

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

**NÍVEIS DE LISINA DIGESTÍVEL DA RAÇÃO SOBRE AS  
CARACTERÍSTICAS CORPORAIS DE JUVENIS DE TAMBAQUI**

Aluna: Antonia Francisca Lima Cardoso  
Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio  
Delmondes Bomfim

**CHAPADINHA - MA  
2019**

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

**NÍVEIS DE LISINA DIGESTÍVEL DA RAÇÃO SOBRE AS  
CARACTERÍSTICAS CORPORAIS DE JUVENIS DE TAMBAQUI**

Monografia apresentada ao Curso de Zootecnia da Universidade Federal do Maranhão, como requisito indispensável para a obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia.

Aluna: Antonia Francisca Lima Cardoso

Orientador: Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim

**CHAPADINHA - MA  
2019**

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

Cardoso, Antonia Francisca Lima.

Níveis de lisina digestível da ração sobre as características corporais de juvenis de tambaqui / Antonia Francisca Lima Cardoso. - 2019.

32 f.

Orientador(a): Marcos Antonio Delmondes Bomfim.

Monografia (Graduação) - Curso de Zootecnia,  
Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2019.

1. Colossoma macropomum. 2. Composição corporal. 3. Deposição. I. Bomfim, Marcos Antonio Delmondes. II. Título.

**ANTONIA FRANCISCA LIMA CARDOSO**

**NÍVEIS DE LISINA DIGESTÍVEL DA RAÇÃO SOBRE AS  
CARACTERÍSTICAS CORPORAIS DE JUVENIS DE TAMBAQUI**

Monografia apresentada ao curso de Zootecnia da Universidade Federal do Maranhão, como requisito indispensável para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia.

Aprovada em: 19 / 12 / 2019

Banca examinadora

---

Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim (Orientador)

Universidade Federal do Maranhão

---

Prof. Dr. Jomar Livramento Barros Furtado

Universidade Federal do Maranhão

---

Prof. Dr. Alécio Matos Pereira

Universidade Federal do Maranhão

CHAPADINHA, MA

2019

## **DEDICO**

A Deus, minha fonte de inspiração, aos meus pais Antonio Elias e Aldeni, e aos meus irmãos por todo apoio.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, *“por tudo o que tens feito, por tudo que vais fazer. Por tuas promessas e tudo que és, eu quero te agradecer, com todo o meu ser”*.

Aos meus pais, Antonio Elias e Aldeni, por acreditarem no meu potencial e, mesmo não gostando da ideia de me ver tão longe apoiaram a minha escolha. Aos meus irmãos Andréia, Ediene, Ghilherme e, em especial ao meu irmão Andrevando que acompanhou de perto a minha caminhada até aqui e me deu todo o suporte necessário.

Agradeço a todos os professores, principalmente à professora Katiene Régia que foi uma orientadora, uma amiga, e uma professora maravilhosa, sempre preocupada com seus alunos e disposta a ajudar. Ao professor Jefferson C. Siqueira, que de um jeito bem peculiar, é um exemplo de profissional Zootecnista/professor. Ao professor Alécio Matos por ter sempre uma palavra de motivação. E por fim ao professor Marcos Bomfim por ter me acolhido em seu grupo de pesquisa e me orientado neste trabalho.

Aos amigos que a universidade me deu, não irei citar nomes para não correr o risco de esquecer algum, todos foram essenciais nessa caminhada. Agradeço pelos momentos de descontração, sem eles eu com certeza teria enlouquecido, e por estarem juntos nos momentos difíceis também. Quero agradecer especialmente à minha amiga Ana Leão pela ajuda nesse trabalho e em todos os outros que fizemos ao longo do curso, e por ser esse ser de luz na minha vida, um dos seres mais lindo que eu conheço. E à minha amiga Márjory Kaaelly por acreditar mais em mim do que eu mesma, estar sempre disposta a ajudar e por trazer alegria para esses dias tão turbulentos.

Agradeço também a mim pela coragem para enfrentar todos os obstáculos que vieram ao longo do curso, que por sinal não foram poucos, mas eu venci todos eles e cheguei ao fim dessa etapa.

*“Toda pessoa deveria ser aplaudida de pé pelo menos uma vez na vida, porque todos nós vencemos o mundo.”*

*R. J. Palacio - Extraordinário (livro)*

## RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos dos níveis dietéticos de lisina digestível sobre as características corporais de juvenis de tambaqui. Foram utilizados 360 juvenis de tambaqui com peso corporal inicial em torno de  $25,05 \pm 0,27$  gramas, em delineamento inteiramente casualizado, constituído por seis tratamentos, seis repetições por tratamento e dez peixes por parcela. Os tratamentos foram constituídos de seis rações com diferentes níveis de lisina digestível (1,20; 1,38; 1,56; 1,74; 1,92; e 2,10%) formuladas utilizando a técnica da diluição das dietas. Os peixes foram distribuídos em 36 caixas de polietileno (aquários), durante 50 dias. As rações experimentais foram peletizadas e fornecidas diariamente *ad libitum* em seis refeições diárias. Avaliou-se a composição corporal, as taxas de deposição diária de proteína, gordura e cinzas corporais, e a eficiência de retenção de nitrogênio. A elevação dietética dos níveis de lisina digestível reduziu de forma linear o consumo de ração e aumentou de forma linear o consumo de lisina digestível. Houve redução de forma linear nos teores de proteína e gordura, e redução de forma quadrática no teor de cinzas corporais. As reduções nos teores de proteína foram evidenciadas a partir de 1,56% de lisina digestível. A eficiência de retenção de nitrogênio não foi afetada pelos tratamentos. Por outro lado, as deposições diárias de proteína, gordura e cinzas corporais reduziram de forma linear, indicando que o menor nível (1,20%) foi suficiente para proporcionar maiores deposições sem afetar a eficiência de retenção de nitrogênio. As reduções nas deposições diárias de proteína e gordura corporais foram evidenciadas a partir dos níveis 1,92% e 1,56% de lisina digestível, respectivamente. Recomenda-se o uso de 1,56% de lisina digestível em rações para juvenis de tambaqui para proporcionar maior deposição de proteína, gordura e cinzas corporais e menor consumo de ração.

