



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS**

**CRISTIANE FREIRE SILVÃO**

**RAÇÕES PARA OTIMIZAR O CRESCIMENTO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR DO**  
**ROBALO-FLECHA, *Centropomus undecimalis* (BLOCH, 1792)**

**FORTALEZA**

**2016**

**CRISTIANE FREIRE SILVÃO**

**RAÇÕES PARA OTIMIZAR O CRESCIMENTO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR DO  
ROBALO-FLECHA, *Centropomus undecimalis* (BLOCH, 1792)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Doutora em Ciências Marinhas Tropicais.

Área de concentração: Utilização e manejo de ecossistemas marinhos e estuarinos.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes.

**FORTALEZA**

**2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S578r Silvão, Cristiane Freire.  
Rações para otimizar o crescimento e eficiência alimentar do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*  
(BLOCH, 1792) / Cristiane Freire Silvão. – 2016.  
103 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2016.  
Orientação: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes.

1. Nutrição. 2. Fisiologia. 3. Proteína. 4. Osmorregulação. 5. *Centropomus undecimalis*. I. Título.  
CDD 551.46

---


## CRISTIANE FREIRE SILVÃO


### “RAÇÕES PARA OTIMIZAR O CRESCIMENTO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR DO ROBALO-FLECHA, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792)”

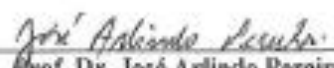
Tese submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, do Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR – Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de DOUTOR em Ciências Marinhas Tropicais, área de concentração em Utilização e Manejo de Ecossistemas Marinhos e Estuarinos.

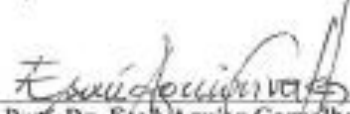
Aprovada em, 16 de setembro de 2016.

#### BANCA EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes  
UFC ( Orientador – Presidente )

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Sandra Tédde Santaella  
UFC ( Examinadora Interna )

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Arlindo Pereira  
UFRB (Examinador Externo à Instituição)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Esab Aguiar Carvalho  
UFOPA ( Examinador Externo à Instituição )

CONFERE COM O ORIGINAL  
IFBA 22 109 2016  
  
ASSINATURA: RMBO

Dedico em especial a meu pai Waldir Santana Silvão (*in memoriam*), grande mestre, amigo e meu exemplo de vida. A minha mãe Regina Silvão e meus filhos Jorginho e Joseane; os grandes amores da minha vida, agradecendo pelo apoio, estímulo e compreensão, ao acreditar no sucesso desta nova jornada.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus Pais, Waldir Santana Silvão (*in memorian*) e Regina Maria Freire Neves Silvão, pelo apoio, amor e dedicação, durante toda minha vida, promovendo o meu desenvolvimento intelectual e profissional.

Aos meus Filhos José Jorge Santos Costa Filho e Joseane Freire Silvão Costa, pelo amor, força, estímulo e compreensão, ajudando-me a vencer mais uma etapa acadêmica.

Ao Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes, pela oportunidade, ensinamentos, orientação e dedicação, fazendo com que meu sonho se tornasse realidade.

Aos Professores participantes da banca examinadora, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Ao Instituto Federal da Bahia- Campus Salvador, pelo incentivo ao crescimento profissional, possibilitando o meu afastamento para o Doutorado.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e MPA (Ministério da Pesca e Aquicultura), pelos recursos financeiros disponibilizados para viabilizar a execução do projeto.

Aos Professores da Pós-Graduação do LABOMAR: Dr. Cristina Rocha, Dr. Oscarina Viana, Dr. Pedro Martins, Raul Cruz, Dr. Regine Vieira, Dr. Rodrigo Maggioni, Dr. Rozane Marins, Dr. Sandra Santaella, Dr. Vicente Faria e aos Professores do curso de Engenharia de Pesca, Dr. Bartolomeu Warlene e Dr. Francisco Hiran que muito contribuiu para minha formação acadêmica e profissional, construindo um elo de amizade e consideração.

Aos colegas do LANOA/CEAC, Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos: Felipe Nobre, Guilherme Alzira, Dr. Hassan Sabry Neto, Hélio Pires, Leandro Fonseca, Michael Akao, Sandra Nascimento, Sebastião Júnior, Rafael Barroso, Ricardo Camurça, Roberto Kobayashi que estiveram ao meu lado, colaborando na execução do experimento, contribuindo para o bom desempenho e concretização do projeto.

Meu agradecimento especial a Carolina Vieira, pela amizade, alegrias companheirismo e pela participação valiosa nas etapas deste trabalho.

Aos colegas que estiveram juntos comigo nesta caminhada, vencendo as dificuldades da pós-graduação, meu sincero agradecimento pelo apoio e alegrias proporcionadas.

A Regina Gradvohl pelo acolhimento quando cheguei a Fortaleza demonstrando amizade e consideração.

Aos Coordenadores e Secretárias do Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais - Labomar/UFC: Dr. Rodrigo Maggioni, Dr. Tito Lotufo, Dr. Sandra T. Santaella, Dr. Carlos Eduardo Teixeira, Isabela Abreu e Goreth Nunes, meus sinceros agradecimentos.

Aos Servidores do LABOMAR e CEAC, pela amizade e apoio, tornando os meus momentos de estudo uma alegria, em especial Célia Freire, Maria das Graças Coelho, Maria Eunice Menezes, Maria Odete Ximenes, Miguel Sávio Braga, Núbia Gomes Verde, Wilson Franklin Júnior.

Aos funcionários da Biblioteca do Labomar: Nadsa Maria Araújo, Murilo Costa, Renata Alves da Silva, Francisco Geovane Uchoa, pela permanente disposição em ajudar. Meu eterno carinho e consideração.

Aos amigos que fiz nesta jornada e todos que de alguma forma contribuíram para a realização e sucesso deste trabalho.

“Lute com determinação, abrace a vida com paixão, perca com classe e vença com ousadia, por que o mundo pertence a quem se atreve e a vida é muito para ser insignificante.” (Charles Chaplin)



## RESUMO

O robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*, é uma espécie eurihalina, com alto valor econômico e potencial para aquicultura. O presente estudo avaliou o desempenho zootécnico e a capacidade osmoregulatoria do robalo-flecha frente a diferentes fontes de proteínas e aminoácidos na dieta e salinidade da água, respectivamente. O trabalho consistiu de três estudos realizados de forma consecutiva. No 1º estudo foi investigado o efeito da composição dietética de aminoácidos de proteínas alternativas à farinha de peixe no desempenho zootécnico do robalo-flecha. Peixes de  $10,79 \pm 0,71$  g ( $n = 150$ ) foram estocados em 15 tanques circulares de  $1 \text{ m}^3$  mantidos em uma área aberta sombreada. Uma dieta basal foi formulada para conter 64,34% (na base natural) de farinha de peixe e 20,00% de concentrado proteico de soja (SPC). Duas outras dietas substituíram 25% da farinha de peixe por farinha de vísceras de aves (17,01%) e concentrado proteico de soja (SPC, 33,49%). Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia durante 84 dias. O 2º estudo avaliou o desempenho da espécie em resposta ao conteúdo de proteína bruta (PB) e de aminoácidos de dietas práticas durante 104 dias de cultivo. Um total de 750 peixes de  $21,91 \pm 6,97$  g foram estocados em 25 tanques circulares de  $5,84 \text{ m}^3$  na densidade de 5,1 peixes/ $\text{m}^3$ . Quatro dietas foram formuladas para apresentar 48,70, 52,18, 57,00 e 60,00% PB (na base seca), com um conteúdo total de aminoácidos sulfurados entre 1,55 e 1,89% (base seca) e níveis mínimos e máximos de metionina e lisina total de 1,05 e 1,35% e 2,82 e 3,66%, respectivamente. O 3º estudo determinou o ponto iso-osmótico do robalo expostos de forma aguda (24 h) e crônica (168 h) às salinidades de 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 e 45. Peixes de  $33,27 \pm 10,2$  g foram transferidos, sem aclimação prévia, de uma salinidade de 32 para 30 tanques circulares de  $1 \text{ m}^3$  com as respectivas salinidades, na densidade de 8 peixes por tanque. A osmolaridade do sangue dos peixes e da água dos respectivos tanques de cultivo foram imediatamente analisadas após 24 e 168 h do povoamento com um osmómetro crioscópico. No 1º estudo, o robalo cresceu mais lentamente ( $0,24 \pm 0,03$  e  $0,27 \pm 0,04$  versus  $0,35 \pm 0,06$  g/d), atingiu menor peso corporal ( $31,1 \pm 6,62$  e  $33,3 \pm 10,20$  versus  $40,4 \pm 13,18$  g) e maior FCA ( $3,69 \pm 0,29$  e  $3,11 \pm 0,51$  versus  $2,33 \pm 0,34$ ) quando alimentado com SPC e a dieta basal em comparação à dieta com farinha de vísceras de aves, respectivamente. No 2º estudo, não foi observada diferença estatística significativa para o crescimento diário ( $0,38 \pm 0,10$  g), taxa de crescimento específico ( $0,99 \pm 0,19\%$ /dia), ganho de produtividade ( $202 \pm 58$  g/ $\text{m}^3$ ), consumo alimentar (132 g de ração/peixe) e FCA ( $3,87 \pm 2,48$ ) do robalo-flecha alimentado com os diferentes níveis de proteína. Na despesca, o peso corporal dos robalos variou de  $55,70 \pm 2,15$  a  $66,70 \pm 2,18$  g. Quando em exposição aguda, a osmolaridade do sangue

do robalo-flecha aumentou gradativamente com a salinidade da água, de um mínimo de  $0,346 \pm 0,011$  mOsm/kg (água doce) a um máximo de  $0,380 \pm 0,021$  mOsm/kg (45 de salinidade). O presente estudo indicou que o robalo-flecha possui uma maior capacidade para ganhar peso corporal e aumentar a retenção de nutrientes quando a proteína dietética é de origem de animal terrestre. Juvenis da espécie conseguem crescer e sobreviver com êxito em cativeiro com dietas contendo um mínimo de 48,70% (na base seca) e 1,05% de metionina. Na faixa de salinidade entre 0 e 45, o ponto de equilíbrio iso-osmótico para a espécie é alcançado entre 10,46 e 11,39 de salinidade ( $0,360$  a  $0,368$  mOsm/kg).

**Palavras-chave:** Nutrição. Fisiologia. Proteína. Osmorregulação. *Centropomus undecimalis*.

## ABSTRACT

The common snook, *Centropomus undecimalis*, is euryhaline species, with high economic value and potential for aquaculture. This study evaluated the growth performance and the osmoregulatory ability of the common snook reared under different dietary sources of protein and amino acids, and water salinity, respectively. The work consisted of three studies conducted consecutively. The 1<sup>st</sup> study investigated the effect of dietary amino acid composition of proteins alternate to fishmeal on fish growth performance. Fish of  $10.79 \pm 0.71$  g ( $n = 150$ ) were stocked in 15 circular tanks of  $1 \text{ m}^3$  kept sheltered outdoors. A basal diet was formulated to contain 64.34% (as fed basis) of fishmeal and 20.00% of soy protein concentrate (SPC). Two other diets replaced 25% of fishmeal for poultry by-product meal (17.01%) and soy protein concentrate (SPC, 33.49%). Fish were fed twice a day for 84 days. The 2<sup>nd</sup> study evaluated the growth performance of the common snook fed during 104 days in response to the dietary crude protein (CP) and amino acid content. A total of 750 fish of  $21.91 \pm 6.97$  g were stocked in 25 circular tanks of  $5.84 \text{ m}^3$  under  $5.1 \text{ fish/m}^3$ . Four diets were formulated to contain 48.70, 52.18, 57.00 and 60.00% CP (on a dry matter basis), with a total content of sulfur amino acids between 1.55 and 1.89% (dry basis) and minimum and maximum levels of methionine and lysine of 1.05% and 1.35 and 2.82 and 3.66%, respectively. The 3<sup>rd</sup> study determined the iso-osmotic point of common snook exposed to acute (24 h) and chronic (168 h) water salinities of 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 and 45. Fish  $33.27 \pm 10.2$  g were transferred without acclimation, from a water salinity of 32, into 30 tanks of  $1 \text{ m}^3$ , with the corresponding salinities and stocked under 8 fish per tank. Osmolarity of fish blood and cultured water were immediately analyzed after 24 and 168 h from fish stocking with a freezing point osmometer. In the 1<sup>st</sup> study, the common snook grew more slowly ( $0.24 \pm 0.03$  and  $0.27 \pm 0.04$  versus  $0.35 \pm 0.06$  g/d), reached a lower body weight ( $31.1 \pm 6.62$  and  $33.3 \pm 10.20$  versus  $13.18 \pm 40.4$  g) and a higher FCA ( $3.69 \pm 0.29$  and  $3.11 \pm 0.51$  versus  $2.33 \pm 0.34$ ) when fed with SPC and the basal diet compared to diet with poultry by-product meal, respectively. In the 2<sup>nd</sup> study, there was no statistically significant difference for the daily growth ( $0.38 \pm 0.10$  g), specific growth rate ( $0.99 \pm 0.19\%$ /day), productivity gains ( $202 \pm 58 \text{ g/m}^3$ ), feed intake (132 g of feed/fish) and FCR ( $3.87 \pm 2.48$ ) for the common snook fed with the different protein levels. At harvest, fish body weight ranged from  $55.70 \pm 2.15$  to  $66.70 \pm 2.18$  g. Under acute exposure, osmolarity of fish blood increased gradually with water salinity from a minimum of  $0.346 \pm 0.011$  mOsm/kg (freshwater) to a maximum of  $0.380 \pm 0.021$  mOsm/kg (45 salinity). This study indicated that juveniles of the common snook has a greater ability to gain weight and to increase the retention

of nutrients when the dietary protein is of terrestrial animal. Juveniles of the species can survive and grow successfully in captivity with diets with a minimum of 48.70% crude protein (on dry basis) and 1.05% methionine. A water salinity between 0 and 45 the iso-osmotic equilibrium for juvenile common snook is achieved between 10.46 and 11.39 salinity (0.360 to 0.368 mOsm/kg osmolarity).

