

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS  
CAMPUS DE DRACENA**

**Douglas de Souza Graciano**

Zootecnia

**Metabólitos sanguíneos e relações somáticas de  
juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Curvier  
1818) alimentados com diferentes ingredientes  
energéticos de origem vegetal**

Dracena

2021

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS  
CAMPUS DE DRACENA**

**Douglas de Souza Graciano**

Zootecnia

**Metabólitos sanguíneos e relações somáticas de  
juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Curvier  
1818) alimentados com diferentes ingredientes  
energéticos de origem vegetal**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentada à Faculdade de Ciências  
Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus  
de Dracena como parte das exigências  
para obtenção do título de Bacharel em  
Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Susumu Takahashi

Co-orientadora: Gabriela Castellani Carli

Dracena

2021

# certificado de aprovação.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Câmpus de Dracena



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JULIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS  
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Avaliação dos metabólitos sanguíneos e relações somáticas de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Curvier 1818) alimentados com diferentes ingredientes energéticos.

Modalidade: Trabalho de **atividades de pesquisa**

Autor: Douglas de Souza Graciano

Orientador (a): Prof. Dr. Leonardo Susumu Takahashi

Co-orientador(es): Gabriela Castellani Carli

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: \_06/01/2022\_

Leonardo Susumu Takahashi Jeisson Casimiro Ferrari Thaise Mota Satiro

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

Douglas de Souza Graciano, nascido em 12 de janeiro de 1998, na cidade de Ribeirão Preto/SP. Ingressou no curso de Zootecnia na unidade de Dracena no ano de 2017, onde iniciou suas atividades extracurriculares na Atlética Unesp Dracena no mesmo ano, onde obteve os cargos de Diretor de Eventos e Diretor Sociocultural. No ano de 2018 deu início ao voluntariado no projeto de extensão Cursinho Alvo ministrando a disciplina de literatura por 4 anos. Em 2019 entrou no L@MPE (Laboratório de Morfofisiologia da Placenta e do Embrião), a fim de estabelecer conhecimentos sólidos em histologia. No seu último ano de graduação entrou para o grupo de estudos em Aquicultura para desenvolver os conhecimentos na área de piscicultura e assim em 2021 realizou o projeto que permitiu a realização do presente trabalho de conclusão de curso.

## DEDICATÓRIA

Ao meu pai Sebastião Graciano e minha mãe Inês de Souza Reis, que me fizeram enxergar que o único modo de você mudar o seu destino é pelo CONHECIMENTO.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço aos meus pais Sebastião e Inês, por me darem todo o apoio e recursos para a conclusão dessa etapa em minha vida. Sempre serei grato pela vida de vocês!

Agradeço também aos meus familiares que mesmo de longe não mediram esforços para que eu chegasse até aqui, especialmente aos meus irmãos Luis Gustavo, Rafael e Valeska. E não esquecendo dos meus cunhados Alexsandra, Juliane e Alexandre. Obrigado por tudo!

Minha máxima admiração ao meu orientador Prof. Dr Leonardo Susumu Takahashi por todo conhecimento, experiência e confiança depositados em mim. A toda equipe do Grupo de Estudos de Aquicultura de Dracena, especialmente as pessoas que tiveram comigo lado a lado para a conclusão desse trabalho, sendo elas Jeisson e Amanda. Obrigado por todo o companheirismo e vivências que tivemos ao longo desse ano. A minha co-orientadora Gabriela que nunca esteve ausente durante todo este processo. Obrigado!

Aos meus amigos de anos da ETEC de São Simão, que por quase uma década se fizeram presentes em minha vida, Rafael, Natasha, Beatriz, Tayna e Luiz Claudio. Não canso em dizer, vocês que me trouxeram até aqui. A minha amiga Henry por todo conhecimento e amizade passadas, você já é pos graduada na faculdade da vida!

Aos meus amigos mais próximos FCAT Unesp Dracena, Camila Araujo, Camila Brito, Melissa Santos, Maria Julia Teramoto, Paulo Henrique, Giulio Celin e Ana Carolina Sateles. Se eu cheguei até aqui é por que nenhum de vocês me abandonaram. Obrigado por tudo!

Agradeço a todas as pessoas que dividiram essa parte da vida comigo, a Republica Marvados, que por 3 anos tornaram as coisas mais leves e descontraídas. Agradeço do fundo do meu coração ao Flavio, Fernando, Isabella, Filipe, Raphael, Beatriz, João, Diego, Roberto, Natalia, Thiago e Viviane A República 4 de paus, pela acolhida em um todos momentos que eu mais precisei.

A Ana Laura Ester, por ter dividido esse último ano comigo aqui em Dracena. Obrigado por todo o companheirismo e amizade. Nossa luta não para, te espero no topo.

Só quem suporta o processo, vive o propósito!  
(Wladimir Moreira Dias)

## RESUMO

Os estudos sobre nutrição e alimentação de tambaquis têm aumentado cada vez mais devido aos crescentes avanços tecnológicos e crescimento na produção dessa espécie. A importância dos ingredientes energéticos não proteicos na dieta está ligada diretamente as funções metabólicas. O objetivo deste trabalho é avaliar a utilização de diferentes ingredientes energéticos de origem vegetal na alimentação de juvenis de tambaqui (*Collossoma macropomum*) e o impacto gerado em seu metabolismo intermediário. Foram utilizados 208 juvenis de tambaquis com peso médio inicial de 110 g, distribuídos em 24 caixas de 300 L sendo 8 peixes por unidade experimental em um delineamento totalmente ao acaso. Seis dietas experimentais foram formuladas sendo isoproteicas com 32% PB e isoenergéticas com 4.000 kcal EB/kg contendo diferentes alimentos energéticos: milho, sorgo, amido de milho, farelo de trigo, farelo de arroz e quireira de arroz. Após o período de alimentação de 57 dias, os peixes foram submetidos a biometria e coleta de material biológico. No sangue, os parâmetros metabólicos avaliados foram: glicose, colesterol, triglicerídeos, proteínas totais. Foram avaliadas as relações somáticas índice gorduro-viscerossomático (IGVS) e índice hepatossomático (IHS) e nos índices de desempenho foram avaliados consumo, fator de condição e ganho de peso. Os resultados, foram submetidos a análise de variância (ANOVA). Os resultados obtidos apresentaram que os peixes alimentados com amido de milho e milho tiveram melhores resultados no desempenho (fator de condição) e o amido de milho obteve resultados superiores de colesterol e triglicerídeos. Isso diz que os tambaquis possuem alta capacidade na utilização de todas as fontes de carboidratos testados como fonte energética. O milho mostrou ser uma ótima alternativa na alimentação, pois garante um bom desempenho produtivo, poupando o uso da proteína como fonte energética primária e com menor deposição de reservas energéticas.

