



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA
PROGRAMA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL



EXIGÊNCIA DE METIONINA MAIS CISTINA EM DIETAS PARA TAMBQUI (*Colossoma macropomum*) DE 55 a 118 g

RÔMULO JORDÃO NEVES AROUCHA

CHAPADINHA - MA

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA
PROGRAMA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL



RÔMULO JORDÃO NEVES AROUCHA

EXIGÊNCIA DE METIONINA MAIS CISTINA EM DIETAS PARA TAMBACUI (*Colossoma macropomum*) DE 55 a 118 g

Dissertação apresentada ao Programa de Pós -
Graduação em Ciência Animal da Universidade
Federal do Maranhão, como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em Ciência
Animal

Orientador: Prof. Dr. Felipe Barbosa Ribeiro

CHAPADINHA- MA

2022

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

Aroucha, Rômulo Jordão Neves.

EXIGÊNCIA DE METIONINA MAIS CISTINA EM DIETAS PARA
TAMBAQUI *Colossoma macropomum* DE 55 a 118 g /

Rômulo Jordão Neves Aroucha.- 2022.

55 p.

Orientador(a): Felipe Barbosa Ribeiro.

Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-graduação em
Ciência Animal/CCh, Universidade Federal do Maranhão,
Chapadinha-MA, 2022.

1. Aminoácidos sulfurados. 2. Nutrição proteica. 3.
Peixe amazônico. I. Ribeiro, Felipe Barbosa . II.
Título.

RÔMULO JORDÃO NEVES AROUCHA

**EXIGÊNCIA DE METIONINA MAIS CISTINA EM DIETAS
PARA TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) DE 55 a 118 g**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós -
Graduação em Ciência Animal da Universidade
Federal do Maranhão, como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em Ciência
Animal

Dissertação aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Felipe Barbosa Ribeiro (Orientador)

Doutor em Zootecnia
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim

Doutor em Zootecnia
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Profa. Dra. Dáphinne Cardoso Nagib do Nascimento

Doutora em Ciência Animal
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

DEDICO

Aos meus pais Amélio Aroucha e Ângela Maria
Neves Aroucha pelo incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Deus todo poderoso, pela vida, saúde, paz e sonhos.

Aos meus pais Amélio Aroucha e Ângela Maria Neves Aroucha, pelo apoio.

Ao meu orientador professor Dr. Felipe Barbosa Ribeiro, pela disponibilidade, confiança e seriedade na realização deste trabalho.

Aos professores Dr. Jefferson Costa de Siqueira e Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim pela ajuda na minha formação.

A Universidade Federal do Maranhão - UFMA, ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, pela oportunidade concedida. E aos professores pelo apoio no aprendizado e funcionários administrativos na pessoa do Tomaz Neto e senhor Emanuel (Manel) pela ajuda.

Agradeço, em especial a Rafael Marchão, pela ajuda, apoio, e ensinamento, muito obrigado pelo auxílio durante essa etapa.

A todos os componentes do grupo do Laboratório de Nutrição e Alimentação de Organismos Aquáticos do Maranhão - LANUMA, pelo companheirismo, momentos de alegria, amizade e ajuda no experimento: Antonia, Beatriz, Geovane, Jakeline, Maylanne, Maylla, Thiago, Vinícius, Vanilsa e Gildilene.

Agradeço ao grupo de Estudos de Pequenos Ruminantes do Maranhão - GEPRUMA, pelo empréstimo de materiais de laboratório.

Aos meus colegas do mestrado Antônia, Cledson, Danrley, Gabriela, Laryssa, Paulo, pelo companheirismo e aos professores da pós-graduação em ciência animal que compartilharam comigo seus ensinamentos.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, apoio ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal. A Fundação de Amparo à Pesquisa e o Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Maranhão - FAPEMA, pelo financiamento e concessão de bolsas de mestrado.

A todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)	15
2.2 Proteínas e aminoácidos na nutrição de peixes.....	15
2.3 Técnicas usadas para formulação de dietas experimentais	17
2.4 Exigência de metionina mais cistina na nutrição de peixes	17
3. OBJETIVO GERAL	20
REFERÊNCIAS.....	21
CAPÍTULO 2.....	27
EXIGÊNCIA DE METIONINA MAIS CISTINA EM DIETAS PARA TAMBAQUI (<i>Colossoma macropomum</i>) DE 55 a 118 g.....	27
1. INTRODUÇÃO.....	30
2. MATERIAL E MÉTODOS	32
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4. CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS.....	47
ANEXO	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição de aminoácidos totais e digestível do milho, farelo de soja e farelo de trigo utilizados nas dietas experimentais.....	333
Tabela 2 - Composição percentual e química da dieta isenta proteína (DIP), dieta referência (DR) e dieta controle (DC), e dietas experimentais, elaboradas com base na técnica de diluição.	344
Tabela 3 - Desempenho produtivo de juvenis de tambaqui alimentados com diferentes níveis de metionina digestível na dieta. Valores médios $\pm$ erro-padrão do consumo de ração (CR), consumo de metionina mais cistina digestível (CMCD), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE) e conversão alimentar (CA).	39
Tabela 4 - Equações de regressão, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis, consumo de metionina mais cistina digestível (CMCD), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE) e conversão alimentar (CA) de juvenis de tambaqui em função do nível de metionina mais cistina digestível da dieta.	39
Tabela 5 - Composição corporal de juvenis de tambaqui alimentados com diferentes níveis de metionina digestível na dieta. Valores médios $\pm$ erro-padrão de umidade corporal, proteína corporal, gordura corporal, matéria mineral (cinzas corporais).	422
Tabela 6 - Equações de regressão, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis, de umidade corporal (UC), proteína corporal (PC), gordura corporal (GC), cinzas corporais (CZC) de juvenis de tambaqui, em função do nível de metionina mais cistina digestível da dieta.	433
Tabela 7 - Valores médios $\pm$ erro-padrão da deposição de proteína (DPC), gordura (DGC) e cinzas (DCZC) corporais e eficiência de retenção de nitrogênio (ERN) de juvenis de tambaqui em função do nível de metionina mais cistina digestível da dieta.	433
Tabela 8 - Equações de regressão, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis, deposição de proteína (DPC), gordura (DGC) e cinzas (DCC) corporais e eficiência de retenção de nitrogênio (ERN) de juvenis de tambaqui em função do nível de metionina mais cistina digestível da dieta.	433

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação gráfica do ganho de peso (GP ●) de tambaquis em função dos níveis dietéticos de metionina mais cistina digestível	39
Figura 2 - Representação gráfica da conversão alimentar (CA ●) de tambaquis em função dos níveis dietéticos de metionina mais cistina digestível	400
Figura 3 - Representação gráfica da deposição de proteína corporal (DPC ●) de tambaquis em função dos níveis dietéticos de metionina mais cistina digestível	444

RESUMO

O tambaqui é a espécie nativa mais criada no Brasil, porém a exigência de alguns aminoácidos essenciais em diferentes fases de criação ainda é desconhecida, principalmente a metionina mais cistina. Assim, objetivou-se determinar a exigência de metionina mais cistina digestível em dietas para tambaquis, na fase entre 55 a 118 gramas. Foram utilizados 288 tambaquis com peso inicial de $54,53 \pm 0,15$ gramas, distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições e 12 peixes por unidade experimental, com duração de 60 dias. Os tratamentos consistiram em dietas contendo cinco níveis de metionina mais cistina digestível (0,400; 0,600; 0,800; 1,000; 1,200%) formuladas utilizando a técnica da diluição das dietas e uma dieta controle contendo 0,600%, obtida a partir da suplementação de 0,202% de metionina mais cistina sob a forma de DL-metionina (99%) na dieta contendo 0,400%. Os peixes foram mantidos em caixas de polietileno com capacidade de 1000 litros, dotadas de sistema individual de abastecimento, aeração e drenagem de água. Avaliou-se o desempenho zootécnico, composição corporal, as deposições de proteína, cinzas e gordura corporais, e a eficiência de retenção de nitrogênio. A dieta controle proporcionou melhor conversão alimentar, maior deposição de proteína corporal e melhor eficiência de retenção de nitrogênio nos peixes em relação aos alimentados com o menor nível avaliado. A elevação do nível dietético de metionina mais cistina digestível influenciou todas as variáveis avaliadas no estudo, exceto o consumo de ração. O consumo de metionina mais cistina aumentou linearmente e o ganho de peso, taxa de crescimento específico e conversão alimentar melhoraram de forma quadrática, até os níveis estimados de 0,876%, 0,883% e 0,907% de metionina mais cistina digestível, respectivamente. Na proteína corporal foi observado efeito linear, e para umidade, gordura e cinzas corporais efeitos quadráticos, com os níveis ótimos estimados em 1,020%, 0,930% e 0,889%, respectivamente. As deposições de proteína corporal, gordura e cinzas corporais apresentaram efeitos quadráticos até os valores estimados em 0,920%, 1,124% e 0,879% de metionina mais cistina digestível, respectivamente. Concluiu-se que a exigência de metionina mais cistina digestível em dietas para tambaquis na fase entre 55 e 118 gramas é de 0,920% (0,297 g/Mcal de energia digestível), por proporcionar maior deposição de proteína corporal.

Palavra-chave: peixe amazônico, aminoácidos sulfurados, nutrição proteica

ABSTRACT

Tambaqui is the most reared native species in Brazil, but the requirement for some essential amino acids at different rearing stages is still unknown, especially methionine plus cystine. Thus, the objective was to determine the requirement of methionine plus digestible cystine in diets for tambaquis, in the phase between 55 and 118 grams. 288 tambaquis with initial weight of 54.53 ± 0.15 grams were used, distributed in a completely randomized design, with six treatments and four replications and 12 fish per experimental unit, with a duration of 60 days. The treatments consisted of diets containing five levels of methionine plus digestible cystine (0.400; 0.600; 0.800; 1.000; 1.200%) formulated using the diet dilution technique and a control diet containing 0.600%, obtained from the supplementation of 0.202% of methionine plus cystine in the form of DL-methionine (99%) in the diet containing 0.400%. The fish were kept in polyethylene boxes with a capacity of 1000 liters, equipped with an individual water supply, aeration and drainage system. Zootechnical performance, body composition, protein, ash and body fat depositions, and nitrogen retention efficiency were evaluated. The control diet provided better feed conversion, higher body protein deposition and better nitrogen retention efficiency in fish compared to those fed with the lowest evaluated level. The increase in the dietary level of methionine plus digestible cystine influenced all variables evaluated in the study, except feed intake. Consumption of methionine plus cystine increased linearly and weight gain, specific growth rate and feed conversion improved quadratically, up to estimated levels of 0.876%, 0.883% and 0.907% of digestible methionine plus cystine, respectively. For body protein, a linear effect was observed, and quadratic effects for moisture, fat and body ash, with optimal levels estimated at 1.020%, 0.930% and 0.889%, respectively. Depositions of body protein, fat and body ash showed quadratic effects up to values estimated at 0.920%, 1.124% and 0.879% of digestible methionine plus cystine, respectively. It was concluded that the requirement for methionine plus digestible cystine in diets for tambaquis between 55 and 118 grams is 0.920% (0.297 g/Mcal of digestible energy), as it provides greater deposition of body protein.

Keywords: Amazonian fish, sulfur amino acids, protein nutrition

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é uma espécie da bacia Amazônica, que foi introduzido em outras bacias hidrográficas pelo Brasil (PEDROSA-FILHO et al., 2016). Dentre as espécies nativas, é a mais produzida devido suas características zootécnicas (BARÇANTE; SOUSA, 2015) fácil manejo em todas as fases de produção, hábito alimentar onívoro que permite o uso de ração comercial e boa adaptação ao sistema de cultivo em viveiros (WOYNÁROVICH; VAN ANROOY, 2019).

Os avanços na nutrição de aminoácidos em peixes têm sido alcançados através da determinação do valor nutricional dos nutrientes presentes nos alimentos e da definição das exigências nutricionais, sendo informações importantes para a formulação de dietas equilibradas que potencializam o desempenho dos peixes.

Nos estudos sobre exigências nutricionais têm sido dada maior ênfase a proteína e aos aminoácidos essenciais limitantes em dietas práticas para peixes, pois suas deficiências promovem redução no desempenho (BOMFIM et al., 2010; NRC, 2011; OLIVEIRA; MIRANDA; CORREA, 2013; SAKOMURA et al., 2014).

Entre os aminoácidos essenciais a metionina é considerada um dos aminoácidos limitantes em rações práticas para peixes, principalmente quando se utiliza ingredientes de origem vegetal (NRC, 2011; SAKOMOURA et al., 2014). Este aminoácido apresenta importância na síntese de proteína corporal e atua no metabolismo de lipídeos (SAKOMOURA et al., 2014; ANDERSEN et al., 2016). Normalmente, a recomendação de metionina está atrelada ao da cistina, pelo fato de parte da metionina ser convertida em cistina, sendo ambos denominados de aminoácidos sulfurados, devido a presença de enxofre em sua estrutura (NRC, 2011; SALZE; DAVIS, 2015).

