SEALEY; GATLIN, 1999). Os fatores estressantes em ambientes aquáticos de cultivo podem comprometer a sobrevivência do animal, chegando a comprometer o seu desempenho e a saúde, afetando a capacidade fisiológica do peixe seja em comportamento, alimentação e crescimento (BARTON e IWAMA, 1991; BALDISSEROTTO, 2013; GILMORE et al. 2018; ZHAO et al., 2018).

O baixo nível de oxigênio nos sistemas aquícolas pode levar a uma situação denominada de hipóxia. Este ambiente com baixo nível de oxigênio pode ocorrer pelo acúmulo de matéria orgânica e nutriente dissolvidos no ambiente, como nitrogênio e fósforo, levando a eutrofização do ambiente de produção, principalmente em sistemas semi-intensivos. O acúmulo de matéria orgânica nos sistemas de produção pode ocorrer principalmente pelos dejetos eliminados pelos peixes e manejo alimentar inadequado (SOUZA & SOARES, 2020). A diminuição dos níveis de oxigênio pode ocasionar estresse no peixe e comprometer o desempenho e a saúde dos animais em ambiente de produção (BALDISSEROTTO, 2013).

O uso de antibióticos na aquicultura tem o intuito de diminuir a carga bacteriana dentro dos sistemas de criação, porém, seu uso em demasia pode provocar um aumento na resistência de bactérias patogênicas, além de provocar acúmulo do composto no sistema e na carcaça do animal (ARIAS & CARRILHO, 2012). Os aditivos nutricionais vêm sendo estudado para serem substitutos dos antibióticos, por promoverem uma melhora no sistema imune e na assimilação dos nutrientes das dietas, resultando em um maior ganho em peso dos animais. Todas essas características são importantes no sistema de produção, principalmente para aumentar a resistência dos animais as situações de estresse de manejo (KESARCODI-

WATSON et al., 2008; CHAKRABORTY E HANCZ 2011; PANDYAN, 2013; CHAKRABORTY ET AL. 2014; REVERTER ET AL. 2014).

Dentre os aditivos podem-se citar os probióticos, prebióticos e simbióticos. Por definição os probióticos são microrganismos vivos que administrados em quantidades adequadas, conferem um benefício a saúde do hospedeiro (KUMAR et al., 2015; SYNGAI et al., 2016, DAWOOD et al., 2019). Existem vários fatores que podem determinar ou alterar a eficiência dos probióticos, seja por método de administração ou incorporação, relação de quantidade fornecida e a frequência estabelecida (HAI, 2015). Já os prebióticos são ingrediente alimentares que não são digeridos pelos animais, afetando de forma positiva o estímulo e o crescimento de bactérias benéficas na flora intestinal deste (GIBSON E ROBERFROID, 1995). Os simbióticos são misturas de fornecimentos de probióticos e prebióticos causando um efeito sinérgico em benefício do animal (GIBSON E ROBERFROID, 1995).

O uso de imunostimulantes pode aumentar o mecanismo de defesa não específico, aumentando a resistência à doenças infecciosas, melhorando os mecanismos de defesa humoral e celular inatos e indiretamente causando um aumento do crescimento dos animais aquáticos (Amlashi et al., 2011).

O tambaqui *Colossoma macropomum* é uma espécie nativa, sendo o segundo maior peixe de escama (SILVA et al., 2007). É o segundo peixe mais cultivado com produção de 101.079 toneladas (IBGE, 2020). O tambaqui tem mostrado um bom desempenho e conversão alimentar em sistemas aquícolas, e a sua rusticidade e fácil adaptação às dietas formuladas são pontos positivos para a espécie na aquicultura (LOPERA-BARRETO et al., 2011).

Alguns estudos com aditivos nutricionais na alimentação do tambaqui já foram realizados (CARVALHO et al., 2009; FERREIRA et al. 2014; AZEVEDO et al., 2016; PAIXÃO et al., 2017). Porém, ainda há necessidade de se entender melhor os mecanismos e as formas de ação destes produtos, principalmente com a possibilidade de sinergismos entre os probióticos e prebiótico. Ainda, os níveis de inclusão destes aditivos são desconhecidos, e merecem ser melhor estudada para clarear o seu uso na aquicultura (SILVEIRA, LOGATO & PONTES, 2007).

Diante do exposto, o presente projeto visa avaliar o uso de aditivo nutricional comercial a base de probióticos e prebiótico no desempenho, sobrevivência e no desafio ao estresse de hipoxia em juvenis de tambaqui.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da adição de um aditivo nutricional comercial a base de probióticos e prebiótico para juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum*

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar o melhor nível de inclusão do aditivo alimentar no desempenho e sobrevivência de juvenis de tambaqui;
- Avaliar os parâmetros sanguíneos de juvenis de tambaqui alimentados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão do aditivo nutricional;
- Avaliar o uso do aditivo alimentar na sobrevivência e nos parâmetros sanguíneos de juvenis de tambaqui antes e após o estresse de hipóxia;
- Avaliar através da morfometria, as microvilosidades do intestino do tambaqui.

3- REVISÃO DE LITERATURA

3.1- Panorama da produção mundial e brasileira de pescado

A aquicultura é uma área da produção animal em expansão, que vem apresentando agregações de valores pelas tecnologias estabelecidas para uma produção sustentável e pela segurança alimentar que a área apresenta (ALMEIDA, 2007). A atividade tem se destacado como uma produção de fonte de proteína animal sustentável, pois em sistemas equilibrados libera menos nitrogênio e fósforo para meio ambiente (HALL et al., 2011).

Segundo o relatório da FAO (2020) a produção mundial de pescado foi de 179 milhões de toneladas em 2018, desse total cerca de 114,5 milhões de toneladas foram advindas da aquicultura. Dentro dessa atividade, a piscicultura, gerou cerca de 82,1 milhões de toneladas, representando um total de 45,8% de toda produção aquícola. Os principais produtores de pescado no mundo são China, Índia e a Indonésia que produzem cerca de 47,6 milhões de toneladas, 7,1 milhões toneladas e 5,3 milhões toneladas anuais respectivamente, sendo que o Brasil se encontra na 13ª posição dos países produtores de pescado com cerca de 605,0 mil toneladas (FAO, 2020).

No Brasil a criação de peixes é uma das áreas que mais se desenvolve na produção animal (PEZZATO & BARROS & FURUYA, 2009). Por apresentar grande potencial para a aquicultura, principalmente pela disponibilidade hídrica, clima favorável e espécies propícias para criação (MPA, 2013). Segundo os dados do PEIXE BR (2020) a piscicultura produziu 758.006 mil toneladas de pescado no ano de 2019, no ano seguinte podemos observar uma crescente na produção de pescado em meio a desafios e incertezas, com produções de 802 930 toneladas, um crescimento de 5,3% em relação ao ano anterior (PEIXE BR, 2021).

O estado do Paraná lidera o *ranking* de produções de peixes no Brasil, produzindo cerca de 172 mil toneladas, seguido pelo estado de São Paulo e Rondônia que produzem 74.600 e 65.500 respectivamente. O estado do Pará encontra-se em 13º no *ranking* dos estados produtores, contribuindo com 25 400 toneladas de pescado (PEIXE BR, 2021).

A aquicultura no estado do Pará é representada pela piscicultura, carcinicultura, quelonicultura e a ostreocultura, porém, essa atividade não tem sido a principal fonte de renda dos produtores, mas sim uma fonte complementar nos empreendimentos rurais de agricultura familiar (O' DE ALMEIDA JUNIOR; LOBÃO, 2013). A piscicultura no estado é praticada em várias formas, como em viveiros escavados, tanques redes, viveiros de barragens, gaiolas flutuantes até mesmo em açudes particulares, e a espécie mais produzida é o tambaqui *Colossoma macropomum*. Quando comparamos com os outros estados da federação e até mesmo da região norte, a piscicultura no estado do Pará apresenta problemas na cadeia que vão desde a produção de insumos até o ambiente institucional (BRABO, 2014).

De acordo com os dados do PEIXE BR (2021) a tilápia (*Oreochromis niloticus*) continuou sendo a mais produzida no Brasil com aproximadamente 486.155 mil toneladas, onde a predominância do cultivo da espécie encontra-se na região sul, com 44% do total da produção nacional. Ainda, os peixes nativos tiveram uma queda na produção com relação ao ano anterior, em 2020 a produção de nativos foi de 278.671 toneladas, sendo que produziu 9.259 toneladas a menos do que o ano anterior.

O tambaqui e seus híbridos tambatinga e tambacu contribuem consideravelmente com produção de peixes no país, com aproximadamente 101,07 mil toneladas para tambaqui e 40,09 mil toneladas para tambatinga e tambacu. A região Norte possui uma produção da espécie de 73,1% , com destaque o estado de Rondônia contribuindo com 40,5% da produção. (IBGE, 2020)

O Brasil em 2019 apresentou 229.999 estabelecimentos aquícolas, o estado do Pará possui 10.845 mil estabelecimentos que atuam nessa atividade, o tambaqui é produzido em 8.243 estabelecimentos no estado, com uma produção de 25.005 toneladas (Peixe BR, 2020).

3.2- Caracterização da espécie.

3.2.1-Sistemática e morfológica

Pertencente a classe dos Actinopterygii, da ordem Characiformes e família Serrasalmidae, o tambaqui na América do sul é considerado o segundo maior peixe de escama de água doce difundido na aquicultura (DAIRIKI e SILVA, 2011), possuindo como características peculiares, longos rastros branquiais, corpo romboidal, lábios carnosos e dentes molares fortes (SANTOS et al, 2006; ARAUJO-LIMA e GOLDING, 1988). A espécie pode atingir até 1m de comprimento e 40 kg de peso corporal em ambiente natural alimentando-se de frutas e sementes (INOUE; BOIJINK, 2011).

O tambaqui é um peixe tropical nativo pertencente as bacias dos rios Amazonas e Orinoco, foi descrito pelo Barão George Von Curvier em 1816. A espécie é conhecida no Peru como “gamitama”, na Colômbia e Venezuela como “achama”, na Bolívia e no Equador como “pacu” e no Estados Unidos “Black pacu” (MORAIS, 2016; SEVILLA E GUNTHER, 2000; ARAUJO-LIMA e GOMES, 2005)

Classe: Actinopterygii

Ordem: Characiformes

Familia: Serrasalmidae

Gênero: *Colossoma*

Espécie: *Colossomamacropomum*

A característica dessa espécie é determinada por possuir uma nadadeira adiposa e não apresentar um espinho pré-dorsal, sua coloração varia de acordo com o meio aquoso o qual se encontra, em ambientes de água barrenta sua coloração é clara e em águas negras sua coloração é mais escura (ARAÚJOLIMA e GOULDING, 1998).

Retratando-se ao hábito alimentar da espécie, considera-se que o tambaqui é onívoro, alimentando-se preferencialmente de frutos e sementes de acordo com seu estágio de desenvolvimento, sendo inicialmente alimentando-se de zooplâncton (ARAUJO-LIMA e GOLDING, 1988). Segundo Rodrigues (2014), sua alimentação varia de acordo com o período de chuva, sendo que em períodos mais chuvosas a espécie se alimenta de frutas e semente, e em períodos secos alimenta-se de zooplâncton, mesmo que este zooplâncton seja uma alimentação secundária em adultos (RODRIGUES,2014). O *C. macropomum*, possui dentes molariformes, estes dentes foram adaptados durante sua alimentação para quebrar sementes duras, e seus rastros brânquias são longos para a retenção do zooplâncton (BARÇANTE e DE SOUSA, 2015).

O tambaqui atinge maturidade sexual entre 3 a 4 anos, e por ser uma espécie reofílica não se reproduz em cativeiro, pois precisa de correntezas de cursos de água para maturação de suas gônadas (PROENÇA e BITTENCOURT, 1994). Em ambientes de cultivo a reprodução ocorre por meio de indução hormonal, as fêmeas apresentam uma papila urogenital proeminente e avermelhada além de ter seu ventre mais arredondado e macio, já os machos após uma pressão sob o abdômen liberam algumas gotas de sêmen (JUNIOR et al, 2012).

3.2.2- O tambaqui em ambiente natural e na aquicultura.

O tambaqui é um peixe que habita ambientes de várzea e igapó, e isso fez com que o animal apresente uma adaptação morfológica para tolerar concentrações baixas de oxigênio. Essa adaptação é vista em seus lábios inferiores, onde há uma protuberância, que permite captar oxigênio da água superficial (ARAUJO-LIMA; GOMES, 2005). Segundo Casanova (2008), o tambaqui habita as águas claras das bacias do rio Amazonas e Orinoco; no entanto, ela pode migrar para águas escuras para sua alimentação. No Amazonas a espécie é encontrada na foz do rio Xingu e no estado do Pará no médio rio Ucaiali (ARAUJO e LIMA, 1998).

Na natureza, durante a fase larval a alimentação do tambaqui é baseada na ingestão de organismos zooplânctônicos, e durante a fase de alevinos e juvenis inicia a ingestão de pequenas sementes e invertebrados (LOPERA-BARRETO et al. 2011). Segundo Gomes e Silva (2009) ao analisar o conteúdo estomacal do tambaqui em um sistema de criação, observou-se que este animal consumia ração para peixes, larva de insetos, organismos como zooplâncton e até matéria vegetal.

O tambaqui possui um alto poder de adaptação alimentar, adaptando seu perfil enzimático de acordo com o alimento que está ingerindo. Daí o fato dessa espécie mostrar uma rusticidade/plasticidade em aceitar diversos tipos de alimentos com elevada taxa de carboidrato (ALMEIDA et al, 2006)

Segundo Ribeiro (2016) existe muitos estudos que tentam designar o nível de proteína em rações para tambaqui, e esses variam de acordo com as fases de desenvolvimento. Quanto maior for o teor de proteína em uma ração, maior o seu valor no mercado, sendo por isso importante os estudos para estabelecer as quantidades corretas de nutrientes e energia para cada fase de desenvolvimento (PEREIRA JUNIOR et al., 2013).

As atividades aquícolas buscam por procedimentos técnicos que proporcione uma maior produtividade em sistemas de cultivo com menor custo (BRANDÃO, 2004). As boas práticas de manejo são fundamentais dentro da cadeia aquícola, para que haja uma produção satisfatória dentro do sistema, essas práticas devem estar ligadas desde reprodução até a engorda (SAMPAIO, 2012).

A criação do tambaqui despertou um grande interesse comercial dentro da aquicultura, pois sua produção pode alcançar uma taxa de retorno acima de 40% em sua comercialização e uma recuperação de capital investido abaixo dos três anos (IZEL et al., 2004). Por possuir características zootécnicas favoráveis como, fácil produção de juvenis, um crescimento rápido em cativeiro, tolerante a altas temperaturas e até mesmo a variações de oxigênio na água, o tambaqui tornou-se uma espécie promissora para a aquicultura (MENDONÇA et al., 2009). Essa rusticidade e tolerância ao manejo faz com que a espécie em cativeiro chegue a 1,5 kg no primeiro ano de cultivo (KUBITZA, 2004).

O tambaqui pode ser criado em diferentes sistemas de produção como viveiros escavados, tanque-rede e barragens (DAIRIKI E SILVA 2011), sendo que alguns trabalhos demonstram que esta espécie pode ser criada em sistema de recirculação de água (RAS) (SANTOS et al., 2020). Segundo estes mesmos autores, o sistema de criação da espécie é baseado em três fases: larvicultura, produção de juvenis e engorda.

O sucesso reprodutivo do tambaqui está ligado diretamente ao manejo, alimentação, densidade de estocagem e a qualidade de água do sistema, muitos dos produtores fazem o uso de microchips para a identificação do seu plantel para evitar a consanguinidade e trabalhar um melhoramento genético da espécie (STREIT JR, et al., 2012). E como a espécie é reofílica sua reprodução é através de indução hormonal, em que podem ser utilizados hormônios naturais ou sintéticos para a indução à ovulação e espermição (MOREIRA et al., 2001).

Segundo Novaes Souza (2013) em seu estudo de indução hormonal de reprodutores de tambaqui, o autor observou que tanto o extrato de hipófise de carpa quanto o ovopel® foram efetivos na indução das fêmeas nas concentrações de 0,5 e 5 mg por kg do peixe vivo e de 0,2 e 0,4 pélete por kg de peso vivo, respectivamente. Nos machos o ovopel foi mais eficiente, com 0,2 e 0,4 pélete por kg de peso vivo

Os peixes na larvicultura chegam a pesar de 0,5 a 1g durante um período de 30 a 45 dias após a eclosão, já os juvenis após 60 dias eles chegam a pesar entorno de 40 a 50 g, e a fase de engorda varia com base do tempo de abate de cada produtor (LIMA et al., 2013)

Em sistemas de criação de viveiros escavados, a densidade dependerá da finalidade da produção, sendo que na fase de recria ou pré-engorda, com peso de 5g, recomenda-se de 10 a 20 peixes/m² (MELO, 2001), já para juvenis que estão na fase de 30g a densidade para a criação é de 5 peixes/m² (FARIA et al., 2013). Para a criação do tambaqui em sistemas de tanque rede a densidade mais adequada para um bom desenvolvimento da espécie é de 300 juvenis/m³ e para peixes de 1,0 kg recomenda-se que seja de 20 ind./m³ (SILVA e FUJIMOTO, 2015).