**Palavras chaves:** carboidratos. metabolismo intermediário. reservas energéticas.



## ABSTRACT

Studies on nutrition and feeding of tambaquis have increased annually due to technological advances and growth in this species. The importance of non-protein energy ingredients in the diet is directly linked to metabolic functions. The present studies evaluate the use of different energy sources of plant origin in the tambaquis juvenile's feeding (*Colossoma macropomum*) and the consequences in their intermediary metabolism. A total of 208 juvenile tambaquis with an average initial weight of 110 g were used, distributed in 24 boxes of 300 L, with 8 fish per experimental unit in a completely randomized design. Six isoprotein (32% CP) and isoenergetic (4,000 kcal EB/kg) experimental diets containing different energy foods were formulated: corn, sorghum, corn starch, wheat bran, rice bran and broken rice. After the period of feeding, 57 days, the fishes were selected for biometrics and collection of biological material. In blood, cholesterol levels, triglycerides, total proteins. Weight index, performance indices as somatic relationships (IGVS) and performance performance indices (IGVS) The results were selected for an analysis of variance. The results obtained the results of foods fed with corn starch and had better results in performance (condition factor) and corn starch higher in cholesterol and triglycerides. Thereby, they also have high carbohydrate utilization capacity like all the sources of evidence tested as an energy source. The corn is a good alternative in food, as it guarantees an optimal performance, saving the use of the primary energy source and with a lower position of energy reserves.

**Keywords:** carbohydrates. intermediaries metabolism. energy reserves.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** – Morfologia do sistema gastrointestinal de espécies de diferentes hábitos alimentares.

**Figura 2** – Laboratório de Aquicultura.

**Figura 3** – Dietas experimentais.

**Figura 4** – Biometria dos peixes para início e finalização do experimento.

**Figura 5** – Determinação dos metabólitos sanguíneos em tambaquis alimentados com diferentes ingredientes energéticos na dieta.

**Figura 6** – Retirada de material biológico e pesagem dos tecidos para determinação do IHS e IGVS.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** – Formulação e composição analisada das dietas experimentais.

**Tabela 2** – Ganho de peso, consumo e Fator de condição de tambaquis alimentados com diferentes ingredientes energéticos nas dietas.

**Tabela 3** – Metabólitos sanguíneos e relações somáticas de tambaquis alimentados com diferentes ingredientes energéticos nas dietas,

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	15
2. OBJETIVOS .....	17
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	18
3.1 Panorama geral da piscicultura e os aspectos do tambaqui ( <i>Colossoma macropomum</i> ).....	18
3.2. Fisiologia e alimentação do tambaqui ( <i>Colossoma macropomum</i> ).....	19
3.3. Utilização dos carboidratos em peixes.....	21
3.4 Metabolismo intermediário dos peixes.....	23
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	24
4.1. Local, aclimação e instalações .....	24
4.2. Dietas experimentais .....	25
4.3. Biometria.....	26
4.4. Parâmetros físico químicos da água.....	27
4.5. Avaliação do desempenho produtivo.....	27
4.6. Metabólitos do sangue.....	28
4.7. Reservas energéticas do fígado e músculo.....	28
4.8. Delineamento experimental .....	29
5. RESULTADOS .....	29
6. DISCUSSÃO .....	33
7. CONCLUSÃO.....	35
8 REFERÊNCIAS.....	37

## 1 INTRODUÇÃO

O agronegócio é um eixo fundamental para economia há algum tempo. Em 2020, em meio às dificuldades econômicas geradas pela pandemia, o agronegócio foi o único setor a crescer. A área também teve aumento recorde de 24,31% no PIB do setor. Para chegar a esse percentual, a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) e o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) levam em conta o movimento de toda a cadeia: produção dentro das fazendas, insumos, agroindústria e serviços.

No Brasil a piscicultura é uma das atividades zootécnicas que está tendo ótimos resultados de produção dentre as áreas do agronegócio, devido ao aumento da população e a mudança em seus hábitos alimentares. Estudos têm divulgado sobre as melhorias para saúde humana com o consumo do pescado, uma ótima fonte de proteínas, com a presença de ácidos graxos importantes como o ômega 3 e ômega 6, o que explica o aumento do interesse por esse alimento de elevado valor nutricional. No Brasil, o consumo de peixes pela população brasileira é de aproximadamente 9 kg/habitante/ano. A recomendação da FAO é de 12 kg/habitante/ano (LOPES; OLIVEIRA; RAMOS, 2016). Entretanto, na região hidrográfica amazônica o consumo per capita de pescado pelas comunidades ribeirinhas está próximo de 150 kg por ano. Enquanto o consumo global de peixes aumentou a taxa média anual em 3,1% de 1961 a 2017, é quase o dobro do crescimento populacional mundial (1,6%) para o mesmo período e superior ao de todos os outros animais e alimentos proteicos (carne, laticínios, leite etc.), que aumentou 2,1% ao ano.

No território nacional, as condições climáticas são favoráveis à piscicultura (BURGER, 2008; SANTOS *et al.*, 2013). Dentre as principais espécies exportadas em 2020, a tilápia mantém posição de liderança, respondendo por 88,17% das vendas externas e receita de US\$ 10,3 milhões: crescimento de 5% em relação a 2019. Os curimatás mantiveram o segundo lugar com US\$ 602 mil, porém com pequena queda comparado a 2019. Em terceiro lugar ficou o tambaqui, com US\$ 562 mil: crescimento expressivo de 648,6% em comparação a 2019 (PEIXE BR, 2021).

O tambaqui, é uma espécie nativa da Amazônia que apresenta bom desempenho em criação intensiva (VAL *et al.*, 2000). Seu cultivo na região

iniciou-se no começo da década de 1980 (ROLIM, 1995; MAEDA, 1998). Espécie de hábito alimentar onívoro, em seu ambiente natural alimenta-se preferencialmente de frutos e sementes (DAIRIKI *et al.*, 2011), apresenta aspectos zootécnicos interessantes ao cultivo, como: aceitação de ração, rusticidade, adaptabilidade ao cativeiro, além de boa qualidade de carne e alto valor comercial. Pode ser criado em diversos sistemas de criação, sendo alguns deles a produção intensiva em viveiros escavados, barragens e tanques-rede, utilizando rações balanceadas de acordo com as características da espécie, fato essencial para o sucesso da produção (DAIRIKI *et al.*, 2011).

Quando o assunto é custo de produção, em aquicultura o primeiro ponto que se destaca é a ração. Este insumo representa de 65 a 80% dos custos totais de produção (CNA, 2017). Atualmente, a utilização de ingredientes energéticos vem sendo uma alternativa para o barateamento das dietas, visando utilização para obtenção de energia, em detrimento das proteínas, possibilitando que desta forma, sejam reduzidos os teores proteicos das rações, que constituem os ingredientes mais caros utilizados.