Para os juvenis de tambaqui foram estimadas exigências para os seguintes aminoácidos essenciais, lisina por MARCHÃO et al. (2020), triptofano por BOMFIM et al. (2020), e para alevinos, treonina por FIRMO et al. (2018). Já a exigência de metionina mais cistina para tambaqui foram estudadas por SOUZA et al. (2019), com peso de 0,94 g, GONÇALVES JÚNIOR et al. (2017), com peso de 3,03 g e PORTO et al. (2020), para exigência de manutenção, com pesos de 100 a 300 g. No entanto, as exigências nutricionais variam em função da categoria de peso e fase de criação dos peixes (FRACALOSSO; CYRINO, 2013). Com isso, as exigências de metionina mais cistina ainda não foram estabelecidas para tambaqui na faixa de peso de 55 a 118 g.

Diante da importância do tambaqui para a piscicultura nacional, e que a exigência de um aminoácido varia em função da faixa de peso e a carência de informações publicadas sobre a exigência de metionina mais cistina em outras fases de criação, objetivou-se estimar a exigência dietética de metionina mais cistina para os tambaquis na fase juvenil com peso de 55 a 118 g.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Tambaqui (*Colossoma macropomum*)

O tambaqui é uma espécie neotropical de água doce, pertencente ao grupo dos peixes redondos, sendo o segundo maior peixe de escamas da bacia amazônica (WOYNÁROVICH; VAN ANROOY 2019; PEDROSA-FILHO et al., 2016). Atualmente é a espécie nativa mais criada, representando 31,2% da produção nacional em 2021, com 262.370 toneladas. O Maranhão atingiu a produção de 37.000 toneladas de peixes nativos em 2021, sendo o tambaqui a segunda espécie mais cultivada no estado (PEIXE BR, 2022).

Esta espécie se caracteriza pela rusticidade, resistência a baixos níveis de oxigênio dissolvido na água e adaptação ao sistema de produção intensiva, podendo chegar ao peso aproximado de 1 kg em um ano de criação (SANTOS et al., 2014; GOMES et al., 2020). Com expressiva produção em cativeiro nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (WOYNÁROVICH; VAN ANROOY 2019; SAINT- PAUL, 2017), possui carne branca, firme e de sabor suave, e capacidade de utilizar fontes proteicas de origem vegetal na ração, com elevada atividade da enzima amilase em seu trato digestório, importante na digestão de amido (KOHLA et al., 1992; KUBITZA, 2012).

A criação do tambaqui vem se expandindo com o passar dos anos, despertando o interesse de pesquisadores no estudo de exigências nutricionais para essa espécie. Vários são os estudos que determinaram a exigência de aminoácidos para o tambaqui (SILVA et al., 2018; FIRMO, et al., 2018; PORTO et al., 2020; MARCHÃO et al., 2020; BOMFIM et al., 2020), no entanto, a exigência de metionina mais cistina ainda não foi estabelecida para a faixa de peso de tambaqui de 55 a 118 g.

2.2 Proteínas e aminoácidos na nutrição de peixes

As proteínas são elementos fundamentais na composição corporal dos animais, sendo os principais constituintes das fibras musculares (actina e miosina), além de ter um papel estrutural na matriz óssea, do tecido conjuntivo. Agem também na mobilidade do oxigênio (hemoglobina) e ferro (transferrina), no metabolismo de alguns hormônios, proteção imunológica (anticorpos) e como enzimas catalizadoras de reações químicas no organismo

(NRC, 2011; RODRIGUES, BERGAMIN, SANTOS, 2013; PORTZ; FURUYA, 2013; NELSON; COX, 2018).

Os aminoácidos são as unidades básicas das proteínas e são classificados nutricionalmente em essenciais e não essenciais. Os aminoácidos essenciais são aqueles que não são sintetizados pelo organismo ou não com uma rapidez considerável para servir as necessidades do animal, sendo eles: histidina, fenilalanina, isoleucina, leucina, treonina, lisina, metionina, triptofano, arginina e valina. Os aminoácidos não essenciais são produzidos no organismo em quantidades suficientes através de outros aminoácidos na ração, sendo: asparagina, alanina, aspartato, cistina, glicina, glutamato, glutamina, prolina, serina e tirosina (WILSON, 2002; LI et al., 2009; NRC, 2011; SAKOMURA et al., 2014; BERTECHINI, 2021).

Alguns aminoácidos são classificados como condicionalmente essenciais: arginina, cisteína, glicina, glutamina, prolina, tirosina, caracterizam-se por serem sintetizados em quantidades suficientes em situações normais, porém, em condições específicas, como por exemplo, doenças ou reprodução, nesse sentido, recomenda-se assegurar o fornecimento integral na dieta, pois sua suplementação pode ou não ser necessária de acordo com as condições em que o animal se encontra (LI et al., 2009; WU, 2021).

Nos estudos de nutrição de peixes, as exigências de aminoácidos tendem a reduzir proporcionalmente ao crescimento do animal (HUA et al., 2019, NRC, 2011; SILVA, et al., 2022). Os peixes, assim como os outros animais monogástricos, não possuem uma exigência metabólica em proteína, mas sim de dietas com quantidades adequadas de aminoácidos essenciais e não essenciais. Dessa forma, definir as exigências de aminoácidos para peixes possibilita a elaboração de dietas nutricionalmente completas, evitando a deficiência ou excesso de aminoácidos, e além de possibilitar a redução da proteína dietética com a suplementação de aminoácidos industriais (BOMFIM et al., 2008a; LIMA et al., 2015; WILSON, 2002; NGUYEN et al., 2020).

O excesso de aminoácidos na elaboração da ração, somado ao manejo alimentar inadequado, aumenta o catabolismo de aminoácidos e maior excreção de nitrogênio pelos peixes. O nitrogênio é excretado principalmente na forma de amônia, e quando encontrado em elevado nível no meio ambiente aquático causa poluição dos sistemas hídricos da aquicultura (LAZZARI; BALDISSEROTTO, 2008; HERATH; SATOH, 2015; LUO et al., 2018) e ocasionam a diminuição no crescimento dos peixes (FERNANDES, RIBEIRO, ZUANON, 2014).

2.3 Técnicas usadas para formulação de dietas experimentais

A técnica mais aplicada para elaboração das dietas experimentais é a de suplementação de aminoácidos, que consiste no aumento sucessivo do aminoácido testado em uma dieta basal, carente no aminoácido a ser analisado (D'MELLO, 1982). A principal crítica é pelo fato de o método utilizar uma quantidade maior de aminoácidos industriais, e de promover alteração no balanço dos demais aminoácidos, afetando a resposta dos animais (FISHER & MORRIS, 1970; SAKOMURA & ROSTAGNO, 2016).

Existe outra técnica alternativa utilizada para elaborar dietas experimentais, conhecida como técnica de diluição das dietas, que foi apresentada por Fisher e Morris (1970), e consiste em diluir uma dieta alta em proteína e deficiente no aminoácido teste com uma dieta isenta de proteína, obtendo-se os níveis intermediários do aminoácido. Isto proporciona relações aminoacídicas constantes entre os níveis avaliados, apesar de a proteína bruta variar (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2016).

A técnica de diluição tem sido utilizada em estudos realizados para estimar as exigências de aminoácidos para aves e peixes (LIMA et al., 2020; MARCHÃO et al., 2020; SOUSA et al. 2021; BOMFIM et al. 2021). Essa técnica utiliza uma menor quantidade de aminoácidos industriais em dietas para animais monogástricos (SIQUEIRA et al. 2013).

2.4 Exigência de metionina mais cistina na nutrição de peixes

A metionina é um aminoácido essencial, que contém enxofre, atua na síntese de proteínas, é um aminoácido glicogênico agindo na constituição de D-glicose e glicogênio, (NRC, 2011; SAKOMOURA et al., 2014). Na natureza, encontra-se na forma de isômeros D e L metionina, podendo ser fabricada na indústria na forma de DL-metionina (LEWIS, 2003; CHATTOPADHYAY et al., 2006, GOODSON et al., 2012). Pode ser metabolizada e convertida em cistina. Por causa dessa característica, os estudos das exigências desses aminoácidos têm sido determinados conjuntamente (metionina + cistina) (FURUYA et al., 2004a; SILVA, et al., 2006; MICHELATO, et al., 2013).

A metionina mais cistina, juntamente com a lisina, treonina, triptofano e valina normalmente, são os primeiros aminoácidos limitantes em dietas para peixes (FURUYA et al., 2010; FRACALOSSO; CYRINO, 2013). A carência de metionina causa redução no crescimento

e baixa eficiência alimentar (RUMSEY et al., 1983; COWEY et al., 1992; SIMMONS et al., 1999; NIU et al., 2018).

Os efeitos da deficiência ocorrem principalmente em dietas que levam ingredientes a base de proteínas vegetais (MICHELATO et al., 2013; BELGHIT et al., 2014; FIGUEIREDO-SILVA et al., 2015; ROSTAGNO et al., 2017) e podem ser prevenidos pela suplementação com metionina industrial (NUNES et al., 2014), na forma de DL-metionina (CHATTOPADHYAY et al., 2006; SAKUMORA et al., 2014).

Vários são os estudos encontrados na literatura para determinar a exigência de metionina para peixes, sendo a maioria por meio da técnica de suplementação das dietas, como o realizado por Campelo et al. (2020), com o objetivo de determinar as exigências de metionina mais cistina em dietas para lambari (*Astyanax altiparanae*) na fase de terminação. Estes autores verificaram um aumento no ganho de peso, taxa de crescimento específico e taxa de eficiência proteica, estimando a exigência dietética de 1,36% de metionina mais cistina para os animais em estudo.

Estudos de Rotili et al. (2018), com juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*), estimaram a exigência de metionina em 1,32 % na dieta, apresentando melhor ganho de peso. Em experimento conduzido por Wang et al. (2016), a exigência de metionina na dieta de juvenis de carpa gibel (*Carassius auratus gibelio*) foi de 0,98 % na dieta. Nos estudos de Furuya et al. (2004b), com alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), a utilização de 1,00 % de metionina mais cistina proporcionou melhores resultados de desempenho.

De acordo com Furuya et al. (2001), dietas com nível de 1,00 % de metionina mais cistina digestível apresentaram os melhores resultados sobre o desempenho de alevinos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Segundo Bomfim et al. (2008b), conduzindo experimentos com alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), os níveis digestíveis de aminoácidos sulfurosos de 0,91 e 0,86 % foram os que proporcionaram os melhores resultados de desempenho e características de carcaça, respectivamente.

Souza et al. (2019), em experimentos com juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*), encontraram redução no teor de gordura corporal, sendo a exigência de 0,94 % de metionina mais cistina digestível. Costa et al. (2020), em experimentos com juvenis de tambatinga ($\text{♀ } Colossoma macropomum \times \text{♂ } Piaractus brachypomus$), estimaram a exigência de 1,07 % de metionina mais cistina digestível nas rações para alevinos de tambatinga por proporcionando melhor deposição de proteína corporal.

Diante do exposto, a determinação da exigência dietética de metionina mais cistina é de grande relevância para os peixes, por causa da sua atuação em vários processos metabólicos como sínteses de glutathione, taurina e creatina, sendo necessário mais estudos para determinar sua exigência para o tambaqui, incluindo a faixa de peso de 55 a 118 g.

3. OBJETIVO GERAL

Estimar a exigência de metionina mais cistina em dietas para tambaqui (*Colossoma macropomum*) de 55 a 118 g.

REFERÊNCIAS

- ANDERSEN, S. M.; WAAGBØ, R.; ESPE, M. Functional amino acids in fish health and welfare. **Frontiers in Bioscience**, v. 8, p. 143-169, 2016.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE PISCICULTURA (PEIXE BR) 2022, Disponível em: [https://www.https://www.peixebr.com.br/anuario2022/](https://www.peixebr.com.br/anuario2022/) Acesso em: 25 de março de 2022.
- ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M.; GOMES, L. C. SIMÕES, L. N. Criação de tambaqui. In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (Ed). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 3ª Ed. Editora UFSM, Santa Maria, 2020. p 175-202.
- BARÇANTE, B., SOUSA, A. B. Características zootécnicas e potenciais do tambaqui (*Colossoma macropomum*) para a piscicultura brasileira. **PubVet**, v. 9, p. 287-347, 2015.
- BELGHIT, I.; SKIBA-CASSY, S.; GEURDEN, I.; DIAS, K.; SURGET, A.; KAUSHIK, S.; PANSERAT, S.; SEILIEZ, I. Dietary methionine availability affects the main factors involved in muscle protein turnover in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **British Journal of Nutrition**, v.112, n. 4, p. 493-503, 2014.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. 3ª Ed. Editora da UFLA, Lavras, 2021. p.373.
- BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; RIBEIRO, F. B.; TAKISHITA, S. S. Exigência de metionina mais cistina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 783-790, 2008b.
- BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; DONZELLE, J. L.; ABREU, M. L. T.; RIBEIRO, F. B.; QUADROS, M. Redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.10, p.1713-1720, 2008a.
- BOMFIM, M. A. D.; LAMA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; QUADROS, M.; RIBEIRO, F. B.; SOUSA, M. P. D. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 1-8, 2010.
- BOMFIM, M. A. D.; MARCHÃO, R. S.; RIBEIRO, F. B.; SIQUEIRA, J. C. D.; SILVA, L. R.; TAKISHITA, S. S. Exigência de triptofano digestível para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 2, 2020.
- BOMFIM, M. A. D.; MARCHÃO, R. S.; RIBEIRO, F. B.; SIQUEIRA, J. C. D.; COSTA, D. D. C. D.; LIMA, M. S. D. Digestible threonine requirement in diets for tambatinga (♀ *Colossoma macropomum* x ♂ *Piaractus brachypomus*) fingerlings. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, 2021.

