

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS**

**RELAÇÃO LIPÍDIO: PROTEÍNA DIETÉTICA PARA JUVENIS DE  
CURIMATÃ-PACU (*Prochilodus argenteus*)**

Autora: Gabriela Duarte Silva  
Orientador: Prof. Dr. Álvaro José de Almeida Bicudo

**Garanhuns  
Estado Pernambuco  
Outubro – 2017**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS**

**RELAÇÃO LIPÍDIO: PROTEÍNA DIETÉTICA PARA JUVENIS DE  
CURIMATÃ-PACU (*Prochilodus argenteus*)**

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS, do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns.

Área de Concentração: Produção Animal.

**Comitê de orientação:**

Prof. Dr. Álvaro José de Almeida Bicudo - Orientador

Prof. Dr. Jorge Eduardo Cavalcante Lucena – Co-orientador

Prof. Dr. Omer Cavalcanti de Almeida – Co-orientador

**Garanhuns  
Estado Pernambuco  
Outubro - 2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Ariano Suassuna- UAG, Garanhuns-PE, Brasil

S586r Silva, Gabriela Duarte  
Relação lipídio:proteína dietética para juvenis de curimatã-pacu  
(*Prochilodus argenteus*) /Gabriela Duarte Silva. – Garanhuns, 2017.  
57 fs.

Orientador: Álvaro José de Almeida Bicudo

Coorientadores: Jorge Eduardo Cavalcante Lucena, Omer  
Cavalcanti de Almeida

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e  
Pastagens, Garanhuns, BR-PE, 2017.

Inclui referências.

1.Piscicultura 2. Nutrição 3. Fisiologia - Fontes energéticas  
4. Comercialização 5. Estudos Qualitativos I. Bicudo, Álvaro José de  
Almeida, orient. II. Lucena, Jorge Eduardo Cavalcanti, coorient. III.  
Almeida, Omer Cavalcante, coorient II Título.

CDD 636.3

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS**

**RELAÇÃO LIPÍDIO: PROTEÍNA DIETÉTICA PARA JUVENIS DE  
CURIMATÃ-PACU (*Prochilodus argenteus*)**

Autora: Gabriela Duarte Silva

Orientador: Prof. Dr. Álvaro José de Almeida Bicudo

**TITULAÇÃO:** Mestre em Ciência Animal e Pastagens

**Aprovada:** 11 de Outubro de 2017.

---

Profª Drª Edma Carvalho de Miranda  
Universidade Federal de Alagoas - UFAL

---

Prof. Dr. Daniel Magalhães de Araújo  
Instituto Federal de Alagoas - IFAL

---

Prof. Dr. Álvaro José de Almeida Bicudo  
Universidade Federal do Paraná - UFPR

***Epígrafe***

*Seja forte e corajoso, não se apavore, nem se desanime, pois, o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.*

*(Josué, 1, 9)*

*A **Deus** acima de tudo.*

*À minha avó **Josefa Duarte** e a minha prima **Alexandra do Nascimento** (in memoriam).*

*Às minhas tias (mães) **Eva Duarte** e **Antônia Maria**, minha mãe **Maria do Carmo**, meu irmão **Marcus Vinicius**, minha tia **Hilda Duarte**, a minha linda sobrinha **Ana Maria** e meus primos, **Débora**, **Hildani** e **Douglas**, que acompanharam nesta jornada, sempre me apoiando nos meus objetivos e sonhos.*

Dedico

## **Agradecimentos**

Primeiramente agradeço ao meu senhor Deus, minha fortaleza, e que é o grande centro das minhas conquistas, vitórias e realizações, e que nas horas mais difíceis me deu sabedoria e força para continuar firme na caminhada.

À minha família, em especial a minha tia Eva Duarte (Mãe), minha mãe Maria do Carmo, tia Antônia Maria, tia Hilda Duarte, tia Fatima Pereira, meu irmão Marcus, Rafaela e Marcelo, minha sobrinha linda Ana Maria e meus primos Debora, Hildani, Douglas, e ao meu primo e irmão Davi Elias. Agradeço imensamente pelo grande apoio e carinho em todos os momentos dessa caminhada e que mesmo na distância sentir o apoio e o aconchego de todos. Agradeço sempre por ter ensinado, que em cada etapa da vida, a alegria, o respeito, a humildade, a honestidade, o caráter, o companheirismo e o amor ao próximo são os pontos principais para os primeiros passos de cada conquista. Para vencer desafios e cumprir novas missões, obtendo o sucesso, servindo como aprendizado e ensinamento ao longo da vida e mostrando que não desistimos jamais.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e a Unidade Acadêmica de Garanhuns pela oportunidade de participar do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Álvaro José de Almeida Bicudo pelos ensinamentos que não foram poucos e pela confiança na execução deste trabalho. A ele agradeço pela compreensão, conselhos e paciência durante toda minha trajetória no mestrado e pelo exemplo de competência e profissionalismo.

Aos meus co-orientadores Prof. Dr. Jorge Eduardo Cavalcante e Dr. Omer Cavalcanti de Almeida, por terem aceitado essa co-orientação, disponibilidade e pelos ensinamentos.

A todos os demais professores do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens, pelas horas dedicadas, em especial ao Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães.

À Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) pelo fornecimento de juvenis de curimatã-pacu para o experimento.

Ao grupo do Laboratório de Pesquisa em Piscicultura (LAPPIS), em especial a Elison, William, Fábio, Elias e ao Thiago, por terem me ajudado a executar este trabalho e pelos conhecimentos cedidos.

Quero agradecer a Ana Lúcia pelo apoio no laboratório e as tantas dúvidas tiradas e muitos ensinamentos que ela passou, agradeço imensamente a sua ajuda que foi de fundamental importância.

Às minhas irmãs e amigas que levarei comigo para onde for nesta minha vida: Diana Valadares, Sanara Adrielle e Steyce Barbosa, por me aturarem nos meus momentos legais e insuportáveis. Sabemos que lidar com o jeito do outro não é fácil em situação nenhuma, e dentro de uma amizade não é diferente. Já passamos por muitas coisas juntas, brigamos, choramos, sorrimos e no final estávamos todas bem novamente. Na vida, nada é fácil e juntas então, também nunca foi fácil, mas aqui estamos nós passando por mais uma etapa dessa nossa longa jornada e como falamos: “não gostamos de nada fácil”. Que brindemos sempre juntas por nossas conquistas.

Aos meus amigos de vida e pesquisa Janieire (Jane), Bruno Batalha, Fabiana Castro, Luciana, Elison, Adão, Andreza, Guilherme, Luiz Wilker (careca) e Felipe.

Um agradecimento especial à minha mãe de Pernambuco e sua família por me acolher como parte da família e por toda amizade e companheirismo que construímos durante todos os momentos, levarei sempre vocês no meu coração: Wilza, Luiz, Miguel, Luiz Wilker (careca), Carlos e Camila, meu eterno, obrigada.

Meu muito obrigada a Valmari e seu filho Rafael Assunção, por toda ajuda e conselhos, mesmo na distância sempre torceram por meu sucesso.

Aos meus amigos eternos Thálius, Alê, Daniel, Elias, Rayssa, Vanessa, Rafael, André, Raynara, Renata, Rayane, Daniel, Felipe, Tereza, Miriam e Marisa.

A todos os servidores da UAG, pelo acolhimento e convívio durante o período de trabalho. Em especial ao técnico do laboratório Luan.

Enfim, a todas as pessoas que de forma direta e indireta contribuíram para que essa pesquisa se realizasse e desse fruto.

Meu eterno, Agradecimento!

## **BIOGRAFIA**

Gabriela Duarte Silva, filha de Maria do Carmo Duarte Silva e Francisco Rodrigues da Silva, nasceu na cidade de Bacabal - MA, em 17 de junho de 1990. Em março de 2010, ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Estadual do Maranhão – Campus São Luís, onde desenvolveu atividades de extensão, além de estágios extracurriculares. Em julho de 2015, recebeu o título de Bacharel em Zootecnia. No mês seguinte, ingressou no Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Garanhuns, concentrando seus estudos na área de Nutrição e produção de peixes, submetendo-se à defesa da dissertação para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Pastagens no dia 11 de outubro de 2017.

## ÍNDICE

<b>LISTA DE FIGURA</b> .....	11
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	12
<b>RESUMO</b> .....	13
<b>ABSTRACT</b> .....	14
<b>CAPÍTULO - I CONTEXTUALIZAÇÃO</b> .....	15
1. INTRODUÇÃO .....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	18
2.1 Caracterização do gênero <i>Prochilodus</i> .....	18
2.2 Energia e proteína na nutrição de peixes .....	19
3. Referências citadas .....	22
4. Objetivo .....	25
4.1 Geral .....	25
4.2 Específicos .....	25
<b>CAPÍTULO II- Crescimento e composição corporal de juvenis de curimatã-pacu (<i>Prochilodus argenteus</i>) alimentados com dietas contendo diferentes relações proteína: lipídio</b> .....	26
Resumo .....	28
Introdução .....	29
Materiais e Métodos .....	30
Resultados .....	33
Discussão .....	35
Referências .....	39
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	49
<b>APÊNDICE I</b> .....	50
<b>ANEXO I</b> .....	70

## Lista de Figura

	Página
<b>Figura 1.</b> Estimativa de exigência de proteína bruta (PB) para juvenis de curimatã-pacu ( <i>Prochilodus argenteus</i> ), considerando o ganho de peso médio e o índice de eficiência alimentar.	45

**Lista de Tabelas**

		Página
<b>Tabela 1.</b>	Proporção de ingredientes e composição química das dietas experimentais	46
<b>Tabela 2.</b>	Desempenho produtivo (média $\pm$ desvio padrão) de juvenis de curimatã-pacu ( <i>Prochilodus argenteus</i> ) alimentados com dietas contendo níveis de proteína bruta (PB) e lipídio (LIP) dietética	47
<b>Tabela 3.</b>	Composição corporal e muscular de juvenis de curimatã-pacu ( <i>Prochilodus argenteus</i> ) alimentados com dietas contendo níveis de proteína bruta e lipídio dietética	48
<b>Tabela A 1.</b>	Dados de desempenho dos juvenis de curimatã-pacu ( <i>Prochilodus argenteus</i> )	51
<b>Tabela B 2.</b>	Dados dos índices somáticos dos juvenis de curimatã-pacu ( <i>Prochilodus argenteus</i> )	57
<b>Tabela C 3.</b>	Dados da composição química das dietas experimentais	63
<b>Tabela D 4.</b>	Dados da composição química corporal dos juvenis de curimatã-pacu ( <i>Prochilodus argenteus</i> )	64
<b>Tabela E 5.</b>	Dados da composição química muscular dos juvenis de curimatã-pacu ( <i>Prochilodus argenteus</i> )	67

## RESUMO

SILVA, Gabriela Duarte. **Relação lipídio:proteína dietética para juvenis de curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*)**. 2017. --p. Defesa (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns, PE.<sup>1</sup>

A curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*) é uma espécie endêmica do Rio São Francisco e constitui importante recurso pesqueiro nesta região. Entretanto, suas populações naturais estão em declínio devido a diferentes ações antrópicas em seu habitat. Por isso, a produção em cativeiro surge como uma alternativa para a preservação e contínuo fornecimento ao mercado consumidor. Por se tratar de uma nova espécie para cultivo em aquicultura, são inexistentes estudos sobre suas exigências nutricionais, condição necessária para um adequado desempenho da sua produção em cativeiro. Em geral, devido a proteína ser o macronutriente mais oneroso em dietas aquícolas, sua exigência nutricional é a primeira a ser determinada para novas espécies aquícolas. Porém, a exigência proteica de uma espécie pode ser influenciada pela concentração de lipídio dietético. Assim, objetivou-se determinar a exigência proteica de juvenis de curimatã-pacu em duas concentrações de lipídios dietéticos. Para isso, foram formuladas oito dietas experimentais, associando quatro níveis de proteína bruta (PB) (20, 25, 30 e 35% PB) a dois níveis de lipídios (LIP) (11 e 15% LIP), constituindo um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (4x2) com três repetições por tratamento. Juvenis de curimatã-pacu (peso inicial  $3,6 \pm 0,01$ g) foram aleatoriamente distribuídos em aquários de vidro com 60L úteis (15 peixes/aquário) e alimentados diariamente com 6% da biomassa durante dez semanas. Ao final do experimento foi avaliado o desempenho zootécnico, retenção de nutrientes, composição química corporal e muscular dos peixes. Os resultados foram submetidos a ANOVA de duas vias, e quando significativos ( $p \leq 0,05$ ) comparados pelo teste de média de Duncan. A exigência nutricional foi determinada através de análise de regressão. A sobrevivência global final foi de 99,6% e foi influenciada significativamente pela concentração lipídica das dietas. A concentração de PB foi o único fator a influenciar ( $p \leq 0,05$ ) o ganho de peso, a eficiência alimentar e o índice hepatossomático dos peixes. A exigência dos juvenis de curimatã-pacu foi estimada em 32% de PB para a eficiência alimentar e 34% de PB para o ganho de peso, independente da concentração lipídica da dieta. A taxa de eficiência proteica foi influenciada ( $p \leq 0,05$ ) apenas pela PB dietética, sendo inversamente proporcional ao aumento do nível de PB da dieta, apresentando redução linear com o aumento da PB dietética. A taxa de retenção de proteína foi influenciada ( $p \leq 0,05$ ) apenas pela proteína dietética. O lipídio corporal, o índice lipossomático e o consumo diário de ração dos peixes foram influenciados ( $p \leq 0,05$ ) pela interação entre PB  $\times$  LIP dietéticos. Assim, conclui-se que juvenis de curimatã-pacu com peso entre 3 e 27 g apresentam exigência entre 32 - 34% de PB, com melhor relação proteína: energia de 22-23 mg kJ<sup>-1</sup>.