De uma maneira geral, os peixes utilizam a energia da alimentação para manutenção do metabolismo, locomoção, reprodução e desenvolvimento do tecido muscular (SANTOS, 2017). Os peixes utilizam a proteína como fonte primária de energia, e quando ingeridas, são catabolizadas em aminoácidos, que podem ser utilizados para a síntese proteica, ou ainda podem ser catabolizados para a produção de energia. No entanto alguns peixes pode se utilizar o carboidrato como fontes energéticas secundárias, porém, o aproveitamento destes nutrientes varia de espécie para espécie, de acordo com o hábito alimentar, genótipo, parâmetros ambientais como temperatura, salinidade e fotoperíodo, sistema digestório de cada espécie e enzimas nele presentes (ENES *et al.*, 2011).

Os ingredientes energéticos que, são altamente disponíveis na natureza são uma ótima alternativa para poupar proteína da ração, reduzindo seu custo. Visto que a utilização de carboidratos na dieta de peixes vem sendo estudada visando à diminuição dos níveis proteicos utilizados e, conseqüentemente, a diminuição dos custos e dos impactos ambientais gerados pela piscicultura. (CARLI, 2021).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é avaliar a utilização de diferentes ingredientes energéticos de origem vegetal na alimentação de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) e o impacto gerado em seu metabolismo intermediário.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito da utilização de diferentes ingredientes energéticos de origem vegetal na glicose plasmática, triglicerídeos séricos, colesterol sérico e proteínas totais séricas de tambaquis (*Colossoma macropomum*).
- Avaliação das reservas energéticas de tambaquis nos parâmetros de índice gorduro-viscerossomático (IGVS) e hepatossomático (IHS) quando alimentados com diferentes ingredientes energéticos de origem vegetal.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Panorama geral da piscicultura e os aspectos do tambaqui (*Colossoma macropomum*)

A produção proveniente da piscicultura no Brasil cresceu no ano de 2019, porém, os valores referentes a produção de peixes nativos permaneceram estáveis quando comparado ao ano anterior (Peixe BR, 2020). Isso ocorreu devido a problemas sanitários e estruturais, incluindo processamento e comercialização, além de dificuldades para obtenção de licenciamento ambiental. As exportações brasileiras da piscicultura nos três primeiros trimestres deste ano já são 10% maiores do que as verificadas em todo 2020 (Panorama Aquicultura, 2021).

Em 2020, as exportações totalizaram U\$ 11,7 milhões. Esse valor foi 4,4% superior ao verificado no ano anterior. Já nos nove primeiros meses de 2021 (de janeiro a setembro), o país exportou produtos da piscicultura no valor total de U\$ 12,8 milhões. O terceiro trimestre deste ano teve valores financeiros 71% maiores do que os verificados no mesmo período de 2020 (Panorama Aquicultura, 2021).

O tambaqui é uma espécie nativa brasileira mais frequentemente encontrada na região Norte do país, onde habita naturalmente bacias de água doce, como a bacia Amazônica e a bacia do rio Orinoco que chega a Venezuela e Colômbia. As principais características da espécie são corpo comprido, romboidal, alto, achatado, coberto por escamas e serrilhado no peito, boca pequena e prostrátil. A coloração é parda na metade superior e preta na metade inferior, podendo haver variações mais claras ou mais escuras dependendo da intensidade da cor da água onde habita. Apresentam nadadeiras dorsal e anal longas e as nadadeiras peitorais projetam-se acima da linha mediana do corpo. Esta espécie apresenta grande potencial para a criação em cativeiro, sendo a segunda mais cultivada no Brasil, ficando apenas atrás da produção nacional da tilápia no ano de 2018 (Peixe BR, 2018). Este grande potencial deve-se ao fato de apresentarem rápido crescimento, adaptação à vida em cativeiro, fácil treinamento alimentar, rusticidade, facilidade na produção de alevinos, resistência a elevadas temperaturas na água dos sistemas de criação e a



eventuais quedas de oxigênio dissolvido na água, facilidade no manejo diário; além de ser uma carne apreciada e valorizada pelo mercado consumidor. Possui hábitos onívoros, alimentando-se, na natureza, de sementes, frutos e insetos. Esta alimentação variável é também uma das características que os tornam perfeitos candidatos para a criação em cativeiro, já que aceitam muito bem as dietas formuladas.

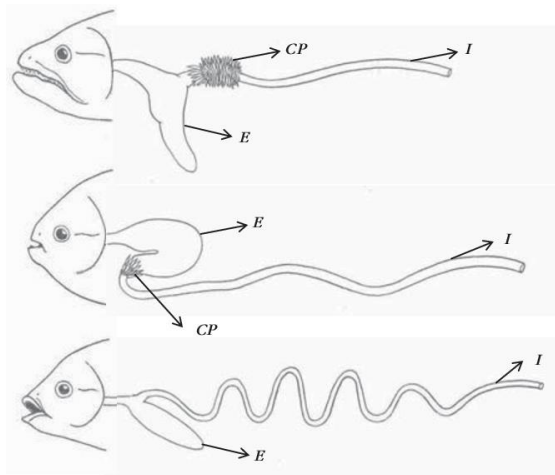
### **3.2. Fisiologia e alimentação do tambaqui (*Colossoma macropomum*)**

Em ambiente natural, o tambaqui se alimenta preferencialmente de frutos e sementes no período de enchente e cheia dos rios, ao passo que na época de vazante e seca, consome principalmente zooplâncton, razão pela qual seu hábito alimentar é comumente definido como onívoro-oportunista. Outros itens alimentares como macrófitas, insetos, algas, moluscos e peixes também são consumidos pela espécie, porém, em menor frequência e muitas vezes ingeridos simultaneamente com os alimentos principais. Silva *et al.* (2000), avaliando a composição nutricional da dieta natural do tambaqui em função do regime de chuvas, verificaram que durante o período de cheia há menor ingestão proteica e maior consumo de carboidratos e fibras em relação à estação seca, com pequena variação para energia e lipídios. No período da seca foi constatada menor ocorrência de estômagos cheios e maior quantidade de gordura visceral (acima de 10% do peso corporal), constituindo uma adaptação da espécie na fase de estiagem, quando há escassez de frutos e sementes e menor disponibilidade de alimento (SILVA *et al.* 2000).

O sistema digestório ou trato digestório é composto pela boca, faringe, esôfago, estômago e intestino, além de glândulas anexas, como o fígado e o pâncreas. As diferentes espécies de peixes apresentam características morfofisiológicas distintas quando se trata do sistema digestório em decorrência aos seus diferentes hábitos alimentares, sendo estes: herbívoros, carnívoros ou onívoros. O tambaqui é prognata, com dentes molariformes e com margens afiadas, que os permite quebrar/triturar sementes e frutos. Possuem também lábios grossos e mandíbula forte, comparando com o trato gastrointestinal de espécies carnívoras por exemplo, os herbívoros e onívoros têm intestinos mais longos, o que permite o melhor aproveitamento de carboidratos vegetais e da

quantidade de material não digerível, enquanto as principais características do trato digestório de peixes carnívoros são como estômago grande e intestino relativamente curto, mais adaptados a digerir proteínas (KAPOOR *et al.*, 1975; RODRIGUES; MENIN, 2008). Na Figura 1 está apresentado uma comparação entre o sistema gastrointestinal de três espécies de hábitos alimentares diferentes.