**Keywords:** Nutrition. Fisiology. Protein. Osmolarity. *Centropomus undecimalis*.

## LISTA DE FIGURAS

	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	22
Figura 2.1	Distribuição do robalo-flecha ( <i>Centropomus undecimalis</i> ) ao longo do Oceano Atlântico .....	29
Figura 2.2	Aspectos morfológicos do robalo-flecha ( <i>Centropomus undecimalis</i> ) (Bloch, 1792) .....	29
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>EFEITO DA COMPOSIÇÃO DE AMINOÁCIDOS DE PROTEÍNAS ALTERNATIVAS À FARINHA DE PEIXE, SOBRE O CRESCIMENTO DE JUVENIS DE ROBALO-FLECHA (<i>Centropomus undecimalis</i>)</b> .....	<b>33</b>
Figura 4.1	Aclimação do robalo-flecha ( <i>C. undecimalis</i> ) em tanques mantidos em galpão coberto e experimento em área com sombrite, submetidos à alimentação com dietas produzidas em laboratório .....	37
Figura 4.2	Liofilização do músculo do robalo-flecha ( <i>C. undecimalis</i> ), capturado em ambiente selvagem, para submeter à análise bromatológica e aminoacídica .....	41
Figura 4.3	Desempenho zootécnico e índices somáticos do robalo-flecha ( <i>C. undecimalis</i> ) aos 84 dias de cultivo em laboratório de nutrição de organismos aquáticos .....	43
Figura 4.4	Peso corporal final (g) de robalos flecha, <i>C. undecimalis</i> cultivados a partir de $10,79 \pm 0,71$ g (n = 150) por 84 dias com dietas com substituição parcial da farinha de salmão por farinha de vísceras de aves (Vísceras) e concentrado proteico de soja (SPC). Os dados referem-se à média do peso corporal ( $\pm$ erro padrão) de todos os peixes despescados. Letras em comum denotam diferença estatística não significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ pelo teste de Tukey HSD .....	46
Figura 4.5	Retenção (%) de proteína, lipídios e energia das dietas experimentais em amostras do músculo caudal do robalo-flecha .....	47
<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DO ROBALO-FLECHA, <i>Centropomus undecimalis</i>, EM RESPOSTA AO CONTEÚDO DA PROTEÍNA BRUTA E AMINOÁCIDOS DE DIETAS PRÁTICAS</b> .....	<b>55</b>

Figura 5.1	Representação da distribuição dos tratamentos experimentais no presente estudo. Valores na parte inferior referem-se à identificação do tratamento experimental (conteúdo de proteína das dietas) .....	58
Figura 5.2	Tanques com recirculação e filtragem contínua de água, posicionado ao ar livre, para o cultivo experimental do robalo-flecha ( <i>C. undecimalis</i> ) durante cento e quatro dias .....	64
Figura 5.3	Juvenil do robalo-flecha despescado após 104 dias de cultivo .....	66
Figura 5.4	Peso corporal final (g) do robalo-flecha, <i>C. undecimalis</i> cultivados a partir de $21,91 \pm 6,97$ g (CV = 31,8%) por cento e quatro dias com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta e aminoácidos. Os dados referem-se a média do peso corporal ( $\pm$ erro padrão) de todos os peixes despescados. Letras em comum denotam diferença estatística não significância ao nível de $\alpha = 0.05$ pelo teste de Tukey HSD .....	69
Figura 5.5	Curva de crescimento para juvenis do robalo-flecha, <i>C. undecimalis</i> , cultivados em tanques de $5,84 \text{ m}^3$ durante cento e quatro dias com quatro dietas experimentais e uma controle. Cada ponto representa a média do peso corporal de um tanque experimental de cultivo .....	70
<b>CAPÍTULO 6</b>	<b>CAPACIDADE OSMORREGULATÓRIA DE JUVENIS DO ROBALO-FLECHA, <i>Centropomus undecimalis</i>, EM DIFERENTES SALINIDADES</b> .....	<b>76</b>
Figura 6.1	Osmolaridade (mOsm/kg) do sangue do robalo-flecha e da água de cultivo em dois intervalos de tempo: exposição aguda por 24 h (A) e 168 h de cultivo (B) .....	85

## LISTA DE TABELAS

<b>CAPÍTULO 4 EFEITO DA COMPOSIÇÃO DE AMINOÁCIDOS DE PROTEÍNAS ALTERNATIVAS À FARINHA DE PEIXE, SOBRE O CRESCIMENTO DE JUVENIS DE ROBALO-FLECHA (<i>Centropomus undecimalis</i>)</b> .....	33
Tabela 4.1 Composição da dieta (% , base seca) utilizada na aclimação de juvenis do robalo-flecha .....	39
Tabela 4.2 Composição (% , base natural) e perfil bromatológico (% , base natural) das dietas experimentais .....	40
Tabela 4.3 Composição aminoacídica das dietas experimentais (g/16 g N) e do músculo caudal do robalo-flecha, <i>C. undecimalis</i> .....	42
Tabela 4.4 Desempenho zootécnico do robalo-flecha alimentado com dietas submetidas a uma substituição parcial da farinha de peixe por farinha de vísceras e concentrado proteico de soja (SPC). Letras em comum denotam diferença estatística não significativa ao nível de $\alpha = 0,05$ pelo teste de Tukey HSD. Valores são apresentados como média $\pm$ desvio padrão (DP) de cinco tanques .....	45
Tabela 4.5 Balanço dos aminoácidos essenciais (AAE) relativo a lisina (Lis), incluindo cistina, nas dietas experimentais e no músculo caudal de um robalo-flecha adulto .....	48
<b>CAPÍTULO 5 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DO ROBALO-FLECHA, <i>Centropomus undecimalis</i>, EM RESPOSTA AO CONTEÚDO DA PROTEÍNA BRUTA E AMINOÁCIDOS DE DIETAS PRÁTICAS</b> .....	55
Tabela 5.1 Composição de ingredientes (% da dieta, base natural) e perfil bromatológico (% da dieta, base natural) das dietas utilizadas durante cento e quatro dias de cultivo do robalo-flecha .....	60
Tabela 5.2 Composição aminoacídica das dietas experimentais (% , base seca) empregadas no cultivo do robalo-flecha, <i>C. undecimalis</i> . CV = coeficiente de variação (%) .....	62

Tabela 5.3	Desempenho zootécnico do robalo-flecha alimentado durante cento e quatro dias com dietas contendo diferentes conteúdos de proteína. O controle refere-se a uma dieta semiúmida elaborada com 90% de sua composição de sardinha. Valores são apresentados como média $\pm$ desvio padrão (DP) de cinco tanques .....	68
<b>CAPÍTULO 6</b>	<b>CAPACIDADE OSMORREGULATÓRIA DE JUVENIS DO ROBALO-FLECHA, <i>Centropomus undecimalis</i>, EM DIFERENTES SALINIDADES .....</b>	<b>76</b>
Tabela 6.1	Composição (% , base natural) e perfil bromatológico da dieta empregada no estudo .....	81
Tabela 6.2	Composição aminoacídica da dieta experimental (g/16 g N) .....	82



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de variância
AOAC	Association of Official Analytical Chemistry
CaCO <sub>3</sub>	Carbonato de cálcio
CEA	Composição em aminoácidos essenciais
CEAGESP	Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo
DWG	Ganho de peso diário
EAA	Aminoácidos essenciais
FAO	Food and Agriculture Organization
FCA	Fator de Conversão Alimentar
HCl	Ácido clorídrico
HPLC	Cromatografia líquida de alta eficiência de fase inversa
LABOMAR	Instituto de Ciências do Mar
LANOA	Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos
LAPMAR	Laboratório de Piscicultura Marinha
LYS	Lisina
NRC	National Research Council
PBM	Farinha de subprodutos de aves
SGR	Taxa de crescimento específico
SML	Farinha de subprodutos de salmão
SPC	Concentrado proteico de soja
TEP	Taxa de retenção proteica

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	18
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	22
<b>2.1</b>	<b>Nutrição de peixes</b> .....	22
<b>2.1.1</b>	<i>Aminoácidos e proteína</i> .....	23
<b>2.1.2</b>	<i>Ingredientes protéicos</i> .....	25
<b>2.2</b>	<b>Mecanismo de osmorregulação</b> .....	27
<b>2.3</b>	<b>Caracterização do robalo-flecha (<i>Centropomus undecimalis</i>)</b> .....	30
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	32
<b>3.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	32
<b>3.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	32
<b>4</b>	<b>EFEITO DA COMPOSIÇÃO DE AMINOÁCIDOS DE PROTEÍNAS ALTERNATIVAS À FARINHA DE PEIXE, SOBRE O CRESCIMENTO DE JUVENIS DE ROBALO-FLECHA (<i>Centropomus undecimalis</i>)</b> .....	33
	<b>Resumo</b> .....	33
	<b>Abstract</b> .....	34
<b>4.1</b>	<b>Introdução</b> .....	35
<b>4.2</b>	<b>Material e métodos</b> .....	36
<b>4.2.1</b>	<i>Peixes e aclimatação</i> .....	36
<b>4.2.2</b>	<i>Sistema de cultivo e manejo</i> .....	38
<b>4.2.3</b>	<i>Dietas e alimentação</i> .....	38
<b>4.2.4</b>	<i>Amostragem e desempenho zootécnico</i> .....	43
<b>4.2.5</b>	<i>Análise estatística</i> .....	44
<b>4.3</b>	<b>Resultados</b> .....	44
<b>4.4</b>	<b>Discussão</b> .....	48
<b>4.5</b>	<b>Conclusões</b> .....	51
	<b>Referências</b> .....	52
<b>5</b>	<b>DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DO ROBALO-FLECHA, <i>Centropomus undecimalis</i>, EM RESPOSTA AO CONTEÚDO DA PROTEÍNA BRUTA E AMINOÁCIDOS DE DIETAS PRÁTICAS</b> .....	55
	<b>Resumo</b> .....	55
	<b>Abstract</b> .....	56

5.1	Introdução .....	57
5.2	Material e métodos .....	58
5.2.1	<i>Local do estudo e delineamento experimental</i> .....	58
5.2.2	<i>Formulação e preparação das dietas experimentais</i> .....	59
5.2.3	<i>Sistema de cultivo e manejo</i> .....	64
5.2.4	<i>Desempenho zootécnico e análises estatísticas</i> .....	65
5.3	Resultados .....	66
5.4	Discussão .....	70
5.5	Conclusões .....	73
	Referências .....	74
6	<b>CAPACIDADE OSMORREGULATÓRIA DE JUVENIS DO ROBALO-FLECHA, <i>Centropomus undecimalis</i>, EM DIFERENTES SALINIDADES</b> .	76
	Resumo .....	76
	Abstract .....	78
6.1	Introdução .....	79
6.2	Material e métodos .....	80
6.2.1	<i>Preparação da água de cultivo e povoamento dos peixes</i> .....	80
6.2.2	<i>Manejo e monitoramento</i> .....	80
6.2.3	<i>Determinação da osmolaridade</i> .....	83
6.2.4	<i>Análise estatística</i> .....	83
6.3	Resultados .....	84
6.4	Discussão .....	86
6.5	Conclusões .....	88
	Referências .....	89
7	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	91
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	92

## 1 INTRODUÇÃO

Os recursos marinhos representam uma fonte proteica de grande valor alimentar e importância no sentido de atender às necessidades nutricionais e sociais de milhões de pessoas. As condições de cultivo de forma sustentável são os caminhos para garantir produção em grande escala, levando a constatar que em nível global a produção tem aumentado tanto em espécies cultivadas, como em volume e em valor comercial (CERQUEIRA; TSUZUKI, 2009; ALVAREZ-LAJONCHÈRE; IBARRA-CASTRO, 2013).