CAMPELO, D. A. V.; SALARO, A. L.; MOURA, L. B.; PONTES, M. D.; CARNEIRO, C. L.; FURUYA, W. M. Optimal dietary methionine + cystine requirement for finishing lambari, *Astyanax altiparanae* (Garutti and Britski, 2000). **Aquaculture Research**, v. 51, n. 1, p. 58-68, 2020.

CARVALHO, E. V. M. M. D. Abordagens Biotecnológicas do tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Tese** (Doutorado em Biotecnologia) – Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007. 110p.

CHATTOPADHYAY, K.; MONDAL, M. K.; ROY, B. Comparative efficacy of DL-methionine and herbal methionine on performance of broiler chicken. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 11, p. 1034-1039, 2006.

COSTA, D. D. C. D. Metionina mais cistina digestível em rações para alevinos de tambatinga. **Dissertação (mestrado em ciência animal)** – Programa de Pós-graduação em Ciências Animal, Universidade Federal do Maranhão, 2020. 60p

COWEY, C. B.; CHO, C. Y.; SIVAK, J. G.; WEERHEIM, J. A.; STUART, D. D. Methionine intake in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), relationship to cataract formation and the metabolism of methionine. **The Journal of nutrition**, v. 122, n. 5, p. 1154-1163, 1992.

D' MELLO, J. P. F. A comparison of two empirical methods of determining amino acid requirements. **World's Poultry Science Journal**, v. 38, p.114-119. 1982.

DORIGAM, J. C. D. P.; SAKOMURA, N. K.; SOARES, L.; FERNANDES, J. B. K.; SUNDER, A.; LIEBERT, F. Modelling of lysine requirement in broiler breeder hens based on daily nitrogen retention and efficiency of dietary lysine utilization. **Animal Feed Science and Technology**, v. 226, p. 29-38, 2017.

FERNANDES, RIBEIRO, ZUANON. Nutrição de peixes ornamentais, in: Sakomura, N. K., Silva, J. H. V. D.; Costa, F. G. P.; Fernandes, J. B. K.; Hauschild, L. (Eds.), **Nutrição de não ruminantes**. Funep, Jaboticabal, São Paulo, p. 659-674, 2014.

FIGUEIREDO-SILVA, C.; LEMME, A.; SANGSUE, D.; KIRIRATNIKOM, S.; Effect of DL-methionine supplementation on the success of almost total replacement of fish meal with soybean meal in diets for hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis mossambicus*). **Aquaculture Nutrition**, v. 21, n. 2, p.234–241, 2015.

FIRMO, D. D. F.; BOMFIM, M. A. D.; RIBEIRO, F. B.; DE SIQUEIRA, J. C.; LANNA, E. A. T.; TAKISHITA, S. S.; SOUZA, T. J. R. D.; PORTO, N. G. Threonine to lysine ratio in diets of tambaqui juveniles (*Colossoma macropomum*). **Semina: Ciências Agrárias (Londrina)**, v. 39, n. 5, p. 2169-2180, 2018.

FISHER, C.; MORRIS, T. R. The determination of the methionine requirements of laying pullets by a diet dilution technique. **British Poultry Science**, v.11, p.67-82. 1970.

FRACALOSS, D. M.; CYRINO, J. E. P. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, v. 375, 2013. p.401.

FURUYA, W. M., PEZZATO, L. E., BARROS, M. M., BOSCOLO, W. R., CYRINO, J. E. P., FURUYA, V. R. B., FIEDEN, A. **Tabelas brasileiras para nutrição de Tilápias**. Editora GFM, Toledo, 2010. p.100.

FURUYA, W. M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V. R. B.; BORATO, D.; DA SILVA, L. C. D.; NEVES, P. R. Exigências de metionina + cistina total e digestível para alevinos revertidos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), baseadas no conceito de proteína ideal. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 23, p. 885-889, 2001.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; PEZZATO, A. C.; FURUYA, V. R.; MIRANDA, E. C. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, v. 35, n. 12, p. 1110-1116, 2004a.

FURUYA, W. M.; SILVA, L. C. R.; NEVES, P. R.; BOTARO, D.; HAYASHI, C.; SAKAGUTI, E. S.; FURUYA, V. R. B. Exigência de metionina + cistina para alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência Rural**, v. 34, p. 1933-1937, 2004b.

GOODSON, J.; THOMSON, J.; HELMBRECHT, A. Feeding value of L-methionine versus DL-methionine. Animal AG Resource Center, **Evonik Whitepaper** Aug. (28), p. 1596-1605, 2012. Accessed 14 de Out 2022

GOMES, L. C.; SIMÕES, L. N.; ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil** 3 ed. Santa Maria: Editora da UFSM. 2020. p. 175-204.

GONÇALVES JÚNIOR, L. P.; SOUSA, J. G. S.; SELVATICI, P. D. C.; MENDES, L. F.; VARGAS, J. G.; MENDONÇA, P. P. Metionina + cistina digestível para juvenis de tambaqui. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, p. 711-717, 2017.

GUIMARÃES, I. G.; MARTINS, G. P. Nutrient requirements of two Amazonian aquacultured fish species, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) and *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818): A mini review. **Journal of Applied Ichthyology**, 31(S4):57-66, 2015.

HERATH, S. S.; SATOH, S. Environmental impact of phosphorus and nitrogen from aquaculture. In: **Feed and feeding practices in aquaculture**. Wood head Publishing, 2015. p. 369-386.

HUA, K.; SUWENDI, E.; BUREAU, D. P. Effect of body weight on lysine utilization efficiency in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.505, p.47-53, 2019.

KOHLA, U.; SAINT-PAUL, U.; FRIEBE, J.; WERNICKE, D.; BFA, V. H.; BRAVM, E.; GROPP, J. Growth, digestive enzyme activities and hepatic glycogen levels in juvenile

Colossoma macropomum Cuvier from South America during feeding, starvation and refeeding. **Aquaculture research**, v. 23, n. 2, p. 189-208, 1992.

KUBITZA, F. Tambaqui, alimentando com eficiência para reduzir custos. **Panorama da Aquicultura**, v. 22, n. 129, p. 14-21, 2012.

LAZZARI, R.; BALDISSEROTTO, B. Nitrogen and phosphorus waste in fish farming. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 4, p. 591-600, 2008.

LEWIS, A. J. Methionine-cystine relationships in pig nutrition. **Amino acids in animal nutrition** (Ed. JPF D'Mello). CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK, p. 143-155, 2003.

LIMA, C. S.; BOMFIM, M. A. D.; SIQUEIRA, J. C.; LANNA, E. A. T.; RIBEIRO, F. B.; FIRMO, D. S. Crude protein reduction with amino acid supplementation in tambaqui fingerling diets. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 6Supl2, p. 4531-4540, 2015.

LIMA, M. B.; SAKOMURA, N. K.; SILVA, E. P.; LEME, B. B.; MALHEIROS, E. B.; PERUZZI, N. J.; FERNANDES, J. B. K. Arginine requirements for maintenance and egg production for broiler breeder hens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 264, p. 114466, 2020.

LUO, Z.; HU, S.; CHEN, D. The trends of aquacultural nitrogen budget and its environmental implications in China. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 1-9, 2018.

LI, P.; MAI, K.; TRUSHENSKI, J.; WU, G. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. **Amino acids**, v. 37, n. 1, p. 43-53, 2009.

MARCHÃO, R. S.; RIBEIRO, F. B.; DE SIQUEIRA, J. C.; BOMFIM, M. A. D.; SILVA, J. C.; DE SOUSA, T. J. R.; NASCIMENTO, D. C. N.; DA COSTA SOUSA, M. Digestible lysine requirement for Tambaqui (*Colossoma macropomum*) juveniles using the diet dilution technique. **Aquaculture Reports**, v. 18, p. 100482, 2020.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL- NRC. **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**. The National Academies Press, Washington, DC, USA, 2011.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger-7**. Artmed Editora, 2018. p.1312.

NGUYEN, L.; DINH, H.; DAVIS, D. A. Efficacy of reduced protein diets and the effects of indispensable amino acid supplements for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Animal Feed Science and Technology**, v. 268, p. 114593, 2020.

NIU, J.; LEMME, A.; HE, J. Y.; LI, H. Y.; XIE, S. W.; LIU, Y. J.; YANG, H. J.; SILVA, C. F.; TIAN, L. X. Assessing the bioavailability of the Novel Met-Met product (AQUAVI® Met-Met) compared to DL-methionine (DL-Met) in white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture**, v. 484, p. 322-332, 2018.

NUNES, A. J. P.; SÁ, M. V. C.; BROWDY, C. L.; VAZQUEZ-AMON, M. Practical supplementation of shrimp and fish feeds with crystalline amino acids. **Aquaculture**, v. 431, p. 20-27, 2014.

OLIVEIRA, A. C. B. D.; MIRANDA, E. C.; CORREA, E. M. R. Exigências nutricionais e alimentação do tambaqui In: FRACALLOSSI, D. M.; CYRINO, J. E. P. (Eds.), **Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Aquabio, Florianópolis, Santa Catarina, 2013. p. 231-238.

PEDROZA-FILHO, M. X; RODRIGUES, A. P. O; REZENDE, F. P. Dinâmica da produção de tambaqui e demais peixes redondos no Brasil. **Boletim Ativos da Aquicultura**, v. 7, p. 1-5, 2016.

PORTO, N. G.; RIBEIRO, F. B.; SIQUEIRA, J. C. D.; BOMFIM, M. A. D.; MARCHÃO, R. S.; COSTA, D. D. C. D. Methionine plus cystine requirements for the maintenance and efficiency of utilization with tambaqui of different body weights. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, 2020.

PORTZ, L.; FURUYA, W. M. Energia, proteína e aminoácidos, in: Fracalossi, D.M., Cyrino, J.E.P. (Eds.), **Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Aquabio, Florianópolis, Santa Catarina, 2013. p. 65-77

RODRIGUES, A. P. O.; BERGAMIN. G. T.; SANTOS, V. R. V. Nutrição e alimentação de peixes. Em EMBRAPA. **Piscicultura de água doce multiplicados conhecimentos**. 1ª Ed. Editora Embrapa, Brasília, 2013. p.171– 213.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. L.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais**.4ª Editora Viçosa: Departamento de Zootecnia, UFV, 2017. 488p

ROTILI, D. A.; ROSSATO, S.; DI FREITAS, I. L.; MARTINELLI, S. G., RADUNZ NETO, J.; NETO. J. R.; LAZZARI, R. Determination of methionine requirement of juvenile silver catfish (*Rhamdia quelen*) and its effects on growth performance, plasma and hepatic metabolites at a constant cystine level. **Aquaculture Research**, v. 49, n. 2, p. 858-866, 2018.

RUMSEY, G. L.; PAGE, J. W.; SCOTT, M. L. Methionine and cystine requirements of rainbow trout. **The Progressive Fish-Culturist**, v. 45, n. 3, p. 139-143, 1983.

SAINT-PAUL, U. Espécies nativas de peixes impulsionando o desenvolvimento da aquicultura brasileira. **Acta de Pesca e Recursos Aquáticos**, v. 5, n. 1, pág. 1-9, 2017.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos** 2ª Ed. Editora Funep, Jaboticabal, 2016.p.262.

SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES. J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. Editora Funep, Jaboticabal, 2014. p.677.

SANTOS, B. L. T.; ANDRADE, J. E.; SOUSA, R. G. C. Densidade de estocagem utilizada no desenvolvimento do tambaqui em fase de pré-engorda. **Scientia Amazonia**, v. 3, n.3, p. 41-50, 2014.

SALZE, G. P.; DAVIS, D. A. Taurine: A critical nutrient for future fish feeds. **Aquaculture**, v. 437, p. 215–229, 2015.

SILVA, J. C.; BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; RIBEIRO, F. B.; DE SIQUEIRA, J. C.; DE SOUSA, T. J. R.; MARCHÃO, R. S.; DO NASCIMENTO, D. C. N. Lysine requirement for tambaqui juveniles. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 5, p. 2157-2168, 2018.

SILVA, J. V. D.; Ribeiro, F. B.; Siqueira, J. C. D.; Bomfim, M. A. D.; Nascimento, D. C. N. D.; Marchão, R. S. Exigência dietética de valina de tambaqui (*Colossoma macropomum*) com diferentes pesos corporais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 46, 2022.

SIMMONS, L., R. D.; MOCCIA, D. P.; BUREAU, J. G.; SIVAK; HERBERT, K. Dietary methionine requirement of juvenile Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.). **Aquaculture Nutrition** 5, 93 – 100, 1999.

SIQUEIRA, J. C. D.; SAKOMURA, N. K.; DOURADO, L. R. B.; EZEQUIEL, J. M. B.; BARBOSA, N. A. A.; FERNANDES, J. B, K. Técnicas de formulação de dietas e exigências de lisina de frangos de corte de 1 a 22 dias de idade. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 15, p. 123-134, 2013.