Palavras-chave: Prochilodontidae, nutrição de peixes, piscicultura, fontes energéticas não-proteicas

<sup>1</sup>Comitê Orientador: Prof. Dr. Álvaro José de Almeida Bicudo DZ, setor Palotina/UFPR (orientador); Prof. Dr. Omer Cavalcanti de Almeida - PPGCAP/UFRPE (co-orientador); Prof. Dr. Jorge Eduardo Cavalcante Lucena – PPGCAP/UFRPE (co-orientador).

## ABSTRACT

SILVA, Gabriela Duarte. **Dietary lipid:protein ratio for curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*) juveniles.** 2017. --p. Defense (Master of Animal Science and Pastures) - Rural Federal University of Pernambuco, Academic Unit of Garanhuns, PE<sup>2</sup>

The curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*) is an endemic species from the São Francisco River, and an important fishing resource in this region. However, its natural populations are currently in decline, due to different anthropic actions in its habitat. As a result, production in captivity has emerged as an alternative for preservation and continued supply to the consumer market. Since this is a new species in aquaculture, no studies have been made on nutritional requirements and the necessary conditions for acceptable results in its captive breeding. In general, because proteins are the most costly macronutrients in aquaculture diets, their nutritional requirement is the first to be established for new species used in aquaculture. However, the protein requirements of a species may be influenced by the concentration of dietary lipids. Therefore, the objective of this study was to determine the protein requirement of juvenile curimatã-pacu in two concentrations of dietary lipids. For this, eight experimental diets were formulated, associating four levels of crude protein (CP) (20, 25, 30 and 35% CP) and two levels of lipids (LIP) (11 and 15% LIP), making up a completely randomized factorial design (4x2) with three repetitions per treatment. Juvenile curimatã-pacu (initial weight  $3.6 \pm 0.01$ g) were randomly distributed in glass aquariums with a capacity of 60L (15 fish/tank) and fed daily at 6% of biomass during ten weeks. The growth performance, nutrient retention, and chemical body and muscle composition were evaluated at the end of the experiment. The results were submitted at two-way ANOVA and, when significant ( $p \leq 0.05$ ), they were compared using Duncan's test. The nutritional requirement was determined through regression analysis. The final global survival rate was 99.6%, which was significantly influenced by the concentration of lipids in the diets. The concentration of CP was the only factor to influence ( $p \leq 0.05$ ) weight gain, feed efficiency and the hepatosomatic index of the fish. The requirement for the juvenile curimatã-pacu was estimated at 32% of CP for feed efficiency and 34% CP for weight gain, regardless of the concentration of lipids in the diet. The protein efficiency ratio was only influenced ( $p \leq 0.05$ ) by the dietary CP, being inversely proportional to the increase in the CP level of the diet, presenting linear reduction of the increase of dietary CP. The protein retention rate was only influenced ( $p \leq 0.05$ ) by dietary proteins. The body lipid content, the liposomatic index and the daily consumption of feed were influenced ( $p \leq 0.05$ ) by the interaction between dietary CP x LIP. Therefore, it was possible to conclude that juvenile curimatã-pacu weighing between 3 and 27 g present a CP requirement of 32-34%, with the best protein: energy ratio being 22-23 mg kJ<sup>-1</sup>.

Key words: Prochilodontidae, Fish nutrition, Fish farming, Non-protein energy sources

<sup>2</sup>Committee Advisor.: Prof. Dr. Álvaro José de Almeida Bicudo DZ, setor Palotina/UFPR (Advisor); Prof. Dr. Omer Cavalcanti de Almeida - PPGCAP/UFRPE (co-advisor); Prof. Dr. Jorge Eduardo Cavalcante Lucena – PPGCAP/UFRPE (co-advisor).

## **CAPÍTULO I**

### **Contextualização**

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento populacional e a busca por alimentos mais saudáveis elevaram a demanda por pescados, principalmente em virtude da qualidade nutricional destes produtos, como as elevadas concentrações de ácidos graxos n-3 e n-6, por exemplo. Em virtude da sobrepesca dos estoques naturais, a participação da aquicultura na produção de pescado tem crescido de forma consistente desde 1990 (FAO, 2016). O Brasil apresenta grande potencial para o desenvolvimento desta atividade em função de diversos fatores, dos quais destacam-se a diversidade de espécies com potencial para cultivo, condição climática favorável, agricultura desenvolvida e com alta produção de grãos utilizados nas rações, existência de indústrias produtoras e beneficiadoras de insumos utilizados na produção, além da elevada disponibilidade de recursos hídricos.

Neste contexto, existe uma tendência cada vez maior de intensificação dos sistemas de produção aquícolas, nos quais a alimentação pode corresponder por até 60-70% dos custos de produção. Embora o Brasil apresente uma elevada diversidade de espécies autóctones cultivadas, o conhecimento nutricional destas espécies é escasso. Deste modo, a formulação das dietas comerciais para as espécies nativas é baseada nas exigências nutricionais de espécies exóticas, como por exemplo do bagre do canal (*Ictalurus punctatus*), da carpa comum (*Cyprinus carpio*), da truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Deste modo, a determinação das exigências nutricionais das espécies autóctones é condição primordial para a maior eficiência das rações aquícolas do ponto de vista nutricional, econômico e ambiental.

A proteína é o macronutriente mais oneroso na formulação das dietas aquícolas. Por isso, quando novas espécies são direcionadas para produção em cativeiro, em geral a exigência em proteína é a primeira a ser determinada, uma vez que dietas aquícolas podem

conter de 25 a 50% de proteína (NRC, 2011). Dietas deficientes em proteína resultam em redução do crescimento; por outro lado, proteína em excesso pode ser utilizada como fonte de energia, aumentando a excreção nitrogenada e, conseqüentemente, o impacto econômico da atividade (PORTZ; FURUYA, 2012). Desta maneira, uma das principais metas dos nutricionistas de peixes é melhorar a eficiência da retenção da proteína dietética (RIBEIRO et al., 2016). Uma das principais estratégias é procurar economizar a proteína como fonte de energia disponibilizando maiores quantidades de energia proveniente de lipídios e carboidratos, caracterizando um efeito economizador da proteína (*protein sparing effect*).

A curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*) é uma espécie da família Prochilodontidae, de hábito alimentar iliófago, endêmica da Bacia do Rio São Francisco. Ações antrópicas em seu habitat, como a construções de barragens (BARROCA et al., 2012), têm diminuído os estoques pesqueiros desta espécie, que constitui um importante recurso para as populações ribeirinhas (ARAÚJO et al., 2015). Assim, iniciativas para a sua produção em cativeiro têm sido avaliadas, como o policultivo com espécies nativas de camarão (ALMEIDA et al., 2015) ou peixes (NUNES et al., 2006). Todavia, diversos aspectos da tecnologia necessária para sua produção comercial ainda não estão estabelecidos, dentre os quais suas exigências nutricionais.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Caracterização do gênero *Prochilodus*

Os peixes da família Prochilodontidae constituem importante fonte de recurso pesqueiro, com cerca de 21 espécies e três gêneros (*Ichthyobphas*, *Semaprochilodus* e *Prochilodus*). O gênero *Prochilodus* é constituído por 14 espécies: *P. argenteus*, *P. brevis*, *P. britskii*, *P. costatus*, *P. hartii*, *P. lacustris*, *P. lineatus*, *P. magdalenae*, *P. mariae*, *P. nigricans*, *P. reticulatus*, *P. rubrotaeniatus* e *P. vimboides*. Possuem representantes na Colômbia, Peru, Venezuela, Bolívia, Argentina, Uruguai, Paraguai e Brasil. No Brasil encontra-se distribuído em diferentes bacias hidrográficas (Solimões-Amazonas, Tocantins, São Francisco, Paraná-Paraguai e Uruguai) (SIVASUNDAR et al., 2001).

A palatabilidade de sua carne, associada a elevada taxa de crescimento, credenciam diferentes espécies do gênero *Prochilodus* para produção em cativeiro (JESUS et al., 2001). Embora maior parte do mercado consumidor destas espécies, conhecidas popularmente como ‘curimbas’ ou ‘curimatãs’, seja suprido pela pesca artesanal (SOARES et al., 2011), a produção proveniente da aquicultura alcançou um volume de 2.554.052 de toneladas em 2015 (IBGE, 2016). Por apresentarem hábito alimentar iliófago a produção destas espécies tem sido preconizada principalmente em sistemas de policultivo, seja como espécie principal ou secundária (ALMEIDA et al., 2015; COSTA et al., 2016; RIBEIRO-NETO et al., 2016; ROSA et al., 2016). Entretanto, experiências em sistemas de monocultivo também têm sido avaliados, apresentando resultados satisfatórios de desempenho (BOMFIM et al., 2005; VISBAL et al., 2013; ROSA et al., 2014; COSTA et al., 2015).

Embora escassos, existem estudos nutricionais prévios para diferentes espécies do gênero *Prochilodus*, em sua maioria envolvendo aspectos da nutrição proteica das espécies. Bomfim et al. (2005) determinaram a exigência proteica de *P. affinis* em 26,05% PB, para uma relação energia: proteína de 10,36 kcal de ED/g de PB, inferior à exigência estimada para *P. mariae* (35% PB) (VISBAL et al., 2013). Além disso, o uso de fontes proteicas alternativas também foi alvo de estudo para as espécies do gênero (GALDIOLI et al., 2002).

A curimatã-pacu é uma espécie endêmica da bacia do Rio São Francisco e sua população tem decrescido ao longo dos anos como resultado da construção de barragens hidrelétricas ao longo do Rio São Francisco (COIMBRA et al., 2017). Além disso, desde 2012 uma severa estiagem tem afetado a renovação de água deste rio, afetando o desencadeamento do processo reprodutivo da espécie e reduzindo o número de lagoas marginais onde a prole se desenvolve (MELO et al., 2013). Por isso, o volume de pesquisas para conservação da espécie vem aumentando nos últimos anos (LOPES, 2010; PEREIRA ARANTES et al., 2011; BARROCA et al., 2012; COIMBRA et al., 2017). Neste contexto, recentemente, aspectos biológicos da espécie em ambiente de cativeiro foram descritos por Guimarães et al. (2017), visando a otimização do crescimento da espécie. Contudo, até o presente momento, ainda são escassos estudos sobre a nutrição das espécies deste gênero, assim como pode-se afirmar que são desconhecidos estudos sobre a relação entre lipídeo e proteína para *P. argenteus*.

## **2.2 Energia e proteína na nutrição de peixes**

A formulação de dietas aquícolas, depende não só do conhecimento sobre a fisiologia digestiva e do manejo alimentar dos peixes, como também do conhecimento aprofundado sobre a digestibilidade dos nutrientes dos alimentos, assim como das exigências em nutrientes essenciais. A proteína é o macronutriente mais oneroso que

compõe dietas industrializadas para peixes (PORTZ; FURUYA, 2012). A exigência proteica dos peixes é influenciada por diferenças interespecíficas, estágio de desenvolvimento, qualidade da fonte proteica dietética, concentração de fontes de energia não-proteica (lipídio e carboidrato) e, dentre outros (NRC, 2011).

A energia não é um nutriente, mas sim um produto da oxidação metabólica de material orgânico, principalmente proteína, carboidrato e lipídios. Nos peixes, o catabolismo de aminoácidos é a fonte primária de energia, contudo a oxidação da proteína dietética para obtenção de energia é nutricionalmente pouco eficiente e economicamente inviável (NRC, 2011). Por isso, uma das principais estratégias utilizadas é maximizar a inclusão de fontes energéticas não-proteicas (lipídios e carboidratos) nas dietas aquícolas.

A capacidade de utilizar carboidratos ou lipídios para economizar a proteína dietética, assim como os níveis máximos de inclusão nas dietas, estão fortemente relacionados aos hábitos alimentares das espécies (GUO et al., 2015). Peixes de hábito alimentar carnívoro tendem a exigir maiores concentrações de lipídios nas dietas do que espécies onívoras (NRC, 2011). As principais funções metabólicas dos lipídios são: i) manutenção da estrutura, permeabilidade e estabilidade da membrana celular; ii) fonte de ácidos graxos essenciais; iii) transportadores de vitaminas lipossolúveis; iv) precursores de hormônios e outras moléculas bioativas, como moléculas derivadas de ácidos graxos das famílias ômega-3 e ômega-6 e v) fonte de energia metabólica para peixes, principalmente marinhos, onde algumas espécies podem acumular cerca de 20% de seu peso úmido na forma de lipídio (JIANG et al., 2015; GONZÁLEZ-FELIX et al., 2016).

Os lipídios possuem maior poder calorífico  $9,4 \text{ kcal kg}^{-1}$  em relação aos carboidratos, que geram apenas  $4,1 \text{ kcal kg}^{-1}$  (NRC, 2011). Por isso, a elevação do conteúdo lipídico das dietas é uma prática bastante conhecida dos nutricionistas animais, em especial quando se deseja aumentar o conteúdo energético das dietas. Deste modo, alterações na relação lipídio: proteína das dietas também irão alterar a relação energia: proteína dietética. Excesso de lipídios na dieta dos peixes pode reduzir o consumo de

alimentos devido ao elevado conteúdo energético, aumentando a deposição de gordura corporal, o que pode prejudicar a qualidade do produto final, em decorrência da elevada oxidação de ácidos graxos, que resulta em sabor indesejável (ABIDI; KHAN, 2014). Por outro lado, uma baixa relação lipídio: proteína acarreta no uso da proteína como fonte de energia, aumentando o impacto ambiental e diminuindo sua lucratividade (BICUDO et al., 2010). Assim, uma adequada relação lipídio: proteína é indispensável para maximizar a utilização da proteína dietética para a síntese muscular, caracterizando assim o denominado “efeito poupador da proteína” (NRC, 2011). O efeito poupador de proteína já foi verificado na carpa comum (*Cyprinus carpio*) (STEFFENS, 1996), no bagre amarelo (*Pseudobagrus fulvichaco*) (LEE; KIM, 2005), no sargo do Mediterrâneo (*Diplodus sargus*) (OZORIO et al., 2006), na truta-arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (BILGUVEN; AK, 2013), no “rockfish” (*Sebastes schlegeli*) (CHO et al., 2015) e no robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) (GARCÍA-MEILÁN et al., 2016). Entretanto, nem todas as espécies de peixes se mostraram capazes de economizar proteína dietética com a elevação da energia não-proteica, como registrado para o salmão do Atlântico (*Salmo salar*) (KARALAZOS et al., 2011), da corvina-marreca (*Umbrina cirrosa*) (HENRY et al., 2014), da garoupa híbrida (*Epinephelus lanceolatus* ♀ x *E. fuscoguttatus* ♀) (JIANG et al., 2015) e o bagre africano (*Clarias gariepinus*) (ENYIDI et al., 2017). Deste modo, torna-se necessário a determinação da melhor relação proteína: energia nas dietas aquícolas, assim como as fontes energéticas não proteicas a serem utilizadas, considerando as características intrínsecas das diferentes espécies cultivadas.