Estudos referente a alimentação do tambaqui em sistema de tanque rede de 1m³, mostraram que os juvenis da espécie, devem ser alimentados de três vezes ao dia (CORRÊA, et al., 2009). Alguns estudos reforçam a ideia de que a frequência alimentar de duas vezes ao dia, é mais eficiente e não prejudica o desempenho e a fisiologia do animal, pois quanto maiores são as frequências maiores são a demanda de mão de obra (SOUZA et al., 2014; PORTO et al., 2020).

3.3 – Hipoxia e respostas fisiológicas dos peixes.

O oxigênio é um parâmetro muito importante para a vida aquática, sendo assim, é um gás dissolvido na água e vital para os peixes. Está presente na água através de duas fontes naturais, que são principalmente: a difusão direta do oxigênio atmosférico e o processo de fotossíntese, realizado por seres clorofilados (plâncton) (OLIVEIRA, 2020).

A concentração de oxigênio dissolvido na água depende da presença de matéria orgânica e nutrientes, e também da biomassa de macrófitas; densidade de fitoplâncton; quantidade de sólidos em suspensão; turbidez; grau de eutrofização do ambiente; taxa de renovação de água; supersaturação na camada eufótica – camada de água que recebe luz solar suficiente para que ocorra a fotossíntese; consumo de oxigênio durante a noite; e variação na concentração de oxigênio entre o dia e a noite, ocasionando um declínio na concentração desse gás na água (hipóxia ambiental). Estes fatos afetam toda a biota e são responsáveis por inúmeros processos químicos que ocorrem nos ambientes (WETZEL, 1975; QUEIROZ e BOEIRA, 2016).

A hipoxia é conhecida como o baixo nível de oxigênio no meio, e essa diminuição chega a comprometer o desempenho e a saúde dos animais afetando a capacidade fisiológica do peixe em seu comportamento, sua alimentação e seu crescimento (BALDISSEROTTO, 2013; EMBRAPA, 2016; GILMORE et al. 2018; ZHAO et al., 2018).

Em ambientes de cultivo a hipoxia está associada a níveis de oxigênio abaixo ou entorno de 2mg/L, esse nível já é considerado um ambiente estressante ao peixe (DIAZ e ROSENBERG, 1995; BALDISSEROTTO, 2002; DIAS e BREITBURG 2009). Nesse ambiente o estresse em organismos aquáticos pode estar ligado a qualidade de água, prática de manejo inadequado, transporte, densidade de estocagem, confinamento e alimentação inadequada (KUBTZA, 2003; BARCELLOS et al 2004; URBINATI et al, 2004; OBA et al., 2009; BRINN et al, 2012;). A persistência de hipóxia pode levar à mortalidade dos indivíduos (FITZGIBBON et al. 2007; COOK E HERBERT2012; XIAO 2015; ABDEL-TAWWAB et al. 2019).

O estresse é uma condicionante de que o animal não consegue manter suas características fisiológicas normais, desequilibrando suas características homeostáticas (SILVEIRA & LOGATO & PONTES, 2007).

As respostas fisiológicas dos peixes sob estresse, são determinadas por três fases distintas: a primeira delas é caracterizado por uma reação de alarme, em que os animais não conseguem responder as questões fisiológicas, a segunda fase é caracterizada mais pela resistência, em que tenta-se adaptar as variações que causam o estresse, objetivando a retornar ou recuperar a homeostase, porém se a situação de estresse persiste o animal entra na fase três que é uma fase de exaustão (GONÇALVES, et al., 2008).

Uma das características mais perceptíveis dos peixes quando passam por algum fator estressante, é a parada brusca de sua alimentação acompanhada por efeitos catabólicos sobre suas reservas energéticas, que resultam num decréscimo do seu desempenho de crescimento

(OBA et al., 2009). A falta de alimentação nos peixes pode ocasionar supressão imunológica, como também a diminuição de alguns órgãos (SILVEIRA & LOGATO & PONTES, 2007; SAITA, 2011).

Estudos revelaram os efeitos que a hipóxia tem sobre parâmetros sanguíneos, bioquímicos e metabólicos dos organismos aquáticos, esses parâmetros tornam se eficientes para avaliar tais alterações em peixes submetidos a estresse, como aumento de glicose, aumento do hematócrito, aumento nos níveis de hemoglobina e lactato plasmático, diminuição da hemoglobina e mudanças nos valores de eritrócitos, leucócitos totais, linfócitos, neutrófilos, monócito (LUNA ET AL., 2018; LI ET AL. 2018; VAL ET AL., 2015 YANG ET AL, 2017; GONÇALVES ET AL. 2011 FALCON ET AL., 2008 GARCIA ET AL., 2012).

Peixes amazônicos desenvolveram várias respostas adaptativas para sobreviver a baixas concentrações de oxigênio. O tambaqui é uma dessas espécies e tem servido de modelo em vários estudos sobre adaptações à hipóxia (SAINT-PAUL 1984; ALMEIDA-VALET AL. 1993; VAL 1996; WEBER 1996; AFFONSO ET AL. 2002). Possui uma série de sistemas regulatórios para adaptar-se à hipóxia. Entre esses mecanismos está a respiração na superfície aquática. Esses peixes fazem isso com grande eficiência devido à projeção de seus lábios, o que permite captura de água de superfície rica em oxigênio na região branquial. Eles também são capazes de aumentar a frequência de operculosidade bate para garantir a máxima eficiência na captura de oxigênio durante estresse hipóxico (Sundin et al. 2000).

3.5 - Aditivos nutricionais comerciais utilizados na aquicultura

Para que haja um melhor desempenho, saúde e um aproveitamento dos ingredientes da ração, recomenda-se o uso de aditivos nas dietas formuladas para os peixes (RIBEIRO et al., 2012). Em 2004 foi regulamentado através da instrução normativa nº13, o uso de aditivos designados para alimentação animal (BRASIL, 2004). Tal instrução é baseada no conceito de que o aditivo é uma substância ou microrganismo que são adicionados intencionalmente no alimento, mas não são consumidos, beneficiando e melhorando a saúde do hospedeiro.

Os animais aquáticos possuem em seu trato intestinal uma variedade de microrganismo sejam eles patogênicos ou benéficos, sendo que esses variam de acordo com meio ambiente, variedade de nutrientes, saúde do hospedeiro, ou pelo uso de probióticos, prebióticos e simbióticos na alimentação (MARRIFIELD et al., 2010).

Os aditivos nutricionais são utilizados com a função de promover uma melhoria nos parâmetros fisiológicos dos animais, e conseqüentemente sua saúde (FUCHS et al., 2015). A

utilização desses aditivos já é uma realidade na produção de aves e suínos, sendo utilizado na forma isolada ou combinada (BERTECHINI, 2004). Dentro da aquicultura o uso de aditivos tem se tornado muito frequentes para favorecer o crescimento, a conversão alimentar e a saúde do animal (SALVADOR et al., 2013). Além de reduzir o estresse, serve como imunostimulante para combater doenças ocasionadas pelos sistemas de produção intensivo, buscando substituir o uso de antibióticos (FERREIRA, 2012).

Dentre os tipos de aditivos podem se citar os probióticos e os prebióticos, que por definição os probióticos são organismos vivos administrados em animais ou humanos produzem efeito benéfico à saúde do hospedeiro melhorando a biota intestinal (VERSCHUERE et al., 2000; MESQUITA et al., 2020). Existem vários fatores que podem determinar ou alterar a eficiência dos probióticos, seja por método de administração ou incorporação, relação de quantidade fornecida e a frequência estabelecida (HAI, 2015).

Já os prebióticos por definição são ingredientes que não são digestíveis pelo organismo e promovem o crescimento de bactérias benéficas no organismo (GIBSON & ROBERFROID, 1995). Como aditivos alimentares, os prebióticos mais utilizados são frutoligossacarídeos (FOS), glicoligossacarídeos (GOS) e mananoligossacarídeos (MOS) (SANTOS et al., 2008). Dentre esses, o mananoligossacarídeo é o mais utilizado e mais pesquisado, sendo obtido da parede celular de leveduras como *Saccharomyces cerevisiae*, que é um produto adquirido da fermentação alcoólica da cerveja e da cana de açúcar (PEZZATO, 2002).

Zhou et al. (2009) avaliaram o uso do probiótico *bacillus* no cultivo da tilápia do Nilo, e observaram uma melhoria no desempenho e nos parâmetros imunológicos. Segundo Jatoba e Mourinõ (2015), o uso de probióticos como via alternativa para os antimicrobianos ajudou na melhoria dos parâmetros de crescimentos e produtividades em sistemas de cultivos, sendo um aditivo nutricional alternativo para a diminuição das perdas de juvenis na produção.

Segundo Ribeiro et al. (2008) alguns probióticos comerciais atuam modificando o perfil da microbiota intestinal do peixe através da competitividade por substrato, além disso algumas bactérias nitrificantes ajudam a melhorar o ambiente no sistema de cultivo, principalmente nas fases de larvicultura e recria.

Os probióticos podem atuar em várias situações, na fisiologia, na microbiologia e na nutrição do animal (SAAD, 2006). Com base na fisiologia, esses agentes microbianos podem agir em reações inflamatória, interagindo com células epiteliais localizadas no intestino para a produção de linfócito B (CAROL et al., 2006). Com base na microbiologia os probióticos agem pela competitividade de espaço e substrato com as bactérias patogênicas (CROSS,

2002), já a ação nutricional é avaliada no desempenho durante o ciclo de produção. Na parte hematológica, as bactérias dos probióticos tendem a aumentar a produção de eritrócitos e leucócitos entre outras atividades fagocíticas em peixes, esse aumento de produção favorece a resistência imune do animal (WELKER e LIM, 2011).

Com base na Tabela 1 podemos observar alguns trabalhos e os resultados sobre o uso de probióticos e prebióticos em peixes.

Tabela 1: Estudo de uso de aditivos nutricionais como probióticos e prebióticos em espécies de cultivo

ESPÉCIE	CEPA	ADMINISTRAÇÃO	RESULTADOS	AUTOR/ ANO
<i>Colossoma macropomun</i> (tambaqui)	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus licheniformes</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Água	O probiótico utilizado na água do transporte, mostrou-se eficiente para a sobrevivência dos peixes após o transporte. Porém, não foi capaz de diminuir o estresse.	(CARVALHO et al., 2009)
<i>Brycon amazonicus</i> (matrixã)	<i>Bacillus subtilis</i>	Ração	A suplementação probiótica levou a um melhor desempenho zootécnico em juvenis de matrinxã proporcionando na fase de engorda o ganho em peso, conversão alimentar, taxas de retenção proteica e energética, e resistência dos animais a <i>Aeromonas hydrophila</i> , após a infecção. Ainda a suplementação com <i>Saccharomyces cerevisiae</i> proporcionou uma melhora na digestibilidade da proteína, energia e matéria seca.	(DIAS et al., 2012)
<i>Astyanax altiparanae</i> (lambari do rabo amarelo)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Ração	O probiótico usado na alimentação do lambari proporcionou uma melhora na composição química da carcaça do peixe para os teores de proteína, energia e matéria seca.	(MIRANDA, 2012)
<i>Oreochromis Niloticus</i> (tilápia)	<i>Bacillus cereus</i> e <i>Bacillus subtilis</i>	Ração	Os peixes alimentados com probióticos apresentaram, um maior número quantitativos de bactérias benéficas no intestino e um maior percentual de sobrevivência.	(MELO et al., 2013)
<i>Colossoma macropomun</i> (tambaqui)	β -glucano	Ração	O prebiótico utilizado nas dietas do tambaqui, não promoveram melhoras no desempenho do animal. Entretanto houve uma maior sobrevivência de tambaqui alimentados com a dieta contendo o prebiótico em desafio a <i>Aeromonas hydrophila</i>	(CHAGAS et al., 2013)
<i>Astyanax altiparanae</i> (lambari do rabo amarelo)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Ração	As vilosidades do intestino aumentaram após a presença do probiótico, ajudando na melhor absorção de nutrientes do alimento.	(LIMA, 2014)

<i>Piaractus mesopotamicus</i> (pacu)	mananoligossacarídeos	Ração	Não houve diferenças entre o desempenho de crescimento e nem alterações no perímetro das vilosidades dos intestinais em juvenis de pacu alimentados com prebióticos,	(SADO et al., 2014)
<i>Oreochromis Niloticus</i> (Tilápia)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Ração	As pós-larvas de tilápias-do-nilo alimentadas com ração contendo probiótico tiveram um crescimento e uma sobrevivência superior quando submetidas a um desafio.	(FERREIRA et al., 2015)
Tambaqui <i>Colossoma macropomum</i>	<i>Bacillus subtili</i> ; <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Ração	Não foram observadas diferenças no desempenho e composição corporal do tambaqui alimentado com probiótico comercial. em contrapartida foram observados uma melhoria nos parâmetros sanguíneos dos peixes alimentados com dieta contendo probióticos	(PAIXÃO et al., 2017)
<i>Astyanax bimaculatus</i> (Lambari do rabo amarelo)	<i>Lactobacillus spp</i>	Ração	Os resultados mostram que o <i>Lactobacillus spp.</i> proporcionou um aumento da microbiota intestinal dos peixes e um melhor desempenho dos peixes.	(JATOBA, et al., 2017)
Tambaqui <i>Colossoma macropomum</i>	<i>Bacillus cereus</i>	Ração	De acordo com o trabalho o uso da bactéria <i>Bacillus cereus</i> na alimentação do tambaqui, melhorou a fisiologia com base no desempenho de crescimento da espécie e também melhorou a hematologia da espécie promovendo uma maior sobrevivência da espécie quando submetida ao desafio de <i>Aeromonas hidrophila</i> .	(DIAS et al., 2018)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, LUNDSTEDT, L. M.; MORAES, G. Digestive enzyme responses of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed on different levels of protein and lipid. **Aquaculture nutrition**, oxford, v12, p443-450, 2006
- ALMEIDA, R. B. C. **Astyanaxaltiparanae (pisces, Characiformes) como modelo biológico de espécie de peixe para a exploração zootécnica e biomanipulação**. Tese (Doutorado em Aquicultura). Universidade estadual Paulista, Jaboticabal, 119p, 2007
- AMLASHI, A. S.; FALAHATKAR, B.; SATTARI, M.; GILANI, T. M. H. Effect of dietary vitamin E on growth, muscle composition, hematological and immunological parameters of sub_yearling beluga *Huso huso* L. **Fish and Shellfish Immunology**. V.30, p. 807-814, 2011. DOI:10.1016/j.fsi.2011.01.002
- ARAÚJO-LIMA, C. A.; GOULDING, M. Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na amazônia. Sociedade Civil Mamirauá. Brasília: CNPq, pp.8 -20. Tefé, AM. 1998.
- ARAÚJO-LIMA, C.; GOMES, L. C. **O tambaqui (*Colossomamacropomum*)**. Em BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (Ed.). Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Santa Maria: Editora da UFSM, 2005. p. 175- 202.
- ARIAS, M. V. B.; CARRILHO, C. M. D. M. Resistência antimicrobiana nos animais e no ser humano. Há motivo para preocupação? *Semina: Ciências Agrárias*, v.33, p. 775-790, 2012
- BALDISSEROTTO, B. (2013). *Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura (vol. 1)*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria.
- BARCELLOS LJG, KREUTZ LC, QUEVEDO RM, FIOREZE I, CERICATO L, SOSO AB, FAGUNDES M, CONRAD J, BALDISSERA RK, BRUSCHI A, RITTER F (2004) Nursery rearing of jundiá, *Rhamdia quelen* (Quoy and Gaimard) in cages: cage type, stocking density and stress response to confinement. *Aquaculture* 232:383–394
- BARÇANTE, B.; DE SOUSA, A. B. Características zootécnicas e potenciais do tambaqui (*Colossomamacropomum*) para a piscicultura brasileira. *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia Maringá*, v. 9, n. 7, p. 287-290, Jul., 2015

BARTON, B.A.; IWAMA, G.K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of cortivosteroids. *Annu. Rev. Fish Dis.*, v.1, p.3-26, 1991.

BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras-MG: Editora UFLA, 2004.

BOSCOLO, W. R., SIGNOR, A., FREITAS, J. M. A., BITTENCOURT, F. & FEIDEN, A. Nutrição de peixes nativos. *Revista Brasileira Biociências*, 40, 145-154. 2011.

BRABO, M. F. Piscicultura no estado do Pará: situação atual e perspectivas. *Actapesca* 2(1): i-vii. 2014

BRANDÃO, F. R., GOMES, L. C., CHAGAS, E. C., ARAÚJO, L. D. Densidade de estocagem de juvenis de tambaqui durante a recria em tanques-rede. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 4, p. 357-362, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000400009>

BRASIL. Instrução Normativa nº 13 de 2004. Regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados à alimentação animal. 2004. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumospecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucaonormativa-no-13-de-30-de-novembro-de-2004.pdf/view> Acesso em: 22 Dez. 2019.

BRINN, R.P., MARCON, J.L., MCCOMB, D.M., GOMES, L.C., ABREU, J.S., BALDISSEROTO, B., 2012. Stress responses of the endemic freshwater cururu stingray (*Potamotrygon cf. histrix*) during transportation in the Amazon region of the Rio Negro. *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology* 162, 139–145. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2011.07.004>.

CASANOVA, F.M. **Caracterização *in silico* de biossensores em *Colossoma macropomum*: diagnóstico molecular e monitoramento de ambientes impactados**. Dissertação (Parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva). Ministério da ciência e tecnologia. Instituto nacional de pesquisas da Amazônia. Manaus, AM. 2008.

