

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Exigências nutricionais de juvenis de pacu (*Piaractus  
mesopotamicus* Holmberg, 1887): proteína, energia e aminoácidos**

**Álvaro José de Almeida Bicudo**

Tese apresentada para obtenção do título de  
Doutor em Agronomia. Área de concentração:  
Ciência Animal e Pastagens

**Piracicaba  
2008**

Álvaro José de Almeida Bicudo  
Zootecnista

**Exigências nutricionais de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*  
Holmberg, 1887): proteína, energia e aminoácidos**

Orientador:  
Prof. Dr. JOSÉ EURICO POSSEBON CYRINO

Tese apresentada para obtenção do título de  
Doutor em Agronomia. Área de concentração:  
Ciência Animal e Pastagens

**Piracicaba  
2008**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Almeida, Brivaldo Gomes de

Métodos alternativos de determinação de parâmetros físicos do solo e uso de condicionadores químicos no estudo da qualidade do solo / Brivaldo Gomes de Almeida. - - Piracicaba, 2008.

103 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.  
Bibliografia.

1. Condicionador do solo 2. Densidade do solo 3. Granulometria do solo 4.  
Resistência dos solos 5. Solo coeso - Qualidade I. Título

CDD 631.43  
A447m

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

A minha mãe, **Rosângela Lúcia**, pelo amor, ensinamentos e sacrifícios que permitiram chegar até este momento.

Ao meu pai, **José Bicudo** (*in memoriam*), eterna fonte de inspiração.

*“Da semente a vida. Da vida a semente”*

A minha amada esposa, **Edenilza**, pelo amor e apoio incondicional durante essa longa caminhada, mesmo quando estive tão ausente.

A minha tia, **Soraya**, por todo o apoio dado na minha formação profissional.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter guiado os meus passos em todos os momentos desta jornada.

Ao Prof. Dr. José Eurico Possebon Cyrino, pela oportunidade, orientação, incentivo, amizade, exemplo profissional e confiança em mim depositada em todos os momentos, mesmo nos mais difíceis. É um orgulho ter sido orientado por uma pessoal tão especial.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de estudos e apoio financeiro ao projeto.

Aos amigos Ricardo Yuji Sado e Anderson Ferreira cuja amizade, apoio e incentivo foram fundamentais em todas as etapas deste trabalho.

Aos estagiários do Setor de Piscicultura do Departamento de Zootecnia da ESALQ, Daniel Henrique Branco Padrão (*Inmetro*), Brunno da Silva Cerozi (*K-rrêro*), Gustavo Sanches Silva (*Du-K*) e Fernando Rodrigo Sesso (*Kbelinho*) pela doação do seu tempo e amizade durante a realização deste trabalho.

As amigas Dra. Patrícia Pauletti e Maria Antônia (*Tuka*), pessoas especiais que Deus colocou no meu caminho e que me ajudaram nessa jornada.

Ao amigo Dr. Luis Fernando Batista Pinto pela ajuda nas análises estatísticas e pela amizade de tanto tempo.

Ao Prof. Dr. Irineu Umberto Packer pelas sugestões e auxílio nas análises estatísticas.

Ao amigo Dr. Ricardo Borghesi pelas conversas, ajuda e incentivo durante a realização deste trabalho.

Aos técnicos do Setor de Piscicultura do Departamento de Zootecnia da ESALQ, Ismael Baldessin Júnior e Sérgio Vanderlei Pena, por sempre estarem dispostos a ajudar em tudo que fosse necessário.

Ao amigo Jony Koji Dairiki por sua ajuda sempre que solicitada.

Aos professores Drs. José Fernando Machado Menten, Luiz Edivaldo Pezzato, Margarida Maria Barros e Marília Oetterer pelo apoio e apreço demonstrado em todas as oportunidades nas quais estivemos juntos.

Aos professores, técnicos e alunos do Curso de Pós Graduação em Ciência Animal e Pastagens pelo carinho com que me receberam.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

"O rio corta a rocha não por causa de sua força, mas por causa de sua persistência."  
(Jim Watkins)

"A próxima fronteira não está somente à sua frente, ela está dentro de você."  
(Robert K. Cooper)

## SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABELAS.....	12
1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Revisão Bibliográfica.....	15
1.1.1 A energia na nutrição de peixes.....	15
1.1.2 A proteína na nutrição de peixes.....	24
1.1.3 Exigências em aminoácidos.....	26
1.1.4 A nutrição do pacu ( <i>Piaractus mesopotamicus</i> ).....	30
Referências.....	34
2 DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO CORPORAL, E HEMATOLOGIA DE JUVENIS DE PACU ( <i>Piaractus mesopotamicus</i> ) ALIMENTADOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE PROTEÍNA E ENERGIA.....	50
Resumo.....	50
Abstract.....	51
2.1 Introdução.....	52
2.2 Material e Métodos.....	53
2.2.1 Peixes e condições experimentais.....	53
2.2.2 Dietas experimentais.....	54
2.2.3 Procedimentos experimentais.....	56
2.2.4 Coleta e processamento de amostras para hematologia.....	58
2.2.5 Parâmetros econômicos.....	59
2.2.6 Análise estatística.....	59
2.3 Resultados.....	60
2.3.1 Desempenho produtivo.....	60
2.3.2 Composição corporal e morfometria.....	67
2.3.3 Variáveis hematológicas.....	69
2.4 Discussão.....	73

2.4.1 Desempenho produtivo.....	73
2.4.2 Composição corporal e morfometria.....	77
2.4.3 Variáveis hematológicas.....	79
2.5 Conclusões.....	81
Referências.....	81
3 EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS EM LISINA DE JUVENIS DE PACU, <i>Piaractus mesopotamicus</i> (Holmberg 1887).....	89
Resumo.....	89
Abstract.....	90
3.1 Introdução.....	91
3.2 Material e Métodos.....	92
3.2.1 Peixes e condições experimentais.....	92
3.2.2 Dietas experimentais.....	92
3.2.3 Coleta e processamento das amostras de sangue.....	95
3.2.4 Coleta e processamento das amostras.....	96
3.2.5 Parâmetros avaliados.....	96
3.2.6 Estimativa da exigência dos AAE.....	97
3.2.7 Análise estatística.....	98
3.3 Resultados.....	98
3.3.1 Parâmetros de desempenho.....	98
3.3.2 Composição corporal e morfometria.....	101
3.3.3 Parâmetros hematológicos.....	102
3.3.4 Estimativa da exigência dos AAE.....	103
3.4 Discussão.....	105
3.5 Conclusões.....	115
Referências.....	116



## RESUMO

### Exigências nutricionais de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887): proteína, energia e aminoácidos

O pacu, *Piaractus mesopotamicus*, é um caracídeo neotropical autóctone, de hábito alimentar onívoro, largamente utilizado na aquicultura brasileira. No entanto, alguns aspectos da sua nutrição permanecem controversos ou desconhecidos. O presente trabalho visou determinar a exigência em proteína, energia e aminoácidos para juvenis de pacu por meio da avaliação de parâmetros de desempenho, composição corporal e hematológicos em dois ensaios distintos. No primeiro ensaio, juvenis de pacu ( $15.5 \pm 0.4$  g) foram alimentados durante 10 semanas, duas vezes ao dia, com dietas contendo teores de proteína bruta (PB) entre 22 e 38% (incremento de 4%) e energia digestível (ED) entre 2600 e 3400 kcal kg<sup>-1</sup> (incremento 200 kcal kg<sup>-1</sup>), em um delineamento totalmente aleatorizado, em esquema fatorial 5 × 5 (n=3). O ganho de peso (GP) e a taxa de crescimento específico (TCE) aumentaram significativamente com a elevação da PB dietética. A retenção de nitrogênio (RN) e a taxa de eficiência protéica (TEP) diminuíram ( $p < 0,05$ ) com o aumento da proteína das dietas em todos os níveis de ED testados. As concentrações de ED afetaram ( $p < 0,05$ ) a concentração de umidade, proteína, gordura, matéria mineral e energia bruta corporal e o fator de condição. A taxa de eficiência econômica foi influenciada pela proteína ( $p < 0,05$ ) e energia digestível ( $p < 0,05$ ) das dietas e pela interação entre ambas ( $p < 0,05$ ). Entretanto, o índice de lucratividade econômica somente foi influenciado pela concentração de proteína bruta ( $p < 0,05$ ) das dietas. Efeito significativo ( $p < 0,05$ ) dos tratamentos nos parâmetros hematológicos foi registrado para taxa de hemoglobina, concentração de hemoglobina corpuscular média, proteína plasmática total e glicose plasmática. A exigência mínima para ganho de peso de juvenis de pacu é 27% de PB, com relação PB:ED ótima de 92,9 mg PB kcal<sup>-1</sup> ED. As concentrações protéicas e energéticas estudadas não causaram prejuízos a saúde dos peixes. A exigência em lisina dietética para juvenis do pacu *Piaractus mesopotamicus*, com peso inicial de 4,3 g, foi determinada fornecendo cinco dietas experimentais isonitrogenadas (32% proteína bruta) contendo caseína, gelatina e L-aminoácidos cristalinos com níveis crescentes de lisina (0,90; 1,17; 1,44; 1,69 e 1,96% da matéria seca da dieta) por 74 dias. Cada dieta foi aleatoriamente designada para grupos (n=4) de 18 peixes alimentados três vezes ao dia até a aparente saciedade. Não foram observados mortalidade ou sinais de deficiência além da redução no desempenho dos peixes alimentados com dietas deficientes ou com excesso de lisina. O peso final (PF), GP, TCE, índice de eficiência alimentar (IEA), TEP, VPP, composição corporal, morfometria e hematologia foram afetados ( $p < 0,05$ ) pelas concentrações de lisina dietética. A análise polinomial quadrática indicou a exigência em lisina em 1,45, 1,51 e 1,43% da matéria seca da dieta, respectivamente para GP, IEA e VPP. Foram obtidos valores de lipídios e proteína corporais significativamente mais altos nos peixes alimentados com as dietas com 0,9 e 1,96% de lisina. Foi então determinado que a exigência em lisina para juvenis de pacu é de 1,5% da matéria seca da dieta.