**Palavras-chave:** *Colossoma macropomum*, composição corporal, deposição.

## ABSTRACT

The objective was to evaluate the effects of dietary levels of digestible lysine on body characteristics of juveniles of tambaqui. 360 juveniles of tambaqui with initial body weight around  $25.05 \pm 0.27$  grams were used in a completely randomized design consisting of six treatments, six replications per treatment and ten fish per plot. The treatments consisted of six diets with different digestible lysine levels (1.20; 1.38; 1.56; 1.74; 1.92; and 2.10%) formulated using the diet dilution technique. The fish were distributed in 36 polyethylene boxes (aquariums), during 50 days. The experimental diets were pelleted and supplied daily ad libitum in six daily meals. Body composition, the daily body deposition rates of protein, fat and ash, and nitrogen retention efficiency were evaluated. Dietary elevation of digestible lysine levels reduced linearly feed intake and increased linearly digestible lysine intake. There was a linear reduction in body protein and fat content, and a quadratic reduction in body ash content. Reductions in body protein contents were evidenced from 1.56% of digestible lysine. Nitrogen retention efficiency was not affected by treatments. On the other hand, daily body depositions of protein, fat and ash decreased linearly, indicating that the lowest level (1.20%) was sufficient to provide higher depositions without affecting nitrogen retention efficiency. Reductions in body deposition of protein and body fat were evidenced from the levels 1.92% and 1.56% of digestible lysine, respectively. The recommendation for the digestible lysine level in rations for tambaqui's juveniles is 1.56% because it provides lower feed intake and higher body deposition of protein, fat and ashes.

**Key-Words:** body composition, *Colossoma macropomum*, deposition.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	15
<b>2.1. Objetivo Geral</b> .....	15
<b>2.2. Objetivos Específicos</b> .....	15
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	16
<b>3.1. Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)</b> .....	16
<b>3.2. Exigências de proteína e aminoácidos para peixes</b> .....	17
<b>3.3. Lisina</b> .....	18
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
6. CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição (matéria natural) percentual e química da ração isenta de proteína e das rações experimentais elaboradas na técnica da “diluição de dietas”, com base no conceito de proteína ideal. ....	21
Tabela 2. Teores de umidade (UC), proteína (PC), gordura (GC) e cinza (CZC) corporais, deposições 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 lisina digestível da ração. ....	25
Tabela 3. Equações de regressão ajustadas, nível de significância, coeficientes de determinação e valores de exigência para o consumo de ração (CR), consumo de lisina digestível (CLD), teores de umidade (UC), proteína (PC), gordura (GC) e cinzas (CZC) corporais e as deposições de proteínas (DPC), gordura (DGC) e cinzas (DCZC) corporais de juvenis de tambaqui em função do nível de lisina digestível (Lis) da ração. ....	25

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Representação gráfica do consumo de ração (CR) de juvenis de tambaqui em função do nível de lisina digestível da ração. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste SNK ( $P>0,05$ ). ..... 23
- Figura 2. Representação gráfica do consumo de lisina digestível (CLD) de juvenis de tambaqui em função do nível de lisina digestível da ração. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste SNK ( $P>0,05$ ). ..... 24
- Figura 3. Representação gráfica da deposição de proteína corporal para juvenis de tambaqui em função do nível de lisina digestível da ração. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste SNK ( $P>0,05$ ). ..... 26

## 1. INTRODUÇÃO

A piscicultura é uma atividade que tem crescido no Brasil, tal expansão se deve à grande disponibilidade de recursos hídricos, condições climáticas favoráveis, grande variedade de espécies adaptadas ao cultivo em cativeiro, com destaque para tilápia-do-nilo, tambaqui, carpa e pirarucu, e a disponibilidade de ingredientes para formulação de rações (BOSCOLO et al., 2011).

O principal entrave da piscicultura no Brasil é a carência de informações a respeito das exigências nutricionais, principalmente de peixes nativos (BOMFIM et al., 2005; BOSCOLO et al., 2011). O conhecimento das exigências nutricionais possibilita a formulação de rações balanceadas, potencializando a produtividade e diminuindo a concentração de resíduos na água (BOMFIM, 2013).

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é a espécie nativa mais produzida no Brasil, alcançando uma produção de aproximadamente 102.554 toneladas em 2018 (IBGE, 2018). O cultivo crescente desta espécie pode ser justificado pelo seu elevado potencial de crescimento, alta produtividade, adaptação, facilidade de aquisição de alevinos e ampla aceitação pelo mercado (DAIRIKI; SILVA, 2011). Sua produção se concentra nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do país (KUBITZA, 2012).

A proteína é o nutriente mais importante na dieta de peixes devido a sua relação direta com o desempenho, participação na formação de tecido magro, enzimas e hormônios, utilização como fonte de energia, além de ser o ingrediente mais caro da ração (DEVLIN, 2007; PARDO, 2014). Apesar da importância dada à maior concentração de proteína da dieta em relação a utilizada em suínos e aves, os peixes requerem uma dieta balanceada em aminoácidos essenciais e não essenciais (PEZZATO, et al., 2004).

A lisina é o aminoácido essencial encontrado em maior concentração na carcaça de peixes, sendo requerido em maior quantidade na ração, tem participação importante na síntese proteica, é o primeiro aminoácido limitante em rações que utilizam fontes proteicas de origem vegetal, além de ser utilizado como referência no conceito de proteína ideal (BOMFIM et al. 2010; FURUYA et al., 2010).

A exigência dos aminoácidos essenciais pode ser determinada pelo método de dose resposta, no qual o critério mais utilizado é o ganho de peso (NRC, 2011). Outro critério que pode ser utilizado é avaliação das características corporais, com ênfase ao teor de proteína e

deposição de proteína corporal, pois considera apenas o acréscimo de tecido magro (BUREAL; ENCARNAÇÃO, 2006; BOMFIM et al., 2008b).

Tendo em vista a carência de informações a respeito da exigência de lisina para tambaqui em diferentes fases de criação, bem como os efeitos dos níveis de lisina sobre as características de carcaça e deposição de tecidos, justifica-se a necessidade de avaliar os níveis dietéticos de lisina digestível sobre as características corporais de juvenis de tambaqui.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Avaliar os efeitos dos níveis dietéticos de lisina digestível sobre as características corporais de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*), utilizando a técnica da diluição das dietas na formulação das rações experimentais.

### **2.2. Objetivos Específicos**

Avaliar os efeitos dos níveis dietéticos de lisina digestível na composição corporal de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*);

Avaliar os efeitos dos níveis dietéticos de lisina digestível na deposição diária de proteína, gordura e material mineral de juvenis de tambaqui;

Avaliar os efeitos dos níveis dietéticos de lisina digestível na eficiência de retenção de nitrogênio de juvenis de tambaqui.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

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

O Tambaqui (*Colossoma macropomum*) pertence ao grupo dos peixes redondos, nativo da América do Sul, oriundo das bacias dos rios Amazonas e Orinoco. De acordo com o IBGE (2018) é a segunda espécie mais criada no país, com produção aproximada de 102.554 toneladas, ficando atrás apenas da tilápia com 211.540 toneladas. Atualmente é a espécie nativa mais criada no Brasil e o Maranhão se destaca como o segundo maior produtor de tambaqui do país, com produção de 10.735 toneladas em 2018.