SOUSA, M. D. C; BOMFIM, M. A. D.; RIBEIRO, F. B.; DE SIQUEIRA, J. C.; MARCHÃO, R. S.; DE SOUSA, T. J. R.; TAKISHITA, S. S. Lysine requirements of tambatinga (♀ *Colossoma macropomum* × ♂ *Piaractus brachypomus*) fingerlings using different diet formulation techniques. **Aquaculture Nutrition**, v. 27, n. 6, p. 1825-1836, 2021.

SOUZA, F. O.; BOMFIM, M. A. D.; RIBEIRO, F. B.; LANNA, E. A. T.; SOUSA, T. J. R. D. COSTA, D. D. C. D. Methionine plus cystine to lysine ratio in diets for tambaqui juveniles. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 243-250, 2019.

WANG, X., XUE, M., FIGUEIREDO-SILVA, C., WANG, J., ZHENG, Y., WU, X., HAN, F.; MAI, K. Dietary methionine requirement of the pre-adult gibel carp (*Carassius auratus gibelio*) at a constant dietary cystine level. **Aquaculture nutrition**, v. 22, n. 3, p. 509-516, 2016.

WOYNÁROVICH, A; VAN ANROOY, R. Field guide to the culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1816). **FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper**, n. 624, p. I-121, 2019.

WU, G. Amino acids: biochemistry and nutrition. New York: CRC Press, 2021.

WILSON, R. P. Protein and amino acids. In: HALVER, J. E.; HARDY, R. W. **Fish nutrition**. San Diego, USA: Elsevier Science, p.144-179, 2002.

CAPÍTULO 2

EXIGÊNCIA DE METIONINA MAIS CISTINA EM DIETAS PARA TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) DE 55 a 118 g.

Resumo – Objetivou-se determinar as exigências de metionina mais cistina digestível em dietas para tambaqui (*Colossoma macropomum*), na fase entre 55 a 118 gramas. Foram utilizados 288 tambaquis com peso inicial de $54,53 \pm 0,15$ gramas, distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições e 12 peixes por unidade experimental, com duração de 60 dias. Os tratamentos consistiram em dietas contendo cinco níveis de metionina mais cistina digestível (0,400; 0,600; 0,800; 1,000; 1,200%) e uma dieta controle contendo 0,600%, obtida a partir da suplementação de 0,202% de metionina mais cistina sob a forma de DL-metionina (99%) na dieta contendo 0,400%. A dieta controle proporcionou melhor conversão alimentar, maior deposição de proteína corporal e melhor eficiência de retenção de nitrogênio nos peixes em relação aos alimentados com o menor nível avaliado. A elevação do nível dietético de metionina mais cistina digestível influenciou todas as variáveis avaliadas no estudo, exceto o consumo de ração. O consumo de metionina mais cistina aumentou linearmente e o ganho de peso, taxa de crescimento específico e conversão alimentar melhoraram de forma quadrática, até os níveis estimados de 0,876%, 0,883% e 0,907% de metionina mais cistina digestível, respectivamente. Na proteína corporal foi observado efeito linear, e para umidade, gordura e cinzas corporais, efeito quadrático com os níveis estimados em 1,020, 0,930% e 0,889%, respectivamente. As deposições de proteína corporal, gordura e cinzas corporais apresentaram efeito quadrático com valores estimados em 0,920%, 1,124% e 0,879% de metionina mais cistina digestível, respectivamente. Concluiu-se que a exigência de metionina mais cistina digestível em dietas para tambaquis na fase entre 55 e 118 gramas é de 0,920% (0,297 g/Mcal de energia digestível), por proporcionar maior deposição de proteína corporal.

Palavra-chave: peixe amazônico, aminoácidos sulfurados, nutrição proteica

Abstract – The objective was to determine the methionine plus digestible cystine requirements in diets for tambaqui (*Colossoma macropomum*), in the phase between 55 and 118 grams. 288 tambaquis with initial weight of 54.53 ± 0.15 grams were used, distributed in a completely randomized design, with six treatments and four replications and 12 fish per experimental unit, with a duration of 60 days. The treatments consisted of diets containing five levels of methionine plus digestible cystine (0.400; 0.600; 0.800; 1.000; 1.200%) and a control diet containing 0.600%, obtained from the supplementation of 0.202% methionine plus cystine in the form of DL -methionine (99%) in the diet containing 0.400%. The control diet provided better feed conversion, higher body protein deposition and better nitrogen retention efficiency in fish compared to those fed with the lowest evaluated level. The increase in the dietary level of methionine plus digestible cystine influenced all variables evaluated in the study, except feed intake. Consumption of methionine plus cystine increased linearly and weight gain, specific growth rate and feed conversion improved quadratically, up to estimated levels of 0.876%, 0.883% and 0.907% of digestible methionine plus cystine, respectively. For body protein, a linear effect was observed, and for moisture, fat and body ash, a quadratic effect with levels estimated at 1.020, 0.930% and 0.889%, respectively. Depositions of body protein, fat and body ash showed a quadratic effect with values estimated at 0.920%, 1.124% and 0.879% of digestible methionine plus cystine, respectively. It was concluded that the requirement for methionine plus digestible cystine in diets for tambaquis between 55 and 118 grams is 0.920% (0.297 g/Mcal of digestible energy), as it provides greater deposition of body protein.

Keywords: Amazonian fish, sulfur amino acids, protein

1. INTRODUÇÃO

Dentre as espécies de água doce, o tambaqui (*Colossoma macropomum*) é um peixe neotropical de grande importância cultural e econômica para os habitantes da bacia do rio Amazonas. É popular entre os piscicultores devido ao seu fácil manejo em todas as fases produtivas, e seu hábito alimentar onívoro permite o uso de ração comercial e boa adaptação ao sistema de cultivo em viveiros (WOYNÁROVICH; VAN ANROOY, 2019). No entanto, ainda faltam informações sobre suas necessidades nutricionais, principalmente para os aminoácidos essenciais em diferentes fases de produção (GUIMARÃES; MARTINS, 2015).

Os peixes, bem como outros animais de produção, necessitam de proteína na sua alimentação, mas metabolicamente requerem uma associação de aminoácidos essenciais e não essenciais. (BOMFIM et al., 2010; FURUYA et al., 2010). Para melhor aproveitamento das dietas e obtenção de um bom desenvolvimento animal é fundamental a definição das exigências dos aminoácidos, em especial os essenciais para que não haja deficiências e nem excessos (NRC, 2011; FRACALLOSSI; CYRINO, 2013; SAKOMOURA et al., 2014).

Para estimar a exigência dietética de um aminoácido vem-se utilizado a técnica de diluição da dieta (SAKOMURA, 2016; MARCHÃO et al., 2020; SOUSA et al., 2021). Essa técnica foi descrita por Fisher e Morris (1970). A principal vantagem da técnica de diluição é que o balanço de aminoácidos das dietas experimentais não se altera para os diferentes níveis crescentes de aminoácidos essenciais fornecidos aos animais (NRC, 2021; D'MELLO, 2003). Além disso, utiliza uma concentração menor de aminoácidos industriais e fornece melhor eficiência no uso dos nutrientes da dieta pelos animais (SAKOMURA, 2016).

A metionina é um aminoácido essencial, e um dos mais limitantes em dietas para peixes, quando formuladas à base de milho e farelo de soja (FURUYA et al., 2001; FURUYA et al., 2004; BOMFIM et al., 2008). Já a cistina é um aminoácido não essencial, que pode influenciar na disponibilidade de metionina para a deposição de proteínas no corpo animal, uma vez que a cistina pode ser originada a partir da metionina quando em níveis dietéticos deficitários (D'MELLO, 2003).

Esses aminoácidos atuam na síntese de proteína (NRC, 2011; SAKOMOURA et al., 2014), e suas deficiências na dieta podem causar diminuição no crescimento e baixa eficiência alimentar (CAMPELO et al., 2019). A suplementação de metionina pode reduzir a quantidade de lipídeos corporais (NWANNA et al., 2012). No entanto, as exigências nutricionais variam em função da categoria de peso e fase de criação dos peixes (FRACALLOSSI; CYRINO, 2013).

Sabendo se que a exigência de um aminoácido varia em função da faixa de peso dos peixes e que diante da carência de informações sobre a exigência de metionina mais cistina para as diferentes fases de tambaqui, realizou-se este experimento com o objetivo de estimar a exigência de metionina mais cistina nas dietas para juvenis de tambaquis com faixa de peso de 55 a 118 g.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização

O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição e Alimentação de Organismos Aquáticos do Maranhão - LANUMA, localizado no Centro de Ciências de Chapadinha - CCh da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, no município de Chapadinha no estado do Maranhão, Brasil (03°44'33" S 43°21'201" W; altitude 105 m)

2.2 Peixes e condições experimentais

Os procedimentos experimentais foram conduzidos de acordo com as normas éticas de pesquisa com animais após a aprovação pelo comitê de ética no uso animal da Universidade Federal do Maranhão (Nº do Registro Processo 23115.031333/2021-21).

Os tambaquis utilizados no experimento foram obtidos na piscicultura AQUAPESC, na cidade de Santa Inês - MA. Foram utilizados 288 tambaquis com peso médio inicial de $54,53 \pm 0,15$ g, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos (cinco níveis de metionina mais cistina e um tratamento controle), quatro repetições por tratamento e 12 peixes por unidade experimental tendo duração de 60 dias.

Os tambaquis foram distribuídos em 24 caixas de polietileno (unidades experimentais), com capacidade volumétrica de 1000 litros cada, em sistema fechado de circulação de água, dotadas de sistema de abastecimento com vazão de 10 L/h por caixa, aeração suplementar e drenagem individual, com água proveniente de poço artesiano.

A temperatura da água foi medida diariamente duas vezes ao dia (8h e 16h), com o auxílio de um termômetro de bulbo de mercúrio, graduado de 0 a 50°C. O monitoramento do pH, de oxigênio dissolvido e amônia na água foram medidos a cada três dias usando um medidor de pH (HI 8424, Hanna®), oxímetro (HI 9146, Hanna®) e kit comercial (Arcor®) para teste de amônia tóxica, respectivamente.

2.3 Dietas experimentais

Foram realizadas análises dos teores de aminoácidos totais do milho, farelo de soja e farelo de trigo, e os resultados convertidos em aminoácidos digestíveis, utilizando os

coeficientes de digestibilidade dos ingredientes (Tabela 1) recomendados para tambaqui, segundo NASCIMENTO et al. (2020a). As análises dos teores dos aminoácidos totais, foram realizados por meio de cromatografia líquida de alta performance (HPLC) no laboratório CBO (Valinhos-SP).

Tabela 1 - Composição de aminoácidos totais e digestível do milho, farelo de soja e farelo de trigo utilizados nas dietas experimentais

(%)	Milho		Farelo de soja		Farelo de trigo	
	AAT ¹	AAD ²	AAT ¹	AAD ²	AAT ¹	AAD ²
Lisina	0,270	0,246	2,790	2,637	0,670	0,599
Metionina	0,130	0,126	0,510	0,485	0,230	0,207
Metionina+cistina	0,240	0,219	1,080	1,003	0,480	0,426
Treonina	0,280	0,279	1,840	1,805	0,490	0,432
Triptofano	0,020	0,015	0,610	0,575	0,350	0,349
Isoleucina	0,270	0,261	2,200	2,136	0,500	0,459
Valina	0,290	0,282	2,290	2,221	0,720	0,657
Leucina	0,750	0,739	3,420	3,324	0,900	0,839
Arginina	0,420	0,408	3,440	3,412	1,090	1,034
Proteína bruta	7,610	7,191	46,660	44,364	15,620	13,446

¹Aminoácidos totais; ²Aminoácido digestíveis, calculados com base nos coeficientes de digestibilidade apresentados por NASCIMENTO et al (2020).

Para elaboração das dietas experimentais foi aplicada a técnica de diluição (FISHER; MORRIS, 1970). Inicialmente foi formulada uma dieta referência (DR) contendo 34,22 % de proteína bruta (PB) e 1,200 % da metionina mais cistina digestível a base de milho e farelo de soja, e uma dieta isenta de proteína (DIP) à base de amido de milho, contendo os mesmos níveis de energia, vitaminas e minerais.

Posteriormente, a dieta referência (DR) foi diluída sequencialmente com a dieta isenta de proteína (DIP) para obtenção dos níveis dietéticos intermediários de 0,400; 0,600; 0,800 e 1,000%; 1,200% de metionina mais cistina digestível (Tabela 2).

Em todas as dietas experimentais, as relações de treonina/lisina e triptofano/lisina foram mantidas, cinco pontos percentuais acima do proposto por FIRMO et al. (2018) e BOMFIM et al. (2020), respectivamente, para tambaqui. Para os demais aminoácidos, a relação aminoácido/lisina foi mantida, pelo menos, cinco pontos percentuais acima daquelas estimadas a partir dos valores de exigência para tilápia do Nilo propostos pelo NRC (2011), com o objetivo de evitar que outro aminoácido se tornasse limitante para cada nível de metionina mais cistina digestível avaliado.

O sexto tratamento (dieta controle) foi utilizado para confirmar que a metionina mais cistina foi o primeiro aminoácido essencial limitante nas dietas experimentais. A metionina industrial (DL-metionina 99%) foi adicionada ao primeiro nível de metionina mais cistina (0,400%) para atingir o segundo nível avaliado de 0,600% (Tabela 2).