### 3. REFERÊNCIAS CITADAS

- ABIDI, S. F.; KHAN, M. A. Evaluation of feeding rate based on growth, feed conversion, protein gain and carcass quality of fingerling Indian major carp, *Catla catla* (Hamilton). **Aquaculture Research**. v. 45, p. 439–447, 2014.
- ALMEIDA, E. O. et al. Policultivo do curimatã pacu com o camarão canela. **Boletim do Instituto de Pesca**. v.41, n.2, p. 271–278, 2015.
- ARAÚJO, D. D. M. et al. Aspectos de aquisição e consumo de peixes na feira livre da cidade de penedo – Alagoas. **Boletim do Instituto de Pesca**. v. 41, n. 4, p. 429–440, 2015.
- BARROCA, T. et al. Genetic diversity and population structure of *Prochilodus costatus* and *Prochilodus argenteus* preceding dam construction in the Paraopeba River, São Francisco River Basin, Minas Gerais, Brazil. **Journal Genetics**. v. 2, n. 2, 121–130, 2012.
- BICUDO, A. J. A.; SADO, R.Y.; CYRINO, J. E. P. Growth performance and body composition of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887) in response to dietary protein and energy levels. **Aquaculture Nutrition**. v. 16, p. 213–222, 2010. doi: 10.1111/j.1365-2095.2009.00653.x
- BILGUVEN, M.; AK, I. The effects of different dietary protein and lipid levels and oil sources on the growth performance and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, w.). In: **1º Annual International Interdisciplinary Conference**. Azores, Portugal. p. 807-815, 2013.
- BOMFIM, M. A. D. et al. Proteína bruta e energia digestível em dietas para alevinos de curimatã (*Prochilodus affinis*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 34, n. 6, 1795–1806, 2005.
- CHO, S. H. et al. Optimum dietary protein and lipid levels for juvenile rockfish (*Sebastes schlegeli*, Hilgendorf 1880). **Aquaculture Research**. v. 46, n. 12, p. 2954–2961, 2015.
- COIMBRA, M. R. M. et al. Microsatellite assessment of the genetic diversity in indigenous populations of curimba (*Prochilodus argenteus*) in the São Francisco river (Brazil). **Conservation Genetics**. v. 11, n. p. 1-11, 2017.
- COSTA, B. DA. R. et al. Criação do curimatã comum, *Prochilodus cearaensis* (Steindachner, 1911), em tanque rede. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**. v. 9, n.3, p.482–492, 2015.
- COSTA, R. B. et al. Participação do pescador (a) artesanal no policultivo do curimatã comum (*Prochilodus cearaensis*) com tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**. v. 10, n.4, p.556–571, 2016.
- ENYIDI, U. et al. Effect of feed protein:lipid ratio on growth parameters of african catfish *Clarias gariepinus* after fish meal substitution in the diet with bambaranut (*Voandzeia subterranea*) meal and soybean (*Glycine max*) meal. **Fishes**. v. 2, n. 1, p. 2-11, 2017.
- FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations. O Estado mundial de la pesca y la acuicultura. **Contribuição a la seguridad alimentaria y la nutricion para todos**. Roma, p. 224, 2016.

- GALDIOLI, E. M. et al. Substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de canola em rações para alevinos de curimatá (*Prochilodus lineatus* V.). **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n. 2, p.552–559, 2002.
- GARCÍA-MEILÁN, I. et al. Effects of dietary protein-to-lipid ration on digestive and absorptive processes in sea bass fingerlings. **Aquaculture**. v. 463, p. 163-173, 2016.
- GONZÁLEZ-FÉLIX, M. L.; MALDONADO-OTHÓN, C. A.; PEREZ-VELAZQUEZ, M. Effect of dietary lipid level and replacement of fish oil by soybean oil in compound feeds for the shortfin corvina (*Cynoscion parvipinnis*). **Aquaculture**. v. 454, n.1, p. 217–228, 2016.
- GUIMARÃES, I. M. et al. Morphological development of larval and juveniles of *Prochilodus argenteus*. **Ciência Rural**. v. 47, n. 04, p. 1-8, 2017.
- GUO, X. et al. Effects of dietary non-protein energy source levels on growth performance, body composition and lipid metabolism in herbivorous grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.). **Aquaculture Research**. v. 46, p. 1197–1208, 2015.
- HENRY, M.; FOUNTOULAKI, E. Optimal dietary protein/lipid ratio for improved immune status of a newly cultivated Mediterranean fish species, the shi drum *Umbrina cirrosa*, L. **Fish & Shellfish Immunology**. v.37, n.2, p. 215-219, 2014.
- IBGE- Instituto de Geografia e Estatística. **Produção pecuária municipal 2015**. v.43. Rio de Janeiro, 2016.
- JESUS, R. S.; LESSI, E.; TENUTA-FILHO, A. Estabilidade química e microbiológica de *minced fish* de peixes amazônicos durante o congelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 2, p. 144-148, 2001.
- JIANG, S. et al. Effects of dietary protein and lipid levels on growth, feed utilization, body and plasma biochemical compositions of hybrid grouper (*Epinephelus lanceolatus* ♀ x *Epinephelus fuscoguttatus* ♀) juveniles. **Aquaculture**. v.446: p.148–155, 2015.
- KARALAZOS, V.; BENDIKSEN, E. A.; BELL, J. G. Interactive effects of dietary protein/lipid level and oil source on growth, feed utilisation and nutrient and fatty acid digestibility of Atlantic salmon. **Aquaculture**. v. 311, p. 193-200, 2011.
- LEE, S.M.; KIM, K.D. Effect of various levels of lipid exchanged with dextrin at different protein level in diet on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture Nutrition**. v.11, n.6, p.435-442, 2005.
- LOPES, A. C. M. **Diversidade das espécies de *Prochilodus* spp. utilizadas em piscicultura na baixa do Rio São Francisco no Estado de Sergipe, Aracaju**. (Dissertação de mestrado), Universidade Tiradentes, p.68, 2010.
- MELO, B.F. et al. The roles of marginal lagoons in the maintenance of genetic diversity in the Brazilian migratory fishes *Prochilodus argenteus* and *P. costatus*. **Neotropical Ichthyology**. v.11, n.3, p.625–636, 2013.
- NRC- National Research Council. Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington: National Academy Press. 2011.
- NUNES, Z.M.P., LAZZARO, X., PERET, A.C., 2006. Influência da biomassa inicial sobre o crescimento e a produtividade de peixes em sistema de policultivo. **Ciência e Agrotecnologia**. v.30, n.6, p.1083-1090, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v30n6/a06v30n6.pdf>> Acesso em: 20/06/2017.

- OZORIO, R. O. A. et al. Growth performance and body composition of white seabream (*Diplodus sargus*) juveniles fed diets with different protein and lipid levels. **Aquaculture Research**. v. 37, n. 3, p. 255–263, 2006.
- PEREIRA-ARANTES, F. et al. Collapse of the reproductive process of two migratory fish (*Prochilodus argenteus* and *Prochilodus costatus*) in the Três Marias Reservoir, São Francisco River, Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**. v. 27, n. 3, p. 847–853, 2011.
- PORTZ, L.; FURUYA, W. M. Energia, proteína e aminoácidos. In: FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. (Eds.). Nutriaqua - **Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. 1. ed. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012. cap. 4, p. 65–77.
- RIBEIRO, F. M. et al. Alimentação e nutrição de pirapitinga (*Piaractus brachypomums*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*): Revisão. **PUBVET**. v.10, n.12, p.873–882, 2016.
- RIBEIRO-NETO, T.F. et al. Piscicultura familiar extensiva no baixo São Francisco no Estado de Sergipe. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**. v.4, n.1, p.62-69, 2016.
- ROSA, D. et al. Productividad del sábalo (*Prochilodus lineatus*) cultivado em estanques con diferentes tipos de fondo. **Revista Veterinária**. v. 25, n. 2, p. 126-130, 2014.
- ROSA, P. D. et al. Desempeno del sabalo *Prochilodus lineatus* en policultivo con pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture Research**. v.44, n.2, p.336–341, 2016.
- SIVASUNDAR, A; BERMINGHAM, E; ORTÍ, G. Population structure and biogeography of migratory freshwater fishes (*Prochilodus*: Characiformes) in major South American rivers. **Molecular Ecology**. v.10, p. 407–417, 2001.
- SOARES, E. C. et al. Ictiofauna e pesca no entorno de Penedo, Alagoas. **Biotemas**. v.24, n.1, p.61–67, 2011.
- STEFFENS, W. Protein sparing effect and nutritive significance of lipid supplementation in carp diets. **Archivo Animal Nutrition**. v.49, n.1, p.93–98, 1996.
- VISBAL B, T. E. et al. Nivel óptimo de proteínas en la dieta para alevines de *Prochilodus mariae*. **Revista Chilena de Nutrition**, v.40, n.2, p.41–146, 2013.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Geral**

Determinar a exigência proteica de juvenis de curimatã-pacu alimentados com dietas contendo diferentes concentrações lipídicas.

### **4.2. Específicos**

- A. Avaliar o desempenho zootécnico, a retenção de nutrientes e a composição química corporal e muscular dos juvenis de curimatã-pacu alimentados com dietas contendo diferentes concentrações de proteína bruta e lipídio.
- B. Determinar a exigência em proteína bruta para os juvenis de curimatã-pacu;
- C. Estimar a melhor relação energia: proteína para os juvenis de curimatã-pacu;

## **CAPITULO II**

**Crescimento e composição corporal de juvenis de curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*) alimentados com dietas contendo diferentes relações proteína: lipídio**

1 **Running title:** Protein requirement of curimatã-pacu

2 **Manuscript category:** Animal Science and Pastures

3

4 **Growth and body composition of juvenile curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*)**  
5 **fed diets with different protein:lipid ratios**

6

7 Gabriela Duarte Silva<sup>1</sup>, Jorge Eduardo Cavalcante Lucena<sup>1</sup>, Omer Cavalcanti de  
8 Almeida<sup>1</sup>, Álvaro José de Almeida Bicudo<sup>2\*</sup>

9

10 <sup>1</sup> Federal Rural University of Pernambuco – Academic Unity of Garanhuns - Bom Pastor  
11 Av. – 55292-270 – Garanhuns, PE – Brazil

12

13 <sup>2</sup> Federal University of Paraná – Dept. of Animal Science – 2153, Pioneiro St. – 85950-  
14 000 – Palotina, PR – Brazil

15

16 \*Corresponding author <alvaro.bicudo@ufpr.br>

17

18

19

20

21

22

23

24

## 25 RESUMO

26 Espécies potencialmente promissoras para a aquicultura precisam ter suas exigências  
27 nutricionais definidas. Então, considerando que proteína é o macronutriente mais oneroso  
28 nas dietas aquícolas, o presente estudo objetivou estimar a exigência proteica de curimatã-  
29 pacu em dois níveis de lipídios dietéticos. Para isso, foram formuladas oito dietas  
30 experimentais com 20, 25, 30 e 35 % de proteína bruta (PB) associados a 11 e 15 % de  
31 lipídios (LIP) dietéticos, constituindo um delineamento fatorial (4 PB x 2 LIP)  
32 inteiramente casualizado ( $n = 3$ ). Os juvenis ( $3.6 \pm 0.01$  g) foram alimentados diariamente  
33 com 6% da biomassa, em três refeições diárias (08h00, 12h00 e 16h00) durante 70 dias.  
34 A exigência proteica foi estimada pela combinação dos modelos de regressão quadrático  
35 e segmentado (*broken line*). A concentração de PB nas dietas foi o único fator a  
36 influenciar ( $p \leq 0.05$ ) as variáveis de crescimento e eficiência alimentar dos peixes, sem  
37 interação ( $p > 0.05$ ) com o nível lipídico das dietas. A exigência para ganho de peso e  
38 eficiência alimentar dos peixes foi estimada em 32 e 34 % PB. A retenção proteica  
39 diminuiu ( $p \leq 0.05$ ) proporcionalmente a elevação da PB. Peixes alimentados com 15 %  
40 LIP apresentaram maior ( $p \leq 0.05$ ) deposição de lipídio corporal. Por outro lado, o  
41 aumento da PB das dietas diminuiu ( $p \leq 0.05$ ) a deposição lipídica dos juvenis. Deste  
42 modo, recomenda-se que juvenis de curimatã-pacu entre 3 e 27 g de peso sejam  
43 alimentados com dietas contendo 32-34 % de PB e 11 % de lipídios, equivalente a uma  
44 relação proteína: energia de 22-23 mg kJ<sup>-1</sup>.