- CHAKRABORTY, S.B., HANCZ, C., 2011. Application of phytochemicals as immunostimulant, antipathogenic and antistress agents in finfish culture. **Rev. Aquac.** 3, 103–119. doi:10.1111/j.1753-5131.2011.01048.x 60
- CHAKRABORTY, S.B., HORN, P., HANCZ, C., 2014. Application of phytochemicals as growth promoters and endocrine modulators in fish culture. **Rev. Aquac.** 6, 1–19. doi:10.1111/raq.12021
- COSTA, O. F. T.; FERREIRA, D. J. S.; MENDONÇA, F. L. P.; FERNANDES, M. N. 2004. Susceptibility of the Amazonian fish, *Colossomacropomum* Serrasalminae) to short-term exposure to nitrite. *Aquaculture*, 232:627-636.
- CÓRDOVA, A.C.I.; GONZÁLEZ, A.L.; SUASTEGUI, J.M.; OCAMPO, H.G.; ASCENCIO, F. (2011) Effect of probiotic bacteria on survival and growth of *Cortez oyster* larvae, *Crassostrea corteziensis* (*Bivalvia ostreidae*). **Revista de Biología Tropical**, v. 59, n. 1, p. 183-191.
- CORRÊA, R.O.; TEIXEIRA, R.N.G.; FONSECA, V.S.; ALBUQUERQUE, F.E.A. Frequência alimentar de juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), cultivados em tanques - rede. Comunicado Técnico 221. **EMBRAPA** Amazônia Oriental. Belém-PA, 2009
- COOK, D. G., & HERBERT, N. A. (2012). Low O₂ avoidance is associated with physiological perturbation but not exhaustion in the snapper (*Pagrus auratus*: Sparidae). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 162(4), 310–316. doi:10.1016/j.cbpa.2012.03.02
- CROSS, M.L. Microbes versus microbes: immune signals generated by probiotic lactobacilli and their role in protection against microbial pathogens. **FEMS Immunology and Medical Microbiology**, Amsterdam, v.34, n.4, p.245-253, 2002.
- DAIRIKI, J. & SILVA, T.B.A..Revisão de literatura: exigências nutricionais do tambaqui – compilação de trabalhos, formulação de ração adequada e desafios futuros. – Manaus: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA Amazônia Ocidental, 44 p. - (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos; 91). 2011.

DAWOOD , M. A.O.; KOSHIO, S.; ABDEL-DAIM, M. M.; DOAN, H. V. (2019) Probiotic application for sustainable aquaculture. *Rev. Aquacult.* **11**, 907–924.

DEL CARRATORE, C.R.; MACHADO, J.H.; VILEM, R. et al. Desempenho produtivo de juvenis de Pintado (*Pseudoplatystomacorruscans*), estocados em tanques-rede em diferentes densidades de estocagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 10., 1998, Recife. Resumos... Recife: 1998. p.262

DIAZ, R. J.; BREITBURG, D. L. 2009. The hypoxic environment. In *Hypoxia* (ed. J.G. Richards A. P. Farrell and C. J. Brauner), 1-23.

FAO. 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome.

FALCON, D.R.; M.M. BARROS, L.E. PEZZATO, W.V. NARVAEZ SOLARTE, E I.G. GUIMARÃES. 2008. Leucograma da tilápia-do-nylo arraçoada com dietas suplementadas com níveis de vitamina C e lipídeo submetidas a estresse por baixa temperatura. **Ciência Animal Brasileira** 9: 543-551.

FARIA, R. H. S.; MORISTER, M.; SORANNA, M. R. G. S.; SALLUM, W. B. CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales São Francisco e do Parnaíba. **Manual de criação de peixes em viveiros**. Org. ed: Aná Nabuco/Lettera Comunicação, Brasília – DF, 2013, 132 p.

FERREIRA, A.H.C.; ARARIPE, M.N.B.A.; MONTEIRO, C.A.B.; LOPES, J.B.; ARARIPE, H.G.A. Uso de probióticos na aquicultura – **Revisão**. *Revista Eletrônica Nutritime*, v. 9, n. 5, p. 1965-1980, 2012.

FITZGIBBON, J., IQBAL, S., DAVIES, A., O'SHEA, D., CARLOTTI, E., CHAPLIN, T., MATTHEWS, J., RAGHAVAN, M., NORTON, A., LISTER, T.A. & YOUNG, B.D. (2007) Genome-wide detection of recurring sites of uniparental disomy in follicular and transformed follicular lymphoma. **Leukemia**, 21, 1514–1520

FUCHS V.I.; SCHMIDT, J.; SLATER, M.J.; ZENTEKC, J.; BUCK, B.H.; STEINHAGEN, D. The effect of supplementation with polysaccharides, nucleotides, acidifiers and *Bacillus strains* in fish meal and soy bean-based diets on growth performance in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). **Aquaculture**, v. 437, p. 243–251, 2015.

GARCIA KC, GAPIN L, ADAMS JJ, BIRNBAUM ME, SCOTT-BROWNE JP, KAPPLER JW, MARRACK P. A closer look at TCR germline recognition. **Immunity**. 2012 Jun 29; 36(6):887-8.

GIBSON, G.R.; ROBERFROID, M.B. Dietary modulation of the human colonic microbiota. Introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.125, n.6, p.1401–1412, 1995.

GILMORE, K.L., DOUBLEDAY, Z.A., GILLANDERS, B.M., 2018. Testing hypoxia: physiological effects on long-term exposure in two freshwater fishes. **Oecologia** 186, 37–47.

GOMES, L.C.; BRINN, R.P.; MARCON, J.L.; DANTAS, L.A.; BRANDÃO, F.R.B.; ABREU, J.S.; LEMOS, P.E.M.; MCCOMB, D.M.; BALDISSEROTTO, B. Benefits of using the probiotic *E. finol*® L during transportation of cardinal tetra, *Paracheirodon axelrodi* (Schultz), in the Amazon. *Aquaculture Research*, 2009, 40, 157–165 doi:10.1111/j.1365-2109.2008.02077.x

GOMES, L. C.; SILVA, C. R. Impacto f pond managemente of tambaio, *Colossoma macropomum* (CUuvier), Production duning growth -out phase. **Aquaculture Research**, Oxford, v.40, p. 825-832, 2009.

GONÇALVES, A. F. et al. Mentol e eugenol como substitutos da benzocaína na induo anestésica de juvenis de pacu. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 339-344, 2008.

GONÇALVES, A. **Hematologia e macrófagos policariontes em *Colossoma macropomum*, mantidos em duas densidades de estocagem, alimentados com dieta contendo probiótico e espirulina**. 2009. Tese (Doutorado em Aquicultura) – UNESP, Jaboticabal, 2009

HAI, N.V. Research findings from the use of probiotics in tilapia aquaculture: a review. **Fish & Shellfish Immunology**, v.45, n.2, p.592-597, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/ciência/artigo/pii/S1050464815002454>>. Acesso em: 05 de junho de 2019. doi: 10.1016/j.fsi.2015.05.026

HALL, S. J.; DELAPORTE, M. J.; PHILLIPS, M.; BEVERIDGE, M.; O'KE, M.; Blue frontiers: Managing the environmental cost aquaculture. **World fish center**, penang, malaysia. 2011.

IBGE, Produo da Pecuária municipal., Rio de Janeiro, v. 46, p.1-8, 2018

INOUE, L.A.K.A.; BOIJINK, C.L. Manaus a capital do tabaqui. 2011. Artigo em Hypertexto. Disponível em: . Acesso em: 02/05/2020.

ISHIKAWA, M.M.; PÁDUA, S.B.; SATAKE, F.; PIETRO, P.S.; HISANO, H. **Procedimentos Básicos para Colheita de Sangue em Peixes**. Circular técnica. Embrapa, ISSN 1679-0464, 2010.

IZEL, A.C.U. & MELO, L.A.S. 2004. Criação de tabaqui (*Colossomamacropomum*) em tanques escavados no estado do Amazonas. Manaus: **Embrapa Amazônia Ocidental**, 19p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 32).

JATOBÁ, A.; MOURIÑO, J. L. P. *Lactobacillus plantarum* effect on intestinal tract of *Oreochromis niloticus* fingerlings. **Ciência Animal Brasileira**, v. 16, n. 1, p. 45-53, 2015.

JOBLING, M. **Fishbioenergetics**. London: Chapman & Hall, 1994. 294 p.

JUNIOR, D. P. S.; POVH, J. A.; FORNARI, D. C.; GALO, J. M.; GUERREIRO, L. R. J.; OLIVEIRA, D.; DIGMAYER, M.; GODOY, L. C. **Recomendações Técnicas para a Reprodução do Tabaqui**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2012. 30 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos; 212).

KESARCODI-WATSON, A.; KASPAR, H.; LATEGAN, M.J.; GIBSON, L. Probiotics in aquaculture: the need, principles and mechanisms of action and screening processes. **Aquaculture**, 274: 1-14 2008.

KNOX, D. et al. The effect of broodstock ration size on the composition of rainbow trout eggs (*Salmo gairdneri*). **Aquaculture**, v.69, p.93-104, 1988

KUBTIZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. 11º Ed. Jundiaá: Fernando Kubtiza. 289p, 2000.

KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. Jundiaá: Fernando Kubtiza, 2003.

KUBITZA, F. Coletânea de informações aplicadas ao cultivo do tabaqui, do pacu e de outros peixes redondos. **Panorama da Aquicultura**. p. 27-37. 2004.

KUBTZA, F. **Panorama da aquicultura**. Julho/agosto 2015

Kumar, H., Salminen, S., Verhagen, H., *et al.* (2015). Novel probiotics and prebiotics: road to the market. **Curr Opin Biotechnol**, 32, pp. 99-103.

KULTZ, D. AND JURSS, K.. Acclimation of chloride cells and Na/K-ATPase to energy deficiency in tilapia (*Oreochromis mossambicus*). **Zool. Jb. Physiol.** 95, 39–50, 1991.

LI G, GUO Q, LIU Y, LI Y, PAN X. Projected temperature-related years of life lost from stroke due to global warming in a temperate climate city, asia. **Stroke**. 2018;49:828-834

LIMA, A. F., MORO, G. V., KIRSCHNIK, L. N. G., BARROSO, R. M. Reprodução, larvicultura e alevinagem de peixes. In: RODRIGUES, A. P. O... [et al] (Editores técnicos). Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos. Embrapa Pesca e Aquicultura. Brasília, DF: Embrapa, 2013a. 440 p. 1ª edição ISBN 978-85-7035-272-9 CDD 639.3.

LOPERA-BARRETO, N. M., RIBEIRO, R. P., POVH, J. A., VARGAS-MENDEZ, L. D. & POVEDA-PARRA, A. R. Produção de organismos aquáticos: uma visão geral no Brasil e no mundo. Guaíba: Agrolivros. 2011.

LUNA, F. O., BALENSIEFER, D. C., FRAGOSO, A. B., STEPHANO, A., AND ATTADAMO, F. L. N. (2018). “*Trichechus manatus* Linnaeus, 1758,” in Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II. - Mamíferos, (Brasília: ICMBio), 103–109.

MENEZES, A. **Aquicultura na Prática: Peixes, Camarões, Ostras, Mexilhões e sururus**. Vitória: Hopper Editora, 107p 2005.

MENDONÇA, P.P., FERREIRA, R.A., JUNIOR, M.V. VIDAL; ANDRADE, D.R., SANTOS, M.V.D., FERREIRA, A.V. & REZENDE, F.P>Influência do fotoperíodo no desenvolvimento de juvenis de tambaqui (*Colossomacropomum*). **Archivos de Zootecnia**, 58, 323-331. . 2009.

MERRIFIELD, D L; DIMITROGLOU, A; FOEY, A; DAVIES, S.J; BAKER, RTM; BOGWALG, J; CASTEX, M; RINGO, E. The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. *Aquaculture*, 2010;302:1-18. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.02.007>. Acesso em 05 de junho de 2019.

MORAIS, I. S. **Avaliação da influência da temperatura e do pH na determinação sexual do tambaqui *Colossoma macropomum*** (CUVIER, 1818). 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Pesqueiras nos Trópicos) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus

MESQUITA, E. F. M. ; CALIXTO, F. A. A. ; TAKATA, R. . Probióticos e prebióticos em piscicultura. In: Adriano Gomes da Cruz, Adriana Torres Silva e Alves, Elane Schwinden Prudêncio, Erick Almeida Esmerino, Leila Maria Spadoti, Márcia Cristina Silva, Michel Reis Messoria, Patrícia Blumer Zacarchenco, Tatiana Colombo Pimentel. (Org.). **Probióticos e prebióticos: Desafios e avanços**. 1ed. São Paulo: Setembro Editora, 2020, v. , p. 343-370

MOREIRA, H.L.M.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R.P.; ZIMMERMANN. S. **Fundamentos da Moderna Aquicultura**. Canoas: Ed ULBRA, Canoas, 200p. 2001.

MPA. Boletim Estatístico do Ministério da Pesca e Aquicultura. Manaus: MPA. 2013.

NOVAIS SOUZA, F. **Eficiência dos indutores em reprodutores de tambaqui (*Colossoma macropomum*) (Cuvier, 1818)**. Dissertação (Mestrado em Ciencia animal). Universidade Federal do Mato Grosso. 2013

O' DE ALMEIDA-JÚNIOR, C. R. M. & LOBÃO, R. A. (2013) Aquicultura no Nordeste paraense, Amazônia Oriental, Brasil. **Boletim Técnico Científico do Cepnor**, 13(1): 33-42.

OBA, E. T.; MARIANO, W. S.; SANTOS, L. R. B. Estresse em peixes cultivados, agravantes e atenuantes para o manejo rentável. In: Manejo e Sanidade de Peixes em Cultivo Tavares-Dias, M. (Organizador) © 2009 Embrapa Amapá, Macapá.

OLIVEIRA. RAFAEL C. O panorama da aqüicultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, vol.2, nº1, fev, 2009.

OLIVEIRA, G. R. **Restrição alimentar programada na produção de tilápia (*oreochromisniloticus*) em viveiros e em recirculação de água**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais. 2015.

OLSEN, R.E; SUNDELL, K.; RINGO, E.; MYKLEBUST, R; HEMRE, G.I.; HANSEN, T.; KARLSEN, O. The acute stress response in fed and food deprived Atlantic cod, *Gadus morhua*. **Aquaculture**, v.280, p.232-241, 2008.

PANDIYAN, Priyadarshini et al. Probiotics in aquaculture. *Drug Invention Today*, [s.l.], v. 4, n. 3, p.55-59, 08 mar. 2013

PARÁ (Estado). Banco de dados. Pará: Governo do Estado do Pará. Disponível em: <http://www.pa.gov.br/>. Acesso em: 3 mar. 2015.

PEIXE BR- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA- Anuário Peixe BR da piscicultura. 2019. Disponível em: www.peixebr.com.br/anuario2019. Acessado em: 17 de setembro

PEIXE BR- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA- Anuário Peixe BR da piscicultura. 2020. Disponível em: www.peixebr.com.br/anuario2020. Acessado em: 27 de abril.

PEZZATO, L. L.; BARROS, M. M.; FURUYA, W. M. Valor nutritivo dos alimentos utilizados na formulação de rações para peixes tropicais. **R. Bras. Zootec.**, v.38, p.43-51, 2009.

PEREIRA JUNIOR, G. P.; PEREIRA, E. M. O.; FILHO, M. P.; BARBOSA, P. S.; SHIMODA, E.; BRANDÃO, L. V. Desempenho produtivo de juvenis de tambaqui (*Colossomacropomum* CUVIER, 1818) alimentados com rações contendo farinha de crueira de mandioca (*Manihotesculenta*, CRANTZ) em substituição ao milho (*Zeamays*). **Acta Amazonica**, v. 43, n. 2, p. 217-226, 2013

PORTO, MARLOS & OLIVEIRA, JANAIARA & CAVALI, JUCILENE & DANTAS FILHO, JERÔNIMO VIEIRA & SOARES, NEWMAR & GASPAROTTO, PAULO & FERREIRA, ELVINO. (2020). FREQUÊNCIA ALIMENTAR PARA TAMBAQUIS *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1818) CULTIVADOS EM UM CENTRO DE PESQUISA AMAZÔNICO. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**. 12. 108. 10.18361/2176-8366/rara.v12n1p108-121.

PROENÇA, C. E. M; BITTENCOURT, P. R. L. **Manual de Piscicultura Tropical**. Brasília: IBAMA, DIREN, DEPAQ/DIPEA, 1994.

RANZANI-PAIVA, M.J.T., TAKEMOTO, R.M., LIZAMA, M. de los A.P. (Eds) **Sanidade de Organismos Aquáticos**. Editora Varela, 2004. p. 321 - 330.

RANZANI – PAIVA, M. J. T.; PÁDUA, S.B.; TAVARES – DIAS, M.; EGAMI, M.I., Métodos para análise hematologia de peixes. 1 ed. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2013. 142p.

REVERTER, M., BONTEMPS, N., LECCHINI, D., BANAIGS, B., SASAL, P., 2014. Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: Current status and future perspectives. **Aquaculture** 433, 50–61. doi:10.1016/j.aquaculture.2014.05.048

RIBEIRO, P.A.P.; COSTA, L. S.; LOGATO, P. V. R. Probióticos na aquicultura. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.6, nº1, p.837-846 Janeiro/Fevereiro, 2008.