Os ingredientes utilizados para formulação das dietas experimentais foram triturados, pesados individualmente, misturados, e posteriormente peletizados, minimizando assim que ocorresse a lixiviação dos nutrientes. Para o procedimento foi utilizando um moinho de carne com peneira de 5 mm (C.A.F. Picadores de carne - modelo 98 STI). Em seguida, as rações foram secas em estufa com circulação forçada de ar durante 24 horas. Após a secagem foram trituradas para obtenção dos pellets com diâmetros de 2 a 3 mm.

Tabela 2 - Composição percentual e química da dieta isenta proteína (DIP), dieta referência (DR) e dieta controle (DC), e dietas experimentais, elaboradas com base na técnica de diluição.

Ingredientes (%)	Níveis de metionina mais cistina digestível (%)						DC**
	DIP					DR*	
	0,000	0,400	0,600	0,800	1,000	1,200	
Farelo de soja	0,000	22,138	33,210	44,282	55,348	66,420	22,138
Milho	0,000	7,686	11,530	15,374	19,216	23,060	7,686
Farelo de Trigo	0,000	1,360	2,040	2,720	3,400	4,060	1,360
Amido de milho	78,610	52,403	39,295	26,187	13,088	0,000	52,199
Óleo de soja	11,410	7,740	5,905	4,070	2,235	0,400	7,740
Celulose	4,330	2,887	2,165	1,443	0,722	0,000	2,887
Lisina-HCl (78,4%)	0,000	0,030	0,045	0,060	0,075	0,090	0,030
DL-Metionina (99%)	0,000	0,157	0,235	0,313	0,392	0,470	0,360
L-Treonina (98,5%)	0,000	0,083	0,125	0,167	0,208	0,250	0,083
L-triptofano (98%)	0,000	0,013	0,020	0,027	0,033	0,040	0,013
L-Valina (99%)	0,000	0,107	0,160	0,213	0,267	0,320	0,107
Calcáreo Calcítico	0,700	0,710	0,715	0,720	0,725	0,730	0,710
Fosfato Bicálcico	3,830	3,580	3,455	3,330	3,205	3,080	3,580
Premix Vitamínico e Mineral ⁶	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Vitamina C ⁵	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sal	0,550	0,537	0,530	0,523	0,517	0,510	0,537
Antioxidante (BHT)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Diluição (%)	-	D1	D2	D3	D4	D5	-
Dieta isenta de proteína	100,00	66,67	50,00	33,33	16,67	0,00	66,67
Dieta referência	0,00	33,33	50,00	66,67	83,33	100,00	33,33
Composição calculada							
Proteína Bruta (%)	0,00	11,40	17,11	22,81	28,51	34,22	11,40
Proteína Digestível (%)	0,00	10,83	16,25	21,67	27,08	32,50	10,83
Energia Digestível (kcal/kg) ⁴	3100,00	3100,00	3100,00	3100,00	3100,00	3100,00	3100,00

Fibra Bruta (%) ¹	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01
Ca Total (%) ¹	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
P disp (%) ¹	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Na total (%) ¹	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Lisina Digest (%) ²	0,000	0,633	0,950	1,267	1,583	1,900	0,633
Met. + Cist Digest (%) ²	0,000	0,400	0,600	0,800	1,000	1,200	0,600
Treonina Digest. (%) ²	0,000	0,507	0,760	1,013	1,267	1,520	0,507
Triptofano Digest. (%) ²	0,000	0,147	0,220	0,293	0,367	0,440	0,147
Isoleucina Digest. (%)	0,000	0,500	0,750	1,000	1,250	1,500	0,500
Relações aminoacídicas (%)							
Relação Met+Cist /Lisina Dig. ³	0,00	63	63	63	63	63	95
Relação Treonina./Lisina Dig. ³	0,00	80	80	80	80	80	80
Relação Triptofano./Lisina Dig. ³	0,00	23	23	23	23	23	23
Relação Isoleucina./Lisina Dig. ³	0,00	79	79	79	79	79	79

*Dieta referência (1,200 % de metionina digestível)

**Dieta controle = (D1+ 0,202% L-metionina mais cistina);

¹Com base nos valores propostos por ROSTAGNO et al. (2017);

²Com base nos coeficientes de digestibilidade propostos por NASCIMENTO et al. (2020a);

³Relação de aminoácido: lisina com base nos valores do NRC (2011) para tilápia do Nilo;

⁴Com base nos coeficientes de digestibilidade propostos por FURUYA et al. (2010) para tilápia do Nilo;

⁵Vit. C: Cálcio L-ácido ascórbico 2-monofosfato, 42% de ingrediente ativo;

⁶Suplemento vitamínico e mineral, quantidades fornecidas por kg de dieta: Vit. A, 6.000 UI; Vit. D3, 1.000 UI; Vit. E, 60,0 mg; Vit. K3, 12,0 mg; Vit. B1, 24,00 mg; Vit. B2, 24,00 mg; Vit. B6, 24,00 mg; Vit. B12, 24,00 mg; Vit. C, 24,00 mg; ácido fólico, 6,00 mg; Pantotenato de Ca, 60,00 mg; biotina, 0,24 mg; cloreto de colina, 108 g; niacina, 100,00 mg; Fe, 250,00 mg; Cu, 15,0 mg; Mn, 100,00 mg; Zn, 150,00 mg; I, 0,5 mg; Co, 0,05 mg; Se, 0,5 mg.

As rações foram oferecidas diariamente em seis refeições (08h, 10h, 12h, 14h, 16h e 18h), por um período de 60 dias, em pequenas quantidades, com repasses sucessivos até a saciedade aparente, para evitar sobras ou subfornecimento.

2.4 Coleta de amostras

No início do experimento, doze peixes foram sacrificados com uma dose de 100 mg/L de benzocaína. Em seguida foram identificados e congelados em freezer a uma temperatura de - 20 °C, para determinação da composição corporal inicial.

No final do experimento, os peixes foram mantidos em jejum por 24 horas, sendo que dois peixes de cada unidade experimental foram pesados, insensibilizados e eutanasiados, com uma dose de 100 mg/L de benzocaína. Em seguida foram congelados em freezer a uma temperatura de - 20 °C, para determinação da composição corporal final.

Após o descongelamento, os peixes foram secos em estufas de circulação forçada de ar, durante 72 horas a uma temperatura de 65 °C, em seguida foram processados e moídos em moinho de bola, e acondicionados em recipientes para as análises no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, conforme procedimentos descritos pela Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2019).

2.5 Variáveis avaliadas

Foram avaliados o ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), consumo de ração (CR), consumo de metionina mais cistina digestível (CMCD), conversão alimentar (CA), teores de umidade (UC), proteína (PC), gordura (GC) e cinzas (CZC) corporais, taxas de deposição de proteína (DPC), gordura (DGC) e cinzas (DCZC) corporais, e a eficiência de retenção de nitrogênio corporal (ERN). As variáveis avaliadas foram estimadas de acordo com as equações abaixo:

- $GP (g\ g^{-1}) = \text{peso médio final (g)} - \text{peso médio inicial (g)}$;
- $CR (g\ g^{-1}) = \text{ração consumida durante o experimento (g)} / n^{\circ} \text{ de peixes}$;
- $CMCD (g\ g^{-1}) = [\text{consumo de ração (g/peixe)} \times \text{teor de metionina mais cistina digestível da ração (\%)}] / 100$;
- $CA (g\ g^{-1}) = \text{consumo de ração (g)} / \text{ganho de peso (g)}$;
- $TCE (\% \text{ dia}^{-1}) = [(\text{logaritmo natural do peso final (g)} - \text{logaritmo natural do peso inicial (g)}) \times 100] / \text{período de observação experimental (dias)}$;
- $DPC (mg/\text{dia}^{-1}) = [(\text{quantidade de proteína corporal final (mg)}) - (\text{quantidade de proteína corporal inicial (mg)})] / (\text{período experimental})$;
- $DGC (mg/\text{dia}^{-1}) = [(\text{quantidade de gordura corporal final (mg)}) - (\text{quantidade de gordura corporal inicial (mg)})] / (\text{período experimental})$;
- $DCZC (mg/\text{dia}^{-1}) = [(\text{quantidade de cinzas corporal final (mg)}) - (\text{quantidade de cinzas corporal inicial (mg)})] / (\text{período experimental})$;
- $ERN (\%) = \{[(N \text{ corporal final}) - (N \text{ corporal inicial})] \times 100\} / \text{consumo de N}$.

2.6 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SAS 9.0 (2002). As pressuposições de normalidade e homoscedasticidade, foram verificadas pelo teste de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente, e foram atendidas. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância e contrastes ortogonais, para verifica os efeitos lineares e quadráticos. Para a escolha do modelo que melhor se ajustou aos dados, levou-se em consideração o nível de significância dos contrastes ($P \leq 0,05$) e o coeficiente de determinação ($R^2 = \text{SQ do modelo} / \text{SQ do tratamento}$). Para comparar os efeitos da dieta controle (0,600 %) com o menor nível testado (0,400 %), foi utilizado o teste “T” ($P \leq 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias da temperatura as 8h foi de $25,4 \pm 0,08^{\circ}\text{C}$ e às 16h foi de $26,9 \pm 0,07^{\circ}\text{C}$, respectivamente. O pH permaneceu em $6,5 \pm 0,04$, a amônia total $< 1,00$ ppm, e o oxigênio dissolvido em $10,80 \pm 0,07$ mg/L. Os parâmetros de qualidade da água ficaram próximos dos valores recomendados para a criação do tambaqui, conforme Mendonça et al. (2012), Correa et al. (2018) e Nascimento et al. (2020b). Não houve mortalidade dos peixes durante o período experimental, mesmo nos animais alimentados com menor nível dietético de metionina mais cistina avaliado.

A metionina mais cistina foi o primeiro aminoácido limitante em todas as rações experimentais, uma vez que os peixes alimentados com a dieta controle obtiveram melhor conversão alimentar, maior deposição de proteína corporal e eficiência de retenção de nitrogênio em relação aos alimentados com a dieta contendo o menor nível de metionina mais cistina digestível avaliado (0,400%), na comparação pelo teste “T” (Tabelas 3 e 7). Neste sentido e considerando que a utilização da proteína é condicionada ao primeiro aminoácido limitante, as respostas obtidas nas variáveis estão relacionadas às variações no teor de metionina mais cistina digestível e não ao teor de proteína bruta das rações.

O aumento dos níveis dietéticos de metionina mais cistina influenciou todas as variáveis de desempenho avaliadas ($P < 0,05$), exceto o consumo de ração ($P > 0,05$) (Tabelas 3 e 4). A não variação no consumo de ração pode estar associada ao fato das dietas serem isoenergéticas, uma vez que o nível energético pode limitar a quantidade consumida pelo peixe (NRC, 2011). Respostas semelhantes foram obtidas por Gonçalves et al., (2017) e Souza et al., (2019), que também não observaram efeitos no consumo da ração de tambaquis alimentados com diferentes níveis de metionina mais cistina na dieta. O consumo de metionina mais cistina digestível aumentou linearmente ($P < 0,05$), conforme se elevou os níveis destes aminoácidos nas dietas experimentais.

O ganho de peso e a taxa de crescimento específico foram influenciados pela elevação do nível dietético de metionina mais cistina digestível de forma quadrática ($P < 0,05$), com níveis estimados de 0,876% e 0,883%. A conversão alimentar de juvenis de tambaqui variou de forma quadrática ($P < 0,05$), com o nível de metionina mais cistina digestível estimado em 0,907% (Tabelas 3 e 4; Figuras 1 e 2).

Tabela 3 - Desempenho produtivo de juvenis de tambaqui alimentados com diferentes níveis de metionina digestível na dieta. Valores médios $\pm$ erro-padrão do consumo de ração (CR), consumo de metionina mais cistina digestível (CMCD), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE) e conversão alimentar (CA).

Metionina mais cistina digestível	Variável				
	CR	CMCD	GP	TCE	CA
(%)	(g peixe ⁻¹)	(g peixe ⁻¹)	(g)	(% dia ⁻¹)	(g g ⁻¹)
DC ¹	19,40 $\pm$ 0,65	135,77 $\pm$ 4,57	62,53 $\pm$ 1,11	1,08 $\pm$ 0,04	1,55 $\pm$ 0,05
0,400	19,34 $\pm$ 1,22	77,36 $\pm$ 4,88*	53,11 $\pm$ 4,08	1,11 $\pm$ 0,05	1,91 $\pm$ 0,07*
0,600	19,64 $\pm$ 0,86	117,83 $\pm$ 5,17	63,20 $\pm$ 4,90	1,26 $\pm$ 0,07	1,56 $\pm$ 0,05
0,800	20,80 $\pm$ 0,73	166,43 $\pm$ 5,83	74,09 $\pm$ 4,07	1,39 $\pm$ 0,07	1,40 $\pm$ 0,04
1,000	17,38 $\pm$ 0,88	173,79 $\pm$ 8,84	68,46 $\pm$ 3,78	1,35 $\pm$ 0,06	1,28 $\pm$ 0,02
1,200	19,84 $\pm$ 1,66	254,67 $\pm$ 11,02	63,31 $\pm$ 2,43	1,22 $\pm$ 0,01	1,56 $\pm$ 0,07
$P > F^2$	0,3323	<0,0001	0,0233	0,0182	<0,0001
Valor de P linear	0,7261	<0,0001	0,0570	0,0336	<0,0001
Valor de P quadrático	0,9501	<0,2159	0,0060	0,0052	<0,0001
CV (%) ³	11,58	10,20	12,21	8,47	7,00

¹DC – Dieta Controle (D1+ 0,202% L-metionina mais cistina);

² $P > F$ – Significância do Teste “F” da análise de variância;

³CV – Coeficiente de variação (%);

* Difere da dieta controle (DC) pelo teste T ($P < 0,05$).