**Figura 1-** Morfologia do sistema gastrointestinal de espécies de diferentes hábitos alimentares.



\*E = estômago, CP = cecos pilóricos, I = Intestino  
(Fonte: Fracalossi e Cyrino, 2012)

A primeira espécie é o dourado, *Salminus brasiliensis*, espécie carnívora, possui um estômago grande e elástico, a presença de numerosos cecos pilóricos, e intestino curto, mais adaptados a digestão de proteínas. A segunda espécie apresentada na figura é o pacu, *Piaractus mesopotamicus*, um peixe redondo bastante similar ao tambaqui, é um peixe onívoro, possui estômago e intestino de tamanhos médios e presença de cecos pilóricos, e por fim, a tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, com a presença de um estômago pequeno e intestino longo (FRACALLOSSI; CYRINO, 2012). Estas diferenças no sistema gastrointestinal das espécies, mesmo em espécies de mesmo hábito alimentar resultam em maior ou menor aproveitamento de nutrientes da dieta. Pelo fato do tambaqui consumir na natureza diferentes fontes alimentares, e levando em consideração a morfologia de seu sistema gastrointestinal, é possível que esta espécie tenha um bom aproveitamento de carboidratos como fonte energética (CARLI, 2021).

### 3.3. Utilização dos carboidratos em peixes

Para o aumento e intensificação da produção de animais em ambientes aquáticos, é necessário que seja feita de forma sustentável, visando a máxima produtividade, com menor degradação para o ambiente e mínima geração de resíduos. A estratégia utilizada por profissionais da área é a formulação de dieta com alta eficiência, desse modo o animal terá melhor aproveitamento de todos os nutrientes disponíveis juntamente com a redução de dos impactos ambientais como a eliminação de nitrogênio e fósforo nas águas (LITTLE *et al.*, 2018).

Os carboidratos (CHO) são um dos grupos de nutrientes mais discutível na alimentação de peixes, sendo muito utilizados nas rações pois correspondem ao ingrediente de menor custo da formulação. Os peixes de forma geral, não apresentam exigência fixas de CHO na dieta, no entanto algumas espécies mostram uma diminuição moderada na taxa de crescimento quando alimentadas com a ausência deste nutriente.

Peixes carnívoros como truta *Salmo trutta* e salmão *Salmo salar* não fazem uma digestão eficiente dessas fontes de carboidrato. Peixes onívoros como o catfish *Ictalurus punctatus* e a carpa *Cyprinus carpio* aproveitam melhor e pode ser incluído em níveis maiores na formulação. Em geral, os peixes aproveitam nutricionalmente melhor os carboidratos complexos, como o amido, do que os açúcares simples (RIBEIRO *et al.*, 2012).

Os níveis de CHO na dieta de peixes variam em uma amplitude de 7% a 40%, dependendo do hábito alimentar do peixe que é produzido. Segundo Monteiro e Labarta (1987), peixes herbívoros toleram níveis maiores de amido, chegando até 40% da dieta. Peixes onívoros até 20% e os peixes carnívoros aproximadamente 10% da dieta, mas Hopher (1988) cita como limite máximo do desempenho produtivo, aproximadamente 25%.

A utilização de carboidratos nas dietas de peixes, principalmente de hábito alimentar onívoro, vem sendo amplamente estudada pelo potencial efeito poupador de proteína da dieta. Apesar dos peixes não possuírem exigências nutricionais para carboidratos, a utilização destes componentes nas dietas pode assegurar uma maior eficiência no aproveitamento de outros nutrientes, além de colaborar com o processo de extrusão das rações (WILSON, 1994). Os carboidratos são as fontes energéticas mais baratas utilizadas nas rações

(SILVEIRA *et al.*, 2009), sendo empregados em diferentes proporções de acordo com a espécie estudada. Seu aproveitamento pelos peixes está associado a complexidade de sua estrutura. Wilson (1994) constatou que polímeros de maior cadeia, tem uma maior influência no crescimento dos peixes do que os monossacarídeos, assim como o amido gelatinizado aumenta a digestibilidade e crescimento dos peixes. Isto ocorre porque no processo de extrusão, o tratamento térmico aumenta a área de contato do amido com as enzimas digestivas, melhorando o aproveitamento nutricional dos carboidratos.

Dentre as fontes de carboidratos utilizados em rações para peixes, os mais comuns são o milho, o sorgo e o trigo. O milho é a principal fonte energética que compõe as rações para peixes onívoros e herbívoros, porém sua composição em carboidratos apresenta pequena contribuição energética para as espécies carnívora (RIBEIRO *et al.*, 2012). Atualmente, o preço elevado da farinha de peixe tem preconizado a utilização do glúten de milho para peixes carnívoros. O sorgo tem sido estudado, como substituinte do milho em rações para espécies carnívoras. Por apresentar maior proporção de carboidratos solúveis, promove maior viscosidade do alimento, permitindo, assim, um aumento no tempo de permanência do bolo alimentar no trato digestivo, o que possibilita um aproveitamento mais eficiente dos carboidratos. O trigo e o farelo de trigo podem ser adicionados às rações, porém sua inclusão não deve exceder 15%, devido ao elevado teor de fibra, associado à presença de polissacarídeos não amiláceos, que podem interferir na digestibilidade (RIBEIRO *et al.*, 2012). O amido tem sido associado com o aumento no tamanho e peso do fígado, aumento na deposição de lipídios e glicogênio no fígado, descoloração do fígado da carpa, truta arco-íris, salmão do atlântico, perca amarela e o pintado, indicando serem estes peixes sensíveis a rações com níveis elevados de carboidratos (FURUYA, 2007).

Dentre esses subprodutos com grande potencial para o aproveitamento na alimentação animal são os provenientes do beneficiamento do arroz (*Oryza sativa*), possuindo em sua composição vitaminas, minerais e fibras, fazendo deles uma boa opção como ingrediente alternativo, tanto a quirera e o farelo de arroz têm uma alta disponibilidade no mercado (RIBEIRO *et al.*, 2010).

### 3.4 Metabolismo intermediário dos peixes

O processo entre o fim da digestão e a transformação das moléculas finais em energia é chamado de metabolismo intermediário. As reações que constituem o metabolismo intermediário possuem como objetivo a total degradação de moléculas e consequente liberação de energia. Essa energia pode ter dois destinos: 1) realização de trabalho, ou 2) constituir tecidos, sejam eles tecidos estruturais ou tecidos de reserva energética. Considerando que para a homeostase corporal do animal é essencial que o processo do metabolismo intermediário esteja equilibrado e suprindo todas as necessidades energéticas tanto para o trabalho quanto para as reservas energéticas e estruturais, a análise do perfil metabólico do metabolismo intermediário pode servir como excelente índice para se avaliar o estado fisiológico e nutricional de peixes (CAMILO, 2007).