Esta espécie vem se destacando como uma das principais espécies nativas para a piscicultura brasileira, com elevado padrão de crescimento e produtividade, fato que tem tornado abundante sua oferta no mercado (CARVALHO, 2007). Possui uma carne firme, de cor branca e sabor apreciado, ampla aceitação de mercado, quando criada em cativeiro pode atingir o tamanho comercial em um ano de cultivo, e facilidade na obtenção de alevinos (DAIRIKI; SILVA, 2011).

O tambaqui possui muitas características que favorecem a sua criação, tais como a rusticidade, tolerância a baixos níveis de oxigênio na água e adaptação ao sistema de produção intensiva. Possui hábito alimentar onívoro com tendência a herbívoro, frugívoro e filtrador, possui capacidade de digerir proteína vegetal e animal, viabilizando assim a utilização de rações comerciais na sua criação (NUNES et al., 2006).

Em seu habitat natural, a espécie vive em águas de cor branca ou barrenta (pH 6,2 - 7,2) e de cor preta (pH 3,8 - 4,9), com temperaturas entre 25 °C e 34 °, e ricas em nutrientes. Apresenta adaptações morfológicas em situações de hipóxia, com o aumento do lábio inferior para possibilitar maior captura de oxigênio na superfície (DAIRIKI; SILVA, 2011).

Ainda de acordo com Dairiki e Silva (2011), a criação de tambaqui é dividida em três fases: larvicultura, produção de juvenis e engorda. A fase de larvicultura tem duração de 30 a 40 dias, onde os peixes são criados até atingir o peso médio individual (PMI) de 0,5g a 1,0 g; na fase de juvenis, os peixes permanecem até atingir entorno de 40g a 50g, tem duração média de 60 dias; a última etapa, fase de engorda, tem duração variável e vai depender do peso ao abate definido pelo produtor.

### 3.2. Exigências de proteína e aminoácidos para peixes

Proteínas são compostos quimicamente semelhantes, entretanto, fisiologicamente distintos, formados por unidades básicas chamadas aminoácidos, unidos por ligação peptídica. A proteína é o componente visceral e estrutural mais importante do organismo, representando cerca de 20% do peso dos tecidos (BERTECHINI, 2004), tem participação importante na formação de enzimas e hormônios, transporte e armazenamento de gorduras e minerais, controle metabólico, possui função estrutural e protetora, e atua como fonte secundária de energia (BERTECHINI, 2004; DEVLIN, 2007).

Geralmente, a proteína é o nutriente mais oneroso da ração. Estudos têm sido realizados com o intuito de reduzir os teores de proteína das dietas, porém, a redução da quantidade impede que os animais tenham um desempenho adequado, é necessário garantir que os aminoácidos estão sendo fornecidos de forma a atender as exigências (FURUYA, et al., 2005; BOSCOLO, et al., 2011), uma vez que os animais não possuem exigência de proteína e sim de uma dieta equilibrada em aminoácidos (PEZZATO et al., 2004). Além do mais, os requerimentos mudam conforme o hábito alimentar e o peso do animal (FURUYA, 2013).

Nutricionalmente a classificação dos aminoácidos é dada em aminoácidos essenciais e aminoácidos não essenciais. Os essenciais não podem ser sintetizados pelo organismo dos animais, ou possuem uma baixa velocidade de síntese endógena. Estes necessariamente devem estar presentes na dieta. Enquanto os não essenciais não precisam compor a dieta, pois podem ser sintetizados a partir de outro aminoácido presente na ração. Há também aqueles aminoácidos condicionalmente essenciais, são essenciais apenas em uma fase da vida dos animais (BERTECHINI, 2004).

O metabolismo dos aminoácidos pode ocorrer por duas vias: via anabólica, onde são utilizados para síntese proteica, ou via catabólica, onde os aminoácidos são desaminados e o esqueleto carbônico entra no metabolismo energético para produção de ATP ou gordura, e o nitrogênio é eliminado na forma de amônia pelas brânquias (BERTECHINI, 2004).

Rações com excesso de proteína promovem o catabolismo de aminoácidos, resultando em um maior gasto energético e aumento de excreção de nitrogênio na água, principal fonte de poluição (DAIRIKI; SIVA, 2011; BOMFIM et al., 2008a). Em contrapartida, rações com baixos níveis de proteína limitam a utilização dos aminoácidos, ocasionando a diminuição da deposição de proteína corporal, afetando assim o desempenho zootécnico (BOMFIM, 2013).

Para reduzir os riscos de dietas deficientes ou com excesso de proteína, tem sido utilizado como alternativa a formulação de rações com baixos níveis proteicos, suplementada com aminoácidos industriais, com base no conceito de proteína ideal (BOMFIM, 2013).

O conceito de proteína ideal pode ser entendido como o balanceamento preciso dos aminoácidos, essenciais e não essenciais, de acordo com a exigência dos animais, expressos em relação a um aminoácido referência, a lisina, partindo do princípio de que embora haja variação na exigência de aminoácidos por diversos fatores, a proporção entre eles permanece a mesma (FURUYA et al., 2005; BOMFIM, et al., 2008a). É essencial que se conheça a digestibilidade de cada aminoácido para que este conceito se aplique de forma correta, uma vez que, o coeficiente de digestibilidade pode variar de acordo com a fonte proteica (BOMFIM et al., 2010; FURUYA et al., 2010).

A aplicação do conceito de proteína ideal contribui para uma produção mais sustentável, visto que, a suplementação adequada de aminoácidos sintéticos possibilita a redução da excreção de nitrogênio na água. Além de possibilitar melhor desempenho produtivo e promover a redução nos custos pela diminuição dos teores de proteína (FURUYA et al., 2005).

### **3.3. Lisina**

Para que os aminoácidos sejam suplementados de forma adequada em dietas para peixes se faz necessário o conhecimento da exigência de cada aminoácido essencial, em especial os mais limitantes. A lisina é o primeiro ou segundo limitante em rações alternativas à farinha de peixe, e o aminoácido encontrado em maior proporção na carcaça dos peixes, sendo requerido em maiores quantidades na ração (FURUYA et al., 2004; 2006; BOMFIM et al., 2010).

A lisina é utilizada como referência, no conceito de proteína ideal, por ser um aminoácido essencial utilizado exclusivamente para síntese de proteína corporal, ser analisada de forma rápida e por apresentar um baixo custo para obtenção na sua forma industrial (FURUYA et al., 2005).

Assim como os demais aminoácidos, a lisina sintética é absorvida mais rapidamente que aquela oriunda da proteína dos ingredientes, o que justifica a elevação dos seus níveis plasmáticos nos sítios de síntese proteica, resultando no aumento do catabolismo e consequente aumento da excreção de nitrogênio (FURUYA et al., 2004; BOMFIM et al., 2010).