RIBEIRO, P. A. P.; MELO, D. C.; COSTA, L. S.; TEIXEIRA, . A. **Manejo nutricional e alimentar de peixes de água doce**. 1. ed. Belo Horizonte: FEPMVZ, v. 1. 89p. 2012

RIBEIRO, F. M.; FREITAS, P. V. D. X.; SANTOS, E. O.; SOUSA, R. M.; CARVALHO, T. A.; ALMEIDA, E. M.; SANTOS, T. O.; COSTA, A. C. Alimentação e nutrição de Pirapitinga (*Piaractus brachipomus*) e Tambaqui (*Colossoma macropomum*): Revisão, **PUBVET** v.10, n.12, p.873-882, Dez., 2016

RIDELMAN, J.M. et al. The effect of short-term starvation on ovarian development and egg viability in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Aquaculture**, v.37, p.133-140, 1984.

RODRIGUES, A. P. O. Nutrição e Alimentação do Tambaqui (*Colossoma macropomum*). Boletim Instituto Pesca, São Paulo, 40. v. 1, p. 135 – 145, 2014.

ROTTA, M.A. Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 49 p.il. **Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa**, 53.

SAAD, S. M. I.; Probióticos e prebióticos: o estado da arte. Rev. Bras. Ciiên. Farm. Vol42. Nº1. São Paulo jan/mar. 2006

SAINZ, R.D.; BENTLEY, B.E. Visceral organ mass and cellularity in growth-restricted and refed beef steers. **Journal of Animal Science**, v.75, n.5, p.1229-1236, 1997. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201420130088>

SAITA, M. V. **Parâmetros produtivos, fisiológicos e imunológicos de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetidos à restrição alimentar e estresse de manejo**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2011.

SALVADOR R.; CLAUDIANO, G.C.; LOUREIRO, B.A.; MARCUSSO, P.F.; ETO, S.F.; PILARSK, F.; TOAZZA, C.S; MORAES, J.RE.; MORAES, F.R. Performance and hematological profile of Nile tilapia fed with *Saccharomyces cerevisiae* and vaccinated against *Streptococcus agalactiae*. **Pesquisa agropecuária brasileira**, V. 48, n.8, 2013.

SAMPAIO, A. R. **Potencialidades, abundâncias e virtuosismo dos peixes: pesca, cultivo e ornamentais**. Fortaleza: Premius, 2012. 144 p.

SANTOS. G.; FERREIRA. E.; ZUANON. J.; Peixes comerciais de Manaus. Edição Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Manaus/AM, ProVárzea, 54 p. 2006.

SANTOS, T.N.S.; CASTRO, V.; SOARES, A.L.; et al, Prebióticos, probióticos e simbióticos na nutrição dos animais (Revisão). **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, n° 3, p.573-576, 2008.

SCORVO FILHO, J.D.; MARTINS, M.I.E.G.; SCORVO-FRASCA, C.M.D. **Instrumentos para análise da competitividade na piscicultura**. In: CYRINO, J.E.P.; ; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M. et al. (Eds.) Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. São Paulo: TecArt, 2004. p.517-533.

SEALEY, W. M.; GATLIN, D. M. Overview of nutritional strategies affecting health of marine fish. **Journal of Applied Aquaculture**. London, V. 9, n. 2, p11-26, 1999

SELYE, H. Homeostasis and heterostasis. **Perspect. Biol. Méd.**, v.16, p.441-445, 1973.

SERIANI, R.; RANZANI-PAIVA, M. J. T. Alterações hematológicas em peixes: Aspectos fisiopatológicos e aplicações em ecotoxicologia aquática In: SILVA- SOUZA, A.T.; PEREZ LIZAMA, M. A.; TAKEMTO, R. M. (Org). Patologia e sanidade de organismos aquáticos. Maringá: ABRAPOA, p.221-242, 2012

SEVILLA, A.; GUNTHER, J. Growth and feeding level in pre-weaning tambaqui *Colossoma macropomum* larvae. Journal of the world aquaculture Society, Baton Rouge, v. 31, n. 2, p.218-224, june, 2000.

SILVA, C.A.; FUJIMOTO, R.Y. Crescimento de tambaqui em resposta a densidade de estocagem em tanques-rede. **Acta Amazonica**, v. 45, p. 323 – 332, 2015.

SILVEIRA, U. S.; LOGATO, P. V. R.; PONTES, E. C.; Fatores estressantes em peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 6, n. 4, p. 1001-1017, Julho/Agosto, 2009.

SOUZA, V. L.; URBINATI, E. C.; MARTINS, M. I. E. G.; SILVA, P. C. Avaliação do crescimento e do custo da alimentação do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetidos a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação. *R. Bras. Zootec.* Vol32 n°1. Viçosa Jan/feb. 2003.

SOUZA, F. C.; SOARES, J. L. F. Análise da qualidade da água de uma piscicultura tradicional da comunidade do guajará no município de Cametá – PA. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 396 – 397, jan. 2020

STREIT JR., D. P.; POYH, J. A.; FORNARI, D. C.; GALO, J. M.; GUERREIRO, L. R. J.; OLIVEIRA, D.; DIGMAYER, M.; GODOY, L. C. **Recomendações Técnicas para a Reprodução do Tambaqui**. 1. Ed. Teresina: EMBRAPA, 2012.

SYNGAI, G. G., GOPI, R., BHARALI, R., *et al.* (2016). Probiotics - the versatile functional food ingredients. *J Food Sci Technol*, 53, pp. 921-33.

TAVARES-DIAS, M., ISHIKAWA, M. M., MARTINS, M. L., SATAKE, F., HISANO, H. *et al.* Hematologia: ferramenta para o monitoramento do estado de saúde de peixes em cultivo. In: *Tópicos Especiais em Saúde e Criação Animal*. SARAN-NETO; M.; POZZOBON-SORIA, W. S. (Orgs.). 1ª ed. São Carlos: Pedro & João Editores, 2009.

URBINATI, E. C.; ABREU, J. S.; CAMARGO, A. C. S.; LANDINES, M. A. 2004. Loading and transport stress in juvenile matrinxã (*Bryconcephalus*) at various densities. *Aquaculture*, 229:389-400.

WELKER, T.L. e LIM, C. 2011 Use of probiotics in diets of tilapia. **Journal of Aquaculture Research & Development** (on-line). 2011

WETZEL, C.T. **Some effects of seed size on performance of soybeans (*Glycine max* L. Merrill.)**. 1975. 98p. Dissertation, Ph.D. - Mississippi State University. Miss, State

WINCKLER L.Z., SANTOS R.M., FERREIRA M.W., SANTOS F.M., LEITE T.C. & DE ANDRADE, G.B. 2015. Mortalidade de tambacus (*Colossomacropomum* x *Piaractus mesopotamicus*) infectados por *Edwardsiella* tardata. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. 52(1): 63-67.

WIESER, W., KRUMSCHNABEL, G., OJWANG-OKWOR, J.P. The energetics of starvation and growth after refeeding in juveniles of three cyprinid species. **Env. Biol. Fishes**, v. 33, p. 63- 71, 1992.

VAL, A.L; PAULA-SILVA, M.N; ALMEIDA-VAL, V.M.F. 1998. Hypoxia adaptation in fish of the Amazon: a never ending task. *S. Afr. J. Zool.* 33(2):107-114

VERHEYEN, E.; BLUST, R.; DECLEIR, W. 1994. Metabolic-rate, hypoxia tolerance and aquatic surface respiration of some lacustrine and riverine african cichlid fishes (Pisces, Cichlidae). *Comparative Biochemistry and Physiology a-Physiology*, 107 (2): 403-411.

VERSCHUERE, L.; HEANG, H.; CRIEL, G.; SORGELOOS, P.; VERSTRAETE, W. (2000) Selected bacterial strains protect *Artemiaspp.* From the pathogenic effects of *Vibrio proteolyticus* CW8T2. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 66, n. 3, p. 1139-1146.

Yang BB, Huang K, Sun DZ, Zhang Y (2017) Mapping the scientific research on non-point source pollution: a bibliometric analysis. **Environ Sci Pollut Res** 24(5):4352–4366

ZHAO, Z., DONG, S., XU, Q., 2018. Respiratory response of grass carp *Ctenopharyngodon idella* to dissolved oxygen changes at three acclimation temperatures. **Fish Physiol. Biochem.** 44, 63–71.

ZHOU. X.; TIAN. Z.; WANG. Y.; LI .W. Effect of treatment with probiotics as water additives on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance and immune response. **Fish Physiology Biochemistry**, v. 1742, p. 1573-1586, 2009.

4- CAPITULO 2

Efeito de um simbiótico comercial sobre o desempenho, sobrevivência, parâmetros sanguíneos, morfometria intestinal e resistência à hipóxia em juvenis de tambaqui *Collossoma macropomum* (Curvier, 1818).

RESUMO

Este estudo objetivou avaliar os efeitos de um aditivo nutricional comercial a base de probióticos e prebiótico na alimentação do tambaqui *Collossoma macropomum* sobre o desempenho, sobrevivência, parâmetros sanguíneos, morfometria intestinal e na resistência à hipóxia. Na primeira fase, os peixes foram alimentados por um período de 45 dias, com rações contendo níveis de inclusão do aditivo nutricional comercial à base de um simbiótico comercial (0, 2, 4, 6 e 8g de aditivo/kg de ração). Após a primeira fase do experimento, foi realizado um teste de hipóxia (segunda fase) para verificar o efeito do aditivo na resistência ao estresse. Não houve mortalidade dos peixes em nenhum tratamento nas fases I e II do experimento. O aditivo não proporcionou alteração no desempenho, parâmetros sanguíneos e na morfometria do intestino ao final do ensaio de crescimento. Os parâmetros sanguíneos glicose, hematócrito e triglicerídeos apresentaram diferenças na comparação dos tratamentos com as amostras iniciais, sendo que a glicose foi maior em T4 e o hematócrito e triglicerídeos foram maiores em todos os tratamentos ao final do ensaio de desempenho. No desafio à hipóxia, os únicos parâmetros sanguíneos que apresentaram interação entre os fatores tempo de análise e concentração do aditivo foram o hematócrito e a glicose. Os demais apresentaram efeito principalmente do tempo de análise; com exceção da ALT que não apresentou efeito para o tempo. A proteína plasmática foi a única variável que apresentou efeito para as concentrações do aditivo na ração. Dessa forma, conclui-se que as concentrações do aditivo nutricional comercial testadas não proporcionaram alterações no desempenho, nos parâmetros sanguíneos e na morfometria intestinal para a espécie. Em situação de estresse por hipóxia, as concentrações testadas levam a mudanças nos parâmetros sanguíneos, principalmente a glicose e hematócrito.

Palavra-chave: aquicultura; piscicultura; hipoxia; probióticos; espécie nativa

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of a commercial nutritional additive based on probiotics and prebiotics in the feeding of tambaqui *Colossoma macropomum* through the analysis of performance, blood parameters, intestinal morphometry and in the challenge to hypoxia. In the first phase, the fish were fed for a period of 45 days, with rations containing levels of inclusion of the commercial nutritional additive (0, 2, 4, 6 and 8g of additive / kg of ration). After the first phase of the experiment, a hypoxia test (second phase) was carried out to verify the effect of the additive on resistance to stress. There is no fish mortality in any treatment in Phases I and II of the experiment. The additive did not change performance, blood parameters or bowel morphometry at the end of the growth trial. The blood parameters glucose, hematocrit and triglycerides separated differences in the comparison of treatments with the initial ones, with glucose being higher in T4 and hematocrit and triglycerides being higher in all treatments at the end of the performance trial. In the hypoxia challenge, the only blood parameters that interacted between the analysis time and additive concentration factors were hematocrit and glucose. The others mainly effect the analysis time; with the exception of ALT, which had no effect for time. Plasma protein was a single variable that had an effect on the feed additive settings. Thus, it is concluded that the commercial nutritional additive standards tested in this study do not offer changes in performance and in blood and intestinal morphometric characteristics for a tambaqui species. In situations of stress due to hypoxia, the tested norms lead to changes in blood parameters, especially glucose and hematocrit.

Keywords: aquaculture; pisciculture; hypoxia; probiotics; native species

1- INTRODUÇÃO

A intensificação da produção aquícola, cada vez mais vem aumentando e promovendo a necessidade de um cuidado maior dos animais nos sistemas de produção (WINCKLER et al., 2015). O aprimoramento das tecnologias ligadas as características nutricionais das dietas e o manejo alimentar veem determinando um aumento produtivo através da melhoria na conversão alimentar, sanidade e qualidade da água, tais técnicas diminuem o tempo de cultivo e promovem a qualidade do pescado produzido (PEREIRA et al., 2016; SCHULTER; VIEIRA FILHO, 2017; CALIXTO et al., 2020).

O oxigênio dissolvido é um dos parâmetros mais importantes dentro dos sistemas de produção, sua diminuição é causada por manejos inadequados, dentre eles o aumento da densidade e a elevação da quantidade de matéria orgânica nos sistemas, levando a eutrofização dos viveiros. A hipoxia é conhecida como o baixo nível de oxigênio no meio, e essa diminuição chega a comprometer o desempenho e a saúde dos animais afetando a capacidade fisiológica do peixe seja em comportamento, alimentação e crescimento (BALDISSEROTTO, 2013; QUEIROZ E BOEIRA, 2016; GILMORE et al.2018; ZHAO et al., 2018).

A hipóxia pode levar ao estresse, sendo que estudos mostraram que os peixes nessas condições apresentaram alterações nos parâmetros sanguíneos, como as quantidades de glóbulos vermelhos e hemoglobina, que em geral aumenta suas concentrações para compensar o nível baixo de oxigênio no ambiente (LI et al., 2018; ABDEL-TAWWAB et al. 2019). Em ambientes de cultivo, a hipóxia é muito comum e está associada a níveis de oxigênio abaixo ou entorno de 2mg/L, esse nível já é considerado um ambiente estressante ao peixe (DIAZ e ROSENBERG, 1995; BALDISSEROTTO, 2002). A persistência de hipóxia no ambiente pode causar a mortalidade de muitos indivíduos (XIAO 2015; ABDEL-TAWWAB et al. 2019).

Os alimentos funcionais têm sido empregados pelas indústrias de alimento para peixes, visando atender as exigências nutricionais e a saúde dos animais (RAZAK BIN IBRAHEN et al., 2010). O uso de aditivos nutricionais na aquicultura tem tido destaque por promover benefícios como: melhoria no sistema de defesa dos peixes e conseqüentemente um melhor aproveitamento dos nutrientes, auxiliando na produtividade, como também proporcionando um bem estar aos mesmo durante o cultivo (RIBEIRO et al., 2012). Estes aditivos nutricionais podem ser formados de substâncias ou microrganismos que são adicionados intencionalmente no alimento, mais não são consumidos, beneficiando e melhorando a saúde do hospedeiro (BRASIL, 2004).

Estudos com probióticos e prebióticos na alimentação dos peixes vêm mostrando que esses aditivos podem proporcionar uma melhoria imunológica e no desempenho (CORNÉLIO, et al., 2013; LIMA, 2014; FERREIRA et al., 2015; JATOBA & MOURINÕ, 2015). Investigações com intuito de melhorar a produtividade tem sido realizado a partir do uso de aditivos com espécies de destaque para a produção, como o caso das exóticas tilápia e carpa, e as nativas tambaqui e jundiá (MELLO et al.2013; PINTO et al., 2015; PAIXÃO et al., 2017; DIAS et al., 2018; ZHANG et al., 2018; GERALDO et al., 2021).

O tambaqui *Colossoma macropomum* é uma espécie nativa da região norte, sendo o segundo maior peixe de escama de água doce, sua ocorrência se dá nas bacias do rio Orinoco e rio Amazonas (SILVA et al. 2007). É a segunda espécie mais cultivada com produções de 101, 079 mil toneladas, ficando atrás apenas da tilápia, com 323,7 mil toneladas (IBGE, 2020). Grande parte do crescimento de sua produção ocorre pela sua rusticidade e aceitação de dietas formuladas, mostrando um bom desempenho de crescimento e conversão alimentar nos sistemas de aquicultura (LOPERA-BARRETO et al., 2011).

Estudos com o uso de aditivos nutricionais comerciais na alimentação do tambaqui têm sido realizados com o intuito de melhorar a saúde e o desempenho da espécie (CARVALHO et al., 2009; FERREIRA et al. 2014; AZEVEDO et al., 2016; PAIXÃO et al., 2017). No entanto, ainda são necessários avaliar o uso e as quantidades ideais desses aditivos, principalmente aqueles já disponíveis no mercado, a fim de se obter informações mais precisas sobre a sua funcionalidade e adequar o seu uso no ciclo de produção.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi de avaliar os efeitos de um aditivo nutricional simbiótico na alimentação de juvenis de tambaqui sobre desempenho, sobrevivência, parâmetros sanguíneos, morfometria intestinal e no desafio à hipóxia.

2- MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Condições pré-experimentais

O experimento foi conduzido nas dependências da UFRA (Universidade Federal Rural da Amazônia) no laboratório de aquicultura sustentável, sob o registro e aprovação da CEUA nº. 9354190820. Foram obtidos 1500 juvenis de tambaqui e aclimatados em laboratório, os mesmos foram estocados em um tanque de polietileno de 1000 L, onde foram alimentados duas vezes ao dia até saciedade aparente. Após 10 dias no ambiente de laboratório, os peixes foram distribuídos em 15 tanques experimentais de 80L, e passaram por um período de aclimação por uma semana. Os tanques foram mantidos em sistema estático, com trocas parciais diárias de água, aproximadamente 50%, sendo aerados por meio de compressor de ar.