Um dos principais órgãos do metabolismo intermediário é o fígado, e uma das principais moléculas fonte de energia é a glicose. No fígado acontecem muitas reações químicas importantes relacionadas ao estoque e suprimento de moléculas energéticas como a transição glicogênio/glicose. Adicionalmente, sabe-se que em peixes, o fígado regula tanto o transporte dos aminoácidos quanto da glicose para tecidos extra-hepáticos.

A glicose é um importante nutriente para produção de energia em todos os animais, podendo ser obtida através de proteínas ou carboidratos. Nos peixes, no entanto, sua importância parece limitada. O motivo ainda não foi totalmente esclarecido, mas a conclusão é de haver uma diferente relação entre utilização e produção de glicose em relação aos outros animais. Segundo Enes *et al.* (2009), o alto nível de glicose endógena leva uma competição com a glicose vinda da dieta. Quando os peixes ingerem os carboidratos, eles são quebrados, formando moléculas de glicose, que, vão para a corrente sanguínea, tendo seus níveis aumentados imediatamente (WILSON; POE, 1987). Quando no sangue, a glicose é transportada para as células, podendo ser utilizada como fonte energética imediata, ou armazenamento.

Para a produção de energia, a glicose é catabolizada através da via glicolítica, ciclo de Krebs e cadeia respiratória para a produção de ATP, ou através da via das pentoses fosfato, que leva a produção de NADPH, que é

utilizado na biossíntese de lipídios e ribose-5-fosfato para a síntese de nucleotídeos, utilizados para a síntese proteica. Quando a glicose está em excesso no organismo, ela pode ser armazenada na forma de glicogênio, no processo chamado de glicogênese ou convertida em triglicerídeos pela via da lipogênese.

Em situações de jejum, a glicose pode ser obtida pela degradação de glicogênio (glicogenólise) ou pela gliconeogênese, que produz moléculas de glicose a partir de outros nutrientes como aminoácidos, glicerol e lactato. Sendo assim, é importante buscar o equilíbrio entre produção e armazenamento de glicose, que são dependentes da regulação das atividades e expressão de enzimas (PILKIS; GRANNER, 1992).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Local, aclimação e instalações

O experimento foi conduzido no Laboratório de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – FCAT-UNESP, campus de Dracena.

Foram utilizados 208 juvenis de tambaqui com peso médio inicial de 110 g, distribuídos em 24 caixas de polietileno de 300 L demonstrado na Figura 2.

**Figura 2** - Laboratório de Aquicultura



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Foram utilizados 8 peixes por tanque distribuídas em sistema fechado de recirculação de água, com filtro biológico e aerador elétrico acoplado a mangueiras de silicone e pedras porosas para promover adequada concentração de oxigênio dissolvido. De início, os animais foram submetidos a um período de aclimação e adaptação de 15 dias. Neste período, os peixes foram alimentados com ração comercial peletizada, observando e respeitando a saciedade aparente.

#### 4.2. Dietas experimentais

Foram formuladas seis dietas experimentais (Figura 3) isoproteicas (32% PB) e isoenergéticas (4.000 kcal EB/kg) contendo diferentes alimentos energéticos: milho, sorgo, amido de milho, farelo de trigo, farelo de arroz e quirera de arroz.

As dietas experimentais, após a formulação, os ingredientes obtidos foram moídos em moinho de martelo (0,8 mm), foram pesados e misturados em misturador tipo Y, então peletizados com a adição de 30% de umidade e 0,1% de gelatina sem sabor. Depois foram secos em estufa com circulação de ar à 40° C, durante 24 horas. Após secagem, as dietas foram colocadas em sacos plásticos etiquetados e armazenadas. As dietas foram processadas no Laboratório Aquicultura na FCAT da UNESP, campus de Dracena.

**Figura 3** - Dietas experimentais.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

**Tabela 1** - Formulação e composição analisada das dietas experimentais.

<b>Ingredientes (%)</b>	<b>MI</b>	<b>SO</b>	<b>AM</b>	<b>F.TR</b>	<b>F.AR</b>	<b>Q.AR</b>
Farinha de peixe	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Conc. Proteico de soja	15,9	15,5	19,4	13,4	14,5	16,7
F. Soja	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
Milho	38,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Sorgo	-	30,0	-	-	-	-
Amido de Milho	-	-	30,0	-	-	-
Farelo de trigo	-	-	-	30,0	-	-
Farelo de arroz	-	-	-	-	30,0	-
Quirela de arroz	-	-	-	-	-	30,0
Óleo de Soja	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Premix min/vit	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Fosbical	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Vit. C	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Oxido de Cromio	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Caolin	4,03	4,43	0,53	6,53	5,43	3,23
<b>Composição centesimal</b>	<b>90,3</b>	<b>89,8</b>	<b>90,0</b>	<b>90,4</b>	<b>90,6</b>	<b>90,19</b>
MS %	32,1	32,1	32,2	32,6	32,8	32,8
PB %	29,4	27,1	29,6	30,0	29,1	27,9
EE %	6,7	6,5	5,6	6,5	9,8	5,9
FB %	2,2	2,5	1,8	4,3	3,9	1,9
MM %	7,4	7,4	7,5	8,2	9,6	7,4
ENN %	38,1	36,9	42,7	32,3	29,2	39,1
EB kcal/kg	4076,7	4058,3	4162,9	3941,4	4110,7	4069,9
ED kcal/kg	3303,6	3280,9	3309,8	3057,5	3087,6	2427,7
	4	4	7	4	9	1
<b>Amido</b>	<b>25,04</b>	<b>26,00</b>	<b>32,33</b>	<b>14,90</b>	<b>13,16</b>	<b>28,49</b>

### 4.3. Biometria

Após o período de aclimação, os animais em jejum de 24 horas, foram submetidos à biometria biometria inicial, sendo anestesiados com solução de eugenol (100 mg/L), pesados em balança semi-analítica e medidos individualmente em ictiometro, obtendo as variáveis peso médio inicial (g) e comprimento total inicial (cm). Realizada a biometria inicial, os peixes foram



distribuídos nas caixas e cada uma delas foi considerada uma unidade experimental, em que foi sorteado ao acaso o tratamento que cada uma foi submetida.

**Figura 4** – Biometria dos peixes para início e finalização do experimento.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

#### **4.4. Parâmetros físico químicos da água**

Durante o experimento, a cada 3 dias, foram monitoradas as variáveis físico-químicas da água das caixas: temperatura e concentração de oxigênio dissolvido (através de medidores portáteis da YSI). A temperatura da água permaneceu entre 26,9 e 28,0°C e a concentração de oxigênio dissolvido em média de 6,86 mg/L, parâmetros de acordo com os requisitos para criação do tambaqui. Semanalmente, foram realizadas sifonagens nas caixas para retirada das fezes e resíduos de alimentos, com intuito de manter uma boa qualidade da água e bem estar animal.