A suplementação de lisina tem relação direta com o desempenho, promove o ganho de peso, melhora a conversão alimentar, reduz a concentração de lipídeos na carcaça e maximiza a retenção de nitrogênio (DAVIES et al., 1997; BERGE et al., 1998).

A exigência de lisina tem sido determinada por meio de experimentos utilizando o método dose resposta, onde o menor nível de lisina que maximizar as variáveis de desempenho, eficiência alimentar ou características de carcaça é recomendado como a exigência. O método fatorial também tem sido utilizado, neste, a exigência é fracionada em exigência para manutenção e para crescimento (MARCHÃO, 2018).

Há uma grande variabilidade de informações a respeito da exigência de lisina para peixes, as quais muitas vezes têm sido expressas em lisina total, ou determinadas utilizando altos níveis de aminoácidos sintéticos na ração, tais condições podem resultar em valores de exigência imprecisos (BOMFIM et al., 2010).

Furuya et al. (2004) em experimento com tilápia-do-nilo na fase de terminação, estimaram exigência de 1,42% de lisina digestível. Trabalhando com a mesma espécie agora na fase inicial (5 a 30 g de peso vivo) Furuya et al. (2006) encontraram valores de exigência de 1,44% de lisina digestível, o que corresponde a 1,55% de lisina total.

Bomfim et al. (2010) estimaram níveis de 1,80% e 1,70% de exigência de lisina total e digestível para alevinos de tilápia-do-nilo, respectivamente. Diferente de Takishita et al. (2008) que encontrou valores de 2,17% e 2,32% de lisina digestível para tilápia-do-nilo na mesma fase, utilizando também o conceito de proteína ideal para a formulação das rações.

Silva (2016) recomenda níveis de 1,73% e 1,78% de lisina digestível, que equivalem a 1,95% e 2,0% de lisina total para alevinos de tambaqui. Marchão (2018), estudando a mesma espécie, determinou a exigência de lisina digestível para manutenção diária de 73,39 e 114,07 mg/kg<sup>07</sup> nas fases de crescimento e engorda, respectivamente.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Alimentação e Nutrição de Organismos Aquáticos do Maranhão (LANUMA), no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão (CCAA/UFMA), localizada na cidade de Chapadinha, Maranhão, com duração de 50 dias. O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA - UFMA), registrada com o nº 23115.011750/2018-52.

Utilizou-se 360 juvenis de tambaqui com peso corporal inicial em torno de  $25,05 \pm 0,27$  gramas, em delineamento inteiramente casualizado, constituído por seis tratamentos, seis repetições por tratamento e dez peixes por parcela.

Os tratamentos foram constituídos de seis rações isoenergéticas, isocálcicas e isofosfóricas, com diferentes níveis de lisina digestível (1,20; 1,38; 1,56; 1,74; 1,92; e 2,10%) formuladas de acordo com o conceito de proteína ideal, utilizando a técnica da diluição das dietas, proposta por Fisher e Morris (1970), com diluição utilizando uma dieta isenta de proteína (DIP) (Tabela 1).

Esta técnica consiste na diluição sequencial de uma ração com alto teor de proteína e deficiente em lisina digestível (ração referência) com outra isoenergética livre de proteína (dieta isenta de proteína – DIP), obtendo-se as rações com níveis intermediários de lisina digestível, conforme procedimentos descritos por Gous (1980) e Siqueira (2009).

Em todas as rações experimentais, a relação dos aminoácidos: lisina foram mantidas, pelo menos, cinco pontos percentuais acima daquelas estimadas a partir dos valores de exigência para tilápias-do-nilo propostos pelo NRC (2011), para que as respostas obtidas nas variáveis fossem apenas em virtude da variação dos níveis de lisina digestível (primeiro aminoácido limitante em todas as rações experimentais).

Os peixes foram distribuídos em 36 caixas de polietileno (aquários) com capacidade volumétrica de 500 litros em sistema fechado de circulação de água, dotadas de sistema de abastecimento, aeração suplementar e drenagem individual. A água utilizada foi proveniente de poço artesiano. A limpeza das caixas foi realizada diariamente por sifonagem, sempre após a aferição da temperatura da água, a qual foi aferida diariamente, às 7:30 e às 17:30 horas, com o auxílio de um termômetro de bulbo de mercúrio, graduado de 0 a 50°C. Os controles do pH, do teor de oxigênio dissolvido e da amônia na água foram aferidos a cada sete dias por intermédio de um pHmetro, oxímetro e kit comercial para teste de amônia tóxica, respectivamente.

Tabela 1. Composição (matéria natural) percentual e química da ração isenta de proteína e das rações experimentais elaboradas na técnica da “diluição de dietas”, com base no conceito de proteína ideal.

Ingredientes (%)	DIP*	Nível de lisina digestível (%)					
		1,200	1,380	1,560	1,740	1,920	2,100 (RR**)
Farelo de soja	0,000	44,934	51,674	58,414	65,154	71,894	78,635
Farelo de Trigo	0,000	5,189	5,968	6,746	7,525	8,303	9,082
Amido de milho	78,608	34,261	27,609	20,956	14,304	7,652	1,000
Óleo de soja	10,843	8,161	7,758	7,356	6,954	6,551	6,149
Casca de arroz	5,432	2,328	1,862	1,397	0,931	0,466	0,000
DL-Metionina	0,000	0,273	0,314	0,355	0,396	0,437	0,478
L-Treonina	0,000	0,218	0,250	0,283	0,316	0,348	0,381
L-triptofano	0,000	0,003	0,004	0,004	0,005	0,005	0,005
Calcáreo Calcítico	0,165	0,144	0,140	0,137	0,134	0,130	0,127
Fosfato Bicálcico	3,827	3,391	3,325	3,260	3,195	3,129	3,064
Premix Vitamínico e Mineral <sup>5</sup>	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Vitamina C <sup>4</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sal	0,554	0,529	0,525	0,521	0,517	0,514	0,510
Antioxidante (BHT)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
<b>Diluição</b>							
DIP*	100,00	42,86	34,29	25,71	17,14	8,57	0,00
RR**	0,00	57,14	65,71	74,29	82,86	91,43	100,00
<b>Composição Calculada<sup>1</sup></b>							
Proteína Bruta (%)	0,00	21,46	24,68	27,90	31,12	34,34	37,56
Proteína Digestível (%) <sup>3</sup>	0,00	19,73	22,69	25,65	28,61	31,57	34,53
Energia Digestível (kcal/kg) <sup>2,3</sup>	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Extrato Etéreo (%)	10,89	9,09	8,82	8,55	8,28	8,01	7,74
Fibra Bruta (%)	5,05	5,04	5,04	5,04	5,03	5,03	5,03
Ca Total (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P disp (%) <sup>2</sup>	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Na total (%)	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Lisina Total (%)	0,000	1,286	1,479	1,672	1,865	2,058	2,250
<b>Lisina Digest. (%)<sup>2</sup></b>	<b>0,000</b>	<b>1,200</b>	<b>1,380</b>	<b>1,560</b>	<b>1,740</b>	<b>1,920</b>	<b>2,100</b>
Met. + Cist Digest. (%) <sup>2</sup>	0,000	0,816	0,938	1,061	1,183	1,306	1,428
Treonina Digest. (%) <sup>2</sup>	0,000	0,960	1,104	1,248	1,392	1,536	1,680
Triptofano Digest. (%) <sup>2</sup>	0,000	0,276	0,317	0,359	0,400	0,442	0,483
Relação Lis. Dig./ED (g/Mcal)	0,000	0,400	0,460	0,520	0,580	0,640	0,700
Relação Met+Cist /Lisina Dig.	0,000	68,0	68,0	68,0	68,0	68,0	68,0
Relação Treonina/Lisina Dig.	0,000	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
Relação Triptofano/Lisina Dig.	0,000	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0