45 Palavras-chaves: Exigência proteica, Fontes energéticas não-proteicas, Prochilodontidae,  
46 Peixe iliófago

47

48

## 49 INTRODUÇÃO

50 A curimatã-pacu *Prochilodus argenteus* é uma espécie iliófaga, reofílica, nativa  
51 da Bacia do Rio São Francisco, cujas populações em seu habitat natural têm diminuído  
52 em função da construção de usinas hidrelétricas (Pereira-Arantes et al., 2011) e da  
53 sobrepesca (Soares et al., 2011). Devido a sua importância social e econômica como  
54 recurso pesqueiro, iniciativas para a sua produção em cativeiro têm sido recentemente  
55 estudadas (Almeida et al., 2015; Santos et al., 2016). Entretanto, o conhecimento  
56 disponível sobre as exigências nutricionais das espécies do gênero *Prochilodus* é escasso.  
57 De fato, apenas o curimatã (*P. affinis*) e o coporo (*P. mariae*) tiveram sua exigência em  
58 proteína bruta (PB) determinada em, respectivamente, 26 % PB (Bomfim et al., 2005) e  
59 35 % de PB (Hernandez et al., 2010; Visbal et al., 2013). Até o presente momento, não  
60 existe nenhum estudo prévio conhecido sobre a determinação das exigências nutricionais  
61 de *P. argenteus*.

62 Devido à importância econômica e ambiental da PB nos sistemas de produção  
63 aquícola, quando uma nova espécie é postulada para produção em cativeiro, os estudos  
64 nutricionais se iniciam pela determinação da exigência proteica desta espécie (Cyrino et  
65 al., 2010). Entretanto, a exigência de proteína dietética dos peixes é influenciada por  
66 diferentes fatores, como o hábito alimentar da espécie, a temperatura da água, o estágio  
67 de desenvolvimento e a concentração de fontes energéticas não-proteicas (NRC, 2011).  
68 Assim, o aumento da concentração lipídica das dietas tem sido utilizado para economizar  
69 a proteína dietética como fonte de energia, mesmo em dietas para peixes onívoros  
70 (Aminikhoei et al., 2015; Khan e Abidi, 2012). Entretanto, uma alta relação lipídio:  
71 proteína nas dietas pode ocasionar à saciedade precoce dos peixes, limitando a ingestão  
72 de nutrientes, diminuindo o crescimento e elevando o acúmulo de gordura corporal. Por

73 outro lado, uma baixa relação LIP: PB eleva o uso da PB como fonte de energia pelos  
74 animais, diminuindo a eficiência econômica e ambiental das dietas.

75 Deste modo, este estudo objetivou determinar a exigência proteica e a melhor  
76 relação PB: LIP para juvenis de curimatã-pacu alimentados com dietas contendo duas  
77 concentrações lipídicas.

78

## 79 **MATERIAIS E MÉTODOS**

### 80 **Dietas experimentais**

81 Os tratamentos consistiram de oito dietas experimentais com diferentes  
82 concentrações de PB (20, 25, 30 e 35 %) associadas a 11 ou 15 % de lipídios (LIP)  
83 dietéticos (Tabela 1), constituindo um delineamento fatorial (4×2) inteiramente  
84 casualizado, com três repetições por tratamento.

85 Para fabricação das dietas, os ingredientes foram moídos ( $\leq 1$  mm),  
86 homogeneizados em misturador horizontal, umedecidos ( $\pm 37\%$  de água), peletizados (2  
87 e 4 mm) em moinho de rosca sem fim e secas por 24 h em estufa de ventilação forçada  
88 (50°C). Ao final, todas as dietas foram armazenadas protegidas da luz e mantidas sob  
89 refrigeração (4°C) até o fornecimento aos peixes.

90

### 91 **Peixes e procedimentos experimentais**

92 Todos os procedimentos experimentais foram previamente aprovados pela  
93 Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco  
94 (Licença nº 085/2016).

95 Juvenis de curimatã-pacu, provenientes do Centro Integrado de Recursos  
96 Pesqueiros e Aquicultura de Itiúba (Porto Real do Colégio, AL) da Companhia de  
97 Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba (CODEVASF), foram

98 submetidos a banho profilático (1 g NaCl L<sup>-1</sup>) por um minuto e posteriormente  
99 transferidos para dois tanques circulares (360 L), com controle de temperatura, aeração  
100 suplementar e filtros biológicos com sistema *air lift*. Para adaptação às condições  
101 laboratoriais, os peixes foram alimentados diariamente com uma dieta comercial (40 %  
102 PB) a taxa de 5% da biomassa em três refeições (08h00, 12h00 e 16h00) durante sete dias.

103 Ao início do experimento, 20 peixes da população inicial foram submetidos a  
104 jejum (24h00), eutanasiados por overdose de anestésico (benzocaína; 500 mg L<sup>-1</sup>),  
105 moídos, homogeneizados e congelados para análise da composição química corporal.  
106 Entre os peixes remanescentes, foram selecionados 360 juvenis (peso inicial de 3.6±0.1  
107 g) que foram distribuídos em aquários de vidro (60 L; 15 peixes/aquário). Estes aquários  
108 estavam em um sistema de recirculação de água, equipado com filtro biológico, filtro  
109 ultravioleta, aeração suplementar, controle de temperatura e fotoperíodo controlado  
110 (12h00 luz:12h00 escuro). Semanalmente, aproximadamente 50 % da água do sistema de  
111 recirculação era renovada.

112 A temperatura (28.4±1.4 °C) e o oxigênio dissolvido (5.6±0.7 mg L<sup>-1</sup>) foram  
113 monitorados diariamente com oxímetro digital modelo YSI F-1550. O pH (7.3±0.3), o  
114 nitrogênio amoniacal total (0.9±0.7 mg L<sup>-1</sup>), o nitrito (0.4±0.0 mg L<sup>-1</sup>), a alcalinidade  
115 (51.4±13.6 mg L<sup>-1</sup>) e a dureza (75.5±25.3 mg L<sup>-1</sup>) foram medidos semanalmente com o  
116 auxílio de kit colorimétrico comercial. Todos os parâmetros de qualidade da água  
117 permaneceram dentro dos limites considerados adequados para espécies do gênero  
118 *Prochilodus* (Fonseca et al., 2010).

119 Durante dez semanas os peixes foram alimentados diariamente a uma taxa de  
120 6% da biomassa divididos em três refeições (08h00, 12h00 e 16h00). Esta taxa de  
121 arraçoamento foi definida através de um experimento piloto (dados não-publicados),  
122 sendo a máxima taxa de arraçoamento ideal definida como aquela em que não se

123 observava restos de ração nos aquários após 30 minutos do seu fornecimento aos peixes.  
124 A cada 14 dias todos os juvenis de cada unidade experimental eram anestesiados  
125 (benzocaína; 50 mg L<sup>-1</sup>) e pesados para ajustar o fornecimento de ração.

126

### 127 **Coleta e processamento de amostras**

128 Após 70 dias de experimento os peixes foram submetidos a jejum, eutanasiados  
129 como previamente descrito, contados e pesados. Nove peixes de cada aquário foram  
130 aleatoriamente amostrados, moídos, homogeneizados de modo a formar uma amostra  
131 composta e congelados (-20°C) até posterior análise. Outros cinco juvenis foram  
132 necropsiados para retirada e pesagem do fígado e da gordura visceral, além de amostras  
133 do tecido muscular (filé). Devido ao tamanho dos peixes, as amostras individuais de  
134 músculo necessitaram ser misturadas, formando uma amostra composta por unidade  
135 experimental. As amostras de músculo foram congeladas (-20°C) até posterior análise  
136 química.

137 Para realização das análises químicas, as amostras do corpo e do músculo dos  
138 peixes foram liofilizadas (n° 925.09) até peso constante para determinação da umidade  
139 (UM). A proteína bruta (PB) foi determinada pelo método de Micro - Kjeldahl ( $N \times 6.25$ )  
140 (n° 954.01); o extrato etéreo (EE) pelo método de Soxhlet (n° 920.39) e as cinzas (MM)  
141 em mufla (550°C; 18h) (n° 942.05). A fibra bruta (FB) das dietas foi determinada pela  
142 digestão ácido/básica (n° 978.10) (AOAC, 2000). Calculou-se o extrativo não-  
143 nitrogenado das dietas pela fórmula ( $ENN = 1000 - (UM + PB + EE + MM + FB)$ ). A  
144 energia bruta (EB) foi estimada a partir dos valores padrões para proteína (23.6 kJ g<sup>-1</sup>),  
145 lipídios (39.5 kJ g<sup>-1</sup>) e carboidratos (17.2 kJ g<sup>-1</sup>) de acordo com o NRC (2011).

146

### 147 **Variáveis calculadas e procedimentos estatísticos**

148 Ao final do experimento foram calculadas as seguintes variáveis: ganho de peso  
149 médio [GPM = peso médio final (PMF) - peso médio inicial (PMI)], taxa de crescimento  
150 específico (TCE =  $[(\ln \text{PMF}) - (\ln \text{PMI})] \div 70 \text{ dias} \times 100$ ], índice de eficiência alimentar  
151 (IEA =  $\text{GPM} \div \text{total de alimento consumido}$ ), taxa de eficiência proteica (TEP =  $\text{GPM} \div \text{total}$   
152 de proteína bruta ingerida), taxa de retenção proteica [TRP =  $(\text{PMF} \times \text{conteúdo corporal}$   
153 final de N% matéria natural) -  $(\text{PMI} \times \text{conteúdo corporal inicial de N\% base da matéria natural}) \div \text{total de}$   
154 N ingerido], índice hepatossomático [IHS =  $100 \times \text{peso do fígado} \div \text{peso corporal}$ ] e índice  
155 lipossomático [ILS =  $100 \times \text{peso da gordura visceral} \div \text{peso corporal}$ ].

156 Todos os dados foram submetidos a avaliação da normalidade pelo teste de  
157 Shapiro-Wilk e da homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett. Atendidas estas  
158 premissas, foram submetidos à análise de variância de duas vias (*Two-way* ANOVA). Na  
159 existência de efeito significativo dos tratamentos ( $p \leq 0.05$ ) as médias foram comparadas  
160 pelo teste de Duncan. Os dados foram submetidos a análise de regressão por modelos  
161 curvilíneos e não-lineares. A determinação da exigência nutricional foi calculada pela  
162 intersecção da curva quadrática com o platô do modelo de regressão segmentada (*broken*  
163 *line*) segundo Baker et al. (2002). Todas as análises foram executadas com auxílio do  
164 software SAS versão 9.1.

165

## 166 **RESULTADOS**

167 Os resultados do desempenho produtivo dos juvenis de curimatã-pacu estão  
168 sumarizados na Tabela 2. O nível de PB da dieta foi o único fator a influenciar ( $p \leq 0.05$ )  
169 a maioria das variáveis de desempenho dos peixes. A exigência em PB estimada pelo  
170 GPM dos peixes foi de 34% PB, superior à exigência estimada (32% PB) considerando o  
171 IEA dos animais (Figura 1).

172 O uso da PB dietética foi inferior ( $p \leq 0.05$ ) nos peixes alimentados com 35%  
173 PB, independente da concentração LIP das dietas (Tabela 2). O aumento do nível de PB  
174 das dietas reduziu linearmente a TEP dos juvenis de curimatã-pacu ( $p \leq 0.05$ ;  $Y = -0.035x$   
175  $+ 3.06654$ ;  $R^2 = 0.72$ ). Entretanto, a TRP dos peixes apresentou comportamento cúbico  
176 ( $p \leq 0.05$ ;  $Y = -0.01034x^3 + 0.8287x^2 - 21.949x + 224.31$ ;  $R^2=0.71$ ) demonstrando que a  
177 TRP se manteve similar nos peixes alimentados com 25 e 30% de PB dietética. O IHS  
178 dos peixes diminuiu linearmente ( $p \leq 0.05$ ;  $Y = -0.0196x + 1.4332$ ;  $R^2=0.53$ ) devido ao  
179 aumento da PB das dietas.

180 A concentração de LIP das dietas diminuiu ( $p \leq 0.05$ ) a sobrevivência nos peixes  
181 alimentados com dietas contendo 35/15% PB/LIP. Um maior ( $p \leq 0.05$ ) ILS foi registrado  
182 nos peixes alimentados com 15% de LIP dietético. Por outro lado, comportamento inverso  
183 do ILS dos peixes foi registrado ( $p \leq 0.05$ ) com o aumento da PB dietética.

184 A interação entre PB e LIP influenciou ( $p \leq 0.05$ ) apenas o CDR dos juvenis de  
185 curimatã-pacu. Peixes alimentados com 11% LIP aumentaram o consumo de ração  
186 linearmente ( $p \leq 0.05$ ) devido à elevação da concentração de PB das dietas. Entretanto,  
187 quando se elevou o nível de LIP das dietas, o consumo de ração manteve-se similar ( $p >$   
188  $0.05$ ) nos peixes alimentados com 30 e 35 % de PB.

189 A composição química corporal dos peixes foi influenciada pelos níveis de PB  
190 e LIP das dietas, de forma isolada ou pela interação destes nutrientes. Por outro lado,  
191 apenas as concentrações de lipídio muscular (LIPM) dos juvenis foram influenciadas ( $p$   
192  $\leq 0.05$ ) pelas dietas experimentais (Tabela 3).

193 O lipídio corporal (LIPC) ( $Y = -0.16744x + 10.98493$ ;  $R^2=0.78$ ) e o LIPM ( $Y =$   
194  $0.0805x + 4.7408$ ;  $R^2=0.43$ ) dos peixes reduziu ( $p \leq 0.05$ ) devido ao aumento dos níveis  
195 de PB das dietas. Ressalte-se que a redução do LIPC foi mais acentuada nos peixes  
196 alimentados com 15% de LIP, uma vez que não se registrou redução ( $p > 0.05$ ) desta

197 variável nos peixes alimentados com dietas contendo 30 e 35% de PB e 11% de LIP. A  
198 PB das dietas aumentou linearmente ( $p \leq 0.05$ ;  $Y=0.10532x+11.33841$ ;  $R^2=0.51$ ) a  
199 proteína corporal (PBC) dos peixes.