#### **4.5. Avaliação do desempenho produtivo**

Após 57 dias de alimentação, os peixes foram submetidos à biometria final, sendo anestesiados com solução eugenol (100 mg/L), pesados com balança semi-analítica e medidos individualmente, assim, obtendo as variáveis: peso médio final (g) e comprimento total final (cm). A alimentação foi realizada com cautela feitas três vezes ao dia (7:00/14:00/16:00), desta maneira, as dietas foram fornecidas em pequenas porções/quantidades, sendo observado o comportamento dos animais, para que não houvesse sobra de alimento nas

caixas. Diariamente os recipientes das dietas experimentais foram pesados e registrados para determinação do consumo dos peixes. Dos parâmetros de desempenho produtivo, foram ainda mensurados o ganho de peso (GP = peso final – peso inicial) e Fator de condição ( $K = \text{peso}/\text{comprimento}^3$ ).

#### 4.6. Metabólitos do sangue

Durante a biometria final, foram retiradas alíquotas de sangue por punção dos vasos caudais dos peixes anestesiados, com auxílio de seringas e agulhas descartáveis. A separação das frações do sangue foi realizada por centrifugação a 3.000 rpm, a 10°C durante 10 min, logo após a coleta, para separação do plasma com uso de anticoagulante fluoreto, e após três horas a temperatura ambiente, para separação do soro. As análises foram feitas em duplicatas. Após as amostras serem pipetadas e homogêneas, foram colocadas em banho maria por 10 minutos e em seguida ocorria a leitura dos metabólitos em espectrofotômetro, identificando a glicose plasmática (Método GOD-Trinder, kit comercial), colesterol (Método Enzimático-colorimétrico, kit comercial), triglicerídeos (Método Enzimático-Trinder, kit comercial) e proteínas totais (Método do Biureto, REINHOLD, 1953).

**Figura 5** – Determinação dos metabólitos sanguíneos em tambaquis alimentados com diferentes fontes de carboidrato na dieta.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

#### 4.7. Reservas energéticas do fígado e músculo

Os peixes foram laparotomizados para retirada e pesagem da gordura visceral e do fígado. Posteriormente foram obtidas as relações somáticas: índice

gorduro-viscerossomático (IGVS, %) e índice hepatossomático (IHS, %) de acordo com a fórmula:  $[100 \times (\text{peso do tecido} / \text{peso vivo})]$ .

**Figura 6** – Retirada de material biológico e pesagem dos tecidos para determinação do IHS e IGVS.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

#### 4.8. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos, sendo eles milho, sorgo, amido de milho, farelo de trigo, farelo de arroz e quirera de arroz com quatro repetições. Cada caixa foi considerada uma unidade experimental (repetição), sendo quatro para cada tratamento. Os resultados, foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de normalidade (teste de Shapiro Willk). As médias foram comparadas pelo Teste de Duncan (5%), através do programa Rstudio, v.4.1.1.

### 5. RESULTADOS

Os resultados obtidos de desempenho de ganho de peso (GP), consumo e fator de condição (K), estão apresentados na Tabela 2. Não foram observadas diferenças estatísticas ( $p > 0,05$ ) no ganho de peso e no consumo. Já no fator de condição foram encontradas diferenças entre os ingredientes, com resultados superiores nos peixes alimentados com amido de milho e sorgo e inferiores nos peixes alimentados com farelo de arroz.

**Tabela 2** – Ganho de peso (GP), consumo e fator de condição (K) de tambaquis alimentados com diferentes fontes de carboidratos nas dietas.

Variável	Tratamento						EPM	VALOR P
	MILHO	SORGO	AMIDO	FARL DE TRIGO	FARL DE ARROZ	QUIRERA DE ARROZ		
GP	68,57±8,20	64,77±11,05	75,41±11,44	60,68±2,21	53,15±13,98	68,11±8,83	0,16	0,08
K	0,0170±0,00ab	0,0175±0,00a	0,0172±0,00a	0,0165±0,00ab	0,0160±0,00b	0,0167±0,00ab	0,00	0,02
CONSUMO	834,52±14,31	832,64±15,76	830,85±25,08	813,03±26,68	839,20±28,27	837,06±22,27	0,09	0,94

Letras diferentes na mesma linha indicam que as médias diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade. GP = Ganho de peso; K = Fator de condição. Letras diferentes na mesma linha indicam significância pelo Teste Duncan a 5% de probabilidade.

Os resultados de metabólitos sanguíneos e índices somáticos obtidos por tambaquis alimentados com diferentes ingredientes energéticas estão apresentados na Tabela 3. Foram observadas diferenças estatísticas ( $p < 0,05$ ) nos parâmetros de colesterol sérico, triglicerídeos séricos e índice hepatossomático, não sendo observadas tais diferenças nos parâmetros de glicose plasmática, proteínas totais séricas e índice gorduroviscerossomático ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 3** – Metabólitos sanguíneos e relações somáticas de tambaquis alimentados com diferentes fontes de carboidratos nas dietas.

Variável	Tratamento						EPM	P valor
	MILHO	SORGO	AMIDO	FARL DE TRIGO	FARL DE ARROZ	QUIR DE ARROZ		
COL	2,87±0,17 <sup>c</sup>	3,19±0,25 <sup>ab</sup>	3,28±0,13 <sup>a</sup>	2,97±0,23 <sup>bc</sup>	3,48±0,12 <sup>a</sup>	3,25±0,12 <sup>ab</sup>	0,05	0,002
PT	4,49±0,39	4,28±0,08	4,64±0,32	4,62±0,45	4,79±0,84	4,55±0,22	0,08	0,72
TRI	2,35±0,18 <sup>bc</sup>	2,46±0,15 <sup>b</sup>	3,13±0,12 <sup>a</sup>	2,10±0,10 <sup>c</sup>	2,15±0,20 <sup>c</sup>	2,33±0,22 <sup>bc</sup>	0,07	<0,001
GLI	8,63±1,25	9,34±0,83	9,44±0,93	10,14±0,90	8,50±0,33	9,33±0,35	0,18	0,12
IHS	1,28±0,07 <sup>c</sup>	1,45±0,03 <sup>ab</sup>	1,55±0,08 <sup>a</sup>	1,53±0,15 <sup>ab</sup>	1,40±0,06 <sup>bc</sup>	1,51±0,07 <sup>ab</sup>	0,02	0,004
IGVS	0,73±0,03	0,66±0,11	0,66±0,16	0,57±0,05	0,49±0,16	0,72±0,08	0,02	0,06

Letras diferentes na mesma linha indicam que as médias diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade. COL = colesterol sérico (mmol L<sup>-1</sup>); PT= proteínas totais séricas (g dL<sup>-1</sup>); TRI= triglicerídeos séricos (mmol L<sup>-1</sup>); GLI= glicose plasmática (mmol L<sup>-1</sup>); IHS= índice hepatossomático (%); IGVS= índice gorduroviscerossomático (%);

O colesterol sérico foi superior em peixes alimentados com amido de milho e farelo de arroz, e inferiores naqueles alimentados com milho. As concentrações de triglicerídeos séricos foram superiores em peixes alimentados com amido de milho e inferiores naqueles alimentados com farelo de arroz e quirera de arroz. No índice hepatossomático (IHS) foram observados valores superiores nos peixes alimentados com amido de milho e inferiores nos peixes alimentados com milho, os peixes alimentados com sorgo, farelo de trigo, farelo de arroz e quirera de arroz apresentaram níveis intermediários.