\* Dieta isenta de proteína;

\*\* Ração referência (2,100% de lisina digestível);

<sup>1</sup> Com base nos valores propostos para celulose pelo NRC (2011) e para os demais ingredientes por Rostagno et al. (2011);

<sup>2</sup> Com base nos coeficientes de digestibilidade para os aminoácidos industriais propostos por Rostagno et al. (2011) e para os aminoácidos do milho, farelo de soja e da disponibilidade para o fósforo propostos por Furuya et al. (2010);

<sup>3</sup> Com base nos coeficientes de digestibilidade para o amido propostos por Furuya et al. (2010) para tilápia do Nilo; e do milho, farelo de soja e óleo de soja propostos por Vidal Júnior (2000);

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

<sup>5</sup> Suplemento vitamínico e mineral comercial (5 kg/t), com níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D3, 200.000 UI; Vit. E, 1.200 mg; Vit. K3, 2.400 mg; Vit. B1, 4.800 mg; Vit. B2, 4.800 mg; Vit. B6, 4.800 mg; Vit. B12, 4.800 mg; Vit. C, 48 g; ác. Fólico, 1.200 mg; pantotenato de Ca, 12.000 mg; Vit. C, 48.000 mg; biotina, 48 mg; cloreto de colina, 108 g; niacina, 24.000 mg; Fe, 50.000 mg; Cu, 3.000 mg; Mn, 20.000 mg; Zn, 30.000 mg; I, 100 mg; Co, 10 mg; Se, 100 mg.

As rações experimentais foram peletizadas e, para minimizar a possibilidade de lixiviação de ingredientes, foram fornecidas diariamente *ad libitum* em seis refeições (08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 e 18:00 h), em pequenas quantidades, com sucessivos repasses, possibilitando a ingestão máxima, até a saciedade aparente.

Realizou-se a pesagem de todos os peixes no início e ao final do experimento. Para as análises de composição corporal (teores de umidade, proteína bruta e lipídeos), uma amostra inicial em torno de 100 gramas de peixes e todos os peixes de cada unidade experimental no final do período de alimentação, foram insensibilizados, eutanasiados por overdose de benzocaína (500 mg/L) e congelados. Após o congelamento, os peixes (carcaças e vísceras) foram secos em estufa com circulação forçada de ar, pré-desengordurados, moídos em moinho de bola e acondicionadas em recipientes para as respectivas análises laboratoriais no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Maranhão – UFMA, conforme procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2002).

Com base na composição corporal, complementarmente, foram determinadas as taxas de deposição diária de proteína (DPC), gordura (DGC) e cinzas corporais (DCZC) e a eficiência de retenção corporal de nitrogênio (ERN), de acordo com as equações abaixo:

- $$DPC \text{ (mg/dia)} = \frac{[(\text{quantidade de proteína corporal final (mg)}) - (\text{quantidade de proteína corporal inicial (mg)})]}{\text{período experimental (dias)}}$$
- $$DGC \text{ (mg/dia)} = \frac{[(\text{quantidade de gordura corporal final (mg)}) - (\text{quantidade de gordura corporal inicial (mg)})]}{\text{período experimental (dias)}}$$
- $$DCZC \text{ (mg/dia)} = \frac{[(\text{quantidade de cinzas corporal final (mg)}) - (\text{quantidade de cinzas corporal inicial (mg)})]}{\text{período experimental (dias)}}$$
- $$ERN \text{ (\%)} = \frac{\{[(N \text{ corporal final}) - (N \text{ corporal inicial})] \times 100\}}{\text{Consumo de N}}$$

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, desenvolvido na UFV (1997). Os dados foram interpretados por meio da análise de variância (ANOVA) ao nível de cinco por cento de probabilidade. As variáveis que apresentaram efeitos significativos dos níveis de lisina digestível pela análise de variância, foram submetidas ao teste de regressão mediante uso dos modelos linear e quadrático. O modelo de melhor ajuste foi escolhido levando-se em consideração o valor de P (significância) e/ou R<sup>2</sup> (SQ do modelo/ SQ do tratamento). Realizou-se também a comparação das médias de cada tratamento por meio do teste de Student Newman Keuls - SNK.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas máximas e mínimas da água durante o experimento foram em média  $26,38 \pm 0,82$  °C e  $25,12 \pm 0,74$  °C, respectivamente. A concentração de oxigênio dissolvido na água manteve-se entorno de  $9,07 \pm 0,51$  ppm, pH  $6,7 \pm 0,44$  e amônia total  $< 1,00$  ppm. Tais parâmetros foram mantidos dentro dos padrões recomendados para a criação de tambaqui, de acordo com os valores estabelecidos por Gomes et, al. (2010) e Mendonça et, al. (2012).

O consumo de ração reduziu de forma linear ( $p < 0,01$ ) com a elevação dos níveis de lisina digestível (Figura 1). O melhor balanceamento da ração proporcionado pela elevação das concentrações dietéticas deste aminoácido aumentou a eficiência da utilização da ração, indicando que os peixes aumentaram o consumo de ração para compensar a menor concentração deste aminoácido nos níveis inferiores de lisina digestível. Como consequência da redução no consumo de ração, ocorreu um menor consumo de energia e demais nutrientes da ração, com exceção do consumo de lisina digestível, que aumentou linearmente ( $p < 0,01$ ) com a elevação de sua concentração dietética (Figura 2).