200

## 201 **DISCUSSÃO**

202 Neste estudo, foi verificado que a exigência de PB dos juvenis de curimatã-pacu  
203 diferiu em até 17% dependendo do modelo estatístico e da variável resposta considerada.  
204 O modelo *broken line* tem sido preconizado na determinação de exigências nutricionais  
205 em peixes para se determinar a exigência mínima em PB, caracterizada pelo ponto a partir  
206 do qual não se verifica acréscimo substancial no desempenho dos animais pelo aumento  
207 do nutriente (Portz et al., 2000; Zeitoun et al., 1976). Por outro lado, o modelo *broken*  
208 *line* pode acarretar em uma subestimativa da exigência nutricional dos animais, sendo  
209 neste caso recomendado os modelos curvilineares (Shearer, 2000). O modelo quadrático  
210 apresenta como vantagem a possibilidade de se estimar a exigência nutricional para  
211 máxima resposta biológica. Entretanto, não se consegue neste modelo refletir as  
212 diferenças de resposta abaixo e acima do ponto máximo, pois a diminuição da resposta é  
213 descrita com a mesma intensidade que o aumento (Fuller e Garthwaite, 1993). No modelo  
214 quadrático também se desconsidera a capacidade de adaptação dos animais as variações  
215 no fornecimento de nutrientes sem impacto significativo no processo metabólico (Zeitoun  
216 et al., 1976). Isso justificaria o fato de muito estudos que estimaram exigências  
217 nutricionais pelo modelo quadrático utilizarem o ponto sobre a abscissa que corresponde  
218 a 95% do valor da assíntota superior que toca a ordenada (Lamberson e Firman, 2002).

219 No presente estudo, a amplitude dos níveis de PB das dietas (20-35% PB) não  
220 permitiu obter no modelo quadrático a máxima resposta dos juvenis de curimatã-pacu, ou  
221 seja, o ponto a partir do qual o aumento da PB das dietas diminuiria o GPM e o IEA dos

222 peixes (Figura 1). Então, considerando que os modelos quadráticos e *broken line*  
223 poderiam, respectivamente, super ou subestimar a exigência em PB dos juvenis de  
224 curimatã-pacu, decidiu-se utilizar a metodologia proposta por Baker et al. (2002). Estes  
225 autores consideraram a exigência nutricional como sendo um valor intermediário entre as  
226 exigências estimadas pelos modelos *broken line* e quadrático, determinado no primeiro  
227 ponto de intersecção da curva quadrática no platô de resposta do modelo *broken line*.  
228 Deste modo, segundo os mesmos autores, se reduz as chances de sub ou superestimar as  
229 exigências nutricionais das espécies.

230 Uma vez que se deseja minimizar o uso da PB como fonte de energia, é mais  
231 racional expressar a exigência em PB através da relação proteína: energia (PB: E).  
232 Ademais, sempre que o conteúdo de LIP dietético aumenta, eleva-se proporcionalmente  
233 o conteúdo energético das dietas. Então, considerando a exigência em PB dos peixes para  
234 IEA (32%) e GPM (34%), estimou-se a relação PB: E dietética ideal entre 22-23 mg PB  
235  $\text{kJ}^{-1}$  para os juvenis de curimatã-pacu. Estes valores estão dentro da amplitude (19-27 mg  
236  $\text{PB kJ}^{-1}$ ) considerada ideal para proporcionar crescimento adequado para a maioria das  
237 espécies de peixes (NRC, 2011).

238 A comparação de resultados entre diferentes estudos exige cautela, devido à  
239 influência das diferentes condições experimentais (*e.g.* qualidade da água, dietas  
240 experimentais, diferenças interespecíficas) sobre os animais. Entretanto, o interesse pela  
241 produção da curimatã-pacu em cativeiro é recente e, por isso, os resultados do  
242 desempenho zootécnico da espécie sob diferentes estratégias de produção são escassos.  
243 Neste estudo, a maior TCE foi registrada (2.9% dia) nos peixes alimentados com as 35%  
244 PB/11% LIP, sendo 45% superior a melhor TCE (2,0% dia) a reportada por Almeida et  
245 al. (2015) para a mesma espécie (peso inicial  $\pm$  15 g), mantidos em viveiros em  
246 monocultivo e alimentados com dietas comerciais (36% PB; 12% LIP) à taxa de 7% da

247 biomassa dia<sup>-1</sup> (Almeida et al., 2015). O crescimento dos juvenis de curimatã-pacu  
248 também foi superior ao registrado por Bonfim et al. (2005) para *P. affinis* (peso inicial  
249 2.7g) sob condições laboratoriais. De fato, apenas juvenis de *P. lineatus* (Galdioli et al.  
250 2002) e *P. mariae* (Visbal et al. 2013) apresentaram TCE superiores às observadas para  
251 *P. argenteus*. Deste modo, tem-se um forte indicativo de que a curimatã-pacu está entre  
252 as espécies mais promissoras do gênero *Prochilodus* para a produção em cativeiro.

253         Em geral, o aumento do LIP dietético resulta em menor consumo de alimento,  
254 uma vez que os peixes suprem sua demanda energética mais precocemente. Apesar disso,  
255 peixes são capazes de ajustar o consumo de alimento em diferentes amplitudes de energia  
256 dietética, como registrado para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) por Bicudo et al.  
257 (2010) e para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por Ye et al. (2016). A interação  
258 ( $p \leq 0.05$ ) entre PB e LIP sobre o CDR da curimatã-pacu possivelmente resultou do  
259 aumento proporcional do crescimento dos peixes pela elevação da PB, uma vez que a  
260 alimentação controlada (6% do peso corporal dia<sup>-1</sup>) não possibilitava o ajuste do consumo  
261 voluntário. Corroborar esta hipótese o fato de que apenas nos peixes alimentos com 35%  
262 PB o CDR diminuiu ( $p \leq 0.05$ ) como resultado do aumento do LIP das rações.

263         Peixes onívoros aproveitam a energia dos carboidratos de forma mais eficiente  
264 que a proveniente dos LIP, diferentemente das espécies carnívoras (NRC, 2011). De fato,  
265 a elevação do LIP das dietas não resultou em melhoria ( $p > 0.05$ ) dos índices produtivos  
266 da curimatã-pacu, sugerindo assim que dietas com 11% de LIP suprem a exigência  
267 energética da espécie. Conseqüentemente, não se verificou o efeito economizador da  
268 proteína pelos juvenis de curimatã-pacu decorrente do aumento do nível lipídico das  
269 rações de 11 para 15%. Segundo Aminikhoei et al. (2015), para ciprinídeos recomenda-  
270 se dietas com concentrações lipídicas inferiores à 12%. Por exemplo, para juvenis de  
271 carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) e da carpa indiana (*Catla catla*) os níveis

272 máximos de LIP dietéticos são, respectivamente, de 6% (Jin et al., 2013) e 8% (Priya et  
273 al., 2005). Estudos prévios com outros peixes onívoros neotropicais também não  
274 registraram efeito economizador da proteína como consequência do aumento das fontes  
275 energéticas não-proteicas nas dietas (Bittencourt et al., 2010; Bomfim et al., 2005; Cotan  
276 et al. 2006; Sá e Fracalossi, 2002).

277           Similar ao reportado para a tilápia do Nilo (Koch et al., 2017) e para a carpa-  
278 capim (Guo et al., 2015), o aumento da PB dietética reduziu a TRP nos juvenis de  
279 curimatã-pacu. Neste caso, supõe-se que a síntese proteica foi reduzida nos juvenis de  
280 curimatã-pacu proporcionalmente ao aumento da PB dietética devido à elevada  
281 participação deste nutriente no conteúdo energético das dietas (Ebrahimi et al., 2013). Por  
282 exemplo, nas dietas com 35% PB, aproximadamente metade da energia digestível das  
283 dietas é derivada apenas deste nutriente, sendo o restante proveniente dos LIP e  
284 carboidratos. Adicionalmente, é possível supor que o aumento da PB das dietas eleva  
285 proporcionalmente o conteúdo de aminoácidos que excedem à exigência nutricional da  
286 espécie, que por sua vez serão catabolizados e utilizados como fonte de energia (Koch et  
287 al., 2017).

288           Em geral, peixes cultivados são mais gordos que peixes selvagens, sendo que os  
289 principais locais de deposição corporal de LIP são a cavidade celomática, fígado e  
290 músculos (Guo et al., 2015). Os juvenis de curimatã-pacu aumentaram de 3-5 vezes o  
291 conteúdo de lipídio corporal ao final do experimento, sendo que aproximadamente 1/3 foi  
292 depositado no músculo. De fato, sabe-se que espécies reofílicas como curimatã-pacu  
293 tendem a depositar maiores concentrações de LIP na cavidade celomática (Bicudo et al.,  
294 2010), explicando assim a elevação do ILS e IHS com o aumento do LIP dietético. Por  
295 outro lado, o aumento da PB das dietas reduziu ( $p \leq 0.05$ ) o IHS, ILS e a deposição de  
296 LIPC e LIPM dos peixes. Índices somáticos, como IHS e ILS, são formas indiretas de

297 mensurar a retenção de energia em estudos nutricionais com peixes (NRC, 2011).  
298 Portanto, supostamente a maior deposição lipídica registrada nos peixes alimentados com  
299 menores concentrações de PB está associada principalmente a maior disponibilidade de  
300 carboidratos digestíveis e LIP destas dietas.

301 Em conclusão, recomenda-se que juvenis de curimatã-pacu entre 3 e 27 g de  
302 peso sejam alimentados com dietas contendo 32-34% de PB e 11% de lipídios.

303

#### 304 **AGRADECIMENTOS**

305 Os autores agradecem ao Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura  
306 de Itiúba (Porto Real do Colégio, AL, Brasil) da Companhia de Desenvolvimento dos  
307 Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) pela doação dos peixes e a  
308 Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de  
309 estudos concedida ao primeiro autor.

310

#### 311 **REFERÊNCIAS**

- 312 Almeida, E.O.; Santos, B.R.; Coelho Filho, P.A.; Cavalcante Junior, A.; Souza, A.P.  
313 L.; Soares, E.C. 2015. Polyculture of curimatã pacu and freshwater prawn.  
314 Boletim do Instituto de Pesca 41:271-278 (in Portuguese, with abstract in  
315 English).
- 316 Aminikhoei, Z.; Choi, J.; Lee, S-M. 2015. Optimal dietary protein and lipid levels  
317 for growth of juvenile Israeli carp *Cyprinus carpio*. Fisheries and Aquatic  
318 Sciences 18: 265-271.
- 319 Association of Official Analytical Chemists [AOAC]. 2000. Official Methods of  
320 Analysis. 17ed. AOAC, Arlington, VA, USA.

- 321 Baker, D.H.; Batal, A. B.; Parr, T.M.; Augspurger, N.R.; Parsons, C.M. 2002. Ideal  
322 ratio (relative to lysine) of tryptophan, threonine, isoleucine, and valine for  
323 chicks during the second and third weeks posthatch. Poultry Science 81: 485-  
324 494.
- 325 Bittencourt, F.; Feiden, A.; Signor, A.A.; Boscolo, W.R.; Freitas, J.M.A. 2010.  
326 Protein and energy in rations for piavuçu fingerlings. Revista Brasileira de  
327 Zootecnia 39: 2553-2559. (in Portuguese, with abstract in English).
- 328 Bicudo, A.J.A.; Sado, R.Y.; Cyrino J.E.P. 2010. Growth performance and body  
329 composition of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887) in response to  
330 dietary protein and energy levels. Aquaculture Nutrition 16: 213-222.
- 331 Bonfim, M.A.D.; Lanna, E.A.T.; Serafini, M.A.; Ribeiro, F.B.; Pena, K.S. 2005.  
332 Crude protein and digestible energy in the diets for curimbatá fingerlings  
333 (*Prochilodus affinis*). Revista Brasileira de Zootecnia 34: 1795-1806. (in  
334 Portuguese, with abstract in English).
- 335 Cyrino, J.E.P.; Bicudo, A.J.A.; Sado, R.Y.; Borghesi, R.; Dairik, J.K. 2010. Fish  
336 farming and the environment – the use of environmental friendly feeds in fish  
337 culture. Revista Brasileira de Zootecnia, 39: 68-87. (in Portuguese, with abstract  
338 in English).
- 339 Cotan, J.L.V.; Lanna, E.A.T.; Bomfim, M.A.D.; Donzele, J.L.; Ribeiro, F.B.;  
340 Serafini, M.A. 2006. Dietary levels of digestible energy and crude protein for  
341 lambari tambuí fingerlings. Revista Brasileira de Zootecnia 35: 634-640. (in  
342 Portuguese, with abstract in English).

- 343 Ebrahimi, G.; Ouraji, H.; Firouzbakhsh, F.; Makhdomi, C. 2013. Effect of dietary  
344 lipid and protein levels with different protein to energy ratios on growth  
345 performance, feed utilization and body composition of *Rutilus frisii kutum*  
346 (Kamenskii, 1901) fingerlings. *Aquaculture Research* 44: 1447-1458.
- 347 Fonseca, F.A.L. da.; Ituassú, D.R.; Cavero, B.A.S.; Bordinhon, A.M. 2010. Cultivo  
348 de curimatã (*Prochilodus* spp). p. 57-66. In: Baldisseroto, B.; Gomes, L.C. de.,  
349 eds. Espécies nativas para a piscicultura no Brasil. 2ª ed. Editora UFSM, Santa  
350 Maria, RS, Brazil.
- 351 Fullen, M.F.; Garthwaite, P. 1993. The form of response of body protein accretion to  
352 dietary amino acid supply. *The Journal of Nutrition* 5: 957-963.
- 353 Galdioli, E.M.; Hayashi, C.; Soares, C.M.; Furuya, V.R.B.; Faria, A.C.E.A. 2002.  
354 Replacement of soybean meal protein by canola meal protein in “curimbatá”  
355 (*Prochilodus lineatus* V.) fingerling diets. *Revista Brasileira de Zootecnia* 31:  
356 552-559. (in Portuguese, with abstract in English).
- 357 Guo, X.; Liang, X.-F.; Fang, L.; Yuan, X.; Zhou, Y.; Zhang, J.; Li, B. 2015. Effects  
358 of dietary non-protein energy source levels on growth performance, body  
359 composition and lipid metabolism in herbivorous grass carp (*Ctenopharyngodon*  
360 *idella* Val.). *Aquaculture Research* 46: 1197-1208.
- 361 Hernández, G.; González, J.; Alfonso, E.; Salmeron, Y. 2010. Efectos de la relación  
362 energía / proteína sobre el desempeño productivo en larvas de coporo  
363 (*Prochilodus mariae*). *Zootecnia Tropical* 28: 173–182. (in Spanish, with  
364 abstract in English).