Um total de 150 juvenis de tambaqui com peso médio inicial $20,2 \pm 3,6$ g foram estocados na densidade de 10 peixes/tanque. Durante essa semana de aclimação nos tanques experimentais os peixes foram alimentados até a saciedade aparente por 30min, três vezes ao dia (8, 12 e as 16h), mesmo manejo aplicado durante a fase experimental. Em todo o período pré-experimental e experimental os juvenis de tambaqui foram alimentados com ração extrusada de 1- 2mm com 45% de proteína bruta, 120g/kg de umidade, 100g/kg de extrato etéreo, 60kg/ kg de fibra bruta, 120g/kg de matéria mineral, 25g/kg de calcio, 10g/kg de fósforo, 800mg/g de vitamina C.

2.2- Condições experimentais

A Fase I do experimento, consistiu no ensaio de desempenho, e teve duração de 45 dias. Foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram caracterizados pela utilização de níveis de inclusão de um aditivo nutricional comercial simbiótico [0 (TO), 2 (T2), 4 (T4), 6 (T6), 8 (T8) g do aditivo/Kg de ração].

O aditivo nutricional comercial continha em sua base *Lactobacillus acidophilus* ($3,5 \times 10^{11}$ UFC), *Bacillus cereus* ($4,0 \times 10^{11}$ UFC), *Bacillus subtilis* ($4,0 \times 10^{11}$ UFC), *Bifidobacterium bifidun* ($3,5 \times 10^{11}$ UFC), *Enterococcus faecium* ($3,5 \times 10^{11}$ UFC), mananoligossacarídeos (10g/kg), lisina (5g/Kg), metionina (2,5g/Kg), colina (2g/Kg), vitamina C (10g/Kg), vitamina E (2500 UI) e dextrose (50g/Kg) (Dados disponibilizados pelo fabricante). O aditivo foi incorporado à ração por um veículo oleoso (2% de óleo de soja) como sugerido por Dias et al. (2011), Iwashita et al. (2014) e Paixão et al. (2017).

As análises de qualidade de água, como temperatura, pH e oxigênio dissolvido foram feitas todos os dias usando o medidor de parâmetro YSI ProODO, e a cada semana foi retirado uma amostra de água de cada tratamento para as análises de amônia, nitrito e nitrato através de kits da Labcon Test® e com um auxílio de um espectrofotômetro. Tabela 01.

Tabela 1: Médias (\pm desvio padrão) dos parâmetros físico-químico da água, temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Oxigênio dissolvido (OD) (mg/L), pH, amônia (mg/L), nitrito (mg/L) e nitrato (mg/L).

Parâmetros	Tratamentos				
	T0	T2	T4	T6	T8
Temperatura	28,8 \pm 0,3	28,8 \pm 0,4	28,8 \pm 0,4	28,8 \pm 0,3	28,8 \pm 0,4
OD	5,5, \pm 0,5	5,6 \pm 0,5	5,8 \pm 0,4	5,7 \pm 0,5	5,8 \pm 0,4
Ph	7,6 \pm 3,8	7,8 \pm 3,8	6,9 \pm 0,2	6,9 \pm 0,2	7,7 \pm 3,7
Amônia	1,9 \pm 0,5	1,9 \pm 0,4	1,7 \pm 0,5	1,9 \pm 0,6	1,8 \pm 0,7
Nitrito	0,1 \pm 0,1	0,2 \pm 0,2	0,1 \pm 0,2	0,1 \pm 0,1	0,1 \pm 0,1
Nitrato	0,4 \pm 0,3	0,3 \pm 0,1	0,4 \pm 0,2	0,5 \pm 0,4	0,3 \pm 0,1

2.3- Análise de desempenho e sobrevivência

As avaliações de peso foram realizadas no início do ensaio e com 15, 30 e 45 dias. As demais análises foram feitas com os dados do início e do final do experimento. Os peixes utilizados na biometria e na coleta de sangue foram anestesiados por imersão com 65 mg de eugenol/L conforme Roubach et al. (2005). Para determinar o desempenho, avaliado pelas biometrias o peso e comprimento total dos peixes e calculado o ganho em peso ($\text{GP} = \text{peso final} - \text{peso inicial}$), taxa de crescimento específico ($\text{TCE} = 100 \times \text{wf/wi}$), onde Wf é o peso final e o Wi é o peso inicial, biomassa ($\text{biomassa} = (\text{média do peso} \times \text{pela quantidade de peixe})$), conversão alimentar ($\text{CA} = (\text{soma do consumo} / \text{ganho de biomassa})$), taxa de eficiência proteica ($\text{TEP} = \text{Ganho de peso} / \text{consumo}$).

2.4- Teste de hipoxia

Após 45 dias de alimentação, os juvenis de tambaqui foram submetidos a um teste de resistência à hipóxia, para avaliar um possível efeito dos níveis de inclusão do simbiótico na saúde dos peixes em situação de estresse. A aeração dos tanques foi diminuída até o oxigênio atingir a concentração de 1mg/L, sendo que essa concentração foi atingida em 3 horas. Após isso iniciou-se a contagem de 48h de exposição à hipóxia, sendo que, após o fim dessas 48h, iniciou-se o período de recuperação, em que os peixes foram avaliados por mais 24 e 48h após restabelecer as concentrações de oxigênio consideradas normais para a espécie, $6,8 \pm 0,5$ mg /L (Tabela 2). A metodologia descrita seguiu as recomendações de Neves et al. (2020).

Tabela 2: Médias (\pm desvio padrão) do oxigênio dissolvido (OD) (mg/L) na água, nos períodos durante e depois da hipóxia.

Parâmetro	Tratamentos				
	T0	T2	T4	T6	T8
OD (Inicial)	6,6 \pm 0,2	6,1 \pm 0,5	6,8 \pm 0,3	6,9 \pm 0,1	6,6 \pm 0,4
OD (48h de hipóxia)	1,3 \pm 0,2	1,6 \pm 0,3	1,0 \pm 0,1	1,1 \pm 0,2	1,3 \pm 0,2
OD (48h de recuperação)	7,2 \pm 0,2	6,8 \pm 0,2	6,3 \pm 0,3	6,3 \pm 1,0	7,4 \pm 0,5

Um total de seis peixes por tratamento (2 por réplica) foram amostrados em cada um dos seguintes tempos: ao final de 48h das condições de hipóxia (48-H), com 24h (24-R) e 48h (48-R) de recuperação do período de hipóxia, para a coleta de sangue para as análises de glicose, hematócrito, alanina aminotransferase (ASL), aspartato aminotransferase (AST), proteína plasmática, triglicerídeos e colesterol. Os dados sanguíneos ao final dos 45 dias de alimentação foram considerados os de pré hipóxia (Pré-H). Esta segunda fase do experimento foi conduzida em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, os mesmos níveis de inclusão do aditivo nutricional comercial da Fase I, só que em parcela subdividida no tempo, considerando os períodos de coleta de sangue mencionados acima.

2.5- Análise Sanguínea

Em cada tempo de coleta, os peixes foram capturados, anestesiados com 65 mg de eugenol/L (Roubach et al., 2005) até a fase de anestesia cirúrgica e o sangue foi amostrado por punção caudal com o auxílio de uma seringa com anticoagulante EDTA. Uma parte do sangue foi destinada para análise de glicose através de um aparelho digital glicosímetro (Accu-Chek® Guide), e o restante do sangue foi centrifugado por 10 min para a separação do plasma, sendo posteriormente separado e mantido em freezer a -20°C até o uso para as análises de proteína total, triglicerídeos, colesterol, ALT e AST através de kits comerciais da Labtest Diagnóstica® (lotes 202004, 202002, 1907, 202008 e 202007 respectivamente).

Aproximadamente 50 μL foi destinado para análise de hematócrito (Ht), a partir de tubos capilares, preenchidos com aproximadamente 2/3 de sangue previamente homogeneizado. Estes tubos capilares foram centrifugados durante 15 min. a 10000 rpm (Centrífuga Microspin-Spin 1000®; Micros-spin (Mikro)- Laborline, Barueri, SP, Brasil). A leitura foi realizada no cartão apropriado, igualando o menisco do plasma com a linha superior da régua (linha 100) e a mesma, sendo igualada a extremidade inferior da porção eritrocitária com a linha inferior da régua (linha zero), de modo que o resultado indicasse o valor da linha.

2.6- Análise histológica

Após 45 dias de experimento, os peixes utilizados para as coletas de sangue foram eutanasiados com eugenol (265,5 mg/L) conforme Vidal et al., (2008), para a avaliação do peso do fígado, índice hepatossomático e comprimento do intestino/comprimento do peixe (CI/CP). Após as avaliações, uma amostra do intestino anterior e posterior foram fixadas em formalina tamponada a 10% por 24h e depois preservada em álcool 70%. Após a fixação, os fragmentos foram processados conforme o protocolo padronizado pelo LPCA (Laboratório de pesquisa Carlos Azevedo) passando por uma bateria de desidratação em concentrações de álcool crescente (70%, 80%, 90%, 100% I, 100% II e 100 III), diafanizados em xilol (I e II) e impregnação parafina líquida a 60° C.

Em seguida foi realizado a inclusão do material em blocos de parafina com o auxílio do aparelho Tissue Embedding Center Micron® EC350, logo após, iniciou-se o processo de microtomia com corte a 5µm de espessura, utilizando micrótomo Rotary Microtom® e Micron HM315, os cortes foram colocados em banho-maria retiradas em lâminas de vidro, sendo transferidos a estufa em 60°C para fixação por 24h. As lâminas com os cortes foram coradas na técnica de rotina do laboratório com Hematoxilina e Eosina (HE).

Após estes procedimentos, as lâminas foram fotografadas com câmera de vídeo digital Motican® 2300 acoplada em microscópio. Sendo utilizado software Motic para aferir as medidas de altura, comprimento e largura das vilosidades intestinais dos juvenis de tambaqui.

2.7- Análises estatísticas

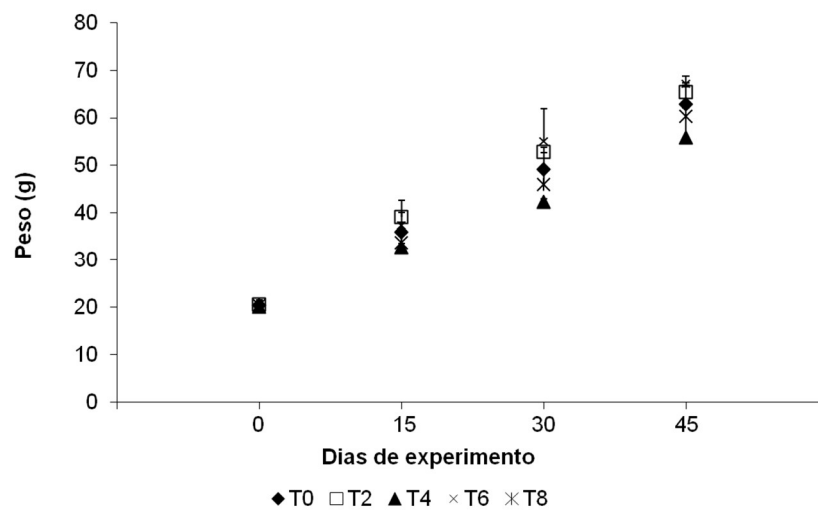
Para as análises estatísticas foi utilizado o programa estatístico “Statistical Analysis System” (SAS Institute, versão 8.0). Todas as análises foram submetidas à avaliação da normalidade dos erros (Cramer-von Mises) e da homocedasticidade das variâncias (Levene's). Foram realizadas as análises de variância ANOVA e teste de Tukey para comparação das médias dos parâmetros de desempenho. Os dados apresentados em porcentagem foram previamente transformados em $\sqrt{(x+0,5)}$ para as análises estatísticas. O teste T-hoc ($p < 0,05$) foi aplicado às médias antes do início do experimento e após o período de desempenho. Os dados do teste de hipóxia foram analisados por Anova em duas vias, considerando os fatores tempo de coleta e concentração do aditivo alimentar nas dietas formuladas, seguido pelo teste de Duncan's post-hoc ($p < 0,05$).

3- RESULTADOS

3.1- Desempenho e sobrevivência

Não houve mortalidade durante o período da primeira fase e da segunda fase do experimento. Não foram encontradas diferenças estatísticas para o peso dos juvenis de *Colossoma macropomum* em nenhum dos momentos avaliados entre os tratamentos com 15, 30 e 45 dias de experimento, como mostra a Figura 1.

Fig.1 Peso médio dos juvenis de tambaqui *Colossoma macropomun* alimentados por 45 dias com níveis de inclusão de um aditivo nutricional comercial.



Não foi identificada diferença estatística nos resultados de ganho em peso, comprimento total, consumo de ração, conversão alimentar, biomassa, sobrevivência, TCR (taxa de crescimento relativo) e TEP (taxa de eficiência protéica (Tabela 3)).

Tabela 3. Médias (\pm desvio padrão) do ganho em peso (GP, g), comprimento total (CT, cm), o consumo de ração (Consumo, g), a conversão alimentar (CA), biomassa (Biomassa, g), sobrevivência (Sob., %), Taxa de crescimento relativo (TCR, %) e a taxa de eficiência protéica (TEP) dos juvenis de tambaqui *Colossoma macropomun* alimentados com níveis de inclusão de aditivo nutricional comercial (simbiótico).

Variável	Tratamentos (g do simbiótico/ kg de ração)				
	T0	T2	T4	T6	T8
Peso final (g)	63,36 \pm 17,05	65,48 \pm 17,00	52,46 \pm 14,80	73,89 \pm 23,50	60,32 \pm 20,43
GP(g)	42,47 \pm 4,2	45,01 \pm 4,6	32,89 \pm 2,6	53,73 \pm 130	39,92 \pm 7,2
CT (cm)	17,05 \pm 1,42	17,00 \pm 1,43	14,80 \pm 1,61	23,50 \pm 1,90	20,43 \pm 1,86
Consumo (g)	324,84 \pm 45,57	359,43 \pm 37,51	293,90 \pm 6,14	437,28 \pm 98,39	336,08 \pm 54,06
CAA	0,76 \pm 0,15	0,80 \pm 0,03	0,90 \pm 0,06	0,82 \pm 0,03	0,84 \pm 0,02
Biomassa (g)	633,59 \pm 38,3	663,96 \pm 47,0	524,63 \pm 10,3	738,88 \pm 129,2	603,17 \pm 70,8
GB (g)	429,07 \pm 40,6	451,58 \pm 46,88	327,54 \pm 26,2	537,33 \pm 129,7	402,45 \pm 71,6
TCR (%)	4290,67 \pm 0,15	4501,07 \pm 462,47	3275,37 \pm 261,67	5373,33 \pm 1297,47	3991,20 \pm 721,33
TEP	62,86 \pm 3,84	64,98 \pm 4,70	51,98 \pm 1,07	73,40 \pm 12,92	59,82 \pm 7,08

Letras diferentes nas linhas indicam diferença estatística ao final do experimento de desempenho, 45 dias de alimentação ($P < 0,05$). Tratamentos, T0: peixes alimentados com dieta formulada sem a inclusão do aditivo simbiótico na dieta; T2: peixes alimentados com dieta formulada contendo 2g do simbiótico/Kg de dieta; T4: peixes alimentados com dieta formulada contendo 4g do simbiótico/Kg de dieta; T6: peixes alimentados com dieta formulada contendo 6g do simbiótico/Kg de dieta; T8: peixes alimentados com dieta formulada contendo 8g do simbiótico/Kg de dieta.

3.2- Análises dos parâmetros sanguíneos

A Tabela 4 mostra as variáveis sanguíneas analisadas ao final da Fase I. Não foram encontradas diferenças estatísticas na comparação entre os tratamentos ao final de 45 dias de alimentação.

Na comparação com os peixes do início do experimento, as variáveis glicose, hematócrito e triglicerídeos apresentaram diferenças estatísticas. Os peixes alimentados com a dieta T4 apresentaram valores de glicose superiores em comparação aos peixes do início do experimento ($P < 0,05$). As variáveis de hematócrito e triglicerídeos foram superiores ao final de 45 dias de alimentação em comparação aos peixes do início do experimento, independente do tratamento ($P < 0,05$).

Tabela 4: Médias (\pm desvio padrão) dos parâmetros sanguíneos glicose (mmol.L^{-1}), hematócrito (%), proteína plasmática (Prot. plasmática g.L^{-1}), colesterol (mmol.L^{-1}) e triglicerídeos (mmol.L^{-1}) dos juvenis de tambaqui *Colossoma macropomun* alimentados com níveis de inclusão de um aditivo alimentar comercial a base de probióticos e prebiótico.