Estudos na área de nutrição de peixes têm levado a avanços tecnológicos necessários para o crescimento da aquicultura marinha, ao se buscar maior proximidade da composição das rações industrializadas com as exigências nutricionais das espécies criadas comercialmente. As rações são desenvolvidas para adequar-se à fase de desenvolvimento da espécie alvo, ao sistema de cultivo, às metas produtivas, aos desafios sanitários e às melhorias genéticas dos animais cultivados. Estes fatores são relevantes para um melhor desempenho zootécnico das espécies cultivadas (NUNES, 2015).

A produção mundial de pescado, segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2016), tem crescido constantemente desde a década de 1970, com reflexos positivos para a segurança alimentar global. O consumo mundial *per capita* de pescado aumentou de uma média de 18,1 kg em 2009 para 20,1 kg em 2014.

Este fato elevou para 17% o consumo de proteína animal da população mundial em 2013, atribuindo à pesca marinha grande contribuição, com produção de 81,5 milhões de toneladas em 2014, destacando a China (14.811 390 t), Indonésia (6.016 525 t) e Estados Unidos (4.954 467 t) como os principais países produtores (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2016).

Os níveis de exploração dos recursos pesqueiros têm variado ao longo do tempo como consequência dos efeitos da sobrepesca e mudanças ambientais, muitas vezes difíceis de discernir, por falta de pesquisas e de monitoramento dos recursos pesqueiros e dos processos ambientais (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2011).

As espécies de peixes pelágicos são consideradas as que apontam grandes capturas e maior preocupação em se fazer uma gestão sustentável, representando 46% dos estoques explorados. As espécies demersais representam 24% e as demais espécies têm 30% de participação, com diferentes variações na composição em áreas ao redor do mundo,

caracterizado por maior abundância de peixes demersais no Nordeste do Atlântico e de peixes pelágicos nas áreas do Pacífico (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2011).

A diminuição nos índices de produção pesqueira, com o maior esforço de pesca, com consequências ecológicas e socioambientais negativas, desencadeou o aumento da concentração de estudos e investimentos, no sentido de consolidar a aquicultura. Em 2014, a aquicultura obteve recorde mundial de 7,8 milhões de toneladas equivalente a 160,2 bilhões de dólares, sendo 49,8 milhões de toneladas de peixes, 8,6% a taxa média anual de produção proveniente da aquicultura mundial, com destaque para China (41.108 306 t), Índia (4.209 415 t) e Vietnã (3.085 500 t) como os maiores produtores (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2016).

Em 2012, o Brasil ocupou a 12ª posição em nível mundial dentre os maiores produtores de pescado, e a 2ª posição entre os produtores da América do Sul, perdendo apenas para o Chile, com produção de 629.309 toneladas (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2014). Isto pode ser atribuído ao interesse e retomada de propostas de políticas públicas, voltadas para o desenvolvimento da Aquicultura no país.

A produção de peixes marinhos em cativeiro aumentou de 0,97 para 1,8 milhões de toneladas, equivalente a uma receita direta de US\$ 8 bilhões, com uma taxa de crescimento médio anual de 17% entre 2000 e 2010. Este crescimento foi impulsionado pela sobreexploração dos estoques naturais, e conseqüente redução da oferta de pescado para atender à grande demanda, suplantando com isto, os demais setores de produção (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2013).

Atualmente estão sendo cultivadas comercialmente, em diversas partes do mundo, as espécies, *Seriola quinqueradiata* (Arabaiana), *Sparus aurata* (Dourada), *Lateolabrax japonicus* (Robalo japonês), *Dicentrarchus labrax* (Robalo europeu), *Rachycentron canadum* (Beijupirá), *Lates calcarifer* (Barramundi) e o *Trachinotus blochii* (Pampo), destacando China, Indonésia, Tailândia e Vietnã como os maiores centros de criação de peixe marinho (TUCKER *et al.*, 1991; TUCKER, 1998; ALVAREZ; TSUZUKI, 2008; OSTRENSKY, 2008; LI *et al.*, 2011). Tecnologias adequadas e, principalmente, dietas baseadas nas exigências nutricionais de cada espécie são os principais fatores que irão propiciar melhor crescimento das espécies cultivadas (BORGHETTI *et al.*, 2003; NAVARRO *et al.*, 2012).

De acordo com Nunes e Rocha (2015), no Brasil, o desenvolvimento da aquicultura teve início em 1930, com a reprodução de espécies nativas continentais, mas só obteve maior avanço em 1990 com a introdução do camarão *Litopenaeus vannamei* e da tilápia *Oreochromis niloticus*.

A riqueza faunística de peixes do Brasil, é um recurso pouco explorado, com evidente e significativo potencial para aquicultura, considerando os fatores hídricos e climáticos, com grande área de clima tropical, equivalendo a 85% do território brasileiro e 8.000 km de litoral. Contudo, para alcançar viabilidade zootécnica e econômica, capazes de garantir a segurança alimentar e uso sustentável dos recursos ambientais, necessita-se de uma série de estudos científicos e tecnológicos sobre a maioria destas espécies (BORGHETTI *et al.*, 2003; NAVARRO *et al.*, 2012).

A piscicultura marinha no Brasil ainda é incipiente e experimental, podendo observar que a prática de cultivo de peixes em águas interiores é bem mais conhecida e difundida em relação ao cultivo marinho, exceto para espécies exóticas, como camarão branco do Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) e a ostra do Pacífico (*Crassostrea gigas*) que vêm dominando a aquicultura nacional (NUNES *et al.*, 2015). Isto demonstra a necessidade de concentrar esforços no sentido de promover o desenvolvimento científico e tecnológico, voltado para as espécies marinhas nativas do Brasil (CERQUEIRA; TSUZUKI, 2009).

Dentre os aspectos evidenciados por diversos autores, que caracterizam as espécies de peixes como ideais para o cultivo, destacam-se: o bom crescimento e a conversão alimentar o alto rendimento de biomassa por unidade de volume, tolerância às condições do meio ambiente e adaptação aos sistemas de cultivo (TUCKER, 1998; CERQUEIRA; TSUZUKI, 2009).

As espécies de peixes marinhos autóctones do Brasil, que são alvo para cultivo, pertencem às famílias Centropomidae (robalos), Serranidae (garoupas), Lutjanidae (cioba), Mugilidae (tainhas), Rachycentridae (beijupiras), Gerreidae (carapeba). Estudos foram realizados no Brasil por Pereira *et al.* (1997), Cavalheiro (2000), Ximenes e Fonteles-Filho (2007), Tsuzuki *et al.* (2008) e Cerqueira e Tsuzuki (2009) com peixes da família Centropomidae.

Apesar de vários trabalhos terem sido realizados com peixes marinhos nas áreas de reprodução e larvicultura, o sucesso da área de engorda depende do conhecimento sobre o manejo alimentar que possa maximizar o crescimento, principalmente em relação à determinação do tipo de ração balanceada ideal para a espécie em estudo. Para isto, toma-se como base sua exigência nutricional para que o desperdício e impacto ambiental sejam reduzidos, tornando a produção economicamente viável (OSTINI *et al.*, 2007; TSUZUKI *et al.*, 2007a, 2007b, 2008).

Freitas *et al.* (2011) reforçam a necessidade de investimentos em estudos na área de nutrição com peixes marinhos nativos, uma vez que as condições ambientais são adequadas ao

cultivo. Isto possibilitará o desenvolvimento de pacotes tecnológicos e a qualificação da mão-de-obra, para que a aquicultura marinha do Brasil ocupe um lugar de destaque.

O presente estudo teve como objetivo identificar a quantidade mínima de proteína marinha, testando alternativas proteicas na formulação de dietas para otimizar o crescimento e a eficiência alimentar de juvenis do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*, buscando em paralelo avaliar a capacidade osmorregulatória e ponto isosmótico da espécie, diante da exposição à variações de salinidade e efeito de dietas práticas, ao considerar o efeito negativo que o mecanismo osmorregulador pode exercer sobre o crescimento.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Nutrição de peixes

No Brasil, os estudos sobre nutrição de peixes foram publicados inicialmente por Nilton Castagnolli, em 1978, referindo-se às exigências proteicas e aminoacídicas, exigências em vitaminas e minerais, formulações e processamento de alimentos para peixes.

Por se tratar de um segmento novo da aquicultura, a piscicultura marinha é ainda muito deficiente em informações sobre as exigências nutricionais das principais espécies cultivadas e sobre a digestibilidade proteica e energética de ingredientes que compõem as rações. Como consequência, há uma maior pressão sobre alguns ingredientes não renováveis, como a farinha e o óleo de peixe, inviabilizando um equilíbrio satisfatório entre desempenho zootécnico e rendimento econômico dos cultivos (NAYLOR *et al.*, 2000).

Algumas das dificuldades da aquicultura comercial estão na diversidade e número de espécies com diferentes necessidades nutricionais, fazendo com que resultados experimentais com uma determinada espécie sejam transferidos e aplicados para outras, desconsiderando diferenças fisiológicas. Outros fatores importantes a serem considerados são as propriedades químicas, fisiológicas e valor nutricional dos componentes alimentares na formulação das dietas, além das práticas de alimentação (HERTRAMPF *et al.*, 2000).

Em sistemas de cultivo é preciso conhecer o nível ótimo de alimentação, atentando para fatores ambientais, temperatura, hábito alimentar e fase de desenvolvimento da espécie, observando não apenas o aspecto de crescimento, como também fazendo interação com a saúde (POHLENZ; GATLIN, 2014; CHENG *et al.*, 2012) e com a preservação da qualidade da água (DU *et al.*, 2006; DABROWSKY *et al.*, 2010; SALAMA, 2008; ABBAS; SIDDIQUI, 2009).

Informações quantitativas sobre as exigências nutricionais e a digestibilidade dos ingredientes, além da energia metabolizável dos alimentos, são necessárias para elaboração de dietas para peixes, no intuito de otimizar e melhorar a eficiência de produção. Outro fator de relevância a ser considerado é a palatabilidade, que deve ser incrementada com uso de substâncias atrativas, testadas previamente, além do aporte de ácidos graxos essenciais, com a suplementação em óleo de peixe, importante também para o equilíbrio energético (GATLIN, 1996; WEBSTER *et al.*, 1995).

A farinha de peixe tem sido a principal fonte de proteína nas dietas para aquicultura, exigindo maior demanda por espécies com hábito alimentar carnívora (FORSTER, 1999). Segundo o mesmo autor é preciso três a quatro quilos de peixes forrageiros para produzir um



quilo de qualquer espécie carnívora.

Os estudos de Barroso *et al.* (2002), Nguyen *et al.* (2014) e Yun *et al.* (2014) abordam avaliação da composição de alguns ingredientes, na tentativa de viabilizar a substituição da farinha de peixe por outras fontes proteicas, como o farelo de soja, que é considerado o ingrediente vegetal de maior valor proteico, apesar da deficiência em aminoácidos sulfurados e presença de fatores antinutricionais.

Ao considerar que a proteína representa 60% do custo das rações, estudos vêm avançando para a utilização de produtos vegetais com suplementação em aminoácidos, como alternativa para obter melhor resposta de crescimento das espécies cultivadas, buscando consolidar uma aquicultura sustentável (YUN *et al.*, 2014).

Para conseguir subsídios para o desenvolvimento de um pacote tecnológico para o cultivo de peixes marinhos, com destaque para o robalo (família Centropomidae), muitos trabalhos vêm sendo realizados, destacando o estudo de Machado (2011), que caracterizou o sistema digestório do robalo, por isótopos estáveis; o trabalho de Corrêa *et al.* (2010c), que avaliou rações comerciais peletizadas estabelecendo uma frequência alimentar adequada para robalos. Os dados apresentados por Souza (2003) e Ostini *et al.* (2007) sobre o desempenho zootécnico de robalos em diferentes densidades; os estudos de Tsuzuki *et al.* (2008) e Sterzelecki (2009), sobre a influência da salinidade e taxa de conversão alimentar deste peixe.