- 365 Jin, Y.; Tian, L.; Zeng, S.; Xie, S.; Yang, H.; Liang, G.; Liu, Y. 2013. Dietary lipid  
366 requirement on non-specific immune responses in juvenile grass carp  
367 (*Ctenopharyngodon idella*). *Fish and Shellfish Immunology* 34: 1202–1208.
- 368 Kamalam, B.S.; Medale, F.; Panserat, S. 2017. Utilization of dietary carbohydrates  
369 in farmed fishes: new insights on influencing factors, biological limitations and  
370 futures strategies. *Aquaculture* 467: 3-27.
- 371 Khan, M.A.; Abidi, S.F. 2012. Effect of varying protein-to-energy ratios on growth,  
372 nutrient retention, somatic indices, and digestive enzyme activities of singhi,  
373 *Heteropneustes fossilis* (Bloch). *Journal of the World Aquaculture Society* 43:  
374 490-501.
- 375 Koch, J. F. A.; Barros, M. M.; Teixeira, C. P.; Carvalho, P. L. P. F.; Fernandes Junior,  
376 A. C.; Cintra, F. T.; Pezzato, L. E. 2017. Protein-to-energy ratio of 21.43 g MJ<sup>-1</sup>  
377 improves growth performance of Nile tilapia at the final rearing stage under  
378 commercially intensive rearing conditions. *Aquaculture Nutrition* 23: 560-570.
- 379 Lamberson, W. R.; Firman, J. D. 2002. A comparison of quadratic versus segmented  
380 regression procedures for estimating nutrient requirements. *Poultry Science* 81:  
381 481-484.
- 382 National Research Council [NRC]. 2011. Nutrient requirements of fish and shrimp.  
383 Washington: National Academy Press.
- 384 Pereira-Arantes, F.; Batista dos Santos, H.; Rizzo, E.; Sato, Y.; Bazzoli, N. 2011.  
385 Collapse of the reproductive process of two migratory fish (*Prochilodus*  
386 *argenteus* and *Prochilodus costatus*) in the Três Marias Reservoir, São Francisco  
387 River, Brazil. *Journal of Applied Ichthyology* 27: 847–853.

- 388 Priya, K.; Pal, A. K.; Sahu, N. P.; Mukherjee, S. C. 2005. Effect of dietary lipid  
389 sources on growth, enzyme activities and immuno-hematological parameters in  
390 *Catla catla* fingerlings. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 18,  
391 1609–1616.
- 392 Portz, L.; Dias, C.T.S.; Cyrino, J.E.P. 2000. A broken-line model to fit fish nutrition  
393 requirements. Scientia Agricola 4: 601-607. (in Portuguese, with abstract in  
394 English).
- 395 Santos, A.E.; Pedreira, M.M.; Santos, T.G.; Moura, G.D.S.; Santos, J.C.E. dos; Silva,  
396 R.C. 2016. Development of the digestive system in larvae of the neotropical fish  
397 *Prochilodus argenteus* (Characiformes, Prochilodontidae). Acta Scientiarum.  
398 Animal Sciences 38: 9-16.
- 399 Sá, M. V. C.; Fracalossi, D. M. 2002. Dietary protein requirement and energy to  
400 protein ratio for piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) fingerlings. Revista  
401 Brasileira de Zootecnia 31: 1-10. (in Portuguese, with abstract in English).
- 402 Soares, E. C.; Bruno, A. M. Da S. S.; Lemos, J. M.; Santos, R. B. 2011. Ictiofauna  
403 and shing in the surroundines of Penedo, Alagoas. Biotemas 24: 61–67 (in  
404 Portuguese, with abstract in English).
- 405 Shearer, K.D. 2000. Experimental design statistical analysis and modelling of dietary  
406 nutrient requirement studies for fish: a critical review. Aquaculture Nutrition 6:  
407 91-102.
- 408 Visbal B, T. E.; Morillo S, M.; Altuve P, D.; Aguirre, P.; Medina G, A. L. 2013.  
409 Nivel óptimo de proteínas en la dieta para alevines de *Prochilodus mariae*.  
410 Revista chilena de nutrición 40: 141–146. (in Spanish, with abstract in English).
- 411

- 412 Ye, J. D.; Chen, J. C.; Wang, K. 2016. Growth performance and body composition  
413 in response to dietary protein and lipid levels in Nile tilapia (*Oreochromis*  
414 *niloticus* Linnaeus, 1758) subjected to normal and temporally restricted feeding  
415 regimes. *Journal of Applied Ichthyology* 32:332–338.
- 416 Zeitoun, I.H.; Ullrey, D.E.; Magee, W.T.; Gill, J.J.; Bergen, W.G. 1967. Quantifying  
417 nutrient requirements of fish. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*  
418 33: 167-172.

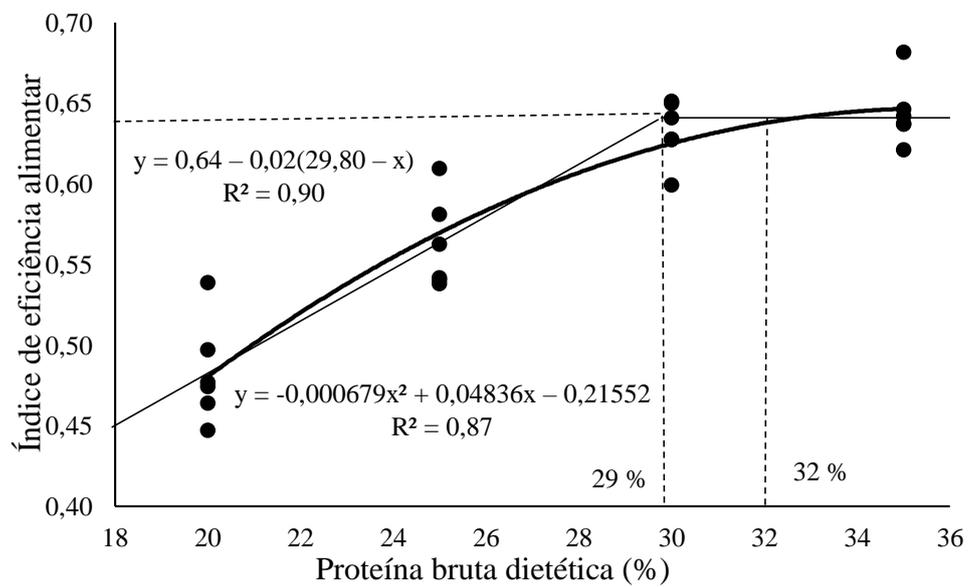
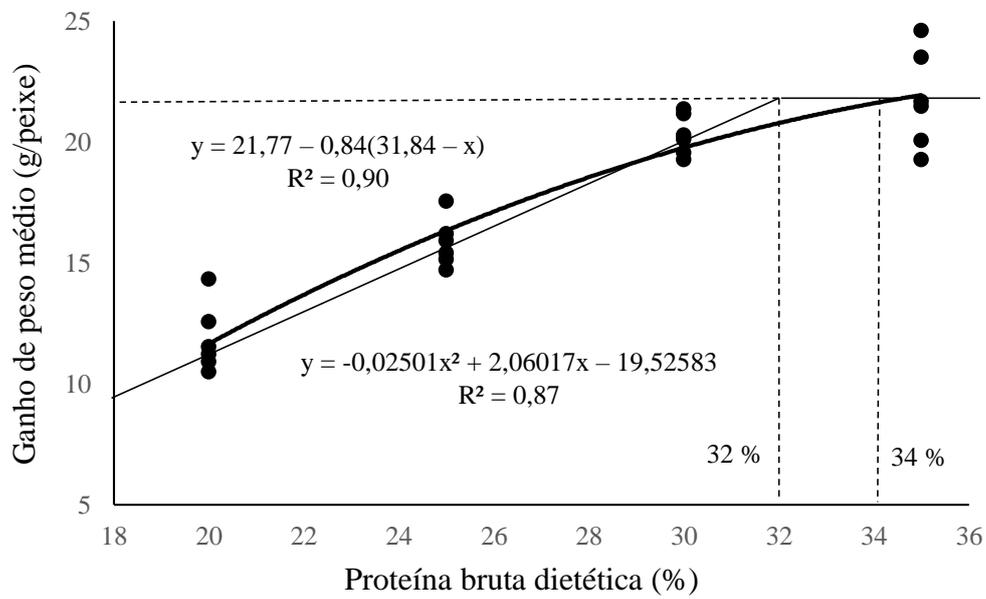


Figura 1 - Estimativa de exigência de proteína bruta (PB) para juvenis de curimatã-pacu, considerando o ganho de peso médio e índice de eficiência alimentar.

419

420

421

422

423

424 Tabela 1. Ingredientes e composição química das dietas experimentais

Ingredientes (%)	Dietas Experimentais							
	11% LIP				15% LIP			
	20% PB	25% PB	30% PB	35% PB	20% PB	25% PB	30% PB	35% PB
Milho	60.27	45.19	30.11	16.07	56.11	41.03	25.95	10.87
F. de peixe	16.27	20.34	24.41	28.47	16.27	20.34	24.41	28.47
F. de soja	16.13	26.67	37.22	47.56	17.03	27.57	38.12	48.68
Óleo de soja	4.00	4.00	4.00	4.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Celulose	2.27	2.73	3.19	2.84	1.53	1.99	2.45	2.91
Supl. Vit./Min. <sup>1</sup>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Vitamina C	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
BHT	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
<i>Composição química</i>								
Umidade (%)	8.58	7.13	7.55	7.53	7.37	8.37	8.55	7.23
Proteína bruta (%)	20.19	25.63	30.45	35.20	21.33	26.28	30.00	36.30
Extrato etéreo (%)	11.21	11.09	11.12	11.06	15.43	14.46	14.18	13.32
Cinzas (%)	6.48	7.13	6.59	6.77	7.07	7.46	7.70	7.61
Fibra bruta (%)	4.67	5.69	5.78	5.73	4.91	5.14	5.53	6.83
ENN <sup>2</sup> (%)	48.87	43.33	35.51	33.71	43.87	38.29	34.04	28.71
ED (kJ g <sup>-1</sup> ) <sup>3</sup>	13.4	13.8	13.8	14.6	14.5	14.5	14.6	15.0
EB (kJ g <sup>-1</sup> ) <sup>4</sup>	17.0	17.1	17.7	17.9	18.2	18.0	17.9	18.1
Relação PB:ED (mg kJ <sup>-1</sup> )	15.1	18.6	22.1	24.1	14.7	18.1	20.5	24.2

425 <sup>1</sup>Níveis de garantia (kg<sup>-1</sup> produto): vit. A, 1.000.000 UI; Vit. D3, 312.500 UI; Vit. E, 18.750 UI; Vit.

426 K3, 1.250 mg; Vit. B, 2.500 mg; vit. B2, 2.500 mg; vit. B6, 1.875 mg; Vit. B12, 4 mg; Vitamina C,

427 31.250 mg; Ác. Nicotínico, 12.500 mg; Pantotenato de cálcio, 6.250 mg; Biotina, 125 mg; Ác. Fólico,

428 750 mg; Colina, 50.000 mg; Inositol, 12.500 mg; Sulfato de ferro, 6.250 mg; Sulfato de cobre, 625 mg;

429 Sulfato de zinco, 6.250 mg; Sulfato de manganês, 1875 mg; Selenito de sódio, 13 mg; Iodato de cálcio,

430 63 mg; Sulfato de cobalto, 13 mg.

431 <sup>2</sup>ENN = extrativo não-nitrogenado. Calculado pela fórmula: 1000 - (umidade + proteína bruta + extrato

432 etéreo + matéria mineral + fibra bruta).

433 <sup>3</sup>ED = energia digestível. Estimada usando valores fisiológicos padrões para proteína (19.7 kJ g<sup>-1</sup>),

434 lipídios (34.7 kJ g<sup>-1</sup>) e carboidratos (11.3 kJ g<sup>-1</sup>).

435 <sup>4</sup>EB = energia bruta. Estimada a partir dos valores padrões para proteína (23.6 kJ g<sup>-1</sup>), lipídios (39.5 kJ

436 g<sup>-1</sup>) e carboidratos (17.2 kJ g<sup>-1</sup>) de acordo com o NRC (2011).