Tratamentos	Glicose	Hematócrito	Proteína Plasmática	Colesterol	Triglicerídeos
Início	4,4 \pm 0,5	25,7 \pm 1,4	21,7 \pm 1,9	1,2 \pm 0,1	20,0 \pm 2,2
T0	5,2 \pm 0,3	44,4 \pm 3,0*	27,4 \pm 2,7	1,2 \pm 0,1	34,5 \pm 4,1*
T2	4,9 \pm 0,3	39,0 \pm 1,8*	23,8 \pm 2,9	1,2 \pm 0,1	29,1 \pm 2,1*
T4	5,9 \pm 0,4*	44,0 \pm 3,1*	25,82 \pm 1,3	1,2 \pm 0,1	31,8 \pm 3,1*
T6	5,3 \pm 0,4	40,4 \pm 1,8*	26,7 \pm 4,6	1,1 \pm 0,1	32,8 \pm 4,1*
T8	5,5 \pm 0,4	37,4 \pm 1,0*	37,4 \pm 1,0	1,2 \pm 0,1	32,4 \pm 3,7*
c.v.	10,3	17,8	9,7	4,9	17,4
F	3,00	2,97	0,81	0,33	2,7
Prob.	0,06	0,02	0,55	0,89	0,04

Letras diferentes nas colunas indicam diferença estatística ao final do experimento de desempenho, 45 dias de alimentação ($P < 0,05$). * Indica diferença estatística na comparação entre os peixes do início do experimento com os dos tratamentos ao final do experimento. (n= 9 peixes/tratamento). *Indica diferença estatística pelo teste t-student na comparação entre os peixes do início do experimento com os peixes ao final do experimento. Tratamentos, T0: peixes alimentados com dieta formulada sem a inclusão do simbiótico na dieta; T2: peixes alimentados com dieta formulada contendo 2g do simbiótico/Kg de dieta; T4: peixes alimentados com dieta formulada contendo 4g do simbiótico/Kg de dieta; T6: peixes alimentados com dieta formulada contendo 6g do simbiótico/Kg de dieta; T8: peixes alimentados com dieta formulada contendo 8g do simbiótico/Kg de dieta. c.v. = coeficiente de variação na comparação ao final do experimento; F: Valor de F na comparação ao final do experimento; e Prob. = Probabilidade na comparação ao final do experimento.

3.3- Análises relativos ao desafio à hipóxia

A Tabela 5 mostra os valores estatísticos das análises sanguíneas na fase II relativo ao desafio à hipóxia. Os parâmetros sanguíneos hematócrito e glicose foram os únicos a apresentar interação entre os tempos de coleta e concentração do aditivo na ração ($P < 0,05$), sendo as comparações desdobradas na Tabela 6. Os demais parâmetros sanguíneos não apresentaram efeito significativo para a interação das variáveis ($P > 0,05$), e especificamente a ALT não apresentou efeito significativo para as variáveis em separado ($P > 0,05$).

Em relação aos demais parâmetros, estes apresentaram efeito significativo para o tempo de coleta ($P < 0,05$). A AST foi maior nos juvenis de tambaqui ao final do período de hipóxia e com 24h de recuperação em comparação com as médias dos peixes com 48h de recuperação ($P < 0,05$) (Tabela 5).

A proteína plasmática apresentou efeito significativo para ambas as variáveis ($P < 0,05$); no entanto, sem interação entre as mesmas ($P > 0,05$). De uma maneira geral, ocorreu um aumento desta variável após a hipóxia e no período de recuperação, com 24 e 48h, sem diferença estatística entre os tempos de antes da hipóxia e com 24h de recuperação. As dietas T0 e T6 proporcionaram maiores médias para a proteína plasmática em comparação às médias dos peixes alimentados com T2 ($P < 0,05$) (Tabela 5).

Os triglicerídeos e o colesterol tiveram um comportamento similar, com efeito significativo apenas para os tempos de coleta ($P < 0,05$). Os triglicerídeos tiveram um comportamento de diminuição de suas concentrações com o decorrer do teste de hipóxia, com o maior valor antes do teste em comparação com os peixes na recuperação de 24 e 48h ($P < 0,05$). Os valores de colesterol apresentaram um comportamento inverso aos triglicerídeos, com um aumento de suas concentrações com o decorrer do tempo no teste de hipóxia, com as maiores médias obtidas nos tempos de pós hipóxia (48-H) e com 24h de recuperação ($P < 0,05$) (Tabela 5).

Tabela 5. Médias (\pm desvio padrão) dos parâmetros sanguíneos aspartato aminotransferase (AST, UI/L), alanina aminotransferase (ALT, UI/L), proteína plasmática (mg/L), hematócrito (%), glicose (mmol/L) e triglicerídeos (mmol/L) de juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum* expostos a hipóxia após serem alimentados por 45 dias com dietas contendo níveis de inclusão de aditivo nutricional simbiótico. Os resultados são referentes às análises nos tempos de pré-exposição à hipóxia (Pré-H), imediatamente após 48h de hipóxia (48-H), com 24h de recuperação (24-R) e com 48h de recuperação (48-R) à hipóxia.

	AST	ALT	Proteína plasmática	Hematócrito	Glicose	Triglicerídeos	Colesterol
Valor de P para os tempos	<0,01	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Valor de P concentrações do aditivo	0,272	0,3695	<0,01	<0,01	0,1035	0,09246	0,3966
Valor de P para interação	0,565	0,3917	0,487	<0,01	<0,01	0,958	0,3444
Coef. var.¹	62,3	56,7	22,6	32,5	24,8	37,9	21,8
Média para os tempos							
Pré-H	59,9 \pm 15,7ab	13,1 \pm 9,1	23,5 \pm 6,5b	41,0 \pm 7,2b	5,5 \pm 1,2a	1,3 \pm 0,3a	3,2 \pm 0,6b
48-H	81,6 \pm 25,4a	11,3 \pm 4,9	29,3 \pm 4,9 a	39,7 \pm 9,9ab	4,1 \pm 0,8 ab	1,0 \pm 0,4ab	4,3 \pm 0,7a
24-R	89,6 \pm 70,4a	12,3 \pm 7,2	26,6 \pm 7,2ab	33,5 \pm 6,2b	3,3 \pm 0,5b	0,8 \pm 0,2b	4,2 \pm 1,0a
48-R	41,2 \pm 15,6b	8,8 \pm 2,6	27,9 \pm 4,7 a	54,1 \pm 19,9 a	4,8 \pm 0,7a	0,8 \pm 0,2b	3,6 \pm 0,4ab
Média para as concentrações							
T0	71,8 \pm 31,2	11,1 \pm 6,7	27,1 \pm 6,8a	51,5 \pm 23,8 a	4,5 \pm 1,0	1,1 \pm 0,4	3,8 \pm 0,7
T2	60,4 \pm 25,3	13,4 \pm 9,7	24,8 \pm 5,7b	35,9 \pm 6,7b	4,6 \pm 1,0	0,9 \pm 0,3	3,6 \pm 0,7
T4	59,1 \pm 23,6	11,4 \pm 7,2	26,2 \pm 5,3ab	39,3 \pm 16,2ab	4,7 \pm 1,7	0,9 \pm 0,3	3,8 \pm 0,8
T6	66,0 \pm 32,2	9,6 \pm 2,9	30,4 \pm 6,8a	36,7 \pm 6,5b	4,4 \pm 1,1	1,0 \pm 0,4	4,0 \pm 1,1
T8	83,6 \pm 77,3	11,5 \pm 4,3	25,7 \pm 5,1ab	44,2 \pm 10,8 b	4,5 \pm 1,1	1,0 \pm 0,4	3,9 \pm 0,9

Letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatística ($P < 0,05$). (n= 6 peixes/tratamento). Tratamentos, T0: peixes alimentados com dieta formulada sem a inclusão do simbiótico na dieta; T2: peixes alimentados com dieta formulada contendo 2g do simbiótico/Kg de dieta; T4: peixes alimentados com dieta formulada contendo 4g do simbiótico/Kg de dieta; T6: peixes alimentados com dieta formulada contendo 6g do

simbiótico/Kg de dieta; T8: peixes alimentados com dieta formulada contendo 8g do simbiótico/Kg de dieta. c.v. = coeficiente de variação; Prob. = Probabilidade; e, Coef. var. = coeficiente de variação.

Os parâmetros sanguíneos hematócrito e glicose apresentaram efeito significativo para as variáveis tempo de coleta x concentração do simbiótico durante o desafio à hipóxia ($P < 0,05$) e o desdobramento dessa interação encontra-se na Tabela 6. No período pré hipóxia (Pré-H) e na recuperação de 24h (24-R) não houve diferença estatística entre os tratamentos para a variável hematócrito; no entanto, imediatamente após a hipóxia (48-H), os tratamentos T6 e T8 proporcionaram maiores valores para esta variável em comparação ao tratamento T4 ($P < 0,05$). Com 48h de recuperação, a maior média de hematócrito foi encontrada nos peixes alimentados sem a inclusão do simbiótico em comparação aos demais tratamentos ($P < 0,05$). Os valores intermediários foram encontrados nos tratamentos T4 a T8, sendo que esses diferiram estatisticamente dos demais (Tabela 6).

No T0, o maior valor de hematócrito foi encontrado com 48h de recuperação, sendo esse diferente estatisticamente dos tempos de Pré-H e 24-R. O menor valor de hematócrito em T2 foi encontrado em 48-R, sendo esse diferente em comparação a Pré-H e 48-H ($P < 0,05$). Em T4, o maior valor de hematócrito foi encontrado com 48-R em comparação aos demais tratamentos ($P < 0,05$). Não foi encontrada diferença estatística para o hematócrito no T6, independente do tempo de coleta. E em T8, os maiores valores foram encontrados após a hipóxia e com 48h de recuperação em comparação aos demais tempos de coleta ($P < 0,05$) (Tabela 6).

Na comparação dos tratamentos nos tempos de análise, em Pré-H, os juvenis alimentados com T4 apresentaram maiores médias de glicose em comparação aos peixes alimentados com T2 ($P < 0,05$). Os demais tratamentos apresentaram médias intermediárias sem diferença estatística em comparação com T2 e T4. Após as 48h de hipóxia, as maiores médias de glicose sanguínea foram encontradas em T0 e T2 em comparação com T4 e T8 ($P < 0,05$). Com 24h de recuperação, as maiores concentrações de glicose foram encontradas nos juvenis alimentados com as dietas T2 e T8 em comparação com T4 ($P < 0,05$). Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários e sem diferença estatística em comparação com os tratamentos T2, T4 e T8. No último tempo de análise, 48-R, não houve diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 6).

A concentração de glicose sanguínea foi menor com 24h de recuperação no T0, em comparação com os demais tempos de análise ($P < 0,05$). Em T2 e T6, esta variável não se alterou em relação aos tempos de análise ($P > 0,05$). Em T4, as menores médias de

concentração de glicose foram obtidas nos tempos 48-H e 24-R ($P < 0,05$) em comparação com os demais tratamentos. A maior concentração foi obtida no tempo de Pré-H ($P < 0,05$). No tratamento T8, as maiores concentrações de glicose foram obtidas nos períodos de Pré-H e com 48-R em comparação com os demais tratamentos ($P < 0,05$) (Tabela 6).

Tabela 6: Média (\pm desvio padrão) das variáveis hematócrito (%) e glicose (mmol/L) no desdobramento da interação entre tempo de coleta x concentração de aditivo nutricional para juvenis de tambaqui no desafio à hipóxia.

Tratamentos	Hematócrito			
	Tempo de análise			
	Pré- h	48h Hipóxia	24h Recuperação	48h Recuperação
T0	44,4 \pm 9,1 Ba	39,4 \pm 4,3 Bab	32,0 \pm 8,2 Ba	81,2 \pm 8,2 Aa
T2	39,9 \pm 5,3 Ba	39,2 \pm 6,9 Aab	37,8 \pm 4,1 Aba	29,8 \pm 5,2 Bc
T4	44,0 \pm 9,3 Ba	31,2 \pm 6,8 BCb	28,2 \pm 8,0 Ca	60,2 \pm 7,9 Ab
T6	40,4 \pm 5,1 Aa	36,8 \pm 10,1 Aa	36,2 \pm 1,9 Aa	37,3 \pm 5,7 Ab
T8	37,4 \pm 3,0 Ba	51,7 \pm 8,2 Aa	32,7 \pm 4,1 Ba	49,0 \pm 7,0 Ab

Tratamentos	Glicose			
	Tempo de análise			
	Pré- h	48h Hipóxia	24h Recuperação	48h Recuperação
T0	5,2 \pm 0,3 Aab	4,6 \pm 0,5Aa	3,3 \pm 0,3Bab	4,7 \pm 1,0Aa
T2	4,9 \pm 0,3 Ab	4,8 \pm 0,9Aa	3,6 \pm 0,4Aa	4,5 \pm 0,9Aa
T4	5,9 \pm 0,4 Aa	3,3 \pm 0,7Cb	2,8 \pm 0,4Cb	5,1 \pm 0,6Ba
T6	5,3 \pm 0,4 Aab	3,9 \pm 0,5Bab	3,3 \pm 0,3Cab	5,0 \pm 0,6Ba
T8	5,5 \pm 0,4 Aab	3,6 \pm 0,5Bb	3,7 \pm 0,4Ba	4,9 \pm 0,3Aa

Letras minúsculas diferentes nas linhas e maiúsculas nas colunas indicam diferença estatística ($P < 0,05$). (n= 6 peixes/tratamento). Tratamentos, T0: peixes alimentados com dieta formulada sem a inclusão do simbiótico na dieta; T2: peixes alimentados com dieta formulada contendo 2g do simbiótico/Kg de dieta; T4: peixes alimentados com dieta formulada contendo 4g do simbiótico/Kg de dieta; T6: peixes alimentados com dieta formulada contendo 6g do simbiótico/Kg de dieta; T8: peixes alimentados com dieta formulada contendo 8g do simbiótico/Kg de dieta

Os animais do presente estudo apresentaram uma expansão dos lábios que permitiram capturar oxigênio da lâmina d'água, essa expansão se deu em 24h de hipóxia, e após esse período essa protuberância labial havia sumido

3.4- Morfometria do intestino e análise histológica

Com base nos resultados de comprimento do intestino, peso do fígado e índice hepatossomático (IHS), observou se que não houve diferença estatística na comparação entre os tratamentos para as variáveis peso do fígado e IHS Na comparação da relação CI/CP,

ocorreu uma diminuição dessa variável nos peixes alimentados com a dieta T6 em comparação com os demais tratamentos ($P < 0,05$) (Tabela 5).

Na comparação entre as amostras do início do experimento com os tratamentos ao final de 45 dias de alimentação, foi observado que a relação CI/CP foi alterada em T2, T6 e T8, sendo que esses tratamentos apresentaram uma relação menor em comparação ao início do experimento ($P < 0,05$). O peso do fígado foi maior em todos os tratamentos ao final de 45 dias de alimentação em comparação ao peso deste órgão nas amostras iniciais ($P < 0,05$). O IHS foi maior nos tratamentos T4 e T8 em comparação às amostras iniciais ($P < 0,05$) (Tabela 7).

Tabela 7. Médias (\pm desvio padrão) da relação entre comprimento do intestino pelo comprimento do peixe (CI/CP), peso dos fígados (g) e índice hepatossomático (IHS) dos juvenis de tambaqui *Colossoma macropomun* alimentados com níveis de inclusão de um simbiótico comercial.

Tratamentos	CI/CP	Peso do Fígado	IHS
Basal	1,41 \pm 0,14	0,23 \pm 0,06	1,2 \pm 0,2
T0	1,26 \pm 0,21 ^a	0,87 \pm 0,2*	1,4 \pm 0,3
T2	1,19 \pm 0,14 ^{*a}	0,90 \pm 0,1*	1,4 \pm 0,4
T4	1,23 \pm 0,21 ^a	0,80 \pm 0,7*	1,5 \pm 0,2*
T6	0,89 \pm 0,29 ^{*b}	0,91 \pm 0,2*	1,2 \pm 0,8
T8	1,13 \pm 0,13 ^{*a}	0,98 \pm 0,2*	1,6 \pm 0,4*
c.v.	20,3	37,3	31,2
F	3,039	0,4777	0,5517
Prob.	0,03594	0,7519	0,6995

Letras minúsculas sobrescritas diferentes nas colunas indicam diferença estatística ao final do experimento de desempenho, 45 dias de alimentação ($P < 0,05$). (n= 9 peixes/tratamento). TTratamentos, T0: peixes alimentados com dieta formulada sem a inclusão do simbiótico na dieta; T2: peixes alimentados com dieta formulada contendo 2g do simbiótico/Kg de dieta; T4: peixes alimentados com dieta formulada contendo 4g do simbiótico/Kg de dieta; T6: peixes alimentados com dieta formulada contendo 6g do simbiótico/Kg de dieta; T8: peixes alimentados com dieta formulada contendo 8g do simbiótico/Kg de dieta. c.v. = coeficiente de variação; F: Valor de F; e Prob. = Probabilidade.

Com base nos resultados da análises morfo-histológicas do intestino de tambaqui alimentados por 45 dias com o simbiótico comercial não foram encontradas diferenças estatística para as variáveis altura, comprimento e largura das vilosidades intestinais (Tabela 8).

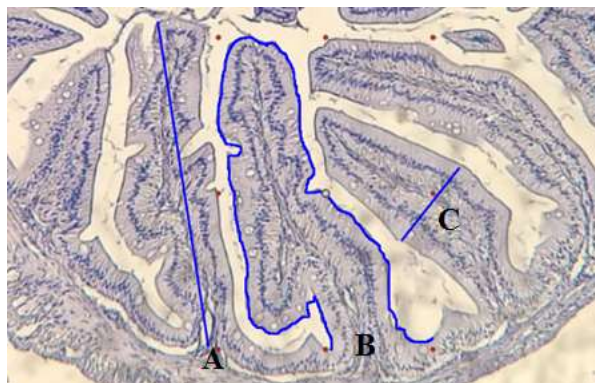
As medições de altura das vilosidades foi obtido a parti das medidas do ápice à base de cada vilosidade, o comprimento foi obtido através do perímetro de cada vilosidade e a largura foi obtida através das extremidades laterais das vilosidades (Figura 1)

Tabela 8: Médias (\pm desvio padrão) da altura, comprimento e largura do intestino dos juvenis de tambaqui *Colossoma macropomun* alimentados com níveis de inclusão de simbiótico comercial.