Estudos realizados por Freitas *et al.* (2011), Fracalossi e Cyrino (2012) e Nunes *et al.* (2014), na área de nutrição de peixes, denotam o progresso na busca para vencer os desafios para a produção de organismos aquáticos, minimizando a descarga de material orgânico no ambiente, favorecendo o crescimento das espécies cultivadas, com melhor índice de conversão alimentar, garantindo a sustentabilidade econômica e ambiental da piscicultura marinha.

### **2.1.1 Aminoácidos e proteínas**

Os animais aquáticos exigem proteínas, lipídios, carboidratos, vitaminas, minerais como nutrientes essenciais para o crescimento e reprodução, cuja deficiência leva ao maior consumo de ração e aumento da conversão alimentar (FRACALOSSI; CYRINO, 2012).

As proteínas são os principais constituintes orgânicos dos tecidos dos peixes, responsáveis pela estrutura corporal, regulação do metabolismo e defesa. São absorvidas na forma de aminoácidos e constituem a base das formulações das dietas, que deve assegurar quantidades equilibradas e adequadas de aminoácidos. Isto permite que o organismo sintetize suas próprias proteínas, daí a importância do estudo do perfil aminoacídico das diferentes fontes

proteicas para as espécies aquáticas cultivadas com validação dos resultados para o ganho de peso corpóreo (PORTZ; FURUYA *et al.*, 2004).

As exigências em proteínas descritas por Lovell (1998), Kaushik e Seiliez (2010) e National Research Council (2011), tendem a diminuir com o crescimento dos peixes. O valor ótimo exigido em dietas está diretamente relacionado com o balanço energético-proteico, digestibilidade aminoacídica, com a quantidade e qualidade da fonte de energia não proteica além dos fatores ambientais (PORTZ; CYRINO; 2003).

Formulações de dietas de baixo custo e baixo impacto ambiental exigem a redução da inclusão de proteínas, fazendo com que a tendência atual seja de formulações baseadas nas exigências em aminoácidos. Tomando como referência a lisina, foi desenvolvido o conceito de proteína ideal, como sendo uma mistura de aminoácidos, cuja composição atende às exigências dos animais para os processos de manutenção e crescimento (FURUYA, 2004; FURUYA *et al.*, 2005; KAUSHIK; SEILIEZ, 2010; NUNES *et al.*, 2014).

Segundo Gaylord *et al.* (2009), a utilização da lisina em suplementações nas dietas, juntamente com a metionina e treonina, favorece o crescimento, conversão alimentar e rendimento satisfatórios dos peixes, como foi demonstrado em trabalhos com *Salmo gairdneri* (CHENG *et al.*, 2003) *Salmo salar* (SARGENT *et al.*, 2002) *Channel catfish* (GATLIN *et al.*, 1984) *Dicentrarchus labrax* (SKALLI *et al.*, 2014), *Lates calcarifer* (GLENCROSS, 2006) e *Rachycentron canadum* (NGUYEN *et al.*, 2014).

As fontes de proteína vegetal não apresentam balanceamento satisfatório dos aminoácidos necessitando a suplementação das dietas com aminoácidos sintéticos. Esta é realizada com base na exigência nutricional da espécie para que quantidades excessivas de, não promovam efeito adverso no ganho de peso e eficiência alimentar (GLENCROSS, 2006).

A formulação de dietas, que favoreçam a palatabilidade e a absorção dos nutrientes, resulta da combinação adequada de proteínas, lipídios, carboidratos, sais minerais e vitaminas com os níveis estabelecidos em função da espécie, hábito alimentar, fase de desenvolvimento e fatores ambientais. Esta condição promove um efeito poupador da proteína, a qual deve ser preferencialmente canalizada para síntese de novos tecidos (HERTRAMPF *et al.*, 2000; HEMRE *et al.*, 2002; SARGENT *et al.*, 2002; STONE, 2003; GLENCROSS, 2009).

As rações elaboradas para peixes marinhos carnívoros devem também conter carboidratos e lipídios em quantidade suficiente para evitar a saciedade precoce e melhor aporte e aproveitamento de proteína, viabilizando o crescimento dos indivíduos (GLENCROSS, 2006). Para isto é necessário a realização de mais trabalhos sobre exigência proteica e aminoacídica e digestibilidade, associados as áreas de expressão gênica e manejo alimentar, de

forma a garantir um maior desempenho zootécnico (GATLIN *et al.*, 2007; KITAGIMA *et al.*, 2011). Nguyen *et al.* (2014) avaliaram dietas com alto valor proteico vegetal, associadas a diferentes conteúdos de lisina e arginina em dietas do beijupirá, *Rachycentron canadum*. Os autores concluíram que proporções iguais (1:1) destes aminoácidos geram melhor resposta no crescimento dos peixes. Hu *et al.*, (2013) avaliaram a qualidade da farinha de peixe e a substituição por uma mistura de proteína animal terrestre, em dietas para o robalo japonês, *Lateolabrax japonicus*, equilibradas com aminoácidos cristalizados. Os resultados sugeriram que uma substituição de até 18,9% da farinha de peixe não prejudica o crescimento desta espécie.

### **2.1.2 Ingredientes proteicos**

Diante do alto valor proteico, equilíbrio em aminoácidos essenciais, elevada digestibilidade e palatabilidade, a farinha de peixe é um ingrediente importante na composição de rações para peixes cultivados (LOVELL, 1984; BOONYARATPALIN *et al.*, 1998; HERTRAMPF *et al.*, 2000; MILLER *et al.*, 2008).

Estima-se que em 2006, o setor da aquicultura consumiu 3.724.000 toneladas de farinha de peixe (68,2%) e 835 mil toneladas de óleo de peixe (88,5%). Isto equivalente a 16,6 milhões de toneladas de pequenos peixes pelágicos. Dado a estabilização das capturas de peixes pelágicos, associado a grande demanda e aumento nos custos, desde a última década tem havido uma tendência de reduzir os níveis de inclusão destes ingredientes em rações para organismos aquáticos (NAYLOR *et al.*, 2000; TACON; METIAN, 2008; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2014).

Pesquisas indicam que entre 20% e 40% da farinha de peixe em rações para peixes e camarões cultivados, pode ser substituída por ingredientes de origem vegetal, desde que atrelado à correta suplementação de aminoácidos essenciais, minerais e palatilizantes (CHOU *et al.*, 2004; HERNANDEZ *et al.*, 2007; PHAM *et al.*, 2007).

Hu *et al.* (2013) consideram que os subprodutos de animais terrestres são potenciais fontes de proteína na alimentação de animais aquáticos. Dado ao seu elevado teor de proteína, perfil satisfatório de aminoácidos essenciais, baixo teor de carboidratos e ausência de fatores antinutricionais, estas representam uma alternativa para substituição parcial ou integral da farinha de peixe.

A avaliação de outras alternativas rentáveis, como proteínas e óleos vegetais; subprodutos do processamento de peixes e animais terrestres, tem sido o mecanismo para

reduzir a dependência da farinha e óleo de peixe (DABROWSKI *et al.*, 1989). Matérias primas são consideradas potenciais substitutas da farinha de peixe desde que inicialmente atendam a determinadas características nutricionais, como baixo nível de fatores antinutricionais e relativamente alto conteúdo proteico, com perfil aminoacídico favorável, alta digestibilidade e razoável palatabilidade (MILLAMENA, 2004; GATLIN *et al.*, 2007; MILLER *et al.*, 2008; NAYLOR *et al.*, 2009; YUN *et al.*, 2014).

Entre as proteínas vegetais, o farelo de soja é o candidato mais promissor para a substituição parcial ou total de farinha de peixe em dietas, considerando seu alto valor proteico e perfil aminoacídico. No entanto, o seu percentual de inclusão nas dietas dependerá da espécie alvo, já que alguns animais não são capazes de tolerar uma longa exposição durante seu ciclo de cultivo (HARDY, 2002; HERTRAMPF *et al.*, 2000). As farinhas de algodão, girassol, linhaça, milho, ervilha, dentre outras, também têm sido utilizadas como fontes alternativas, mas em menor grau (KAUSHIK *et al.*, 2004; TACON; METIAN, 2008).

O concentrado proteico de soja apresenta perfil de aminoácidos semelhante ao da farinha de peixe, além do baixo teor em carboidratos e fibras e alta digestibilidade, com deficiência apenas em metionina. Contudo, sua utilização em rações para algumas espécies tornara-se restritivo devido ao seu alto valor comercial. Este, entretanto, estar disponível no mercado nacional em maior quantidade do que a farinha de peixe (DREW *et al.*, 2007; GAMBOA-DELGADO *et al.*, 2013).

Estudos mostram que um alto nível de substituição de farinha de peixe, requer uma mistura razoável de diferentes fontes de proteína vegetal com suplementação em aminoácidos (KAUSHIK *et al.*, 2004; YUN *et al.*, 2014). A metionina, treonina e lisina são aminoácidos essenciais limitantes, frequentemente encontrados em níveis relativamente baixos em rações à base de ingredientes vegetais (HERTRAMPF *et al.*, 2000; RACHMANSYAH *et al.*, 2009).

Outra importante fonte de proteína com potencial para substituir a farinha de peixe nas dietas, são os produtos processados a partir de animais terrestres, como farinhas de carne, osso e penas, as farinhas de sangue e subprodutos de aves domésticas. Estes são facilmente disponíveis, têm menor custo e um perfil aminoacídico mais completo que os produtos de origem vegetal (SHAPAWI *et al.*, 2007; NAYLOR *et al.*, 2009; XUE *et al.*, 2012). Em alguns casos, esta condição, tem levado a avaliações errôneas ou precipitadas quanto à real viabilidade econômica ou capacidade zootécnica de uma espécie alvo, visto sua alimentação ser deficiente em um ou mais nutrientes (HU *et al.*, 2013).

A ampliação dos conhecimentos sobre a matéria-prima a ser utilizada nas preparações das rações, no que se refere à composição, origem, palatabilidade e efeitos

ambientais, buscando as melhores combinações, além de substituições que atendam a exigência nutricional e redução do custo de produção, são fundamentais para enfrentar os desafios do rápido crescimento dos peixes em sistema de cultivo (CUZON *et al.*, 2002).

## 2.2 Mecanismo de osmorregulação

O ambiente marinho é hipertônico em relação aos fluidos internos dos organismos aquáticos, uma vez que apresenta uma salinidade superior à concentração de sais do meio interno dos animais. Nestas circunstâncias, os organismos tendem a perder água por osmose e a ganhar sais por difusão. Os seus mecanismos homeostáticos garantem-lhes a retenção da água e a libertação de sais. Este processo exige mecanismos fisiológicos para manter regulação osmótica, evitando desidratação ou diluição dos fluidos corporais em águas de baixa salinidade. Para isto os peixes utilizam estratégias fundamentais, através da osmoconformidade, quando a osmolaridade do plasma se iguala à do meio; hiperosmorregulação, quando o fluido corporal é regulado em níveis mais altos em relação ao meio; e, hipoosmorregulação quando o fluido corporal é regulado para manter o nível osmótico mais baixo do que o meio (EVANS; CLAIBORNE, 2009).

Os peixes osmorreguladores necessitam consumir energia para efetuar os ajustes osmóticos necessários. Como a salinidade do meio influencia o custo energético para manter a regulação osmótica adequada, a taxa de crescimento do animal poderá ficar comprometida (ARJONA *et al.*, 2009).

Existe uma correlação direta entre o mecanismo osmorregulador dos peixes e o consumo de energia, condição comum aos organismos vivos. Isto resulta no envolvimento de aminoácidos livres e íons do sangue quando em confronto com a salinidade do meio natural, influenciando o crescimento, uma vez que interfere no consumo de oxigênio e excreção de amônia (GARCIA-LOPÉZ *et al.*, 2006).

A inter-relação entre a osmorregulação, o metabolismo e o crescimento tem sido analisada em peixes marinhos aclimatados a diferentes salinidades ambientais. Estudos envolvem a participação do Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> ATPase branquial, com o equilíbrio osmótico e consumo de energia, com objetivo de explicar o custo energético de osmorregulação e o mecanismo para poupar energia, direcionando para outros processos fisiológicos (BOEUF; PAYAN, 2001; STERZELECKI, 2009).

Garcia-Lopéz *et al.* (2003, 2006) em seus estudos sobre osmorregulação do robalo-flecha, demonstrou que, por ser uma espécie eurialina, sofre variações anuais de salinidade em

seu habitat natural. Estas variações têm efeitos sobre a utilização do substrato metabólico e utilização preferencial dos carboidratos e lipídios em detrimento da proteína, quando em condição de salinidade iso-osmótica.