Tabela 4 - Equações de regressão, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis, consumo de metionina mais cistina digestível (CMCD), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE) e conversão alimentar (CA) de juvenis de tambaqui em função do nível de metionina mais cistina digestível da dieta.

Variável	Modelo	Equação	R ²	$P > F^1$	Nível estimado (%)
CMCD (g peixe ⁻¹)	Linear	$\hat{Y} = 201,01x^2 - 3,65$	0,95	<0,0001	-----
GP (g)	Quadrática	$\hat{Y} = -83,95x^2 + 147,14x + 7,17$	0,93	0,0060	0,876
TCE (% dia ⁻¹)	Quadrática	$\hat{Y} = -1,20x^2 + 2,12x + 0,46$	0,97	0,0052	0,883
CA (g g ⁻¹)	Quadrática	$\hat{Y} = 2,30x^2 - 4,17x + 3,22$	0,96	<0,0001	0,907

Significância do Teste “F”.

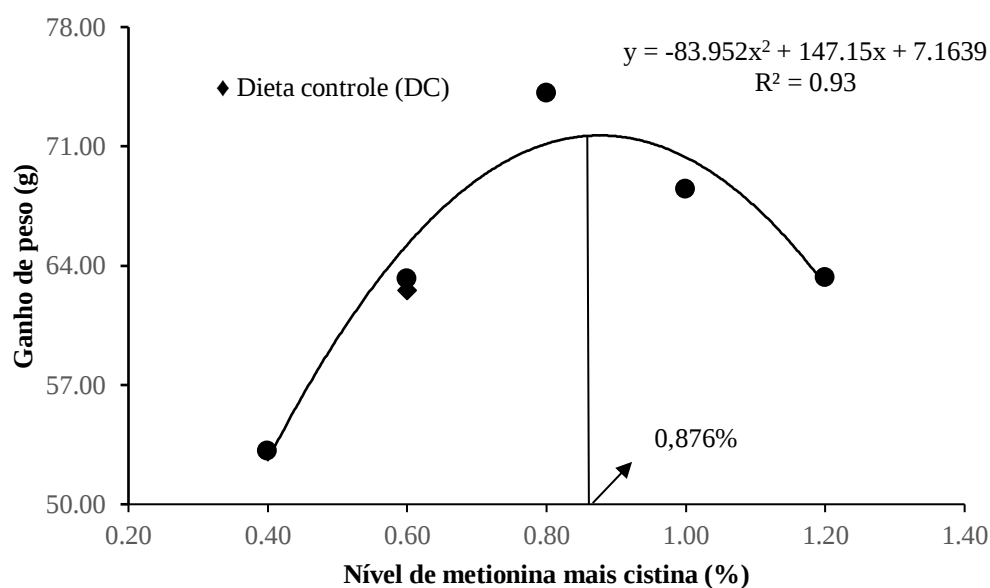


Figura 1- Representação gráfica do ganho de peso (GP ●) de tambaquis em função dos níveis dietéticos de metionina mais cistina digestível

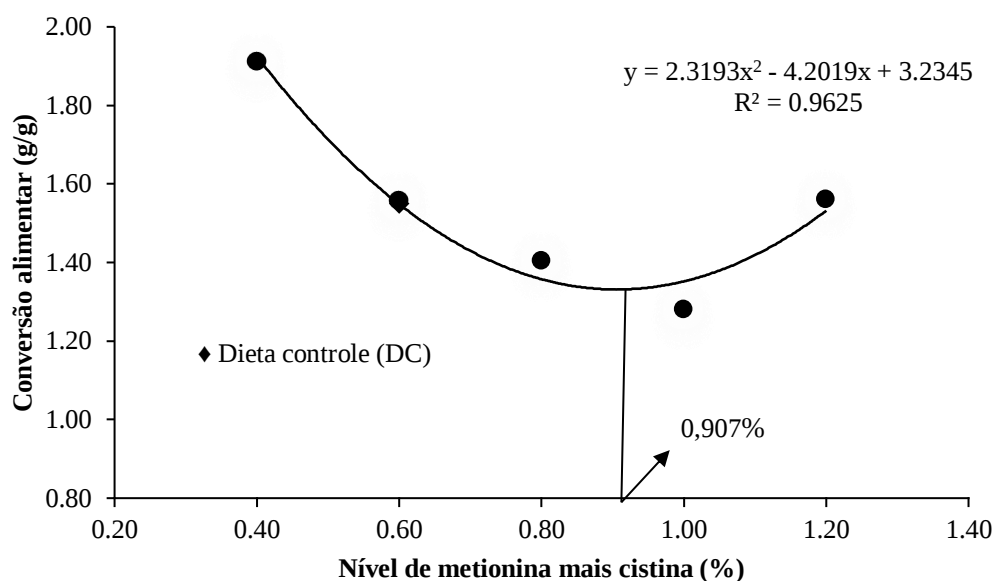


Figura 2 - Representação gráfica da conversão alimentar (CA ●) de tambaquis em função dos níveis dietéticos de metionina mais cistina digestível

Estes resultados demonstram que a elevação dietética da metionina mais cistina digestível aumentou a síntese proteica corporal de juvenis de tambaquis no presente estudo, à medida que o animal deposita proteína ele também acumula mais água no organismo, refletindo no maior ganho de peso e melhora na conversão alimentar. A sua deficiência nas rações prejudica o crescimento dos animais e a formação de tecido magro, indicando que esses aminoácidos são indispensáveis para o desenvolvimento dos peixes (ESPE et al., 2008; NRC, 2011).

As respostas obtidas para ganho de peso e taxa de crescimento específico (0,876; 0,873 %) foram inferiores aos observados em pesquisas com peixes redondos em Costa et al. (2020) para ganho de peso, que recomendaram a exigência de metionina mais cistina digestível de 1,11% para alevinos de tambatinga (♀ *Colossoma macropomum* × ♂ *Piaractus brachypomus*). Já Souza et al. (2019), para a taxa de crescimento específico para tambaqui a exigência foi estimada em 0,94% na dieta, com o incremento do mesmo aminoácido na ração.

No entanto, pesquisas com outras espécies onívoras mostraram respostas semelhantes ao presente estudo, para a variável de ganho de peso. Michelato et al. (2013) em estudos com juvenil de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) estimaram a exigência de 0,90 % de metionina mais cistina digestível na dieta. Para a taxa de crescimento específico Prabu et al. (2019), estimaram a exigência em 0,90% em experimentos com juvenis de tilápia GIFT, para o mesmo aminoácido.

Os valores estimados no presente estudo para o ganho de peso e taxa de crescimento específico estão abaixo aos recomendados para os peixes redondos, sendo que essas diferenças nas exigências dos aminoácidos metionina mais cistina podem ser atribuídas à fase de cultivo dos peixes, pois animais na fase inicial demonstram uma maior taxa de crescimento em relação aos animais mais velhos, em consequência da maior exigência de aminoácidos da dieta para deposição de proteína corporal (WILSON et al., 2003; PORTZ; FURUYA. 2013; MARCHÃO et al., 2020). Por outro lado, espécies semelhantes morfometricamente como tambaqui e tambatinga, e diferentes como Tilápia do Nilo e carpa, com os mesmos hábitos alimentares, podem diferir na utilização dos aminoácidos no seu metabolismo, causando diferenças na taxa de crescimento e ganho de peso (NRC; 2011).

A técnica de suplementação de aminoácidos (D'MELLO, 1982) utilizada na formulação de dietas experimentais, na maioria dos estudos de exigência de aminoácidos em peixes, utiliza-se grande quantidade de aminoácidos industriais, o que pode comprometer o balanço de aminoácidos na dieta. Já a técnica de diluição da dieta (FISHER; MORRIS, 1970) utilizada no presente estudo proporciona relações constantes de aminoácidos em todos os tratamentos, usando uma menor quantidade de aminoácidos industriais em comparação com a técnica de suplementação (SIQUEIRA, et al., 2013; SAKOMURA, 2016).

De acordo com o procedimento de elaboração das dietas nesse experimento, a variação no teor de proteína e a quantidade de metionina mais cistina na dieta, para cada nível, aumentou a formação de tecido muscular nos tambaquis. Essa resposta dos animais é possível devido a quantidade de aminoácidos industriais acrescentados na dieta, suprimindo as necessidades do animal, não acarretando problemas de déficit de aminoácidos, e diminuindo o catabolismo.

Outras condições que podem influenciar os resultados do experimento são os parâmetros físico-químicos da água e a frequência alimentar (NWANNA et al., 2012; ARIDI et al., 2016), onde de acordo com as estratégias de alimentação adotada, somado as variações de temperatura e pH, os peixes podem consumir mais ou menos ração, causando diminuição no desempenho e crescimento dos peixes.

No presente estudo houve melhora na conversão alimentar com o valor estimado em 0,907 % para exigência de metionina mais cistina digestível na dieta para juvenis de tambaqui, essa resposta é devido a melhor relação de energia e aminoácidos sulfurados, o aproveitamento da proporção de aminoácidos dentro da fração proteica da dieta, combinados com os aminoácidos de metionina mais cistina industriais, adicionados proporcionalmente na dieta

suprindo suas as deficiências, acarretando na maior deposição de proteína corporal (tecido muscular), e menor acúmulo de gordura corporal (LOVELL,1998; SOUZA et al., 2019; MARCHÃO et al., 2020), resultado também confirmado pelo ganho de peso e taxa de crescimento específico.

Souza et al. (2019), em estudo com tambaqui (*Colossoma macropomum*) com peso inicial médio de 1 g, estimaram a exigência de metionina mais cistina digestível na dieta em 0,94 %. Para os experimentos com Tilápia do Nilo, com peso médio de 0,86 g, o valor estimado foi de 0,91 % (BOMFIM et al., 2008), proporcionando melhora na conversão alimentar, resultados esses próximo ao obtido nesse estudo.

Para a proteína corporal foi observado efeito linear crescente ($P<0,05$), e para umidade, gordura corporal e cinza corporal foram observados efeitos quadráticos ($P<0,05$), onde os níveis estimados foram de 1,020%, 0,930% e 0,889%, respectivamente (Tabela 5 e 6).

As exigências de metionina mais cistina na dieta para a composição corporal de algumas espécies onívoras apresentaram respostas diferentes em comparação a esse estudo. Bomfim et al. (2008), em experimentos com alevinos de tilápias do Nilo, observaram que a variação de metionina mais cistina na dieta não influenciou o teor de proteína corporal, mas influenciaram os teores de umidade e gordura corporal. No estudo de Prapu et al. (2019) com tilápias GIFT, os teores de proteína e cinzas foram significativamente afetados pela suplementação dietética de DL-metionina e não foram observadas diferenças significativas nos teores de umidade e de gordura entre os tratamentos.

Tabela 5 - Composição corporal de juvenis de tambaqui alimentados com diferentes níveis de metionina digestível na dieta. Valores médios $\pm$ erro-padrão de umidade corporal, proteína corporal, gordura corporal, matéria mineral (cinzas corporais).

Metionina digestível	Variável			
	Umidade corporal	Proteína corporal	Gordura corporal	Cinza corporal
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
DC	69,46 $\pm$ 0,18	13,61 $\pm$ 0,07	13,23 $\pm$ 0,28	3,70 $\pm$ 0,18
0,400	64,64 $\pm$ 0,82*	12,92 $\pm$ 0,35	18,09 $\pm$ 0,18*	3,58 $\pm$ 0,13
0,600	69,16 $\pm$ 0,31	13,19 $\pm$ 0,19	13,96 $\pm$ 0,13	3,69 $\pm$ 0,06
0,800	69,15 $\pm$ 0,08	14,09 $\pm$ 0,45	12,78 $\pm$ 0,40	3,99 $\pm$ 0,10
1,000	72,53 $\pm$ 0,53	14,61 $\pm$ 0,31	8,92 $\pm$ 0,24	3,94 $\pm$ 0,16
1,200	70,53 $\pm$ 0,19	14,02 $\pm$ 0,11	11,70 $\pm$ 0,09	3,75 $\pm$ 0,05
$P>F^1$	<0,0001	0,0084	<0,0001	0,0860
Valor de P linear	<0,0001	0,0020	<0,0001	0,1106
Valor de P quadrático	0,0001	0,0879	0,0001	0,0327
CV (%)	1,35	4,46	3,80	5,76

¹DC – Dieta Controle (D1+ 0,202% L-metionina mais cistina);

²CV – Coeficiente de variação (%);

³ $P > F^1$ – Significância do Teste “F” da análise de variância;

* Difere da dieta controle (DC) pelo teste T ($P<0,05$).

Tabela 6 - Equações de regressão, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis, de umidade corporal (UC), proteína corporal (PC), gordura corporal (GC), cinzas corporais (CZC) de juvenis de tambaqui, em função do nível de metionina mais cistina digestível da dieta.