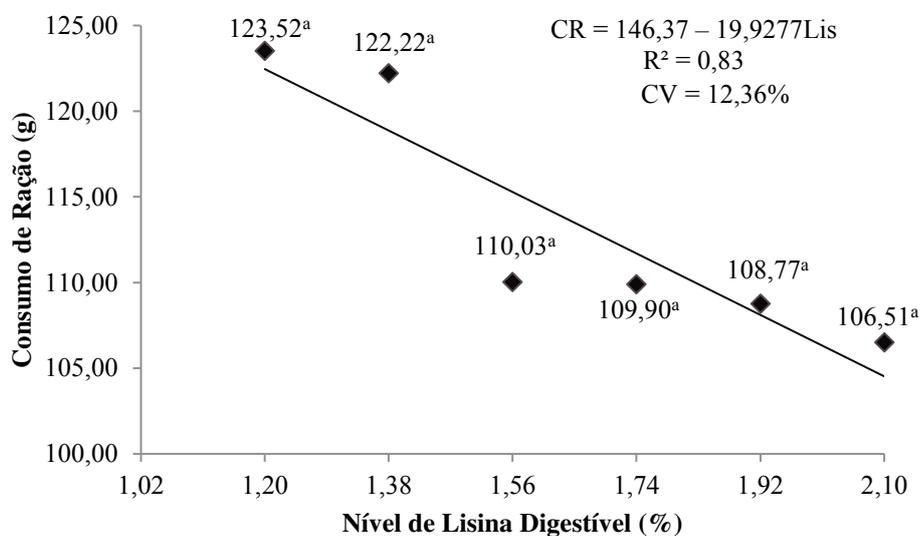


Figura 1. Representação gráfica do consumo de ração (CR) de juvenis de tambaqui em função do nível de lisina digestível da ração. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste SNK ( $P > 0,05$ ).

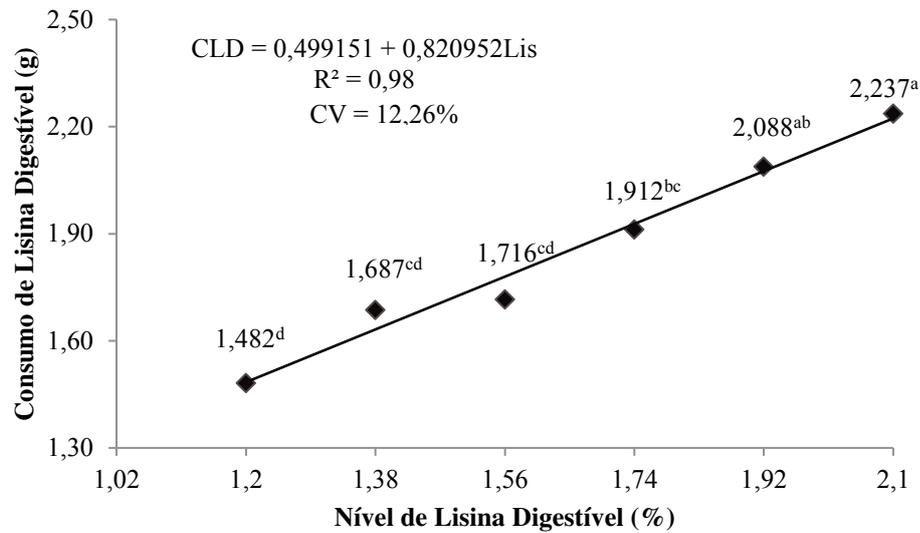


Figura 2. Representação gráfica do consumo de lisina digestível (CLD) de juvenis de tambaqui em função do nível de lisina digestível da ração. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste SNK ( $P > 0,05$ ).

Este resultado implicou na composição corporal dos peixes, na qual foi observado aumento linear no teor de umidade ( $p < 0,01$ ) em função do nível de lisina digestível, redução de forma linear nos teores de proteína e gordura ( $p < 0,01$  e  $p < 0,01$ , respectivamente) e redução de forma quadrática no teor de cinzas corporais ( $p < 0,01$ ) em função do aumento dos níveis de lisina digestível (Tabela 2 e 3). Apesar da redução linear, pelo teste de Student Newman Keuls - SNK, as reduções nos teores de proteína foram evidenciadas a partir de 1,56% de lisina digestível.

Resultado foi semelhante ao obtido por Abimorad et al. (2010), ao avaliarem os efeitos dos níveis de lisina em dietas para pacu, espécie com características morfológicas e hábito alimentar semelhantes ao do tambaqui. Eles observaram que houve elevação no teor de umidade da carcaça e redução na gordura corporal com o aumento dos níveis de lisina digestível na dieta. De acordo com esses autores, a redução na gordura corporal pode estar relacionada com a L-carnitina, originada a partir de lisina e metionina, que atua no transporte de ácidos graxos para a mitocôndria, incrementando a beta-oxidação dos ácidos graxos.

Tabela 2. Teores de umidade (UC), proteína (PC), gordura (GC) e cinza (CZC) corporais, deposições 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 lisina digestível da ração.

Nível de lisina digestível (%)	Variável							
	UC (%)	PC (%)	GC (%)	CZC (%)	DPC (mg/dia)	DGC (mg/dia)	DCZC (mg/dia)	ERN (%)
Inicial	75,12	11,84	9,44	3,61	---	---	---	---
1,20	65,17 <sup>a</sup>	15,37 <sup>a</sup>	14,23 <sup>a</sup>	5,23 <sup>a</sup>	342,34 <sup>a</sup>	327,32 <sup>a</sup>	118,90 <sup>a</sup>	54,35 <sup>a</sup>
1,38	70,35 <sup>ab</sup>	13,79 <sup>abc</sup>	12,07 <sup>b</sup>	3,80 <sup>bc</sup>	313,33 <sup>ab</sup>	280,00 <sup>ab</sup>	84,67 <sup>b</sup>	49,33 <sup>a</sup>
1,56	70,63 <sup>ab</sup>	14,11 <sup>ab</sup>	11,31 <sup>bc</sup>	3,94 <sup>b</sup>	326,03 <sup>ab</sup>	262,50 <sup>ab</sup>	89,33 <sup>b</sup>	57,43 <sup>a</sup>
1,74	72,94 <sup>b</sup>	13,03 <sup>bc</sup>	10,56 <sup>bcd</sup>	3,47 <sup>bc</sup>	276,03 <sup>ab</sup>	224,39 <sup>b</sup>	71,22 <sup>b</sup>	48,63 <sup>a</sup>
1,92	74,39 <sup>b</sup>	13,00 <sup>bc</sup>	9,45 <sup>cd</sup>	3,17 <sup>c</sup>	288,14 <sup>ab</sup>	207,17 <sup>b</sup>	66,89 <sup>b</sup>	50,77 <sup>a</sup>
2,10	76,23 <sup>c</sup>	11,82 <sup>c</sup>	8,87 <sup>d</sup>	3,08 <sup>c</sup>	258,13 <sup>b</sup>	192,06 <sup>b</sup>	64,33 <sup>b</sup>	46,50 <sup>a</sup>
<i>P &gt; F</i>	< 0,001	0,002	< 0,001	< 0,001	0,023	0,002	< 0,001	0,169
Regressão	L	L	L	L e Q	L	L	L e Q	NS
CV (%)	3,85	9,59	13,88	12,96	14,86	21,99	18,42	14,85

L – Efeito Linear ( $P < 0,10$ ); Q – Efeito Quadrático ( $P < 0,10$ ); NS – Sem efeito ajuste de modelo de regressão ( $P > 0,10$ ); CV – Coeficiente de variação; Médias na coluna seguidas de letras iguais não diferem pelo teste SNK ( $P > 0,05$ ).