A identificação do ponto iso-osmótico de espécies marinhas é importante não só para evitar o estresse e conseqüente aumento da susceptibilidade a agentes infecciosos, como também para otimizar a captura do alimento, os processos digestivos e metabólicos. Portanto, o aproveitamento dos componentes nutricionais das dietas ofertadas contribui para o melhor desempenho zootécnico (GARCIA-LOPÉZ *et al.*, 2006).

### 2.3 Caracterização do robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*)

Na literatura estão descritas doze espécies de robalos, existentes no continente Americano, seis são encontradas no Oceano Pacífico Oriental (*C. medius*, *C. nigrescens*, *C. viridis*, *C. unionenses*, *C. armatus* y *C. robalito*) e seis são reconhecidas no Oceano Atlântico Ocidental, (*C. pectinatus*, *C. undecimalis*, *C. poeyi*, *C. parallelus*, *C. mexicanus* e *C. ensiferus*), sendo que na costa brasileira são citadas quatro espécies: *Centropomus undecimalis*, *Centropomus parallelus*, *Centropomus ensiferus* e *Centropomus pectinatus* (RIVAS, 1986; LI *et al.*, 2011), com predominância das duas primeiras espécies.

O robalo, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792), também conhecido por *common snook* e camurim no Nordeste do Brasil, é um peixe classificado, como sendo da classe Osteichthyes, subclasse Actinopterygii, superordem Acanthopterygii, ordem Perciformes superfamília Percoidea, família Centropomidae, sub-família Centropominae, gênero *Centropomus*, espécie *Centropomus undecimalis* (GREENWOOD, 1976; RIVAS, 1986).

Esta espécie encontra-se distribuída na costa ocidental do Oceano Atlântico (Estados Unidos da América), da América do Norte até a América do Sul (Figura 1), incluindo Golfo do México e Mar do Caribe. O robalo-flecha é uma espécie tropical protândrica, eurihalina, diádroma que chega a atingir 1,2 m de comprimento e peso corporal de 25 kg, apresentando como características evidentes, uma linha lateral bem visível e corpo com reflexos esverdeados e ventre esbranquiçado (Figura 2).

Figura 2.1 – Distribuição do robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) ao longo do Oceano Atlântico.



Fonte: <http://www.fishbase.org>

Figura 2.2 – Aspectos morfológicos do robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*-Bloch, 1792)



Fonte: <http://www.pesca.tur.br>

O robalo-flecha é uma espécie de grande rusticidade, que tolera variações de temperatura, numa faixa de 10°C a 35°C. Adapta-se bem ao pH da água entre 7 e 9 e oxigênio dissolvido entre 2 e 5 mg/L (BRENNAN *et al.*, 2006; ZARZA-MEZA *et al.*, 2006; ALVAREZ; IBARRA-CASTRO, 2013). O robalo é um peixe carnívoro, que se alimenta preferencialmente de camarões e peixes, atinge a maturidade sexual aos dois anos para os machos e três anos para as fêmeas (TAYLOR *et al.*, 2000; MULLER; TAYLOR, 2013; BLEWETT *et al.*, 2006; RODRIGUES *et al.*, 2011).

Pesquisas sobre espécies nativas com potencial comercial é uma forma de preservar a biodiversidade. Contudo, os estudos sobre o robalo-flecha ainda estão voltados para aspectos da taxonomia, distribuição e situação atual da sua captura (TUCKER *et al.*, 1985; PERERA-GARCIA *et al.*, 2008; SANCHES *et al.*, 2013). Seu alto valor comercial e resistência ao manejo justificam o interesse para seu cultivo (MULLER; TAYLOR, 2013).

Muitas pesquisas sobre o robalo foram realizadas na Florida (STEVENS *et al.*, 2007; WINNER *et al.*, 2010), México (PERERA-GARCIA *et al.*, 2011, 2013) e no Texas (POPE *et al.*, 2006; HUBER *et al.*, 2014) estudaram aspectos da distribuição de juvenis do robalo-flecha na costa do Texas. Os resultados demonstraram que a escolha do habitat de água doce, não é aleatória, sofrendo influência da turbidez, oxigênio dissolvido e a depender da idade estão associados a áreas mais profundas com correntes mais rápidas, maior condutividade e bancos mais íngremes.

Atualmente busca-se utilizar dos conhecimentos gerados sobre a história de vida do robalo-flecha em estuários como referência para outras áreas menos estudadas visando a gestão desse recurso. Andrade *et al.* (2013), em estudo no estuário do leste da Guatemala, observaram que o crescimento do robalo-flecha foi rápido com 70% do comprimento total máximo alcançado em três anos e transição sexual com 70-79 cm, mas com ampla variação de idade. Da mesma forma, Pereira *et al.* (2015) comprovaram a plasticidade ecológica desta espécie, em estudo no Nordeste do Pará, alertando para o declínio que os estoques vêm sofrendo.

Considerando os riscos aos quais estão sujeitos os ecossistemas costeiros, a criação do robalo-flecha aparece como uma alternativa para reduzir o esforço sobre as populações naturais e aumentar a oferta do produto no mercado, gerando emprego e renda (BARROSO *et al.*, 2007).

No Brasil trabalhos foram realizados por Ximenes (2006) visando identificar a idade e crescimento do robalo flecha (*C. undecimalis*) e do robalo peva (*C. parallelus*), através de estudos das escamas, concluindo que o robalo flecha atinge maior tamanho e sua taxa de crescimento é mais lenta em relação ao robalo peva.



Souza Filho *et al.* (2000) e Sanches *et al.* (2013) desenvolveram respectivamente estudos com objetivos de avaliar a densidade de estocagem que favorece o melhor crescimento do robalo flecha e identificação de fatores que contribuem para a má formação de juvenis desta espécie, como a deficiência nutricional.

Estudos foram desenvolvidos por Cerqueira e Tsuzuki (2009) voltados para a biologia reprodutiva, conseguindo realizar a desova induzida com uso de hormônios e desenvolver a larvicultura do robalo. Na área de nutrição destacam-se os trabalhos de Cavalheiro (2000) e Soligo *et al.* (2011) em que se testou dietas naturais e artificiais para juvenis de robalos flecha e peva, relacionando com o ambiente de cultivo.

Diante da crise que a carcinicultura marinha nacional vem enfrentando, por ação das enfermidades virais, requisitando espécies alternativas, para uma alternância sazonal da criação, e diante da ausência de pesquisas aplicadas que informem a respeito do desempenho zootécnico de peixes marinhos com potencial para aquicultura, como o robalo (*Centropomus undecimalis*), é relevante o desenvolvimento de um pacote tecnológico voltado para criação de peixes estuarinos e marinhos, em que rações sejam formuladas para permitir crescimento e eficiência alimentar, com uma dependência mínima de proteínas marinhas (GATLIN *et al.*, 2007).

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo geral

Avaliar o desempenho zootécnico do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*, frente a diferentes fontes proteicas e aminoacídicas, desenvolvendo rações com substituição parcial de farinha de peixe, por outras alternativas proteicas, que proporcione crescimento e eficiência alimentar no cultivo de juvenis desta espécie e avaliar a resposta osmótica em diferentes salinidades.

#### 3.2 Objetivos específicos

Formular e preparar duas misturas alimentares análogas à farinha de peixe, sendo um animal e outra vegetal, tendo estas como base proteica, a farinha de vísceras de aves e o concentrado proteico de soja, respectivamente.

Formular rações experimentais, a serem utilizadas no cultivo do robalo-flecha em laboratório, estabelecendo valor proteico e aminoacídico, tomando como referência a exigência nutricional do robalo asiático (*Lates calcarifer*).

Avaliar o desempenho zootécnico de juvenis do robalo, em condições experimentais de cultivo, ao longo de 84 d, em tanques experimentais de 1 m<sup>3</sup>, sob regime de recirculação e filtragem contínua da água, frente a dietas experimentais com substituição parcial da farinha de peixe por outras fontes proteicas.

Avaliar o desempenho zootécnico de juvenis de robalo cultivados em tanques de 5,84 m<sup>3</sup> por um período de 104 d, sob condições de dietas com variações no percentual proteico.

Determinar o perfil bromatológico e aminoacídico das dietas experimentais e a deposição de proteína no tecido do robalo, antes do início e após o término do experimento.

Identificar o ponto iso-osmótico do robalo-flecha e sua capacidade osmorreguladora, quando submetido a condições dietéticas e variações de salinidade.

#### 4 EFEITO DA COMPOSIÇÃO DE AMINOÁCIDOS DE PROTEÍNAS ALTERNATIVAS À FARINHA DE PEIXE, SOBRE O CRESCIMENTO DE JUVENIS DE ROBALO-FLECHA (*Centropomus undecimalis*)

##### Resumo

Neste estudo investigou-se o efeito da composição dietética de aminoácidos de proteínas alternativas à farinha de peixe no desempenho zootécnico do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*. Peixes de  $10,79 \pm 0,71$  g ( $n = 150$ ) foram estocados em 15 tanques circulares de  $1 \text{ m}^3$  mantidos em uma área aberta sombreada. Uma dieta basal foi formulada para conter 64,34% (na base natural) de farinha de peixe e 20,00% de concentrado proteico de soja (SPC). Duas outras dietas substituíram a farinha de peixe por farinha de vísceras de aves (17,01%) e concentrado proteico de soja (SPC, 33,49%). Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia durante 84 d, em uma salinidade de  $32 \pm 1$  e temperatura de  $27,3 \pm 0,9^\circ\text{C}$ . Ao término do cultivo, a sobrevivência final ( $99,5 \pm 2,6\%$ ) não foi afetada pelo tratamento dietético ( $p > 0,05$ ). O robalo-flecha cresceu mais lentamente ( $0,24 \pm 0,03$  e  $0,27 \pm 0,04$  versus  $0,35 \pm 0,06$  g/d), atingiu menor peso corporal final ( $31,1 \pm 6,62$  e  $33,3 \pm 10,20$  versus  $40,4 \pm 13,18$  g) e maior FCA ( $3,69 \pm 0,29$  e  $3,11 \pm 0,51$  versus  $2,33 \pm 0,34$ ) quando alimentado com SPC e a dieta basal em comparação à dieta com farinha de vísceras de aves, respectivamente. A retenção da proteína bruta variou de 36 a 38% para os peixes alimentados com as dietas basal e SPC, mas excedeu 51% nos peixes alimentados com farinha de vísceras de aves. Os resultados indicam a maior capacidade do robalo-flecha para ganhar peso corporal e aumentar a retenção de nutrientes quando a proteína dietética é de origem de animal terrestre. A proteína dietética da farinha de vísceras de aves resultou em um perfil dietético de aminoácidos mais equilibrado comparado ao perfil do músculo caudal da espécie, mas provavelmente em excesso para as exigências nutricionais do robalo.

**Palavras-chave:** Nutrição. Proteína alternativa. Composição aminoacídica. *Centropomus undecimalis*.

### Abstract

This study investigated the effect of the dietary amino acid composition from proteins alternative to fishmeal on the growth performance of the common snook, *Centropomus undecimalis*. Fish of  $10.79 \pm 0.71$  g ( $n = 150$ ) were stocked in 15 shaded outdoor tanks of  $1 \text{ m}^3$ . A basal diet contained 643.4 g/kg of salmon by-product meal (SML) and 200.0 g/kg of soy protein concentrate (SPC). Two other diets replaced the SML with poultry by-product meal (PBM, 170.1 g/kg) and SPC (334.9 g/kg). Fish were fed twice daily for 84 days under  $32 \pm 1$  water salinity and  $27.3 \pm 0.9^\circ\text{C}$  temperature. Final survival ( $99.5 \pm 2.6\%$ ) was unaffected by dietary treatment. Snook grew slower ( $0.24 \pm 0.03$  and  $0.27 \pm 0.04$  vs.  $0.35 \pm 0.06$  g/day) and achieved the lowest body weight ( $31.1 \pm 6.62$  and  $33.3 \pm 10.20$  vs.  $40.4 \pm 13.18$  g) and the highest FCR ( $3.69 \pm 0.29$  and  $3.11 \pm 0.51$  vs.  $2.33 \pm 0.34$ ) when fed SPC and basal diets were compared with PBM, respectively. Retention of dietary crude protein varied from 36–38% for fish fed the basal and SPC diets, but exceeded 51% in fish fed PBM. Results indicate a greater ability of the common snook to gain weight and increase retention of nutrients when dietary protein is of terrestrial animal origin. Dietary protein from PBM yielded a more balanced dietary amino acid composition relative to fish muscle, but possibly in excess of the species requirements.