Variável	Modelo	Equação	R ²	P>F ¹	Nível estimado (%)
UC (%)	Quadrática	$\hat{Y} = -17,22x^2 + 35,12x + 53,50$	0,88	0,0001	1,020
PC (%)	Linear	$\hat{Y} = 1,81x^2 + 12,31x$	0,68	0,0020	-----
GC (%)	Quadrática	$\hat{Y} = 20,09x^2 - 41,10x + 31,52$	0,86	0,0001	0,930
CZC (%)	Quadrática	$\hat{Y} = -1,71x^2 + 3,04x + 2,60$	0,34	0,0327	0,889

Significância do Teste "F".

Na deposição de proteína corporal, deposição de gordura corporal e deposição de cinzas corporal foram observados efeitos quadráticos (P<0,05), com os níveis estimados em 0,920%; 1,124% e 0,879% de metionina mais cistina digestível, respectivamente. Para eficiência de retenção de nitrogênio foi observado efeito linear decrescente (P<0,01) (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7 - Valores médios ± erro-padrão da deposição de proteína (DPC), gordura (DGC) e cinzas (DCZC) corporais e eficiência de retenção de nitrogênio (ERN) de juvenis de tambaqui em função do nível de metionina mais cistina digestível da dieta.

Metionina digestível	Variável			
	DPC	DGC	DCZC	ERN
(%)	(mg/dia ⁻¹)	(mg/dia ⁻¹)	(mg/dia ⁻¹)	(%)
DC	137,93±1,34	180,40±4,94	37,89±3,75	69,20±3,67
0,400	103,54±5,99*	260,79±16,65*	30,08±4,39	56,70±3,09*
0,600	131,65±13,85	195,68±10,39	38,06±3,34	46,65±2,90
0,800	174,99±16,90	195,74±7,90	51,21±3,84	44,09±3,55
1,000	172,44±15,69	104,88±8,16	46,67±5,86	41,54±1,66
1,200	147,81±5,81	151,88±6,39	39,26±2,35	26,48±1,46
P>F ¹	0,0058	<0,0001	0,0222	<0,0001
Valor de P linear	0,0054	<0,0001	0,0562	<0,0001
Valor de P quadrático	0,0058	0,0041	0,0067	0,3302
CV (%)	17,23	11,59	20,07	12,36

¹DC – Dieta Controle (D1+ 0,202% L-metionina mais cistina);

²CV – Coeficiente de variação (%);

³P > F¹ – Significância do Teste "F" da análise de variância;

* Difere da dieta controle (DC) pelo teste T (P<0,05).

Tabela 8 - Equações de regressão, coeficientes de determinação e valores de exigência para as variáveis, deposição de proteína (DPC), gordura (DGC) e cinzas (DCC) corporais e eficiência de retenção de nitrogênio (ERN) de juvenis de tambaqui em função do nível de metionina mais cistina digestível da dieta.

Variável	Modelo	Equação	R ²	P>F ¹	Exigência (%)
DPC (mg/dia ⁻¹)	Quadrática	$\hat{Y} = -270,32x^2 + 497,19x - 57,03$	0,93	0,0058	0,920
DGC (mg/dia ⁻¹)	Quadrática	$\hat{Y} = 238,01x^2 - 535,13x + 438,53$	0,80	0,0041	1,124
DCC (mg/dia ⁻¹)	Quadrática	$\hat{Y} = -86,55x^2 + 151,97x - 18,20$	0,90	0,0067	0,879
ERN (mg/dia ⁻¹)	Linear	$\hat{Y} = -32,78x^2 + 69,31x$	0,90	<0,0001	-----

Significância do Teste "F".

O nível de 0,920% de metionina mais cistina na dieta para a deposição de proteína corporal indica que a adição desse aminoácido até esse nível influenciou o desenvolvimento

dos juvenis de tambaqui (Tabela 7 e 8). Essa atuação pode ser devido a maior eficiência da utilização dos aminoácidos proveniente das fontes proteicas da ração, associado com a menor quantidade de aminoácidos industriais, promovendo um melhor aproveitamento aminoacídico da dieta, demonstrando que a suplementação desses aminoácidos sulfurados limitante é importante na formação de tecido muscular e o aumento de peso dos peixes. Isso pode ser confirmado pelos resultados observados nas variáveis de taxa de crescimento específico e conversão alimentar.

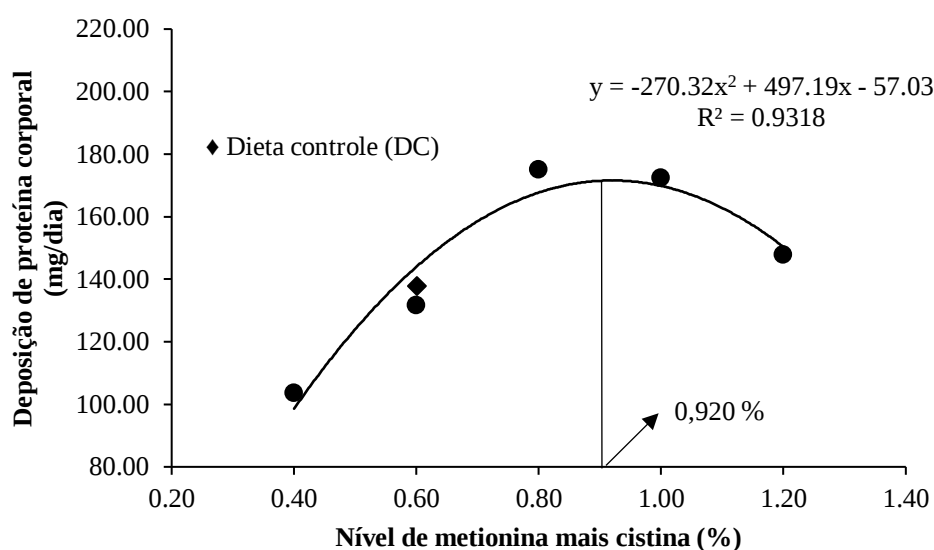


Figura 3 - Representação gráfica da deposição de proteína corporal (DPC ●) de tambaquis em função dos níveis dietéticos de metionina mais cistina digestível

Por outro lado, a deposição de gordura corporal reduziu de forma quadrática ($P < 0,05$) com nível de metionina mais cistina digestível estimado em 1,124%. Essa redução na deposição de gordura nos peixes pode estar relacionada às diversas funções da metionina no organismo, como a utilização da metionina como precursor da colina e carnitina, que estão associadas ao catabolismo de ácidos graxos para geração de energia, potencializando também a deposição de proteína corporal (NRC, 2011; NWANNA et al., 2012; MICHELATO et al., 2013, SAKOMOURA et al., 2014; ANDERSEN et al., 2016; CAMPELO et al., 2019).

Os minerais são responsáveis por um conjunto de funções que vai desde a constituição óssea, bem como diversos processos que envolvem metabolismo de carboidratos, lipídios e aminoácidos (SAKOMURA, et al 2014). Neste estudo, o aumento dos níveis de metionina mais cistina digestível na dieta aumentou a deposição de cinzas corporais até o nível estimado em 0,879%. Esse resultado pode estar associado à necessidade mineral do animal na composição

do tecido ósseo responsável por sustentar o tecido muscular, conforme relatado por Araújo et al. (2017) e Sousa et al. (2018), em experimentos com tambaqui submetidos a diferentes níveis de fósforo na ração.

A eficiência de retenção de nitrogênio reduziu de forma linear com os níveis crescentes de metionina mais cistina nas dietas, isso pode estar ligada ao aumento da proporção de aminoácidos não limitantes sendo utilizado no processo de catabolismo, certamente devido ao aumento da proteína nos níveis superiores (BOMFIM et al., 2021) e a menor relação energia/proteína (LIMA et al., 2016). Está redução também foi observada em estudos com outros aminoácidos, como lisina conduzidos por (SOUSA et al., 2021) com tambatinga e (MARCHÃO et al., 2020) com tambaqui. Em todos os estudos foram utilizados a técnica de diluição da dieta na formulação das dietas experimentais.

O ganho de peso é a variável de desempenho mais utilizada para determinar a exigência de aminoácidos para os peixes (NRC, 2011; SAKUMORA; ROSTAGNO, 2016). No entanto, o ganho de peso consiste em aumentos de proteínas, lipídios, minerais e água (NRC, 2011), e não há demanda metabólica de aminoácidos para manter as reservas lipídicas e minerais (BURNHAM; GOUS, 1992; GOUS, 2007).

Considerando o valor estimado neste estudo de 0,920% de metionina mais cistina para juvenis de tambaqui, semelhantes ao valor de 0,94% determinados em juvenis de tambaqui por Souza et al. (2019), a deposição de proteína corporal é a variável mais apropriada para definir a exigência de aminoácido para peixes (SILVA et al., 2018; BOMFIM et al., 2020; LEE et al., 2020; SOUSA et al., 2021), visando um melhor desempenho produtivo e contribuindo para a diminuição da excreção de nitrogênio no meio ambiente.

4. CONCLUSÃO

A exigência de metionina mais cistina digestível em dietas para tambaquis na faixa entre 55 e 118 gramas é estimada em 0,920% (0,297g/Mcal), correspondendo a 3,51% da proteína bruta na dieta, por proporcionar maior deposição de proteína corporal.

REFERÊNCIAS

- ANDERSEN, S. M.; WAAGBØ, R.; ESPE, M. Functional amino acids in fish health and welfare. **Frontiers in Bioscience**, v. 8, p. 143-169, 2016.
- ARAÚJO, J. G.; GUIMARÃES, I. G.; MOTA, C. S.; DE PAULA, F. G.; CAFÉ, M. B.; PÁDUA, D. M. C. Dietary available phosphorus requirement for tambaqui, *Colossoma macropomum*, juveniles based on growth, haematology and bone mineralization. **Aquaculture Nutrition**, v. 23, n. 4, p. 822-832, 2017.
- ARIDE, P. H. R.; ROUBACH, R.; VAL, A. L. Tolerance response of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier) to water pH. **Aquaculture Research**, v. 38, n. 6, p. 588-594, 2007.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 21.ed. Rockville, MD.: AOAC, 2019. 3390p
- BOMFIM, M. A. D. Estratégias nutricionais para redução das excreções de nitrogênio e fósforo nos sistemas de produção de peixes no Nordeste: sustentabilidade ambiental e aumento da produtividade. **Revista Científica de Produção Animal, Teresina**, v. 15, n. 2, p. 122-140, 2013.
- BOMFIM, M. A. D.; LAMA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; QUADROS, M.; RIBEIRO, F. B.; SOUSA, M. P. D. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 1-8, 2010.
- BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; RIBEIRO, F. B.; TAKISHITA, S. S. Exigência de metionina mais cistina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 783-790, 2008.
- BOMFIM, M. A. D.; MARCHÃO, R. S.; RIBEIRO, F. B.; SIQUEIRA, J. C. D.; COSTA, D. D. C. D.; LIMA, M. S. D. Digestible threonine requirement in diets for tambatinga (♀ *Colossoma macropomum* x ♂ *Piaractus brachypomus*) fingerlings. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, 2021.
- BOMFIM, M. A. D.; MARCHÃO, R. S.; RIBEIRO, F. B.; SIQUEIRA, J. C. D.; SILVA, L. R.; TAKISHITA, S. S. Exigência de triptofano digestível para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 2, 2020.
- BURNHAM, D.; GOUS, R. M. Exigências de isoleucina do frango: exigência para manutenção. **British Poultry Science**, v. 33, n. 1, pág. 59-69, 1992.
- BUZOLLO, H.; SANDRE, L. C. G.; NEIRA, L. M.; NASCIMENTO, T. M. T. D.; JOMORI, R. K.; CARNEIRO, D. J. Digestible protein requirements and muscle growth in juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Aquaculture Nutrition**, 25(3), 669-679. v. 25, n. 3, p. 669-679. 2019.

CAMPELO, D. A.V.; SALARO, A. L.; MOURA, L. B.; PONTES, M. D.; CARNEIRO, C. L.; FURUYA, W. M. Optimal dietary methionine + cystine requirement for finishing lambari, *Astyanax altiparanae* (Garutti and Britski, 2000). **Aquaculture Research**, v. 51, n. 1, p. 58-68, 2019.

CORREA, R. D. O.; DE SOUSA, A. R. B.; MARTINS JUNIOR, H. Criação de tambaquis. **Embrapa Amazônia Oriental-Folder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2018.

COSTA, D. D. C. D. Metionina mais cistina digestível em rações para alevinos de tambatinga. **Dissertação** (mestrado em ciência animal) – Programa de Pós-graduação em Ciências Animal, Universidade Federal do Maranhão, 2020. 60p.

DA SILVA, B. C.; DA COSTA MARCHIORI, N.; SILVA, F. M.; MASSAGO, H. Ganho genético após uma geração de seleção individual para peso final e variáveis morfométricas em tilápia. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 1, p. 103-110, 2019.

D'MELLO, J. P. F. A comparison of two empirical methods of determining amino acid requirements. **World's Poultry Science Journal**, v. 38, n. 2, p. 114-119, 1982.

D'MELLO, J. P. F. **Amino acids in animal nutrition** 2ª Ed. CABI, 2003.p.526

ENCARNAÇÃO, P.; DE LANGE, C.; BUREAU, D. P. Diet source affects lysine utilization for protein deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 261, n. 4, p. 1371-1381, 2006.