Tabela 3. Equações de regressão ajustadas, nível de significância, coeficientes de determinação e valores de exigência para o consumo de ração (CR), consumo de lisina digestível (CLD), teores de umidade (UC), proteína (PC), gordura (GC) e cinzas (CZC) corporais e as deposições de proteínas (DPC), gordura (DGC) e cinzas (DCZC) corporais de juvenis de tambaqui em função do nível de lisina digestível (Lis) da ração.

Variável	Modelo	Equação	<i>P &lt; F</i>	R <sup>2</sup>	Exigência (%)
CR (g)	Linear	CR = 146,37 – 19,9277Lis	0,014	0,83	-----
CLD (g)	Linear	CLD = 0,499151 + 0,820952Lis	< 0,0001	0,98	-----
UC (%)	Linear	UC = 53,3641 + 11,0623Lis	< 0,001	0,93	-----
PC (%)	Linear	PC = 19,0699 – 3,36434Lis	< 0,001	0,89	-----
GC (%)	Linear	GC = 20,3503 – 5,61717Lis	< 0,001	0,95	-----
CZC (%)	Linear	CZC = 7,21544 – 2,08063Lis	< 0,001	0,79	-----
CZC (%)	Quadrático	CZC = 14,3803 – 11,0776Lis + 2,72634Lis <sup>2</sup>	0,011	0,89	2,03
DPC (mg/dia)	Linear	DPC = 443,831 – 86,7659Lis	0,001	0,83	-----
DGC (mg/dia)	Linear	DGC = 493,24 – 148,081Lis	< 0,001	0,97	-----
DCZC (mg/dia)	Linear	DCZC = 172,734 – 54,6529Lis	< 0,001	0,82	-----
DCZC (mg/dia)	Quadrático	DCZC = 350,019 – 277,271Lis + 67,46Lis <sup>2</sup>	0,04	0,9	2,06

A eficiência de retenção de nitrogênio não foi afetada ( $P>0,05$ ) pelos tratamentos. Por outro lado, as deposições de proteína (Figura 3) gordura e cinzas corporais reduziram de forma linear ( $p<0,05$ ,  $p,0,01$  e  $p<0,01$ , respectivamente) com a elevação dos níveis de lisina digestível (Tabela 2 e 3), indicando que o menor nível (1,20%) foi suficiente para proporcionar maiores deposições sem afetar a eficiência de retenção nitrogenada (proteica). Apesar da redução linear, pelo teste SNK as reduções nas deposições de proteína e gordura corporais foram evidenciadas a partir dos níveis 1,92% e 1,56% de lisina digestível, respectivamente.

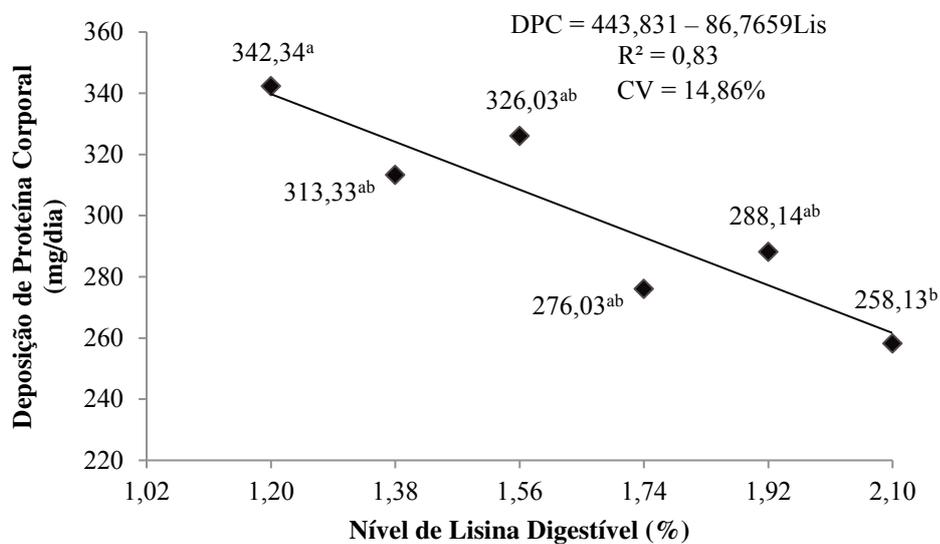


Figura 3. Representação gráfica da deposição de proteína corporal para juvenis de tambaqui em função do nível de lisina digestível da ração. Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste SNK ( $P>0,05$ ).

Considerando que tanto o teor corporal como a deposição de cinzas reduziram a partir do menor nível de lisina digestível (1,20%), é provável que a redução do consumo de algum(ns) mineral(is), como consequência da redução no consumo de ração, tenha sido determinante para limitar a deposição de proteína com o incremento dos níveis de lisina digestível até, pelo menos, o nível de 1,56% de lisina digestível, uma vez que, pelo teste de SNK, até esse nível tanto a deposição de proteína, como a deposição de gordura e a eficiência de retenção de nitrogênio não foram significativamente afetadas.

Sousa et al. (2018) avaliando a exigência de fósforo para juvenis de tambaqui observaram que a deficiência de fósforo digestível na ração pode limitar o crescimento e as deposições corporais. O que pode ser explicado pela influência que este mineral tem sobre a

taxa metabólica, eficiência de retenção de nitrogênio e sobre a deposição de proteína, gordura e cinzas corporais ((LALL; LEWIS-MCCREA, 2007; PRABHU et al., 2013).

Considerando que o nível de lisina digestível estimado para otimizar as deposições corporais pela análise de regressão (1,20%) proporcionou maior consumo de ração, o nível de 1,56% de lisina digestível parece ser o mais adequado para recomendar em rações, uma vez que as deposições não foram afetadas em relação aos níveis inferiores e o consumo de ração foi menor, aumentando a eficiência de utilização da ração. Este nível é inferior ao proposto por Silva et al. (2018) para alevinos de tambaqui (1,78% de lisina digestível), é similar aos valores recomendado nas tabelas brasileiras de nutrição de tilápias (1,53 % de lisina digestível) e por Furuya et al. (2006) para alevinos de tilápia (1,44% de lisina digestível). Nesses experimentos também foi utilizado o conceito de proteína ideal na formulação das rações.

A recomendação do nível de lisina digestível inferior ao obtido por Silva et al. (2018) pode ter sido em decorrência da maior faixa de peso dos peixes, uma vez que a exigência dietética de aminoácidos reduz com o aumento da idade, devido à redução na taxa de crescimento (NRC, 2011; ROSTAGNO et al., 2011).