**Keywords:** Nutrition. Alternative protein. Amino acid composition. *Centropomus undecimalis*.

## 4.1 Introdução

A piscicultura marinha é um dos segmentos da aquicultura que mais cresce, tanto em termos de volume produzido, quanto em volume gerado e em número de espécies cultivadas. De 2000 a 2013, a produção mundial de peixes marinhos cultivados em fazendas cresceu a uma taxa anual de 6,9%, passando de 0,97 para 2,28 milhões de toneladas, respectivamente (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2014).

Em 2013, a indústria piscícola marinha de cativeiro gerou USD 9,5 bilhões, ou 6,1% da receita total da aquicultura (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2014). Várias espécies de peixes marinhos são, atualmente, cultivadas comercialmente, contribuindo para essa receita, incluindo robalo asiático (*Lates calcarifer*), beijupirá (*Rachycentron canadum*), garoupas, meros e badejos (*Epinephelus* spp., *Mycteroperca* spp.), pargos (*Lutjanus* spp., *Pagrus* spp.), linguados (*Paralichthys* spp.), atuns (*Thunnus* spp.), pompanos (*Trachinotus* spp.) e arabaianas (*Seriola* spp.).

Nas Américas, o robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*, é um peixe marinho de interesse comercial para aquicultura, com preços elevados tanto para fins de pesca recreativa como comercial devido ao seu filé ser altamente valorizado (RHODY; NASSIF; MAIN, 2010; MULLER; TAYLOR, 2012). O robalo-flecha pode tolerar ampla faixa de salinidade entre 15 e 35 (PÉREZ-PINZÓN; LUTZ, 1991; TUCKER; KENNEDY-JUNIOR, 2003; GRACIA-LÓPEZ; ROSAS-VÁZQUEZ; BRITO-PÉREZ, 2006) e, em seu habitat natural, se alimenta de pequenos peixes, camarões e caranguejos (RIVAS, 1986; TSUZUKI *et al.*, 2007; ALVAREZ-LAJONCHÈRE; IBARRA-CASTRO *et al.*, 2013). Os reprodutores da espécie conseguem maturar e desovar em cativeiro (NEIDIG *et al.*, 2000; FERRAZ; CERQUEIRA, 2010; IBARRA-CASTRO *et al.*, 2011; RHODY *et al.*, 2014; CONTRERAS-GARCÍA *et al.*, 2015), portanto, a produção de alevinos em laboratório vem sendo realizada com sucesso (IBARRA-CASTRO *et al.*, 2011).

As informações quanto à alimentação e nutrição do robalo-flecha cultivado ainda são limitadas se comparadas a outros peixes marinhos de águas tropicais e subtropicais cultivados em fazendas aquáticas, tais como o robalo asiático, *L. calcarifer* (BOONYARATPALIN, 1997; GLENCROSS, 2006) e beijupirá, *R. canadum* (SALZE *et al.*, 2010). Tentativas para o cultivo do robalo flecha em cativeiro têm sido realizadas mediante o fornecimento de alimentos frescos (TUCKER, 1987; ZARZA-MEZA *et al.*, 2006a; ZARZA-MEZA *et al.*, 2006b), uso de rações formuladas para peixes carnívoros de água doce (GRACIA-LOPEZ *et al.*, 2003) ou para outras espécies de peixes marinhos (SOLIGO; SOUZA;

CERQUEIRA, 2011).

Nesse contexto o objetivo deste estudo foi verificar o efeito da composição aminoacídica de fontes proteicas alternativas à farinha de peixe em dietas para juvenis do robalo-flecha, *C. undecimalis*.

## **4.2 Material e métodos**

### ***4.2.1 Peixes e aclimatação***

Alevinos de robalo-flecha, *C. undecimalis*, foram adquiridos de uma larvicultura comercial (Danúbio Piscicultura Ltda., Blumenau, SC) e transportados por via aérea em sacos plásticos duplos (n=4) transparentes, contendo água salgada (pH, 6,6; temperatura, 27,5°C; e salinidade 20) enriquecida com oxigênio puro. Estes foram acomodados em duas caixas de isopor e continham biomassa máxima de 30g/L de peixes (n=1500). Do aeroporto de Fortaleza as caixas foram transportadas até a unidade experimental de aquicultura do LABOMAR (Eusébio, CE), com duração de 14h, constatando-se mortalidade de um único peixe.

Inicialmente, os alevinos foram estocados em quatro tanques de 0,5 m<sup>3</sup>, mantidos em galpão coberto, para aclimatação em salinidade de 36 (Figura 4.1). Em seguida, os peixes foram classificados por tamanho e distribuídos em 50 tanques de 0,5 m<sup>3</sup>, sob aeração contínua e filtragem de água, mantidos durante 54 dias em galpão coberto por telhado de alvenaria. No momento da transferência, os peixes apresentavam um peso médio corporal de  $1,71 \pm 0,62$  g (n = 29).

Figura 4.1 – Aclimatação do robalo-flecha (*C. undecimalis*) em tanques mantidos em galpão coberto e experimento em área com sombrite, submetidos à alimentação com dietas produzidas em laboratório.



- A) Liberação de alevinos do robalo-flecha recém-chegados de Santa Catarina em tanques de 0,5 m<sup>3</sup>.  
B) Peixes mantidos em quatro tanques durante dois dias antes de serem repicados para 50 tanques.  
C) Tanques experimentais de cultivo empregados no estudo.  
D) Dietas experimentais fabricadas em laboratório.

Fonte: Dados da pesquisa.

#### **4.2.2 Sistema de cultivo e manejo**

Após aclimação de 54d, juvenis do robalo-flecha foram pesados individualmente ( $10,79 \pm 0,71$  g;  $n = 150$ ;  $CV = 6,6\%$ ), e imediatamente transferidos para 15 tanques circulares de  $1 \text{ m}^3$ , mantidos em área aberta, sob a densidade de 10 peixes/ $\text{m}^3$ . Durante o período de cultivo, os tanques foram lacrados com uma tampa com perfurações na superfície e cobertos com uma tela escura para redução de 70% da incidência de luz (sombrite 1007 PTO 70%, Equipisca Equipamentos de Pesca Ltda., Nova Odessa, SP). Os tanques operaram com água clara e regime contínuo de recirculação de água, filtragem e oxigenação.

Para evitar o acúmulo de matéria orgânica no fundo dos tanques de cultivo, restos de ração e fezes foram sifonados duas vezes ao dia. Salinidade, pH, temperatura e oxigênio dissolvido foram monitorados às 09:00 h diariamente em cada um dos tanques experimentais. Determinações de alcalinidade, amônia total, nitrito e nitrato foram feitas em espectrofotômetro visível (DR-2800 Spectrophotometer, Hach Company, Loveland, EUA). Estas foram obtidas dos tanques experimentais de forma aleatória, e determinadas nos 22<sup>o</sup>, 52<sup>o</sup> e 86<sup>o</sup> dias de cultivo.

#### **4.2.3 Dietas e alimentação**

Na fase de aclimação, os peixes foram alimentados a voleio até a saciedade aparente, duas vezes ao dia, às 08:00 e às 16:00 h, com uma ração formulada e fabricada em laboratório (Tabela 4.1). Para aclimação foi desenvolvida uma dieta para conter 51,0% de proteína bruta (PB) e 12,0% de lipídeos (base natural). Os níveis de PB e de lipídeos adotados seguiram recomendações elaboradas para o robalo-flecha, *C. undecimalis* (TUCKER, 1987) e o robalo asiático, *L. calcarifer* (BOONYARATPALIN, 1997; GLENCROSS, 2006).



Tabela 4.1 – Composição da dieta (% , base seca) utilizada na aclimação de juvenis do robalo-flecha.

<b>Ingrediente</b>	<b>Inclusão (% da dieta, base natural)</b>
Farinha de salmão	59,00
Concentrado proteico de soja	13,93
Farinha de trigo	12,00
Farinha de krill	5,00
Óleo de salmão	3,39
Premix mineral e vitamínico	2,00
Lecitina de soja	1,50
DL-Metionina	1,09
L-Lisina HCl	0,80
Fosfato bicálcico	0,56
Aglutinante sintético	0,50
Ácido ascórbico monofosfatado	0,23
<b>Perfil Bromatológico* (% da dieta, base natural)</b>	
Cinzas	10,31
Gordura	12,0
Fibra bruta	1,05
Proteína bruta	50,82
Energia digestível (kcal/kg)	3204,49
Proteína digestível	42,42
Energia bruta (kcal/kg)	4200,44
Umidade	8,53

\*Valores projetados com base na composição da dieta

Fonte: Dados da pesquisa.

Para o período experimental, foram formuladas três dietas isoprotéicas, isolipídicas e isoenergéticas. Inicialmente foi desenhada uma dieta basal para conter 52,0% de PB (base natural) utilizando farinha de salmão (64,3%) e concentrado proteico de soja (SPC, 20,0%) como fontes proteicas principais (Tabela 4.2). A partir dessa dieta, duas outras dietas foram formuladas para substituir 25% da farinha de salmão por duas fontes proteicas alternativas: farinha de vísceras de aves (17,0%) e SPC (33,5%). As rações foram produzidas em extrusora laboratorial conforme descrito por Browdy *et al.* (2012). Durante o cultivo experimental, os peixes foram alimentados por voleio até a saciedade, às 08:00 e às 16:00 h.

Tabela 4.2 – Composição (% , base natural) e perfil bromatológico (% , base natural) das dietas experimentais.

Ingredientes	Dietas/Inclusão (% da dieta, base natural)		
	Basal	Vísceras	SPC
Farinha de salmão <sup>1</sup>	64,34	46,42	49,96
Concentrado proteico de soja <sup>2</sup>	20,00	20,00	33,49
Farinha de vísceras <sup>2</sup>	0,0	17,01	0,0
Farinha de trigo <sup>4</sup>	5,00	7,14	4,52
Óleo de salmão	3,57	2,35	4,95
Outros <sup>5</sup>	7,09	7,09	7,09
<b>Composição Bromatológica (% da dieta, base natural)</b>			
Matéria seca	88,64	88,61	93,23
Proteína bruta	52,13	51,73	52,88
Lipídeos	11,04	10,64	11,95
Fibra bruta	1,09	1,41	1,52
Cinzas	13,08	11,97	12,10
Carboidratos totais <sup>6</sup>	22,66	24,25	21,55
Energia bruta (MJ/kg) <sup>7</sup>	1,92	1,92	1,95

<sup>1</sup>Pesquera Pacific Star S.A. (Puerto Montt, Chile). 61,26% proteína bruta (PB); 10,01% lipídeos; 14,85% cinzas; 0,09% fibra bruta (FB); 9,47% umidade.

<sup>2</sup>Sementes Selecta S.A. (Goiânia, GO). 62,63% PB; 0,77% lipídeos; 4,23% cinzas; 4,33% FB; 8,22% umidade.

<sup>3</sup>Cortesia da InVivo Nutrição e Saúde Animal Ltda. (Paulínia, SP). 60,53% PB; 17,34% lipídeos; 0,76% cinzas; 0,76% FB; 7,20% umidade.

<sup>4</sup>Farinha de trigo Rosa Branca. Moinhos Cruzeiro do Sul S/A (Olinda, PE). 13,41% PB; 2,17% lipídeos; 1,24% cinzas; 0,74% FB; 11,04% umidade.

<sup>5</sup>Outros incluem: 2,00% de premix vitamínico-mineral<sup>8</sup>; 2,00% de farinha de krill<sup>9</sup>; 1,50% de lecitina de soja; 1,00% de fosfato bicálcico<sup>10</sup>; 0,50% de aglutinante sintético<sup>11</sup>, e; 0,09% de ácido ascórbico monofosfatado<sup>12</sup>.

<sup>6</sup>Calculado por diferença (100 – proteína bruta - lipídeos – fibra bruta - cinzas).

<sup>7</sup>Calculado usando um valor energético da proteína, lipídeos e carboidratos de 5,64 kcal/g, 9,44 kcal/g e 4,11 kcal/g, respectivamente.