FIRMO, D. D. F.; BOMFIM, M. A. D.; RIBEIRO, F. B.; DE SIQUEIRA, J. C.; LANNA, E. A. T.; TAKISHITA, S. S.; SOUZA, T. J. R. D.; PORTO, N. G. Threonine to lysine ratio in diets of tambaqui juveniles (*Colossoma macropomum*). **Semina: Ciências Agrárias (Londrina)**, v. 39, n. 5, p. 2169-2180, 2018.

FISHER, C.; MORRIS, T. R. The determination of the methionine requirement of laying pullets by a diet dilution technique. **British Poultry Science**, v. 11, n. 1, p. 67-82, 1970.

FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, v. 375, 2013. p.401.

FURUYA, W. M., PEZZATO, L. E., BARROS, M. M., BOSCOLO, W. R., CYRINO, J. E. P., FURUYA, V. R. B., FIEDEN, A. **Tabelas brasileiras para nutrição de Tilápias**. Editora GFM, Toledo, 2010. p.100.

FURUYA, W. M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V. R. B.; BOTARO, D.; DA SILVA, L. C.; Neves, P. R. Exigências de metionina + cistina total e digestível para alevinos revertidos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), baseadas no conceito de proteína ideal. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 23, p. 885-889, 2001.

FURUYA, W. M.; SILVA, L. C. R.; NEVES, P. R.; BOTARO, D.; HAYASHI, C.; SAKAGUTI, E. S.; FURUYA, V. R. B. Exigência de metionina + cistina para alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência Rural**, v. 34, p. 1933-1937, 2004.

GONÇALVES, J. L. P.; SOUSA, J. G. S.; SELVATICI, P. D. C.; MENDES, L. F.; VARGAS, J. G.; MENDONÇA, P. P. Metionina + cistina digestível para juvenis de tambaqui. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, p. 711-717, 2017.

GOUS, Robert Mervyn. Metodologias para modelagem de respostas energéticas e de aminoácidos em aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 263-275, 2007.

GRISDALE-HELLAND, B.; GATLIN, III, D. M.; CORRENT, E.; HELLAND, S. J. The minimum dietary lysine requirement, maintenance requirement and efficiency of lysine utilization for growth of Atlantic salmon smolts. **Aquaculture Research**, v. 42, n. 10, p. 1509-1529, 2011.

GUIMARÃES, I. G.; MARTINS, G. P. Nutrient requirements of two Amazonian aquacultured fish species, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) and *Piaractus brachipomus* (Cuvier, 1818): A mini review. **Journal of Applied Ichthyology**, 31(S4):57-66, 2015.

HE, J. Y.; LONG, W. Q.; HAN, B.; TIAN, L. X.; YANG, H. J.; ZENG, S. L.; LIU, Y. J. Effect of dietary l-methionine concentrations on growth performance, serum immune and antioxidative responses of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture research**, v. 48, n. 2, p. 665-674, 2017a.

LEE, S.; SMALL, B. C.; PATRO, B.; OVERTURF, K.; HARDY, R. W. The dietary lysine requirement for optimum protein retention differs with rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) strain. **Aquaculture**, v. 514, p. 734483, 2020.

LOVELL, T. **Nutrition and Feeding of Fish**, 2ª Ed. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 1998.p.269

LIMA, C. D. S.; BOMFIM, M. A. D.; SIQUEIRA, J. C. D. RIBEIRO, F. B.; LANNA, E. A. T. Crude protein levels in the diets of tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), fingerlings. **Revista Caatinga**, v. 29, p. 183-190, 2016.

ESPE, M.; HEVROY, E. M.; LIASET, B.; LEMME, A.; El-MOWAFI, A. A ingestão de metionina afeta o metabolismo hepático do enxofre em salmão do Atlântico, *Salmo salar*. **Aquicultura**, v. 274, n. 1, pág. 132-141, 2008.

MARCHÃO, R. S.; RIBEIRO, F. B.; DE SIQUEIRA, J. C.; BOMFIM, M. A. D.; SILVA, J. C.; DE SOUSA, T. J. R.; NASCIMENTO, D. C. N.; DA COSTA SOUSA, M. Digestible lysine requirement for Tambaqui (*Colossoma macropomum*) juveniles using the diet dilution technique. **Aquaculture Reports**, v. 18, p. 100482, 2020.

MENDONÇA, P. P.; COSTA, P. C.; POLESE, M. F.; VIDAL JR, M. V.; ANDRADE, D. R. Efeito da suplementação de fitase na alimentação de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Archivos de Zootecnia**, v. 61, n. 235, p. 437-448, 2012.

MICHELATO, M.; FURUYA, W. M.; GRACIANO, T. S.; VIDAL, L. V. O.; XAVIER, T. O.; MOURA, L. B.; FURUYA, V. R. B. Digestible methionine + cystine requirement for Nile tilapia from 550 to 700 g. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, p. 7-12, 2013.

MONTES-GIRAO, P. J., & FRACALOSSI, D. M. Dietary lysine requirement as basis to estimate the essential dietary amino acid profile for jundiá, *Rhamdia quelen*. **Journal of the World Aquaculture Society**, 37(4), 388-396, 2006.

NASCIMENTO, T. M. T. D.; BUZOLLO, H.; SANDRE, L. C. G. D.; NEIRA, L. M.; ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Apparent digestibility coefficients for amino acids of feed ingredients in tambaqui (*Colossoma macropomum*) diets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, 2020a.

NASCIMENTO, L. T. D.; MALATO, B. V.; GOMES, P. W. P.; SILVA, T. D. M.; MURIBECA, A. D. J. B.; GOMES, P. W. P. Qualidade da água para a produção de *Colossoma macropomum* (Serassalmidae) em Salvaterra, estado do Pará. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 10, n. 3, p. 12-15, 2020b.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL- NRC. **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**. The National Academies Press, Washington, D. C, USA, 2011.

NAYLOR, R. L.; HARDY, R. W.; BUSCHMANN, A. H.; BUSH, S. R.; CAO, L.; KLINGER, D. H.; LUBCHENCO, J.; SHUMWAY, S. E.; TROELL, M. A 20-year retrospective review of global aquaculture. **Nature**, v. 591, n. 7851, p. 551-563, 2021.

NWANNA, L. C.; LEMME, A.; METWALLY, A.; SCHWARZ, F. J. Response of common carp (*Cyprinus carpio* L.) to supplemental DL-methionine and different feeding strategies. **Aquaculture**, v. 356, p. 365-370, 2012.

OLIVEIRA, A. C. B. D.; MIRANDA, E. C. D.; CORREA, R. Exigência nutricionais e alimentação do tambaqui In: FRACALOSSI, D. M.; CYRINO, J. E. P. (Eds.), **Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Aquabio, Florianópolis, Santa Catarina, 2013. p. 231-238

PORTZ, L.; FURUYA, W. M. Energia, proteína e aminoácidos, in: Fracalossi, D.M., Cyrino, J.E.P. (Eds.), **Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Aquabio, Florianópolis, Santa Catarina, 2013. p. 65-77

PRABU, E.; FELIX, N.; AHILAN, B.; ANTONY, C.; UMA, A. Elangovan et al. Effects of dietary supplementation of DL-methionine on growth and whole body amino acid profile of genetically improved farmed tilapia. **Journal of Coastal Research**, v. 86, n. SI, p. 90-95, 2019.

REIS NETO, R.V.; OLIVEIRA, C. A. L. D.; RIBEIRO, R. P.; FREITAS, R. T. F. D.; ALLAMAN, I. B., OLIVEIRA, S. N. D. Genetic parameters and trends of morphometric traits of GIFT tilapia under selection for weight gain. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 4, p. 259-265, 2014.

RODEHUTSCORD, M.; BECKER, A.; PACK, M.; PFEFFER, E. Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to supplements of individual essential amino acids in a semipurified

diet, including an estimate of the maintenance requirement for essential amino acids. **The Journal of nutrition**, v. 127, n. 6, p. 1166-1175, 1997.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. L.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais.** 4^a Ed.-Viçosa: Departamento de Zootecnia, UFV, 488p. 2017.

ROTILI, D. A.; ROSSATO, S.; DI FREITAS, I. L.; MARTINELLI, S. G., RADUNZ NETO, J.; NETO, J. R.; LAZZARI, R. Determination of methionine requirement of juvenile silver catfish (*Rhamdia quelen*) and its effects on growth performance, plasma and hepatic metabolites at a constant cystine level. **Aquaculture Research**, v. 49, n. 2, p. 858-866, 2018.

RUTTEN, J. M; BOVENHUIS, H; KOMEN, H. Genetic parameters for fillet traits and body measurements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture**, v. 246, n. 1-4, p. 125-132, 2005.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos** 2^a Ed. Editora Funep, Jaboticabal, 2016.p.262.

SAKOMURA, N. K.; SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.; FERNANDES, J. B. K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de Não Ruminantes**. Editora Funep, Jaboticabal, 2014. p.677.

SILVA, J. C.; BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; RIBEIRO, F. B.; DE SIQUEIRA, J. C. D.; DE SOUSA, T. J. R.; MARCHÃO, R. S.; DO NASCIMENTO, D. C. N. Lysine requirement for tambaqui juveniles. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 5, p. 2157-2168, 2018.

SIMMONS, L. Dietary Methionine requirement of juvenile arctic charr, *Salvelinus alpinus*. **Aquaculture nutrition**. v. 5, p. 93-100, 1999.

SIQUEIRA, J. C. D.; SAKOMURA, N. K.; DOURADO, L. R. B.; EZEQUIEL, J. M. B.; BARBOSA, N. A. A.; FERNANDES, J. B, K. Técnicas de formulação de dietas e exigências de lisina de frangos de corte de 1 a 22 dias de idade. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v. 15, p. 123-134, 2013.

SOUSA, M. D. C; BOMFIM, M. A. D.; RIBEIRO, F. B.; DE SIQUEIRA, J. C.; MARCHÃO, R. S.; DE SOUSA, T. J. R.; TAKISHITA, S. S. Lysine requirements of tambatinga (♀ *Colossoma macropomum* × ♂ *Piaractus brachypomus*) fingerlings using different diet formulation techniques. **Aquaculture Nutrition**, v. 27, n. 6, p. 1825-1836, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/anu.13320>

SOUSA, T. J. R.; BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; RIBEIRO, F. B.; DE SIQUEIRA, J. C.; SILVA, J. C.; MARCHÃO, R. S. Phosphorus requirements of tambaqui juveniles. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 5, p. 2145-2156, 2018.

SOUZA, F. O.; BOMFIM, M. A. D.; RIBEIRO, F. B.; LANNA, E. A. T.; SOUSA, T. J. R. D. COSTA, D. D. C. D. Methionine plus cystine to lysine ratio in diets for tambaqui juveniles. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 243-250, 2019.

He WILSON, R. P. Amino acids and proteins. In: HALVER, J. E.; HARDY, R. W. **Fish Nutrition**. 4^a Ed. Orlando: Academic Press, 2021. p.143-179.

WILSON, R. P. Protein and amino acids. In: HALVER, J. E.; HARDY, R. W. **Fish nutrition**. San Diego, USA: Elsevier Science, p.144-179, 2002.

ANEXO

Certificado do comitê de ética no uso de animais

CERTIFICADO (08/2022)

Certificamos que a proposta intitulada: "Exigência de metionina+cistina para tambaqui (*Colossoma macropomum*) na fase juvenil com base no desempenho zootécnico, composição corporal e parâmetros bioquímicos do sangue" Processo 23115.031333/2021-21, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Felipe Barbosa Ribeiro, que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi considerado **APROVADO** pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA - UFMA) da Universidade Federal do Maranhão, na reunião realizada em 12 de janeiro de 2022.

We certify that the proposal: "Methionine+cytisine requirement for tambaqui (*Colossoma macropomum*) in the juvenile stage based on zootechnical performance, body composition and blood biochemical parameters", Process 23115.031333/2021-21, under the responsibility of Prof. Dr. Felipe Barbosa Ribeiro, which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, sub phylum Vertebrata (except humans beings) for scientific research purposes (or teaching) - is in accordance with Law No. 11,794, of October 8, 2008, Decree No. 6.899, of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **APPROVED** by the Ethics Committee on Animals Use of the Federal University of Maranhão (CEUA - UFMA), in meeting of January 12, 2022.

PROPOSTA

Finalidade: Pesquisa **Área:** Ciências Agrárias e Ambiental
Vigência: 01/02/2022 a 03/04/2022

ANIMAIS

Origem: Piscicultura AQUAPESC; Santa Inês - MA; CNPJ: 23.069.548/0001-93

Espécie: Tambaqui - **Sexo:** Ambos **Idade:** Juvenil **AMOSTRA**
Colossoma **sexos** **Peso:** 50g **288**
macropomum

Local do experimento: Laboratório de Nutrição e Alimentação de Organismos Aquáticos do Maranhão - LANUMA

São Luís, 28 de janeiro de 2022


Prof. Dr. Bruno Araújo Serra Pinto
Presidente da Comissão de Ética no uso de
Animais - CEUA/UFMA

 Documento assinado digitalmente
Bruno Araújo Serra Pinto
Data: 28/01/2022 13:15:56 (UTC-3)
Verificar em: <https://certificados.ufma.br>