437

438

439

440

441 Tabela 2. Desempenho produtivo (média  $\pm$  desvio padrão) de juvenis de curimatã-pacu alimentados com dietas contendo níveis de PB e LIP  
 442 dietética

Dietas PB:LIP <sup>1</sup> (%)	PMI <sup>2</sup> (g/peixe)	PMF <sup>3</sup> (g/peixe)	GPM <sup>4</sup> (g/peixe)	TCE <sup>5</sup> (% do peso corporal/dia)	IEA <sup>6</sup>	CDR <sup>7</sup> (g/peixe)	TEP <sup>8</sup> (g peso vivo: g PB ingerida)	TRP <sup>9</sup> (%)	SOB <sup>10</sup> (%)	IHS <sup>11</sup> (%)	ILS <sup>12</sup> (%)
20:11	3.6 $\pm$ 0.1	15.5 $\pm$ 2.0 <sup>d</sup>	11.9 $\pm$ 2.1 <sup>d</sup>	2.1 $\pm$ 0.2 <sup>d</sup>	0.48 $\pm$ 0.1 <sup>c</sup>	0.35 $\pm$ 0.0 <sup>d</sup>	2.4 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	35.3 $\pm$ 2.0 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	1.0 $\pm$ 0.1 <sup>ab</sup>	2.2 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>
20:15	3.6 $\pm$ 0.1	15.4 $\pm$ 0.7 <sup>d</sup>	11.8 $\pm$ 0.7 <sup>d</sup>	2.1 $\pm$ 0.1 <sup>d</sup>	0.48 $\pm$ 0.0 <sup>c</sup>	0.34 $\pm$ 0.0 <sup>d</sup>	2.3 $\pm$ 0.1 <sup>ab</sup>	32.8 $\pm$ 1.8 <sup>ab</sup>	100 <sup>a</sup>	1.1 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	2.6 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>
25:11	3.7 $\pm$ 0.1	19.7 $\pm$ 1.4 <sup>c</sup>	16.0 $\pm$ 1.3 <sup>c</sup>	2.4 $\pm$ 0.1 <sup>c</sup>	0.56 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	0.40 $\pm$ 0.0 <sup>c</sup>	2.2 $\pm$ 0.2 <sup>ab</sup>	32.3 $\pm$ 1.3 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup>	0.9 $\pm$ 0.1 <sup>abc</sup>	1.5 $\pm$ 0.2 <sup>cd</sup>
25:15	3.7 $\pm$ 0.0	19.3 $\pm$ 0.8 <sup>c</sup>	15.6 $\pm$ 0.8 <sup>c</sup>	2.3 $\pm$ 0.1 <sup>c</sup>	0.56 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	0.39 $\pm$ 0.0 <sup>c</sup>	2.1 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	31.5 $\pm$ 1.1 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup>	1.0 $\pm$ 0.1 <sup>ab</sup>	1.9 $\pm$ 0.4 <sup>bc</sup>
30:11	3.6 $\pm$ 0.0	23.9 $\pm$ 1.0 <sup>b</sup>	20.3 $\pm$ 1.0 <sup>b</sup>	2.7 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	0.64 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.45 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	2.1 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	31.7 $\pm$ 0.9 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup>	0.8 $\pm$ 0.0 <sup>bcd</sup>	0.9 $\pm$ 0.1 <sup>e</sup>
30:15	3.6 $\pm$ 0.0	23.8 $\pm$ 0.8 <sup>b</sup>	20.3 $\pm$ 0.8 <sup>b</sup>	2.7 $\pm$ 0.1 <sup>ab</sup>	0.63 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.46 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	2.1 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	33.2 $\pm$ 0.8 <sup>ab</sup>	97.8 $\pm$ 3.9 <sup>ab</sup>	0.8 $\pm$ 0.1 <sup>cd</sup>	1.4 $\pm$ 0.3 <sup>de</sup>
35:11	3.6 $\pm$ 0.1	26.8 $\pm$ 1.4 <sup>a</sup>	23.3 $\pm$ 1.5 <sup>a</sup>	2.9 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	0.65 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.51 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	1.8 $\pm$ 0.1 <sup>c</sup>	28.5 $\pm$ 1.7 <sup>c</sup>	100 <sup>a</sup>	0.8 $\pm$ 0.1 <sup>bcd</sup>	0.8 $\pm$ 0.1 <sup>bcd</sup>
35:15	3.5 $\pm$ 0.1	23.8 $\pm$ 1.0 <sup>b</sup>	20.3 $\pm$ 1.1 <sup>b</sup>	2.7 $\pm$ 0.1 <sup>ab</sup>	0.64 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.47 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	1.7 $\pm$ 0.1 <sup>c</sup>	27.1 $\pm$ 1.2 <sup>c</sup>	95.5 $\pm$ 3.9 <sup>b</sup>	0.7 $\pm$ 0.1 <sup>d</sup>	1.2 $\pm$ 0.2 <sup>de</sup>

443 Relação proteína: lipídio<sup>1</sup>; Peso médio inicial<sup>2</sup>; Peso médio final<sup>3</sup>; Ganho de peso médio (GPM = (PMF-PMI)<sup>4</sup>; Taxa de crescimento específico (TCE = [(ln PMF)-(ln  
 444 PMI)  $\div$  70 dias $\times$ 100]<sup>5</sup>; Índice de eficiência alimentar (IEA = GPM  $\div$  total de alimento consumido)<sup>6</sup>; Consumo diário de ração<sup>7</sup>; Taxa de eficiência proteica (TEP = GPM  
 445  $\div$  total de proteína bruta ingerida)<sup>8</sup>; Taxa de retenção proteica (TRP = [PMF  $\times$  conteúdo corporal final de N (% matéria natural)]-(PMI  $\times$  conteúdo corporal inicial de N  
 446 (% base da matéria natural)]  $\div$  total de N ingerido)<sup>9</sup>; Taxa de sobrevivência<sup>10</sup>; Índice hepatossomático (IHS=100 $\times$ (peso do fígado  $\div$  peso corporal)<sup>11</sup>; Índice lipossomático  
 447 (ILS = 100 $\times$ (peso da gordura visceral  $\div$  peso corporal)<sup>12</sup>.  
 448 Valores na mesma coluna com diferentes sobrescritos são diferentes ( $p \leq 0.05$ ) pelo teste de Duncan

449 Tabela 3 - Composição corporal de juvenis de curimatã - pacu (*Prochilodus argenteus*)  
 450 alimentados com dietas contendo níveis de PB e LIP dietética

Dietas PB:LIP (%)	Umidade g kg <sup>-1</sup>	Proteína Bruta g kg <sup>-1</sup>	Lipídios g kg <sup>-1</sup>	Cinzas g kg <sup>-1</sup>
<i>Corpo inteiro</i>				
População Inicial	84.20	9.73	1.47	4.24
20:11	73.74 ± 1.17 <sup>cd</sup>	13.60 ± 0.78 <sup>c</sup>	7.49 ± 0.38 <sup>b</sup>	3.82 ± 0.08
20:15	73.45 ± 0.09 <sup>d</sup>	13.38 ± 0.73 <sup>c</sup>	8.10 ± 0.02 <sup>a</sup>	3.84 ± 0.09
25:11	74.62 ± 0.12 <sup>abc</sup>	13.81 ± 0.58 <sup>bc</sup>	6.45 ± 0.12 <sup>c</sup>	3.89 ± 0.07
25:15	73.94 ± 0.11 <sup>bcd</sup>	13.80 ± 0.75 <sup>bc</sup>	6.75 ± 0.29 <sup>c</sup>	3.84 ± 0.05
30:11	75.34 ± 0.52 <sup>a</sup>	14.27 ± 0.56 <sup>abc</sup>	5.17 ± 0.13 <sup>d</sup>	3.93 ± 0.12
30:15	73.41 ± 0.53 <sup>d</sup>	15.12 ± 0.27 <sup>a</sup>	6.64 ± 0.08 <sup>c</sup>	3.89 ± 0.09
35:11	74.90 ± 0.32 <sup>ab</sup>	14.74 ± 0.42 <sup>ab</sup>	5.64 ± 0.27 <sup>d</sup>	3.81 ± 0.02
35:15	75.15 ± 0.90 <sup>a</sup>	15.15 ± 0.37 <sup>a</sup>	5.01 ± 0.51 <sup>d</sup>	3.90 ± 0.29
<i>Músculo</i>				
20:11	78.21 ± 0.20	17.46 ± 0.80	2.77 ± 0.41 <sup>ab</sup>	1.40 ± 0.02
20:15	78.12 ± 0.44	17.28 ± 0.73	3.45 ± 0.82 <sup>a</sup>	1.36 ± 0.06
25:11	78.41 ± 0.47	18.05 ± 1.20	2.82 ± 1.15 <sup>ab</sup>	1.40 ± 0.04
25:15	78.70 ± 0.37	17.57 ± 0.90	2.76 ± 0.11 <sup>ab</sup>	1.37 ± 0.03
30:11	78.56 ± 0.38	18.24 ± 0.78	2.21 ± 0.38 <sup>b</sup>	1.37 ± 0.02
30:15	78.51 ± 0.71	17.65 ± 0.60	2.32 ± 0.35 <sup>ab</sup>	1.36 ± 0.04
35:11	78.56 ± 0.11	17.60 ± 0.19	2.02 ± 0.11 <sup>b</sup>	1.38 ± 0.03
35:15	78.69 ± 0.28	18.30 ± 0.42	1.87 ± 0.33 <sup>b</sup>	1.39 ± 0.02

451 Relação proteína: lipídio<sup>1</sup>

452 Valores na mesma coluna com diferentes sobrescritos são significativamente diferentes pelo teste de

453 Duncan ( $p \leq 0.05$ ).

454

455

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção da piscicultura tem se destacando no cenário econômico brasileiro. O Brasil possui inúmeras espécies de peixes nativos com grande potencial para a produção em cativeiro. Porém, a produção destas espécies em cativeiro exige sustentabilidade econômica e ambiental. Neste contexto, estudos nutricionais tornam-se essenciais por corresponderem pela maior parte dos custos de produção e relacionarem-se com os principais impactos ambientais da atividade.

Neste estudo, a curimatã – pacu demonstrou-se eficiência no uso das dietas, e potencial para a produção em cativeiro, em especial quando alimentadas com quantidades adequadamente balanceadas de nutrientes. Porém, mais estudos nutricionais são necessários para elucidar outros aspectos da nutrição da espécie, como a digestibilidade dos alimentos, relação proteína: carboidratos digestíveis, exigência aminoacídica, dentre outros aspectos, em seus diferentes estágios de desenvolvimento.

## ANEXO

**Scientia Agricola**

ISSN 0103-9016 *versão*

ISSN 1678-992X *versão online*

**Instruções aos Autores**

*impressa*

### Escopo e política editorial

*Scientia Agricola* é uma revista da Universidade de São Paulo editada no campus de Luiz de Queiroz, em Piracicaba, uma cidade no estado de São Paulo, no sudeste do Brasil. *Scientia Agricola* publica artigos originais que contribuem para o avanço das ciências agrícolas, ambientais e biológicas.

A revista abrange um amplo espectro de tópicos, incluindo Produção de cultivos e animais, Engenharia Agrícola, Tecnologia Agroindustrial, Silvicultura e Aplicações em Ciências Agrícolas, Ambientais, Soares e Biológicas.

Quatro categorias de manuscritos podem ser enviadas: artigos de pesquisa originais, revisões, notas e pontos de vista.

Os artigos de pesquisa originais são agrupados por assunto nas seguintes categorias: Engenharia Agrícola; Microbiologia Agrícola; Agrometeorologia; Ciência e pastagem de animais; Biometria, Modelagem e Estatística; Ciência da colheita; Ecologia; Entomologia; Ciência e Tecnologia de Alimentos; Ciência florestal; Genética e criação de plantas; Patologia das plantas; Fisiologia e Bioquímica de Plantas; Nutrição de solos e plantas; e Zoologia.

Os artigos publicados na *Scientia Agricola* são indexados ou resumidos por Current Contents® / Agricultura, Biologia e Ciências Ambientais, Science Citation Index Expanded (SciSearch®), Scopus, DOAJ, CAB Abstracts, SciELO, AGRIS, AGROBASE, Chemical Abstracts, INIS e Tropag & Rural.

Os manuscritos originais avaliados pelo Conselho Editorial podem ser submetidos a revisão pelos pares ou rejeitados sem revisão posterior.

### Direito autoral

Uma vez que o manuscrito é aprovado, os autores concedem uma licença exclusiva para publicar o artigo enviado em formato impresso e eletrônico, incluindo fotografias que podem ser selecionadas como uma imagem de capa.

A lei de direitos autorais também exige que os autores forneçam à *Scientia Agricola* as permissões para usar o material de direitos autorais que foi publicado por outros periódicos ou editores, que incluem figuras, tabelas e imagens. As permissões devem ser carregadas no sistema como um arquivo suplementar.

## Instruções gerais

### SUBMISSÃO DE MANUSCRITO

- Comece o processo de submissão revisando as Instruções para Autores para garantir que o artigo esteja de acordo com os padrões da *Scientia Agricola*. Para enviar comentários, os autores devem verificar as instruções específicas. Como essas páginas são atualizadas periodicamente, é altamente recomendado que você as leia, mesmo que você tenha feito isso anteriormente.
- Leia atentamente a lista de verificação antes de enviar seu manuscrito.
- Os autores devem enviar manuscritos através do sistema on-line em <http://www.scielo.br/sa>, clicando em "submissão online".
- É necessário um arquivo de submissão de manuscrito no Microsoft Word (ou um formato compatível). Evite o uso de recursos de processamento de texto, como marcação automática e numeração, formatação de cabeça e subtítulo, ligação interna ou estilos.
- Ao enviar um manuscrito, os autores devem recomendar cinco revisores qualificados que são especialistas na área de assunto e fornecer seus e-mails e afiliação. Pelo menos dois desses revisores devem ser de outra nacionalidade do que o autor correspondente. Os revisores da instituição do autor correspondente devem ser evitados.
- A publicação de um resumo curto ou prolongado em um evento científico não é considerada publicação prévia da pesquisa. No entanto, os resultados das pesquisas publicadas anteriormente como um manuscrito completo em eventos científicos não serão aceitos.
- Não há taxas de submissão ou avaliação de manuscritos. Os autores terão que pagar uma taxa de publicação logo após a aceitação do manuscrito.

### LETRA DE COBERTURA (deve ser escrita em inglês)

- O conteúdo da carta de apresentação deve apresentar a garantia de que o manuscrito é original, não foi publicado anteriormente e não está sendo considerado para publicação em outro lugar em sua forma final, nem em formato impresso nem em formato eletrônico. O autor correspondente deve assinar a carta de apresentação em nome de todos os autores. Carregue sua carta de apresentação em um arquivo separado na área designada na página de submissão.
- Os autores devem inserir cinco destaques (máximo de 100 caracteres, incluindo espaços para cada destaque) explicando a importância do seu trabalho e como e por que suas principais descobertas se relacionam com o escopo da revista.