Tratamentos	Intestino anterior		
	Altura (μm)	Comprimento(μm)	Largura (μm)
T0	331,7 \pm 46,93	1117 \pm 203,8	125,1 \pm 12,24
T2	296 \pm 37,12	1064 \pm 167,3	179,8 \pm 16,91
T4	401,8 \pm 48,07	1243 \pm 179,7	117,7 \pm 9,087
T6	381 \pm 35,88	1177 \pm 148	150,9 \pm 17,05
T8	385,5 \pm 42,69	1079 \pm 143,6	142,4 \pm 10,18
Tratamentos	Intestino Posterior		
	Altura (μm)	Comprimento(μm)	Largura (μm)
T0	331,3 \pm 37,78	709,6 \pm 85,39	107,2 \pm 6,194
T2	326,9 \pm 53,86	844,1 \pm 135,1	145,7 \pm 23,74
T4	322,1 \pm 33,43	746,3 \pm 125,3	118,8 \pm 6,475
T6	231,9 \pm 53,7	607,8 \pm 128,5	157,2 \pm 15,31
T8	237,6 \pm 24,68	599,2 \pm 76,47	110,8 \pm 11,35

Letras minúsculas sobrescritas diferentes nas colunas indicam diferença estatística ao final do experimento de desempenho, 45 dias de alimentação ($P < 0,05$). (n= 9 peixes/tratamento). Tratamentos, T0: peixes alimentados com dieta formulada sem a inclusão do simbiótico na dieta; T2: peixes alimentados com dieta formulada contendo 2g do simbiótico/Kg de dieta; T4: peixes alimentados com dieta formulada contendo 4g do simbiótico/Kg de dieta; T6: peixes alimentados com dieta formulada contendo 6g do simbiótico/Kg de dieta; T8: peixes alimentados com dieta formulada contendo 8g do simbiótico/Kg de dieta. c.v. = coeficiente de variação; F: Valor de F; e Prob. = Probabilidade.

Fig. 2. Análises das vilosidades intestinais do tambaqui (*Colossoma macropomum*). (A) altura, (B) comprimento e (C) largura das vilosidades.



DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos, não foi observado diferenças no desempenho de juvenis de tambaqui alimentados com simbiótico comercial testado. Resultados similares foram observados por Chagas et al. (2013), Ribeiro et al. (2016), Paixão et al. (2017) e Dias et al. (2018), que não observaram em seus estudos diferenças no desempenho do tambaqui ao utilizar aditivos nutricionais comerciais.

Este resultado também corrobora com estudos feitos com outras espécies, Fonseca et al. (2020) realizaram estudos com juvenis de tilápia e observaram que o aditivo testado não influenciou no crescimento dos animais após 40 dias de alimentação. Dias et al. (2020) ao avaliarem um aditivo comercial para juvenis de tilápia durante 90 dias, não observaram diferenças no desempenho dos animais. Geraldo et al. (2021) ao utilizar probióticos comerciais na alimentação de juvenis de carpa capim *Ctenopharyngodon idella*, ressaltaram que tal produto não influenciou no desempenho nem nos índices somáticos após a alimentação por 70 dias.

Acredita-se que a não influência do aditivo sobre o desempenho do tambaqui pode estar relacionada com a quantidade de probióticos e prebióticos adicionados a dieta formuladas para a alimentação dos peixes. Essas quantidades não foram suficientes para que os microrganismos colonizassem a microbiota intestinal. Segundo Merrifield et al. (2010), a quantidade de probióticos deve ser alta para permitir que esses microrganismos colonizem o trato gastrointestinal.

Segundo Ramesh et al. (2015), um dos fatores da não eficiência dos probióticos comerciais, é que grande parte da maioria dos produtos no mercado são probióticos isolados de outros animais como os de aves e suínos, o que pode limitar a ação dos probióticos. Araújo et al. (2018) e Jatobá et al. (2018) ressaltaram que a utilização de micro-organismos específicos da própria espécie pode apresentar uma maior eficiência em inibir agentes patogênicos, com uma melhor colonização do trato gastrointestinal. Com base nos estudos de Kotzen et al. (2021), as bactérias com potencial probiótico para o tambaqui extraídos do próprio animal foram: *Enterococcus hirae*, *Enterococcus faecalis*, *Lactococcus lactis*, *Pediococcus pentosaceus*, *Staphilococcus hominis* e *Staphilococcus saprophyticus*. Tais bactérias resistiram a ação biliar e colonizam o trato gastrointestinal do animal, e foram resistentes à ação de antibióticos. Dentre essas bactérias, apenas a *Enterococcus faecalis* estava presente no produto testado no presente estudo, segundo o rótulo do fabricante, o que pode explicar a falta de um efeito positivo do produto nos parâmetros de desempenho analisados. Aliado a esses fatores, os juvenis de tambaqui estavam em condições ideais de

cultivo durante a Fase I do experimento, como qualidade da água e da ração e a densidade de estocagem (DAIRIK, 2011; SILVA et al., 2013; SILVA et al. 2018; FERREIRA et al., 2019;). Dessa forma, pode ser que os peixes não passaram por nenhum desafio que proporcionasse condições para que o efeito positivo do simbiótico fosse proeminente no estudo.

Conforme os resultados obtidos no teste de hipóxia em juvenis de tambaqui, observou-se que os peixes sobreviveram em um ambiente com OD próximo de 1mg/L e logo em seguida recuperou a homeostase com a introdução da oxigenação. Segundo estudos de Baldisserotto (2002) e Long et al. (2015) a concentração de 2mg/L já é considerada hipóxico aos peixes e pode comprometer o desempenho e sua fisiologia. O tambaqui é uma dessas espécies que tem servido de modelo em vários estudos sobre adaptações à hipóxia (SAINT-PAUL 1984; ALMEIDA-VAL et al. 1993; VAL 1996; WEBER 1996; AFFONSO et al. 2002; DO CARMO et al., 2021). Mesmo com essa adaptação não foi suficiente para que o peixe sofresse alterações em seu metabolismo no período de hipóxia. Segundo Felizardo et al. (2010) ressalta que os peixes de rio são bastantes tolerantes à hipóxia, pois a água doce apresenta concentrações baixas de oxigênio dissolvido.

Segundo Froese e Pauly (2011), diversos fatores podem alterar o metabolismo dos peixes, como o peso, concentração de oxigênio, nível de atividade e até mesmo a velocidade de natação. O oxigênio dissolvido é um fator vital para sobrevivência de organismos aquáticos, podendo interferir no crescimento e na fisiologia da espécie, como mostram estudos de Speers-Roesch et al. (2010) e Wilhelm Filho et al. (2005). Dentro da aquicultura, a hipóxia é um fenômeno natural, que ocorre quando a taxa de consumo de oxigênio dissolvido excede a taxa de oxigenação do sistema (SILVEIRA et al., 2009).

Segundo Rojas (2011) os parâmetros hematológicos tem sido uma peça importante para compreender algumas das estratégias dos peixes quando estão passando por períodos de hipóxia, quando há alterações nos parâmetros sanguíneos, nota-se que o peixe enfrenta algum agente estressor e isso é considerado uma resposta secundária.

Com base nos resultados obtidos para o aspartato aminotransferase (AST) durante o período de hipóxia, pode-se indicar que o estresse ocasionou o aumento desta enzima, o que indica que pode ter ocorrido alguma lesão hepática. o aspartato aminotransferase (AST) é uma enzima com grande concentração no músculo cardíaco, no fígado, músculos esqueléticos e em menor concentração nos rins e pâncreas, quando há alguma lesão que afete o parênquima hepático, estes irão liberar essas enzimas na corrente sanguínea aumentando os níveis séricos. Esta enzima esteve presente nas análises sanguíneas do tambaqui no período de hipoxia e

diminuiu com 48h de recuperação, Estudos semelhantes foram encontrados com tilápias submetidos a estresse de hipóxia e a enzima esteve muito presente com alterações dessa concentração enzimática no peixe (MELO et al., 2009).

Após o estresse, os níveis de glicose diminuíram. Estes resultados corroboram com Oliveira (2018), em que os autores observaram que ao realizar estudos com hipóxia tanto em tilápia quanto tambaqui, observou-se que o tambaqui apresentou níveis mais abaixo de glicose durante a hipóxia comparando os com a normoxia, e que essa espécie não precisou recorrer ao processo de gliconeogênese. Segundo Santos (2016), os níveis de glicose ideais para o tambaqui é de 5,6 mmol/L.

Segundo Ranzani-Paiva et al. (2013), as análises de hematócritos tem como base avaliar e classificar morfológicamente a série vermelha da composição sanguínea dos peixes, podendo até mesmo caracterizar a anemia nos peixes. Segundo os dados obtidos no presente estudo os níveis de hematócrito diminuíram durante o processo de hipóxia e aumentou com 48h de recuperação. Segundo Barcellos et al. (2004) estudos referente a diminuição do hematócrito podem significar que a espécie esta passando por condições de estresse.

Por mais que alguns estudos relatam benefícios de probióticos e prebióticos na mucosa intestinal de algumas espécies de peixe (MELLO et al. 2013; SCHWARZ et al., 2016;), os resultados sobre a morfometria do intestino mostraram que o uso do aditivo nutricional não influenciou no comprimento do intestino e nem nas medições de altura, comprimento e largura de suas vilosidades. Situação semelhante ocorreu com Ferreira et al. (2014), que suplementaram probiótico na alimentação do tambaqui e na água do transporte, em que os peixes foram submetidos a um desafio de estresse. Carvalho et al. (2011) usaram probiótico e prebiótico na alimentação da tilápia e verificaram que não houve diferenças no número de vilosidades no intestino da tilápia, porém, a altura e a largura foram maiores do que peixes alimentados sem tais aditivos.

As concentrações plasmáticas de triglicerídeos diminuíram após 48h de hipóxia até às 48h de recuperação. Isso ocorreu pelo fato de que durante o período de hipóxia até o retorno do oxigênio aos níveis considerados normais para a espécie, os peixes não foram alimentados, conseqüentemente os triglicerídeos foram metabolizados no período de estresse. Segundo Guyton e Hall (2011) os triglicerídeos são rapidamente metabolizados quando há alterações hormonais no indivíduo, acelerando o seu consumo durante os períodos adversos.

As concentrações referentes ao colesterol obtidos no trabalho mostram um efeito reverso ao dos triglicerídeos, que aumentaram em 48 h de hipóxia e só vieram a diminuir com 48 h de recuperação, corroborando com trabalho de Oba et al. (2009), onde os autores

ressaltaram que o aumento de colesterol no animal pode ser decorrente a alterações bioquímicas e fisiológica dos animais.

CONCLUSÃO

As concentrações do simbiótico comercial testado no presente estudo para juvenis de tambaqui não proporcionam melhora no desempenho dos peixes e alterações nos parâmetros sanguíneos e vilosidades intestinais dos peixes ao final do experimento de desempenho. Este mesmo aditivo, nas concentrações testadas, induz à alterações sanguíneas após o período de estresse por hipóxia. No entanto, é necessário que haja mais estudos voltados aos aditivos comerciais para entender melhor o seu funcionamento prático nas situações estressantes da produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-TAWWAB, M., MONIER, M. N., HOSEINIFAR, S. H., & FAGGIO, C. (2019). Fish response to hypoxia stress: Growth, physiological, and immunological biomarkers. *Fish Physiology and Biochemistry*, 45(3), 997–1013. <https://doi.org/10.1007/s10695-019-00614-9>
- AFFONSO, E.G.; POLEZ, V.L.P.; CORRÊA, C.F.; MAZON, A.F.; ARAÚJO, M.R.R.; MORAES, G. 2002. Blood parameters and metabolites in the teleost fish *Colossoma macropomum* exposed to sulfide or hypoxia. *Comp. Biochem. and Physiol. Part C* 133:375-382.
- ALMEIDA-VAL, V.M.F; VAL, A.L; HOCHACHKA, P.W. Hypoxia tolerance in Amazon fishes: status of an under-explored biological “goldmine”. 1993. In: Hochachka, P.W; Lutz, P.L; Sick, T; Rosenthal, M; Van den Thillart, G. (Eds.) *Surviving hypoxia: mechanisms of control versus adaptation*. Boca Raton: CRC Press
- ARAÚJO, E. R. L.; BARBAS, L. A. L.; ISHIKAWA, C. M.; DIAS, D. C.; SUSSEL, F. R.; MARQUES, H. L. A.; TACHIBANA, L. Prebiotic, probiotic, and synbiotic in the diet of Nile tilapia post-larvae during the sex reversal phase. *Aquaculture International*, v. 26, n. 1, p. 85-97, 2018.
- BALDISSEROTTO, B. (2002). *Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura*. Ed. UFSM. Santa maria. Brasil
- BALDISSEROTTO, B. (2013). *Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura (vol. 1)*. santa maria: universidade federal de santa maria.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 13 de 2004. Regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados à alimentação animal. 2004. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumospecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucaonormativa-no-13-de-30-de-novembro-de-2004.pdf/view> Acesso em: 2 Fev. 2021.
- BARCELLOS, L. J. G.; KREUTZ, L. C.; DE SOUZA, S. M. G.; RODRIGUES, L. B.; FIOREZE, I., QUEVEDO, R. M.; CERICATO, L.; SOSO, A. B.; FAGUNDES, M.; CONRAD, J.; DE ALMEIDA LACERDA, L.; TERRA, S. Hematological changes in jundiá

(*Rhamdia quelen* Quoy and Gaimard Pimelodidae) after acute and chronic stress caused by usual aquacultural management, with emphasis on immunosuppressive effects. **Aquaculture**, 237: 229-236, 2004.

BRAZ FILHO, M. S. P. **Qualidade na produção de peixes em sistema de recirculação de água**. 2000. 41 f. Monografia (Relatório de Estágio)-Curso de Graduação em Qualidade em Empresas, Centro Univ. Nove de Julho, São Paulo. Disponível em: <https://www.google.com.br/search?q=Qualidade+na+Produ%C3%A7%C3%A3o+de+Peixes+em+Sistema+deRecircula%C3%A7%C3%A3o+de+%C3%81gua&ie=utf-8&oe=utf-8&gws_rd=cr&ei=qdPIV-GXOsydwASQv6II#>>. Acesso em: 21 maio. 2021.

BOYD C.E. & TUCKER C.S. 2012. Pond aquaculture water quality management. Boston: Springer Science & Business Media, 700p

CALIXTO, E.S.; SANTOS, D.F.B.; LANGE, D.; GALDIANO, M.; & RAHMAN, I.U. (2020) Aqüicultura no Brasil e no mundo: panorama e perspectivas. **Journal of Environmental Análise e progresso**. 5 (1), 98-107

CARVALHO, E.S. et al. Uso do probiótico Efinol®L durante o transporte de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** [online]. 2009, v. 61, n. 6 [Acessado 30 Maio 2021] , pp. 1322-1327. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-09352009000600011>>.

CHAGAS, E.C.; PILARSKI, F.; SAKAB, R.; MORAES, F. R. Desempenho produtivo e respostas fisiopatológicas de tambaquis alimentados com ração suplementada com β -glucano. **Pesq Agro Bras**. 2013.48:899–905

DIAZ, R.J.; ROSENBERG, R. (1995). Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. **Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.** 33: 245-303 **In:** Oceanography and Marine Biology: An Annual Review. Aberdeen University Press/Allen & Unwin: London. ISSN 0078-3218; e-ISSN 2154-912

DIAS, D.C.; FURLANETO, F. P. B.; AYROZA, L. M. S.; TACHIBANA L.; LEONARDO, A. F. G.; CORRÊA, C. F.; ROMAGOSA, E.; RANZANI-PAIVA, M. J. T.; (2011) Utilização de probiótico na dieta de reprodutoras de matrinxã (*Bryconamazonicus*). **Bol Inst Pesca** 37: 135–141

DIAS, J. A. R.; ABE, H. A.; SOUSA, N. C.; COUTO, M. V. S.; CORDEIRO, C. A. M.; MENESES, J. O.; MOURIÑO, J. L. P.; MARTINS, M. L.; BARBAS, L. A. L.; CORDEIRO, P. C. F.; MARIA, A. M.; FUGIMOTO, R. Y. Dietary supplementation with autochthonous *Bacillus cereus* improves growth performance and survival in tambaqui *Colossoma macropomum*. **Aquaculture Research**. 2018;49:3063–3070.

DIAS, D. C.; FURLANETO, F. P. B.; SUSSEL, F. R.; TACHIBANA, R.; GONÇAVES, G. S. ISHIKAWA, K. M.; NATORI, M. M.; RANZANI-PAIVA, M. J.; Economic feasibility of probiotic use in the diet of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, during the reproductive period. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* [online]. 2020, v. 42 [Accessed 25 May 2021] , e47960. Available from: <<https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v42i1.47960>>.