## 6. DISCUSSÃO

A utilização de carboidrato pelos peixes está associada a diversos fatores como hábito alimentar, temperatura de cultivo, regime alimentar associado à estação climática (verão ou inverno), processamento da dieta e nível dos nutrientes (HONORATO; ALMEIDA; MORAES, 2013). Quando o carboidrato da dieta é utilizado como fonte de energia para os peixes, a proteína dietética fica totalmente disponível para o crescimento, ocasionando assim um efeito poupador de proteínas. Dos resultados de desempenho produtivo obtidos, foi encontrado maior relação entre peso e comprimento (fator de condição) em peixes alimentados com sorgo e amido, e, embora não houvesse detectado diferenças estatísticas ( $p > 0,05$ ), o ganho de peso dos animais alimentados com estes ingredientes foi numericamente superior, principalmente para o amido de milho. Possivelmente, o amido de milho, por ser um alimento processado, está mais prontamente disponível para ser absorvido pelos peixes, proporcionando assim, melhor desempenho nos animais, com o mesmo consumo de ração em comparação com os demais tratamentos.

No presente trabalho não foram encontradas diferenças estatísticas no consumo de tambaquis alimentados com diferentes fontes energéticas, indicando que, por serem dietas isoenergéticas, possivelmente os peixes foram capazes de satisfazer sua necessidade energética, demonstrando a boa adaptação do tambaqui a diferentes dietas. Rosa (2012) constatou em juvenis de jundiás (*Rhamdia quelen*) que o aumento da concentração de amido nas dietas não afetou o ganho de peso e desempenho, mas ocasionou diminuição na gordura corporal dos peixes.

Neste trabalho os resultados de desempenho produtivo foram numericamente maiores nos peixes alimentados com amido de milho e sorgo, e não variaram, porém com os resultados obtidos para quirera de arroz. O grão de arroz polido é considerado uma fonte de carboidratos, sendo constituído principalmente de amido. No entanto, apresenta ainda em sua constituição proteína, vitaminas, sais minerais e fibras (NAVES, 2007). O farelo e a quirera, possuem alto teor de carboidratos (89,7 e 69,1%, respectivamente) e baixo teor de proteína bruta (10,95 e 8,97%, respectivamente), caracterizando-os como alimentos energéticos (LACERDA *et al.*, 2005), que foram bem aproveitados pelo tambaqui no presente estudo.

Nos peixes alimentados com diferentes ingredientes energéticos não foram encontradas diferenças significativas entre os níveis de glicose plasmática. Corrêa *et al.* (2007) demonstraram em suas análises a mesma resposta sobre a utilização de diferentes teores de carboidratos na dieta pelo tambaqui. Esta resposta pode estar relacionada com a regulação dos níveis de glicose sanguínea mais rápida pela espécie. Considerando que os tambaquis tenham ficado em jejum por 15 horas antes da coleta do sangue, possivelmente neste período de tempo, os peixes tenham conseguido manter a homeostase da glicose sanguínea em seus níveis basais, demonstrando a boa utilização deste nutriente como fonte energética (CARLI, 2021).

Quando os carboidratos da dieta se encontram em excesso, são armazenados pelo organismo, através de gordura (lipogênese), ou glicogênio (glicogênese). O excesso de CHO é convertido em açúcar simples por digestão, e posteriormente, em piruvato por glicólise; o piruvato, é então oxidado para adquirir energia ou direcionado para as vias de síntese de ácidos graxos (lipogênese) quando a energia está disponível (UYEDA; REPA, 2006). Quando as concentrações de triglicerídeos séricos nos peixes alimentados com carboidrato são altas, sugerem a ocorrência de lipogênese, pela síntese de triglicerídeos hepáticos.

Neste estudo foi visto que os animais alimentados com amido de milho tiveram resultados superiores nos triglicerídeos séricos, colesterol sérico e IHS em relação aos demais tratamentos. O amido de milho é um polissacarídeo com grande disponibilidade de glicose, fazendo com que o peixe absorva facilmente esse nutriente. Os resultados obtidos de glicose plasmática tem relação direta com a homeostase rápida de glicose e com o potencial aumentado da síntese da lipogênese, confirmado pelos altos índices de triglicerídeos séricos, vindo também pela ausência na alteração na gliconeogênese (LI *et al.*, 2019). Esse resultado também pode explicar os IHS mais altos identificados nesses grupos alimentados com ingredientes com alta concentração de carboidrato como amido e pode ser atribuído ao aumento da deposição de lipídios e glicogênio hepático (RAWLES; SMITH; GATLIN, 2008; ENES *et al.*, 2010).

As reservas energéticas dos peixes são geralmente representadas por um acúmulo de gordura visceral e de glicogênio. Essas reservas são necessárias para crescimento e como reserva energética para o período de ausência de

alimento (WICKER; JOHNSON, 1987). Como consequência de uma intensa atividade física, as reservas de glicogênio no músculo e fígado dos peixes podem diminuir em poucos minutos, sendo restabelecidas somente 24 horas após terem sido consumidas (NAGAI; IKEDA, 1971).

Como pode ser observado neste estudo, os tambaquis apresentaram diferenças significativas no colesterol total sendo a maior concentração encontrada quando alimentadas com amido de milho e farelo de arroz e menor quando alimentadas com milho. O colesterol é um elemento essencial das membranas celulares e precursor de todos hormônios esteroides. De acordo com Öner *et al.* (2008) pode ser um indicativo de estresse ambiental causado pela insuficiência hepática e renal ocasionando aumento da concentração do colesterol sanguíneo, entretanto, todos os animais foram submetidos as mesmas condições ambientais.

Os peixes alimentados com milho, embora seja um ingrediente rico em amido, apresentaram menor quantidade de reservas energéticas quando comparados com os demais ingredientes, de acordo com os valores obtidos de colesterol e triglicerídeos séricos, e IHS. No entanto, quando observamos o desempenho produtivo destes peixes, os resultados obtidos de fator de condição não variaram estatisticamente com os resultados obtidos em peixes alimentados com amido, desta forma, o milho pode constituir uma ótima fonte empregada nas rações, visto que, é bem utilizada como fonte energética para os peixes, além de não resultar em maior deposição de gorduras, fator considerado indesejável pelo consumidor.

## **7. CONCLUSÃO**

No presente trabalho, foi verificado que os tambaquis possuem alta capacidade na utilização de glicose dos carboidratos como fonte energética. Dentre os ingredientes testados, o amido de milho proporcionou melhor desempenho em comparação com os demais ingredientes de origem vegetal pois, é um alimento mais facilmente digestível pelos peixes. No entanto, este ingrediente também proporcionou maior deposição de gordura nos animais. Dentro do contexto de avaliar diferentes ingredientes energéticos de origem vegetal o milho se mostrou uma ótima alternativa garantindo alto desempenho produtivo, viabilizando o



efeito poupador de proteínas, com menor deposição de reservas energéticas na forma de gordura.