<sup>8</sup>Rovimix Camarão Extensivo, DSM Produtos Nutricionais Brasil Ltda. (São Paulo, SP). Níveis de garantia por kg do produto: vitamina A, 1.000.000 UI; vitamina D3, 300.000 UI; vitamina E, 15.000 UI; vitamina K3, 300,0 mg; vitamina B1, 3.000,0 mg; vitamina B2, 2.500,0 mg; vitamina B6, 3.500,0 mg; vitamina B12, 6,0 mg; ácidos nicotínico, 10.000,0 mg; ácido pantotênico, 5.000,0 mg; biotina, 100,0 mg; ácido fólico, 800,0 mg; vitamina C, 25.000,0 mg; colina, 40.000,0 mg; inositol, 20.000,0 mg; ferro 2.000,0 mg; cobre, 3.500,0 mg; cobre quelatado, 1.500,0 mg; zinco, 10.500,0 mg; zinco quelatado, 4.500,0 mg; manganês, 4.000,0 mg; selênio, 15,0 mg; selênio quelatado, 15,0 mg; iodo, 150,0 mg; cobalto, 30,0 mg; crômio, 80,0 mg; *filler*, 1.000,0 g.

<sup>9</sup>Qrill™ meal, Aker Biomarine ASA (Oslo, Noruega). 59,30% PB; 20,30% lipídeos; 12,30% cinzas; 20,30% FB; 6,20% umidade.

<sup>10</sup>Serrana Fosfórcio20. Bunge Fertilizantes S/A. (Cubatão, SP). 20,5% cálcio, 20,2% fósforo total, 19,1% de fósforo disponível.

<sup>11</sup>Nutri-Bind Aqua Veg Dry, Nutri-Ad International NV (Dendermonde, Bélgica). Aglutinante sintético consistindo de cálcio lignosulfonado (94,00%) e goma de guar (6,00%).

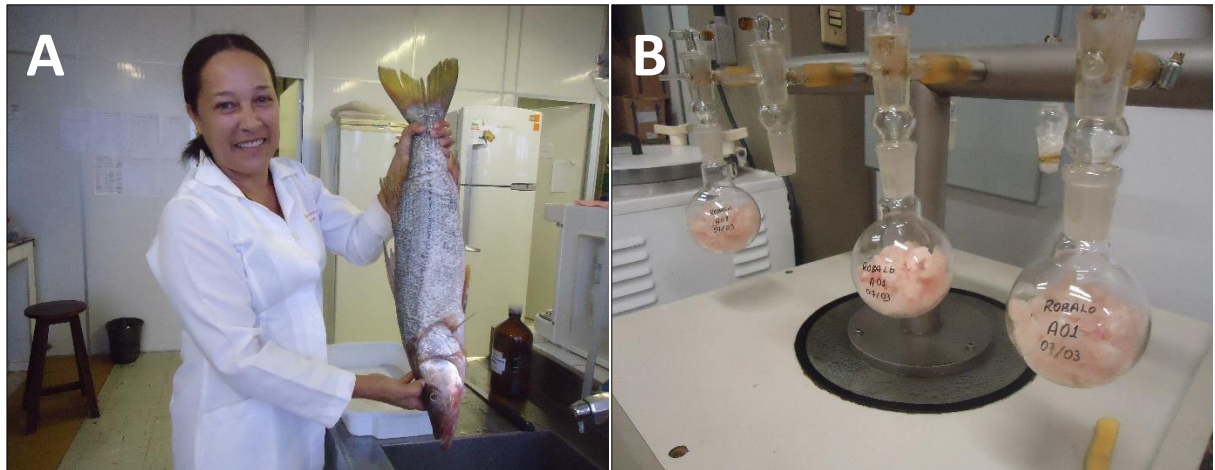
<sup>12</sup>Rovimix Stay-C® 35%, ácido L-ascórbico 2-monofosfatado. DSM Produtos Nutricionais Brasil Ltda. (São Paulo, SP).

Fonte: Dados da pesquisa.

Dietas com partículas de  $2,1 \times 8,2$  mm (diâmetro x comprimento) foram empregadas para os peixes na fase de aclimação e durante os primeiros 28 dias do cultivo experimental. Para o restante do cultivo, os peixes foram alimentados com *pellets* de  $4,0 \times 10,0$  mm. Após a fabricação, amostras das dietas foram encaminhadas para análise bromatológica e aminoacídica em laboratório de análises de alimentos CBO e laboratório de análises químicas LABTEC em São Paulo. As análises foram conduzidas seguindo métodos padronizados (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1995). A determinação de aminoácidos foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa (CLAE-FR).

Devido a ausência de informações relativas às necessidades nutricionais dos *Centropomus* spp., o perfil aminoacídico das dietas aproximou-se do observado no músculo caudal de um espécime adulto do *C. undecimalis* (4 kg de peso corporal) capturado em ambiente selvagem (Figura 4.2.).

Figura 4.2 – Liofilização do músculo do robalo-flecha (*C. undecimalis*), capturado em ambiente selvagem, para submeter à análise bromatológica e aminoacídica.



A) Robalo-flecha adulto capturado na Praia do Flecheiras, município de Trairi, Estado do Ceará.

B) Músculo caudal do espécime foi amostrado, liofilizado e encaminhado para análise química em laboratório especializado.

Fonte: Elaborada pela autora.

Esta abordagem de formulação está de acordo com os trabalhos desenvolvidos por Portz e Cyrino (2003) e Meyer e Fracalossi (2005). Entretanto, ressalta-se que não foi realizada nenhuma tentativa de equilibrar o perfil dietético dos aminoácidos (AA) em relação ao músculo caudal do robalo-flecha pela suplementação de aminoácidos cristalinos (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 – Composição aminoacídica das dietas experimentais (g/16 g N) e do músculo caudal do robalo-flecha, *C. undecimalis*.

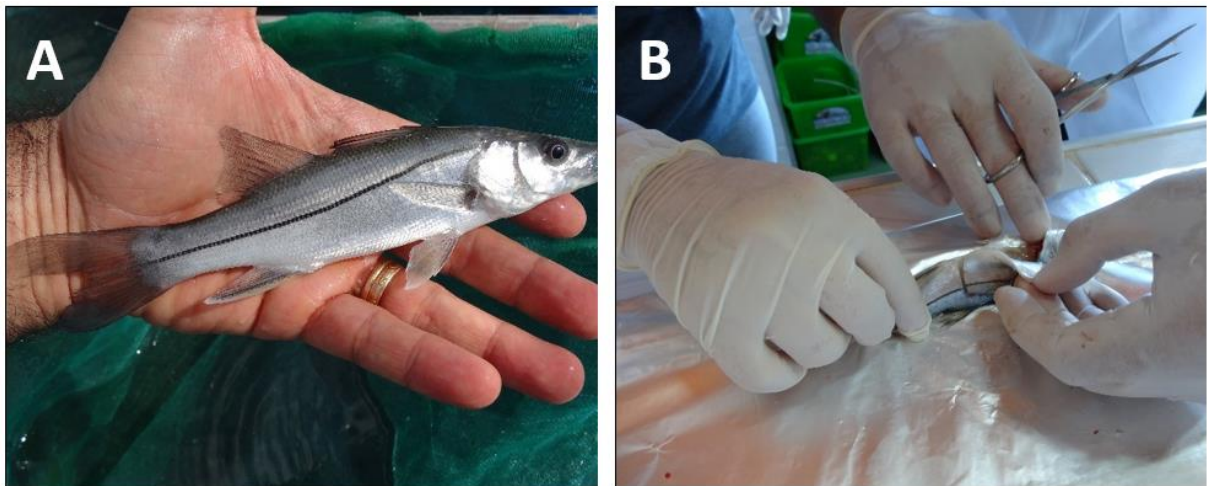
Aminoácidos	Composição (g/16 g N, base seca)			
	Dietas Experimentais			Músculo
	Basal	Vísceras	SPC	
<b>Essenciais</b>				
Arginina	5,97	6,09	6,05	5,59
Histidina	2,06	1,98	2,16	2,43
Isoleucina	3,73	3,89	3,79	4,35
Leucina	6,78	7,04	6,98	8,56
Lisina	12,78	12,17	13,34	12,41
Metionina	2,92	2,74	2,59	5,81
Fenilalanina	4,05	4,17	4,31	4,30
Treonina	3,88	3,65	3,41	4,66
Triptofano	0,43	0,42	0,47	0,79
Valina	4,59	4,84	4,58	4,98
<b>Não essenciais</b>				
Alanina	5,98	5,85	5,55	6,15
Aspartato	8,36	7,67	8,77	9,85
Cistina	0,95	0,94	0,75	3,35
Glicina	8,54	8,37	7,83	4,83
Glutamato	13,37	13,53	14,30	15,61
Prolina	5,35	5,80	5,27	3,60
Serina	3,75	3,68	3,23	4,15
Tirosina	2,80	2,70	2,63	3,70

Fonte: Dados da pesquisa.

#### 4.2.4 Amostragem e desempenho zootécnico

Os peixes foram alimentados com as dietas experimentais durante 84 dias (Figura 4.3), nos meses de maio, junho e julho de 2013.

Figura 4.3 – Exemplar do robalo-flecha (*C. undecimalis*) aos 84 dias de cultivo em laboratório de nutrição de organismos aquáticos.



A) Robalo-flecha após 84 dias de cultivo alimentado com dietas com proteínas alternativas à farinha de peixe.

B) Dissecção de um indivíduo para coleta do músculo caudal para determinação da retenção de nutrientes e energia.

Fonte: Dados da pesquisa.

Na despesca dos exemplares, foram contados e pesados individualmente os animais. O desempenho zootécnico do robalo-flecha foi determinado pelo cálculo da taxa de crescimento específico (TCE, %/dia) usando a equação  $TCE = [(\ln Pf - \ln Pi) \div t] \times 100$ , onde  $Pi$  = peso corporal (g) na estocagem,  $Pf$  = peso corporal (g) na despesca, e  $t$  = tempo de cultivo (d). O ganho de peso diário (GPD, g/dia) foi dado pela equação  $GPD = [(Pf - Pi) \div t]$ . O fator de conversão alimentar (FCA) foi expresso na base seca e calculado dividindo o consumo alimentar aparente pela biomassa ganha pelos peixes.

Para determinar a retenção de proteína, lipídeos e energia das dietas, foram coletadas amostras do músculo caudal dos peixes no povoamento e na despesca (Figura 4.3). A retenção de nutrientes e energia foi calculada como retenção (%) =  $(\text{peso corporal final} \times \text{conteúdo final do nutriente ou energia}) - (\text{peso corporal inicial} \times \text{conteúdo inicial do nutriente ou energia}) \times 100 \div \text{ingestão de nutriente ou energia}$  (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2011).

#### 4.2.5 Análise estatística

Os parâmetros de desempenho zootécnico e índices somáticos do robalo-flecha foram analisados por análise univariada (ANOVA) para experimentos casualizados. Quando diferenças estatísticas foram detectadas entre médias, estas foram comparadas pelo teste de Tukey HSD. Um nível de significância de 5% foi fixado para todas as análises estatísticas. Foi empregado o pacote estatístico *Statistical Package for Social Sciences* para Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EUA).

#### 4.3 Resultados

Os parâmetros de qualidade de água foram constantes ao longo do período de cultivo ( $p > 0,05$ ). A salinidade da água, pH, temperatura e oxigênio dissolvido alcançaram (mínimo - máximo) valores de  $32 \pm 1$  (30-34,  $n = 1.080$ ),  $7,81 \pm 0,19$  (6,7-8,1,  $n = 1.073$ ),  $27,3 \pm 0,9^\circ\text{C}$  (24,5-30,5 $^\circ\text{C}$ ,  $n = 1,073$ ) e  $5,94 \pm 0,21$  mg/L (5,08-6,70,  $n = 1,080$ ). Da mesma forma, a alcalinidade da água ( $160 \pm 15$  mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ;  $n = 18$ ), amônia total ( $0,18 \pm 0,10$  mg/L;  $n = 18$ ), nitrito ( $0,04 \pm 0,01$  mg/L;  $n = 12$ ) e nitrato ( $0,43 \pm 0,17$  mg/L;  $n = 12$ ) não variaram significativamente durante o cultivo do robalo-flecha ( $p > 0,05$ ).

A sobrevivência final dos peixes foi  $99,5 \pm 2,6\%$  e não foi afetada pelo tratamento dietético ( $p > 0,05$ ).

Após 54d de aclimação, os peixes haviam alcançado peso corporal de  $11,21 \pm 2,55$  g ( $n = 50$ ). Durante o período de cultivo, os peixes tiveram ganho de peso diário (GPD), taxa de crescimento específico (TCE) e peso corporal final entre 0,24 e 0,35 g/dia, 1,24 e 1,57%/dia (Tabela 4.4) e entre 31,1 e 40,4 g, respectivamente (Figura 4.4). Foi detectada diferença significativa entre os tratamentos dietéticos para o GPD, TCE, produtividade dos peixes, fator de conversão alimentar (FCA) e peso corporal final ( $p < 0,05$ ).