## **6. CONCLUSÃO**

Recomenda-se o uso de 1,56% de lisina digestível em rações para juvenis de tambaqui para proporcionar maior deposição de proteína, gordura e cinzas corporais e menor consumo de ração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMORAD, E. G.; FAVERO, G. C.; SQUASSONI, G. H.; CARNEIRO, D. Dietary digestible lysine requirement and essential amino acid to lysine ratio for pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture Nutrition**, Malden, v. 16, n. 4, p. 370-377, 2010.
- BERGE, G. E.; SVEIER, H.; LIED, E. Nutrition of Atlantic salmon (*Salmo salar*); the requirement and metabolic effect of lysine. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 120(A), p. 477-485, 1998.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogátricos**. Lavras: Editora UFLA/FAEP, 2004. p. 16-61.
- 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**, Areia, v. 15, n. 2, p. 122-140, 2013.
- BOMFIM, M. A. D.; D.; LANNA, E. A. T.; DONZELLE, J. L.; QUADROS, M.; RIBEIRO, F. B.; SOUZA, M. P. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 1-8, 2010.
- 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**, Viçosa, v. 37, n. 10, p. 1713-1720, 2008a.
- BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; SERAFINI, M. A.; RIBEIRO, F. B.; PENA, K. S. Proteína bruta e energia digestível em dietas para alevinos de curimatá (*Prochilodus affinis*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.6, p.1795-1806, 2005.
- BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; DONZELLE, J. L.; QUADROS, M.; RIBEIRO, F. B.; ARAÚJO, W. A. G. Exigência de treonina, com base no conceito de proteína ideal, de alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 12, p. 2077-2084, 2008b.
- BOSCOLO, W. R.; SIGNOR, A.; FREITAS, J. M. A.; BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A. Nutrição de peixes nativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, p.145-154, 2011.
- BUREAU, D. P.; ENCARNAÇÃO, P. M. Adequately defining the amino acid requirements of fish: the case example of lysine. In: SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN ACUÍCOLA; AVANCES EN NUTRICIÓN ACUÍCOLA, 8, Monterrey. **Anais...** Monterrey, 2006. p. 29-54.
- CARVALHO, E. V. M. M. **Abordagens Biotecnológicas do tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. Recife. 110p. Doutorado em Biotecnologia – Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, 2007.
- DAIRIKI, J. K.; SILVA, T. B. A. **Revisão de literatura: exigências nutricionais do tambaqui – compilação de trabalhos, formulação de ração adequada e desafios futuros**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2011. 44p.

DAVIES, S. J.; MORRIS, P. C.; BAKER, R. T. Partial substitution of fish meal and full-fat soya bean meal with wheat gluten and influence of lysine supplementation in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Research**, v. 28, p. 317-328, 1997.

DEVLIN, T. M. **Manual de bioquímica com correlações químicas**. 6ed. São Paulo: Editora Bucher, 2007, p. 316.

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

FURUYA, W. M. Nutrição de tilápias no Brasil. **Revista Varia Scientia Agrárias**, Ponta Grossa, v. 3, n. 1, p. 133-150, 2013.

FURUYA, W. M.; BORATO, D.; MACEDO, R. M. G.; SANTOS, V. G.; SILVA, L. C. R.; SILVA, T. C.; FURUYA, V. R. B.; SALES, P. J. P. Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1443-1441, 2005.

FURUYA, W. M.; BORATO, D.; NEVES, P. R.; SILVA, L. C. R.; HAYASHI, C. Exigência de lisina pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase de terminação. **Ciência Rural**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1571-1577, 2004.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; BOSCOLO, W. R.; CYRINO, J. E. P.; FURUYA, V. R. B.; FEIDEN, A. **Tabelas brasileiras para nutrição de tilápias**. TOLEDO: GFM, 2010. 100p.

FURUYA, W. M.; SANTOS, V. G.; SILVA, L. C. R.; FURUYA, V. R. B.; SAKAGUTI, E. S. Exigência de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 937-942, 2006.

GOMES, L. C.; SIMÕES, L. N.; ARAUJÚ-LIMA, C. A. R. M.; BALDISSEROTTO, B. **Tambaqui (*Colossoma macropomum*)**, **Espécies nativas para a piscicultura no Brasil**. 2ª.Ed. Editora: UFSM, Santa Maria, p. 175-204, 2010.

GOUS, R. M. An improved method for measuring the response of broiler chickens to increasing dietary concentrations of an amino acid. In: **European Poultry Conference**, 6., 1980, Hamburg. Proceedings... Hamburg: World's Poultry Science Association, 1980. v. 3, p. 32-39.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pecuária, 2018**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/pesquisa/18/16459>> Acesso em: 04 set. 2019.

KUBITZA, F. Tambaqui, alimentando com eficiência para reduzir custos. **Panorama da Aquicultura**, Tocantins, n. 129, v. 22, p. 1-7, 2012.

LALL, S. P.; LEWIS-MCCREA, L. M. Role of nutrients in skeletal metabolism and pathology in fish - an overview. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 267, n. 1, p. 3-19, 2007.

MARCHÃO, R. S. **Exigência de lisina para manança de tambaqui**, Chapadinha. 44p. Mestrado em Ciência Animal- programa de pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal do Maranhão, 2018.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington: **National Academy of Science**, 2011. 376p.

NUNES, E. S. S.; CAVERO, B. A. S.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R. Enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de tambaqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 139-143, 2006.

PARDO, A. M. C. Q. **Influência da ingestão de triptofano dietético sobre a preferência na escolha do macho pela fêmea, auto balanceamento da dieta e desempenho zootécnico em Tilápia-do-Nilo e Pirapitinga**. Jaboticabal. 76p. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, 2014.

PEZZATO, L. E.; EZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FRACALOSSO, D. M. et al. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo. TecArt. p. 79, 2004.

PRABHU, P. A. J.; SCHRAMA, J. W.; KAUSHIK, S. J. Quantifying dietary phosphorus requirement of fish - a meta-analytic approach. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 19, n. 3, p. 233-249, 2013.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 235p, 2002.

SILVA, J. C. **Exigência de lisina para alevinos de tambaqui**. Chapadinha. 47p. Mestrado em Ciência Animal- Programa de pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal do Maranhão, 2016.

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

SIQUEIRA, J. C. **Estimativas das exigências de lisina de frangos de corte pelos métodos dose resposta e fatorial**. Jaboticabal, SP: UNESP. 154p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009.

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

TAKISHITA, S. S.; LANNA, E. A. T.; DONZELLE, J. L.; BOMFIM, M. A. D.; QUADROS, M.; SOUSA, M. P. Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 11, p. 2099-2105, 2008.