## 8 REFERÊNCIAS

ARIDE, P.H.R. *et al.* Growth and hematological responses of tambaqui fed different amounts of cassava (*Manihot esculenta*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 2016, v. 68, n. 6 [Accessed 28 December 2021] , pp. 1697-1704. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8704>. Acesso em: 19 nov. 2021.

BURGER, J. Fishing, fish consumption and awareness about warnings in a university community in central New Jersey in 2007, and comparisons with 2004. **Environmental Research**. v.108, p.107-116, set, 2008.

CAMILO, R. Y. Efeitos da adição de aminoácidos essenciais livres à dieta e da ausência de nutrientes na atividade de enzimas digestivas e no metabolismo intermediário de juvenis de matrinxã (*Brycon amazonicus*), maio 2007.

CORRÊA, C. F.; AGUIAR, L. H.; LUNDSTEDT, L. M.; MORAES, G. Responses of digestive enzymes of tambaqui (*Colossoma macropomum*) to dietary cornstarch changes and metabolic inferences. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, v. 147, p. 857-862, 2007.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, p.68-87, jun. 2010.

ENES, P., PANSERAT, S., KAUSHIK, S., & OLIVA-TELES, A. A. Nutritional regulation of hepatic glucose metabolism in fish. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 35, n. 3, p. 519–539, ago. 2009.

FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. [S.l: s.n.], 2013.

GALLEGO, G.M. *et al.* Utilization of different carbohydrates by the european eel (*Anguilla anguilla*). **Aquaculture**, v.124, p.99-108, 1994.

HEPHER, B. Nutrition of ponds fishes. **New York: Cambridge University Press**, p. 388, 1988.

HONORATO, C. A.; ALMEIDA, L. C.; MORAES, G. Processamento de dieta-seus efeitos no aproveitamento de carboidrato para peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 10, n. 212, p. 2700-2715, 27 jan. 2013.

KAPOOR, B. G. Anatomy and histology of the alimentary canal in relation to its feeding habits of a siluroid fish Wallago attu. **Journal of Zoology**, v.5, p.191-210, 1975.

LACERDA, C. H. F.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M.; BOSCOLO, W. R; KAVATA, L. C. B. Farelo de mandioca (*Manihot esculenta*) em substituição ao milho (*Zea mays*) em rações para alevinos de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*). **Acta Scientiarum**, v.27, p.241-245, 2005.

LACERDA, D.B.C.L.; JÚNIOR, M.S.S.; BASSINELLO, Z.; CASTRO, M.V.L.; SILVALOBO, V.L. Qualidade de farelo de arroz cru, extrusado e parboilizado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 4, p. 521-530, 2010.

LI, H. *et al.* Effects of dietary carbohydrate and lipid concentrations on growth performance, feed utilization, glucose, and lipid metabolism in two strains of gibel carp. **Frontiers in Veterinary Science**, v.6, p.165, 2019.

LITTLE, D.C.; YOUNG, J.A.; ZHANG, W.; NEWTON, R.W.; MAMUN, A.A.; MURRAY, F.J. Sustainable intensification of aquaculture value chains between Asia and Europe: A framework for understanding impacts and challenges. **Aquaculture**, v. 493, p. 338-354, 2018.

MONTEIRO, J.E.; LABARTA, U. Nutrition em aculultura. Madri, p. 303, 1997.

NAGAI, M; IKEDA, S. Carbohydrate metabolism in fish. II Effect of dietary composition on metabolism of glucose 6 <sup>14</sup>C *in* carp. **Bulletin of Japanese Society Science Fisheries**, v.37, p.410-414, 1971.

NAVES, M. M. V. Características químicas e nutricionais do arroz. **Boletim do centro de pesquisas de processamento de alimentos**, v. 25, n. 1, p. 51-60. 2007.

PEREIRA JUNIOR, G.P. *et al.* Desempenho produtivo de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*, CUVIER 1818) alimentados com rações contendo farinha de crueira de mandioca (*Manihot esculenta*, CRANTZ) em substituição ao milho (*Zea mays*). **Acta Amazonica**, v.43, p.217-226, 2013.

PEREIRA-FILHO, M. Alternativas para a alimentação de peixes em cativeiro. *In*: VAL, A.L.; HONCZARYK, A. (Eds.). **Criando peixes na Amazônia**. Manaus: MCP/INPA, p.75- 82, 1995.

PILKIS, S.; GRANNER, D. K. Molecular physiology of the regulation of hepatic gluconeogenesis and glycolysis. **Annual Review of Physiology** v. 54, p. 885–909, 1992.

RIBEIRO, P.A.P.; MELO, D.C.; COSTA, L.S.; TEIXEIRA, E.A. **Manejo nutricional e alimentar de peixes de água doce**. Desenvolvimento de material didático ou instructional – Caderno Didático, 2012

ROSA, M. C. G. **Carboidrato em dietas para Jundiá, *Rhamdia quelen*: desempenho, digestibilidade e metabolismo**. 2012. 112 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Aquicultura, Departamento de Produção Animal, Universidade Estadual de Santa Catarina, Florianópolis- Sc, 2012.

SANTOS, E.L.; SILVA, F.C.B.; PONTES, E. C.; LIRA, R. C.; CAVALCANTI, M. C.. Resíduo do processamento do extrato de própolis vermelha em ração comercial para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 2, p.179-185, 2013.

TAKAHASHI, L.S.; BALDAN, A.P.; URBINATI, E.C. Growth performance and energetic metabolism of pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) fed diets supplemented with ammonium metavanadate. **Aquaculture Research**, v.37, p.1372-7, 2006.

TAKAHASHI, L.S.; HA, N.; PEREIRA, M.M.; BILLER-TAKAHASHI, J.D.; URBINATI, E.C. Carbohydrate tolerance in the fruit-eating fish *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Aquaculture Research**, v.49, p.1182-1188, 2018.

TEIXERA, E.A.; SALIBA, E.O.S.; EULER, A.C.C.; FARIA, P.M.C.; CREPALDI, D.V.; RIBEIRO, L.P. Coeficientes de digestibilidade aparente de alimentos energéticos para juvenis de surubim. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, n.6, p.1180-1185, 2010.

UYEDA, K.; REPA, J. J. Carbohydrate response element binding protein, ChREBP, a transcription factor coupling hepatic glucose utilization and lipid synthesis. **Cell metabolism**, v. 4, n. 2, p. 107-110, 2006.

WICKER, A.M.; JOHNSON, W.E. Relationships among fat content, condition factor, and first year survival of Florida largemouth bass. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.116, p.264-271, 1987.

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

WILSON, R.P; POE, W.E. Apparent inability of channel catfish to utilize dietary mono-and di-saccharides as energy sources. **J. nutr.**, v.117, p.280-280, 1987.