### ESTILO MANUSCRITO

- Defina todas as abreviaturas em sua primeira menção em resumo e texto, e novamente nas tabelas e figuras. Uma vez que uma abreviatura é usada, ela deve ser usada em todo o artigo inteiro, exceto no início de uma frase.
- O nome latino ou a nomenclatura e autoridade binomial (ou trinomial) devem ser utilizados na primeira menção de todas as plantas, insetos, patógenos e animais.

- Tanto o ingrediente ativo como o nome químico dos pesticidas devem ser administrados quando mencionado pela primeira vez.
- Identificar os solos usando a taxonomia do solo do USDA (<http://soils.usda.gov/technical/classification/osd/index.html>) até o segundo nível (subordem) ou, se possível, até o quarto nível (subgrupo). A classificação da FAO pode ser utilizada até o segundo nível. Não são permitidas traduções gratuitas de classificações ou nomes de solos.
- O Sistema de Unidades Internacionais deve ser usado em todos os manuscritos.
- Verifique cuidadosamente os caracteres e figuras gregos.
- Explicar os números um a nove, exceto quando usado com unidades. Para quantidades decimais <1, coloque um zero antes do ponto decimal.
- Para o marcador decimal use um período.
- As porcentagens devem ser expressas como números inteiros, por exemplo: 35% em vez de 35,4%; 48% em vez de 47,5%; 79% em vez de 78,9%.
- Denote e inter-relaciona unidades como potências positivas ou negativas, não com barras, por exemplo: kg ha<sup>-1</sup>, não kg / ha.
- Deixe um único espaço entre unidades, por exemplo: g L<sup>-1</sup>, não gL<sup>-1</sup> ou gL<sup>-1</sup>.
- Use o sistema de 24 horas, com quatro dígitos por horas e minutos: 09h00; 18h30.
- As datas devem ser escritas com o primeiro dia, depois o mês e o último ano: 18 de março de 2000; 01 de fevereiro de 1987.
- Abrevia meses com mais de quatro letras, por exemplo: Jan, julho, setembro, etc.

## PREPARAÇÃO DE MANUSCRITO

- Os textos e ilustrações destinados a publicação na *Scientia Agricola* devem ser redigidos em regras gramaticais e gramaticais inglesas, gramaticamente corretas e gramaticamente corretas.
- Manuscritos devem ser organizados como um arquivo contendo o documento principal. O MS Word para Windows ou software compatível deve ser usado para o documento principal, com 12 dias Times New Roman, margens de 3,0 cm e espaçamento duplo. Organize o documento principal na seguinte ordem: Página de rosto, Resumo (máximo de 250 palavras), Palavras-chave (máximo de cinco), Introdução (30 linhas), Materiais e Métodos, Resultados, Discussão, Reconhecimentos (opcional), Referências, Figura e Tabelas com as respectivas legendas.
- Uma seção de Conclusão é opcional e quando usada deve vir após a seção Discussão. A seção Resultados e Discussão pode ser combinada, e a Conclusão pode ser incorporada na Discussão.
- Mantenha o manuscrito no máximo de 30 páginas (papel A4), com numeração de linha contínua e numeração consecutiva de páginas, incluindo ilustrações e tabelas.
- Tabelas e figuras devem ser incluídas no final do documento principal.

### Página de rosto :

- Cada manuscrito deve ter uma página de rosto com o título (máximo de 15 palavras), nomes completos dos autores e afiliações institucionais em inglês.

- Um título de 40 caracteres ou menos (além do título completo do papel) também deve ser fornecido.
- Os autores devem selecionar uma categoria a partir do seguinte: Engenharia Agrícola; Microbiologia Agrícola; Agrometeorologia; Ciência e pastagem de animais; Biometria, Modelagem e Estatística; Ciência da colheita; Ecologia; Entomologia; Ciência e Tecnologia de Alimentos; Ciência florestal; Genética e criação de plantas; Patologia das plantas; Fisiologia e Bioquímica de Plantas; Nutrição de solos e plantas; e Zoologia.
- O autor correspondente deve ser identificado com um asterisco e um e-mail institucional deve ser fornecido.
- Forneça as informações detalhadas quanto possível sobre a atual afiliação institucional do autor.
- O autor correspondente assume total responsabilidade pelo manuscrito, incluindo o cumprimento das políticas do jornal, e será o principal contato com o escritório do jornal. O autor remetente pode assumir esta posição se indicado na carta de apresentação.

### **Apresentação de imagens de capa:**

A capa de *Scientia Agricola* pode apresentar uma imagem representativa de um artigo publicado nessa edição. Os autores são convidados a enviar imagens de capa interessantes cientificamente interessantes e visualmente atraentes. As imagens devem ser de alta resolução (300 dpi) e devem medir 17 x 17 cm. As imagens de capa podem ser fotografias de organismos, habitats, montagens de fotografias, diagramas, mapas ou dados. As ilustrações não precisam ser reimpressas no artigo, mas devem ser representativas do trabalho. As imagens devem ser originais e os autores concedem *Scientia Agricola* a licença exclusiva para publicar. Carregue a imagem como um arquivo suplementar adicional, juntamente com um arquivo de texto separado, que inclua uma breve descrição de um parágrafo da imagem descrevendo sua relevância para o manuscrito publicado. Se um autor não possuir os direitos autorais de uma imagem enviada, eles são responsáveis por obter a permissão necessária para usá-lo.

### **Tabelas e figuras**

#### **Tabelas:**

- Número de tabelas sequencialmente usando algarismos arábicos; as tabelas devem ser criadas com a função "Tabelas" do MS Word ou no MS Excel (manuscritos que mostram as tabelas coladas à medida que os números serão devolvidos aos autores).
- O título da tabela deve aparecer imediatamente acima do corpo da tabela.
- Figuras numéricas e gráficos sequencialmente usando algarismos arábicos.

#### **Figuras / Gráficos:**

- Os gráficos devem ser criados usando o MS Excel.
- Forneça fotografias como arquivos de formato de imagem etiquetados [TIFF], 300 DPI.
- O número figura consecutivamente na ordem em que aparecem no texto.

- As figuras devem fornecer informações suficientes que o leitor possa compreendê-las sem se referir ao texto.
- Para figuras que contenham mais de um painel, designe os painéis com letras maiúsculas (sem parênteses e sem períodos seguindo letras) no canto superior esquerdo de cada painel, se possível.
- O texto em figuras deve corresponder ao resto do manuscrito em relação à capitalização, itálico e uso de símbolos.

## INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

- Manuscritos que avaliem a bioatividade de produtos químicos e / ou biológicos, incluindo reguladores de crescimento de insetos, aranhas, fungos, bactérias, nemátodos e ervas daninhas, não serão considerados para publicação em *Scientia Agricola*.
- Manuscritos que avaliam melhorias ou protocolos de cultura de tecidos com base em testes de aditivos, explantes ou condições de crescimento ou que não conseguem demonstrar uma melhoria substancial que não puderam ser deduzidas da literatura existente, não serão mais considerados para publicação em *Scientia Agricola*.
- Manuscritos baseados em um único experimento de campo não serão considerados adequados para publicação em *Scientia Agricola*, exceto quando os autores podem provar a alta relevância e novidade do estudo. Mesmo os manuscritos com mais de um experimento de campo serão submetidos a rejeição imediata se os dados coletados não tiverem variabilidade suficiente para obter resultados conclusivos.
- Manuscritos que relatam primeiras ocorrências ou descrições simples de pragas, patógenos e doenças geralmente não serão considerados para publicação em *Scientia Agricola*. Excepcionalmente, esses manuscritos podem ser considerados no formato NOTA quando: 1) os organismos relatados são de grande relevância para a agricultura; 2) os dados são originados de uma ampla pesquisa; e 3) organismos / problemas são caracterizados extensivamente por meio de vários métodos e aspectos sob investigação.
- Manuscritos que envolvem experimentação com animais vivos (incluindo seres humanos) devem fornecer evidências de que foram realizadas de acordo com as diretrizes éticas locais. Espera-se que os autores adiram às melhores práticas éticas estabelecidas. Essas evidências devem ser oficialmente indicadas na seção "Materiais e Métodos", descrevendo que o estudo foi avaliado e aprovado por um comitê de ética apropriado (incluindo o número do processo).
- Os manuscritos devem seguir os critérios estabelecidos pelos códigos internacionais de cada área.
- As opiniões e conceitos expressos nos artigos são de responsabilidade exclusiva dos autores.
- Todos os manuscritos enviados serão submetidos à política de triagem do jornal para o plágio e o autoplagismo.

## Referências

Scientia Agricola não permite que os autores citem resumos de congressos ou workshops, artigos técnicos, dissertações e teses. As referências em português ou em qualquer outro idioma que não o inglês devem ser limitadas às que são essencialmente importantes para o estudo. Serão permitidas até quatro referências escritas em idiomas diferentes do inglês sem justificativas. Mais do que isso só será permitido se os autores explicarem os motivos para mantê-los no texto. Se for permitido pelo Editor em chefe, essas referências extras devem ser citadas em inglês com o texto na língua original fornecida no final da referência, no seguinte formato: (em português, com resumo em inglês)

*Scientia Agricola* não recomenda que os autores citem análises estatísticas ou pacotes de software como referências. *Estas ferramentas devem ser mencionadas no texto (Materiais e Métodos), incluindo o procedimento específico e o nome do software com a sua versão e / ou ano, por exemplo, "... os procedimentos estatísticos foram conduzidos usando o PROC NLIN no SAS (Statistical Analysis System, versão 9.2) "*.

Referências e citações em artigos da *Scientia Agricola* devem ser formatadas no estilo 'autor, ano' ou 'nome (ano)'. Lembre-se de garantir que as citações de texto correspondam à lista de referências. Exemplos:

1. Autor único: Reichardt (2000) ou (Reichardt, 2000).
2. Dois autores: Fiorio e Demattê (2009) ou (Fiorio e Demattê, 2009).
3. Três ou mais autores: Rosso et al. (2009) ou (Rosso et al., 2009).
4. Organizar referências alfabeticamente e cronologicamente entre parênteses, e use ponto e vírgula (;) para separar citações múltiplas entre colchetes, por exemplo: (Boleli, 2003; Boerjan, 2006; Muraroli e Mendes, 2003).
5. Ordem várias citações "mesmo autor-mesma data" com a ajuda de minúsculas, por exemplo: (Cyrino, 2004a, b).
6. Use o estilo "autor-ano" para formatar a lista de referências, e: (i) não abreviam outras palavras além do primeiro e segundo nome dos autores; (ii) use todos os maiúsculas somente para siglas, ou seja, quando o autor é uma organização; (iii) nomeie todos os autores e capitalize o sobrenome e as iniciais dos autores, que devem ser separados por um período (.); (iv) autores separados por ponto e vírgula; (v) não use o e comercial (&) nas citações nem na lista de referência; (vi) não use caracteres em negrito para destacar qualquer parte da referência; (vii) capitalizar livros e títulos periódicos; (viii) não use uma vírgula (,) para separar o título e o volume de um periódico; (ix) separar o volume periódico dos números de página com dois pontos (:); (x) use numeração de página completa; (xi) números de página separados com um dash (-); (xii) separar grupos de páginas por uma vírgula se o artigo foi publicado em páginas descontínuas; (xiii) indicar o número de uma edição dada de um livro ou manual, por exemplo, "2ed"; (xiv) para livros e manuais, indique o editor ou editorial antes da localidade principal da editora ou redação; (xv) editores separados ou escritórios editoriais da localidade com uma vírgula; e (xvi) em tais casos, nome cidade, estado e / ou província e país.

### **6.1 Revistas científicas**

Guillard, RRL; Wangersky, P. 1958. A produção de carboidratos extracelulares por flagelos de somemarine. *Limnologia e Oceanografia* 3: 449-454.

### **6.2 Livros**

#### 6.2.1 Livros com autores

Pais, I .; Jones Jr., JR 1998. *The Handbook of Trace Elements*. St. Lucie Press, Boca Raton, FL, EUA.

#### 6.2.2 Livros com editores / organizadores

Day, W .; Atkin, RK, eds. 1985. *Crescimento e modelagem do trigo*. Plenum Press, New York, NY, EUA.

#### 6.2.3 Livros (e manuais) com uma organização como autor ou editor / organizador

Associação de Químicos Analíticos Oficiais - Internacional [AOAC]. 2005. *Métodos oficiais de análise*. 18ed. AOAC, Gaithersburg, MD, EUA.

### **6.3 Capítulos do livro**

Sharpley, AN; Rekolainen, S. 1997. Fósforo na agricultura e suas implicações ambientais. p. 1-53. Em: Tunney, H .; Carton, OT; Brookes, PC; Johnston, AE, eds. *Perda de fósforo do solo para a água*. CAB International, Nova York, NY, EUA.

### **6.4 Fontes eletrônicas de mídia**

#### 6.4.1 Elementos obrigatórios para citações de sites de listagem são:

Autoria, autor ou fonte. Ano. Título do documento da Web ou Página da Web (ou seja, o título principal da página). [Médio] (data da atualização). Disponível em: Full Uniform Resource Locator (ou seja, URL / endereço) [Acessado em 14 de setembro de 1992]

#### 6.4.2 Elementos necessários para listar as publicações disponíveis on-line são:

Autoria, autor ou fonte. Ano. Título do documento ou página da Web. [Médio] Produtor / Editor. Disponível em: Full Uniform Resource Locator [Acessado em 14 de setembro de 1992]

### **6.5 Lista de referências não escritas em inglês**

Forneça o título em inglês e indique o idioma de publicação original da revista no final da citação, conforme abaixo:

Baretta, D .; Santos, JCP; Figueiredo, SR; Klauberg-Filho, O. 2005. Efeitos da queima de pastagem nativa e monocultura de Pinus sobre mudanças nos atributos biológicos do solo no platô do sul de Santa Catarina - Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 29: 715-724 (em português, com resumo em inglês).

Mingoti, AS 2005. Análise de dados utilizando métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. = Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: uma abordagem aplicada. Editora UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil (em português).

**Taxas de editoração**

US \$ 70,00 por página para até seis páginas impressas;

US \$ 105,00 por página adicional além da sexta página impressa