Palavras-chave: Nutrição de peixes; Exigências Nutricionais; Relação proteína:energia; Aminoácidos essenciais; Proteína ideal

## ABSTRACT

### **Nutritional requirements of juveniles pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887): protein, energy and amino acids**

Pacu, *Piaractus mesopotamicus*, a neotropical, omnivorous native characin, widely used in Brazilian aquaculture. However, some aspects of your nutrition are controversial or ignored. This work aimed at determining dietary protein, energy and amino acids requirements of juvenile pacu through the evaluation of performance, body composition and hematological parameters. In a first trial, pacu juveniles ( $15.5 \pm 0.4$  g) were fed twice a day for 10 weeks until apparent satiety with diets containing crude protein (CP) from 22 to 38 % (intervals of 4%) and digestible energy levels among 2600 and 3400 kcal kg<sup>-1</sup> (intervals of 200 kcal), in a totally randomized experimental design, 5 × 5 factorial scheme (n=3). Weight gain (WG) and specific growth rate (SGR) increased significantly with amount dietary CP. Nitrogen retention (NR) and protein efficiency ratio (PER) decreased ( $p < 0.05$ ) with increasing dietary protein at all tested levels of dietary energy. DE levels affected ( $p < 0.05$ ) whole body moisture, protein, fat, ash, gross energy and condition factor. Economic efficiency ratio was influenced by dietary protein ( $p < 0.05$ ) and digestible energy ( $p < 0.05$ ), and by interaction between the two factors. However, income was affected by dietary protein level ( $p < 0.05$ ) alone. Significant effect of treatments in hematological parameters were registered for mean corpuscular hemoglobin concentration, total plasma protein and plasma glucose. Crude protein requirements and optimum protein:energy ratio for weight gain of juveniles of pacu were 271 g kg<sup>-1</sup> and 92.9 mg kcal<sup>-1</sup>, respectively. All dietary crude protein and digestible energy levels studied did not pose harms to fish health. Dietary lysine requirement of juvenile pacu *Piaractus mesopotamicus* (4.3 g) was determined by feeding five isonitrogenous (32% crude protein) amino acid test diets containing casein, gelatin and L-crystalline amino acids with graded levels of lysine (0.90, 1.17, 1.44, 1.69 and 1.96% of dry diet) for 74 days, three times a day until apparent satiation, to groups (n=4) of 18 fish in a totally randomized design trial. No mortality or nutritional deficiency signs were observed; reduced growth was recorded for fish fed diets with either the lower or the higher lysine contents. Final weight (FW), WG, SGR, feed efficiency (FE), PER, NR, proximate whole body composition, morphometry and hematology were affected ( $p < 0.05$ ) by dietary lysine concentrations. Second-degree polynomial regression analysis of WG and PER data indicated dietary lysine requirement of 1.45, 1.51 and 1.43% of dry diet, respectively to WG, FE and PPV. Significantly higher lipid and protein contents values were obtained for whole body of fish fed the diets with 0.9 and 1.96% of lysine. Lysine requirement of juvenile pacu was determined as being 1.5% of dry diet.

Keywords: Fish nutrition; Nutritional requirements; Protein:energy ratio; Essential amino acids; Ideal protein

## Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