DO CARMO NEVES, LUANNA ; FAVERO, GISELE CRISTINA ; BEIER, SUZANE LILIAN ; FERREIRA, NATHÁLIA SOARES ; PALHETA, GLAUBER DAVID ALMEIDA ; DE MELO, NUNO FILIPE ALVES CORREIA ; Luz, Ronald Kennedy . Physiological and metabolic responses in juvenile *Colossoma macropomum* exposed to hypoxia. **Fish physiology and biochemistry**, v. 46, p. 2157-2167, 2020.

FAO. (2020) Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. O estado do mundo Pesca e Aquicultura 2020 - Cumprimento dos objetivos de desenvolvimento sustentável. Roma. Disponível em: <http://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture> . Acessado em: 28 Nov 2020.

FELIZARDO, V.O. et al. Níveis de oxigênio em modelo reduzido para mandi amarelo (*Pimelodus maculatus*) na usina hidrelétrica do funil. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, 36(3):197-204, 2010.

FERREIRA, M. W.; SANTOS, R. M.; SILVA, A. R.; MARINO, E. D.; MAKIMOTO, S. S.; BARBOSA, G. R. C.; ANDRADE, G. B. 2019. Mortalidade em pacus (*Piaractus mesopotamicus*) ocasionada por *Pantoea agglomerans* e *Pseudomonas aeruginosa* em tanque escavado. **Acta Scientiae Veterinariae**. 47(Suppl 1): 379

FERREIRA, A. H. C.; BRITO, J. M.; LOPES, J. B.; SANTANA JÚNIOR, H. A.; BATISTA, J. M. M.; SILVA, B. R.; SOUZA, E. M.; & AMORIM, I. L. S. (2015). Probiótico na alimentação de pós-larvas de tilápias-do-nilo submetidas a desafio sanitário. *Revista*

Brasileira de Saúde e Produção Animal, 16(2), 430-439. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402015000200017>

FONSECA, J. R. S.; CARVALHO, K. V.; SILVA, A. F. C.; FREITAS, J. M. A.; SIGNOR, A.; FREIDEN, A. Effects of bac-trat® probiotic complex on growth, hematological and intestinal parameters of Nile tilapia, reared at low temperatures. **Bol. Inst. Pesca.** 2020, 46(2): e575. DOI: 10.20950/1678-2305.2020.46.2.575

Froese, R. & Pauly, D. (February 2011). FishBase. In: World Wide Web electronic publication, May, 23 2001, Available from: <www.fishbase.org>

GATLIN Delbert et al. Potential application of prebiotics in aquaculture. In: **SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN ACUÍCOLA, 8., 2006**, Monterrey Avances em nutricion acuicola: memorias... Monterrey: Universidade Autonoma de Nuevo Leon, nov. 2006. p. 371-376. 1 CD-ROM.

GERALDO, A. M. R.; GARCÊZ, K. L.; HOSHIBA, M. A.; PEDRON, F. A.; CUNHA, L.; PRETTO, A.; CASTAGNRA, D. D. Probiotic and fiber source in the diet of *Ctenopharyngodon idella*. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.3, p. 21769-21782 mar 2021

GILMORE, K.L., DOUBLEDAY, Z.A., GILLANDERS, B.M., 2018. Testing hypoxia: physiological effect on long-term exposure in two fresh waterfishes. **Oecologia** 186, 37–47.

GOMES, L.C.; CHAGAS, E.C.; CRESCÊNCIO, R. et al. Validation of a simple portable instrument for measurement of blood glucose in four Amazon fishes. *J. Aquac. Trop.*, v.20, p.101- 109, 2005.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA: pesquisa da pecuária municipal. 2020. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2019>. Acesso em: 19 de março de 2021.

RAZAK BIN IBRAHIM, A., ROY, M. H., AHMED, Z. U., & IMTIAZ, G. (2010). Analyzing the dynamics of the global construction industry: past, present and future. Benchmarking: **An International Journal**, 17(2), 232–252. doi:10.1108/14635771011036320.

IWASHITA, M. K. P.; MORO, G. V.; NAKANDAKARE, I. B. Incorporação de aditivos na ração de peixes. Embrapa. Palmas, TO Outubro, 2014.

IZEL, A.C.U.; MELO, L.A.S. Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques escavados no estado do Amazonas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2004. 19p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 32)

JATOBÁ, A.; PEREIRA, M. O.; VIEIRA, L. M.; RODRIGUES, E.; FACHINI, F. A.; MORAES, A. V. Action time and feed frequency of *Lactobacillus plantarum* for Nile tilapia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 1, p. 327-332, 2018.

JATOBÁ, A.; MORAES, K. N.; RODRIGUES, E. F.; VIEIRA, L. M., & PEREIRA, M. O. (2018). Frequency in the supply of *Lactobacillus* influence its probiotic effect for yellowtail lambari. **Ciência Rural**, 48(10), e20180042. Epub October 11, 2018

KOTZEN, S.; GALLANI, S. U.; VALLADÃO, G. M. R.; ALVES, PILARSKI, F. Probiotics potential of autochthonous bacteria from tambaqui *Colossoma macropomum*. **Aquaculture Research**. 2021. Volume, 52. Issue 5. doi.org/10.1111/are.15078

LI M, WANG X, QI C, LI E, DU Z, QIN JG, CHEN L (2018) Metabolic response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to acute and chronic hypoxia stress. **Aquaculture** 495:187–195

LONG Y, YAN J, SONG G, LI X, LI X, LI Q, CUI Z (2015) Transcriptional events co-regulated by hypoxia and cold stresses in Zebrafish larvae. **BMC Genomics** 16:385. <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1560-y>

LOPERA-BARRETO M.N., RIBEIRO R.P., POVH J.A., MENDES L.D.V. & POVEDA-PARRA A.R. 2011. Produção de organismos aquáticos: Uma visão geral do Brasil e no Mundo. Editora Agro livros, Guaíba, RS. 320p.

MELLO, H.; MORAES, J. R. E.; NILZA, I. G.; MORAES, F. R.; OZÓRIO, R. O. A.; SHIMADA, M. T.; FILHO, J. R. E.; CLAUDIANO G. S. Efeitos benéficos de probióticos no intestino de juvenis de tilápia do Nilo. *Pesq. Vet. Brasil*. 33(6): 724-730, junho. 2013. <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010036X2013000600006&lng=en&nrm=iso>. access on 20 May 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2013000600006>.

MELO, D.C.; OLIVEIRA, D.A.A.; MELO, M.M.; et al. Perfil proteico de tilápia nilótica chitralada (*Oreochromis niloticus*), submetida ao estresse crônico por hipóxia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.61, n.5, p.1183-1190, 2009

MERCANTE, C. T. J.; ESTEVES, K. E.; PEREIRA, J. S.; OSTI, J. S. Limnologia na aquicultura: Estudo de caso em pesqueiros. São Paulo: Textos técnicos, 2008, 15 p. Disponível em: <http://www.pesca.sp.gov.br/limnologia.pdf>. Acesso em: 25 maio. 2021.

MERRIFIELD, D L; DIMITROGLOU, A; FOEY, A; DAVIES, S.J; BAKER, RTM; BOGWALG, J; CASTEX, M; RINGO, E. The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. *Aquaculture*, 2010;302:1-18. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.02.007>. Acesso em 17 de maio de 2021.

MERRIFIELD DL, BRADLEY G, BAKER RTM et al (2010) Probiotic applications for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*,Walbaum) II. Effects on growth performance, feed utilization, intestinal microbiota and related health criteria postantibiotic treatment. **Aqua Nutr** 6:496–503

NAYAK S.K. 2010b. Probiotics and immunity: a fish perspective. **Fish Shelf Immunol.** 29(2):14.

NEVES, L. C.; FAVERO, G. C.; BEIER, S. L.; FERREIRA, N. S.; PALHETA, G. D. A.; DE MELO, N. F. A. C.; LUZ, R. K. Physiological and metabolic responses in juvenile *Colossoma macropomum* exposed to hypoxia. *Fish Physiol Biochem.* 2020. <https://doi.org/10.1007/s10695-020-00868-8>

OBA, E. T.; MARIANO, W. S., SANTOS, L. R. B. S.; Estresse em peixes cultivados: agravantes e atenuantes para o manejo rentável. *Manejo e Sanidade de peixes em cultivo.* EMBRAPA Amapá, cap.8, p. 226-247, 2009.

OBA, E. T.; CORRÊA, R.O. ; SANTOS, J.S. ; BORGES, M. ; TOSTES, L.V. ; MARINHO, R.G.B. ; MEYER, G. ; MARTINS JR., H. . Efeitos fisiológicos da utilização de probiótico na alimentação de tambaqui. In: XVII Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 2011, Belém, PA. XVII Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca. Belém, PA: XVII CONBEP, 2011

PAIXÃO, A. E. M.; SANTOS, J. C.; PIMTO, M. S.; PEREIRA, D. S. P.; OLIVEIRA RAMOS, C. E. C.; CERQUEIRA, R. B. NAVARRO, R. B.; SILVA, R. F. Effect of commercial probiotics (*Bacillus subtilis* and *Saccharomyces cerevisiae*) on growth performance, body composition, hematology parameters, and disease resistance against

Streptococcus agalactiae in tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Aquaculture International**, 1–11, <https://doi.org/10.1007/s10499-017-0173-7>.

PAIXÃO, P. E. G.; COUTO, M. V. S.; SOUSA, N. C.; ABE, H. A.; REIS, R. G. A.; DIAS, J. A. R.; MENESES, J. O.; CUNHA, F. S.; SANTOS, T. B. R.; SILVA, I. C. A.; MEDEIROS, E. S.; FUJIMOTO, R. Y. Autochthonous bacterium *Lactobacillus plantarum* as probiotic supplementation for productive performance and sanitary improvements on clown fish *Amphiprion ocellaris*. **Aquaculture** 526 (2020) 73539

PINTO, V. B.; COSTENARO-FERREIRA, C.; OLIVEIRA, P. L. S.; OLIVEIRA, R. R. B.; PIEDRAS, S. R. N.; POUHEY, J. L. O. F. (2015). Performance of jundiá larvae, *Rhamdia quelen*, fed on probiotic supplemented diets. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 37(3), 215-220. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v37i3.27106>;

PINHEIRO, R. E. E.; RODRIGUES, A. M. D.; RIBEIRO, M. N.; CAVALCANTE, D. H.; PEREYRA, C. M.; MURATORI, M. C. S. Agentes biológicos no controle de aflatoxinas em piscicultura. **Nutri Time**, v. 12, n. 5, p. 4268-4279, set./out. 2015.

QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. Boas praticas de manejo para manter concentrações adequadas de oxigênio dissolvido em viveiros de piscicultura. Comunicado circular: EMBRAPA: 54p.. Jaguariúna, SP. (2016)

RANZANI-PAIVA, MJT, SB PÁDUA & M TAVARES-DIAS. 2013. Métodos para análise hematológica em peixes. 1ª Ed. Eduem, Maringá, 135 p

RIBEIRO, P. A. P.; MELO, D. C.; COSTA, L. S.; TEIXEIRA, A. **Manejo nutricional e alimentar de peixes de água doce**. 1. ed. Belo Horizonte: FEPMVZ, v. 1. 89p. 2012

RIBEIRO SC, CASTELO AS, SILVA BMP et al (2016) Hematological responses of tambaqui *Colossoma macropomum* (Serrassalmidae) fed with diets supplemented with essential oil from *Mentha piperita* (Lamiaceae) and challenged with *Aeromonas hydrophila*. **Acta Amaz** 46:99–106

ROJAS, J.E.J. Influência do oxigênio dissolvido no desempenho de juvenis de piava (*Leporinus obtusidens*). – Florianópolis - SC, 2011.

ROUBACH, R.; GOMES, L. C.; FONSECA, F. A. L.; VAL, A. L. Eugenol as an efficacious anaesthetic for tambaqui, *Collossoma macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Research**, v. 36, n. 11, p. 1056-1061, 2005.

SAINT-PAUL, U. 1984. Physiological adaptations to hypoxia of a neotropical characoid fish *Collossoma macropomum*, Serrasalminidae. **Envir. Biol. Fish.** 2:53-62.

SCHULTER, E. P; VIEIRA FILHO, J E. R. Evolução da piscicultura no brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia. Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, Brasília – DF BNDES, 2017.

SCHWARZ, K.K. et al. 2016. Probiótico, prebiótico e simbiótico na nutrição de alevinos de tilápia do nilo *Oreochromis niloticus*. **Archives of Veterinary Science**, 21:2.

SHAHSAVANI D, MOHRI M, KANANI HG (2010) Determination of normal values of some blood serum enzymes in *Acipenser stellatus* Pallas. **Fish Physiol Biochem** 36:39–43. <https://doi.org/10.1007/s10695-008-9277-3>

SILVA, A.M.D. da; GOMES, L. de C.; ROUBACH, R. Growth, yield, water and effluent quality in ponds with different management during tambaqui juvenile production. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.733-740, 2007.

SILVA, A. D. R.; SANTOS, R. B.; BRUNO, A. M. S.; SOARES, E. C. Cultivo de tambaqui em canais de abastecimento sob diferentes densidades de peixes. **Acta Amazonica**. VOL. 43(4) 2013: 517 – 524 C.

SILVA. C. O.; CRUZ, T. S.; ELOI, M. S. S.; REIS, L. T. S.; SOUZA, S. H. M.; REZENDO, L. P. F.; OLIVEIRA, W. H.; SANTOS. A. Desempenho tambaqui submetido a duas densidades de estocagem em sistema de recirculação de água. 28º congresso brasileiro de zootecnia. Goiânia- Go. 2018

SILVEIRA, U.S.; LOGATO, P.V.R.; PONTES, E.C. Fatores estressantes em peixes. *Revista Eletrônica Nutritime*, 6(4): 1001-1017, 2009

SOUZA, R. M.; SUGAY, J.K.; MOURIÑO, J. L. P.; CERQUEIRA, V.R. *Lactobacillus plantarum* como probiótico no desenvolvimento inicial de juvenis do robalo-peva. **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza, 2017, 50(2): 72 - 80

SPEERS-ROESCH, B., SANDBLOM, E., LAU, G. Y., FARRELL, A. P., & RICHARDS, J. G. (2010). Effects of environmental hypoxia on cardiac energy metabolism and performance in tilapia. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, 298(1), R104–R119. <https://doi.org/10.1152/ajpre gu.00418.2009>

SUNDIN, L.; REID, S. G.; RANTIN, F. T.; MILSON, W. K. Branchial receptors and cardiorespiratory reflexes in a neotropical fish, the tambaqui (*Colossoma macropomum*). **J. exp. Bio.** 203:1225-1239

VAL, A.L; PAULA-SILVA, M.N; ALMEIDA-VAL, V.M.F. 1998. Hypoxia adaptation in fish of the Amazon: a never ending task. *S. Afr. J. Zool.* 33(2):107-114

VIDAL, L. V. O.; ALBINATI, R. C. B.; ALBINATI, A. C. L.; MECÊDO, G. R. Eugenol como anestésico para a tilápia-do-nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 1069-1074, 2008.

Voet D, Voet JG (2013) Metabolismo dos aminoácidos. In: Voet D, Voet JG (eds) *Bioquímica*, 4º edn. Artmed, Porto Alegre – RS, pp 1019–1087

WILHELM FILHO, D., TORRES, M. A., ZANIBONI-FILHO, E., & PEDROSA, R. C. (2005). Effect of different oxygen tensions on weight gain, feed conversion, and antioxidant status in piapara, *Leporinus elongatus* (Valenciennes, 1847). **Aquaculture**, 244(1), 349–357. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.11.024>

XIAO, W. 2015. The hypoxia signaling pathway and hypoxic adaptation in fishes. **Sci. China Life Sci.**, 58(2): 148-155.

ZHANG, C.; ZHANG, J.; FAN, W.; HUANG, M.; LIU, M. Effects of dietary *Lactobacillus delbrueckii* on growth performance, body composition, digestive and absorptive capacity, and gene expression of common carp (*Cyprinus carpio* Huanghe var). **Aquaculture Nutrition**. 2019;25:166–175

ZHAO, Z., DONG, S., XU, Q., 2018. Respiratory response of grass carp *Ctenopharyngodon idella* to dissolved oxygen changes at three acclimation temperatures. **Fish Physiol. Biochem.** 44, 63–71.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como propósito contribuir com um dos eixos da atividade aquícola, o manejo alimentar. O uso de aditivos nutricionais dentro da piscicultura, tem por finalidade melhorar os parâmetros dos índices zootécnicos e índices de avaliação da saúde dos peixes. Após um período de alimentação com uma dieta que continha aditivo nutricional comercial (simbiótico), os peixes passaram por um período de hipóxia onde a oxigenação do sistema foi ajustada para 1mg/L e permaneceu por 48h, e logo em seguida restabeleceu a oxigenação para 7mg/L, e verificou-se uma recuperação de 48h. Esse teste foi realizado para avaliar a saúde do animal durante esse período de restrição de oxigênio.

As concentrações do simbiótico comercial testado em juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) não mostraram melhora no desempenho dos peixes, alterações nos parâmetros sanguíneos e vilosidades intestinais dos peixes ao final do experimento de desempenho. Porém, houve alterações nos parâmetros sanguíneos de peixes alimentados com dietas contendo o simbiótico comercial, quando passaram por situações de estresse.

É necessário que haja estudos mais avançados para o uso de aditivos nutricionais comerciais, e entender melhor o funcionamento de tais produtos comerciais.