Tabela 4.4 – Desempenho zootécnico do robalo-flecha alimentado com dietas submetidas a uma substituição parcial da farinha de peixe por farinha de vísceras e concentrado proteico de soja (SPC). Letras em comum denotam diferença estatística não significativa ao nível de  $\alpha = 0,05$  pelo teste de Tukey HSD. Valores são apresentados como média  $\pm$  desvio padrão (DP) de cinco tanques.

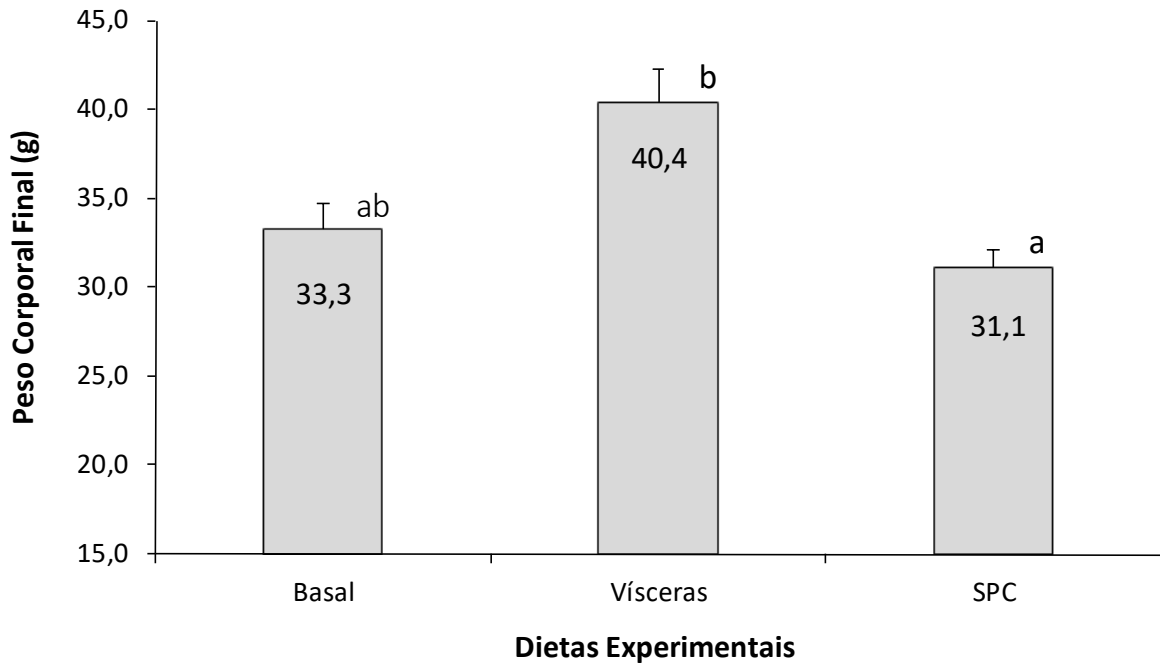
Variáveis de Desempenho <sup>1</sup>	Tratamentos Dietéticos			ANOVA $p^2$
	Basal	Vísceras	SPC	
Sobrevivência (%)	100 $\pm$ < 0,1	100 $\pm$ < 0,1	98 $\pm$ 4,5	0,397
GPD (g/dia)	0,27 $\pm$ 0,04ab	0,35 $\pm$ 0,06a	0,24 $\pm$ 0,03b	0,007
TCE (%/dia)	1,35 $\pm$ 0,12ab	1,57 $\pm$ 0,13a	1,24 $\pm$ 0,08b	0,002
Ganho de Prdt. (g/m <sup>3</sup> )	226 $\pm$ 35ab	297 $\pm$ 53a	196 $\pm$ 12b	0,003
Consumo (g/peixe)	0,08 $\pm$ < 0,01	0,08 $\pm$ < 0,01	0,09 $\pm$ 0,01	0,052
FCA	3,11 $\pm$ 0,51ab	2,33 $\pm$ 0,34a	3,69 $\pm$ 0,29b	< 0,0001

<sup>1</sup> GPD, ganho de peso diário; TCE, taxa de crescimento específica; Prdt., ganho de produtividade; FCA, fator de conversão alimentar.

<sup>2</sup>Análise Univariada (ANOVA).

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 4.4 – Peso corporal final (g) de robalos flecha, *C. undecimalis* cultivados a partir de  $10,79 \pm 0,71$  g ( $n = 150$ ) por 84 dias com dietas com substituição parcial da farinha de salmão por farinha de vísceras de aves (Vísceras) e concentrado proteico de soja (SPC). Os dados referem-se à média do peso corporal ( $\pm$  erro padrão) de todos os peixes despescados. Letras em comum denotam diferença estatística não significativa ao nível de  $\alpha = 0,05$  pelo teste de Tukey HSD.



Fonte: Dados da pesquisa.

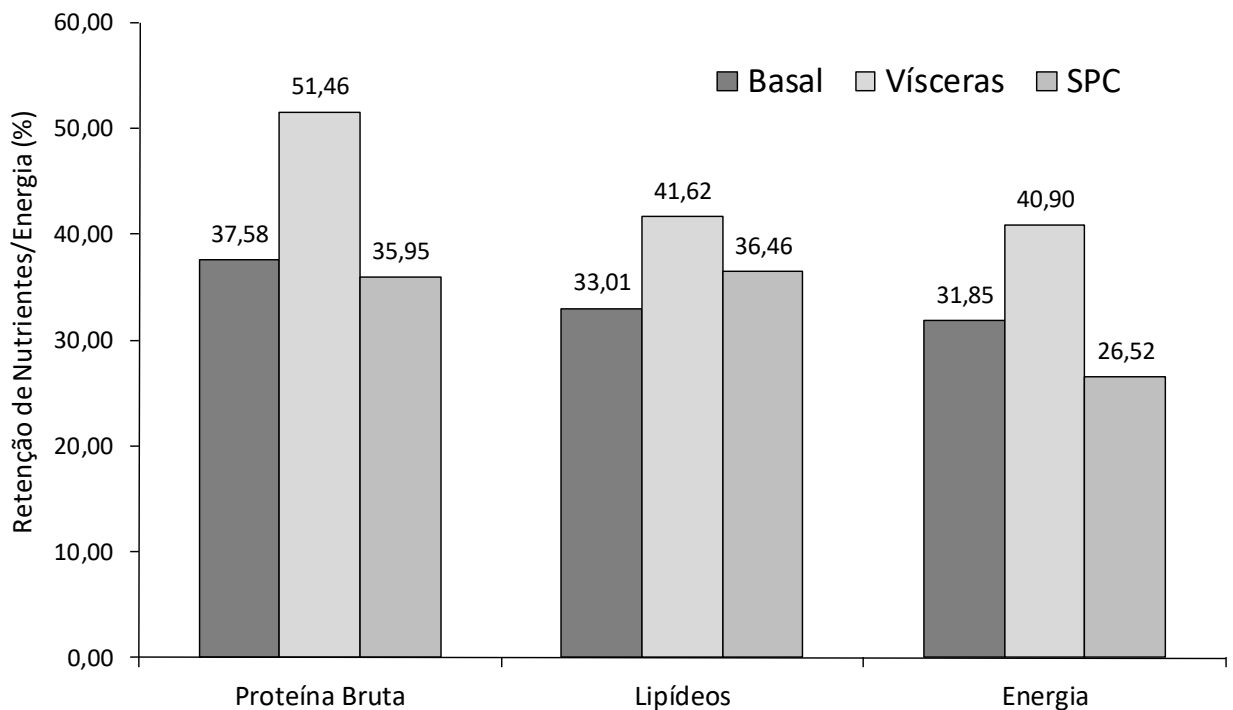
Os peixes alimentados com a dieta com substituição parcial da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja (SPC) cresceram mais lentamente e tiveram um menor ganho de produtividade e maior FCA em comparação com os peixes alimentados com a dieta com farinha de vísceras de aves ( $p < 0,05$ ). Ao comparar peixes alimentados com a dieta basal e aqueles alimentados com a dieta contendo farinha de vísceras de aves, observou-se que não houve diferença estatística para estes parâmetros ( $p > 0,05$ ). Igualmente, peixes alimentados com a dieta em que houve substituição da farinha de peixe pela farinha de vísceras alcançaram um maior peso corporal final em comparação àqueles alimentados com SPC ( $p < 0,05$ ). No entanto, não houve diferença estatística no peso corporal final de peixes alimentados com SPC em comparação com a dieta basal ( $p > 0,05$ ).

A retenção de proteína, lipídios e energia das dietas experimentais pelo robalo-flecha foi mais elevada em peixes alimentados com dietas contendo substituição parcial da farinha de peixes pela farinha de vísceras de aves (Figura 4.5). Enquanto a retenção proteica



manteve-se entre 36 e 38% para os peixes alimentados com a dieta basal e SPC, os animais alimentados com a dieta contendo farinha de vísceras de aves excedeu 51%. Da mesma forma, tanto a retenção lipídica como da energia excedeu 40% para os peixes alimentados com a dieta com vísceras. Comparativamente, os valores de retenção energética e lipídica nos robalos alimentados com as outras dietas foram inferiores a 36%. A retenção energética da dieta contendo SPC foi a mais baixa entre todos os tratamentos dietéticos. Esta pode ser a razão pela qual estes peixes também apresentaram os maiores valores de FCA.

Figura 4.5 – Retenção (%) de proteína, lipídios e energia das dietas experimentais em amostras do músculo caudal do robalo-flecha.



Fonte: Dados da pesquisa.

O perfil de aminoácidos essenciais (AAE) das dietas relativo à concentração de lisina (AAE/Lis) foi relativamente semelhante entre as dietas experimentais (Tabela 4.5). Em geral, a relação AEE/Lis nas amostras do músculo caudal do robalo-flecha não apresentou diferença estatística com as dietas experimentais ( $p > 0,05$ ). Entretanto, apenas as relações Arg/Lis, Fen/Lis e Val/Lis mostraram diferenças inferiores a 10% quando comparado ao músculo do robalo-flecha.

Tabela 4.5 – Balanço dos aminoácidos essenciais (AAE) relativo a lisina (Lis), incluindo cistina, nas dietas experimentais e no músculo caudal de um robalo-flecha adulto.

Aminoácidos	AAE/Lis (%)			
	Basal	Vísceras	SPC	Músculo
Arginina	47	50	45	45
Histidina	16	16	16	20
Isoleucina	29	32	28	35
Leucina	53	58	52	69
Metionina	23	22	19	47
Metionina + Cistina	30	30	25	74
Fenilalanina	32	34	32	35
Fenilalanina + Treonina	54	56	52	64
Treonina	30	30	26	38
Triptofano	3	3	3	6
Valina	36	40	34	40

Fonte: Dados da pesquisa.

#### 4.4 Discussão

Pelos resultados deste trabalho os juvenis de robalo-flecha podem ser alimentados com dietas nas quais a farinha de peixe é parcialmente substituída pela farinha de vísceras de aves, sem efeitos deletérios ao desempenho zootécnico. Embora neste estudo, os níveis dietéticos de farinha de peixe na dieta contendo farinha de vísceras de aves ainda sejam considerados elevados (46,42%, base natural), as respostas no crescimento do robalo-flecha foram iguais ou superiores à dieta basal, com 64,34% de farinha de peixe.

Não houve impacto negativo na composição aminoacídica da dieta quando a farinha de vísceras de aves substituiu até 25% da farinha de peixe. O fato de ter havido maior retenção de proteína, de lipídeos e energia no músculo do robalo quando os peixes foram alimentados com a dieta contendo farinha de vísceras de aves é sugestivo de que houve melhor digestibilidade desses nutrientes.

Os níveis mais elevados de aminoácidos sulfurados, metionina e cisteína, na dieta basal (3,87 g/16 g N) não serviu para melhorar o desempenho zootécnico dos peixes se comparados à dieta contendo farinha de vísceras de aves (3,68 g/16 g N). Entretanto, a composição dos aminoácidos essenciais na dieta que combinou farinha de vísceras de aves

(17,01% da dieta) e farinha de peixe (46,42%) foi melhor utilizada pelo robalo-flecha do que a dieta contendo somente farinha de peixe (64,34%).

Comparativamente, o uso do concentrado de proteína de soja (SPC) como substituto parcial da farinha de peixe resultou em crescimento mais lento dos peixes, embora nenhum efeito significativo pôde ser atribuído ao consumo alimentar. Aparentemente, a inclusão de 2,0% de farinha de krill proporcionou atratividade e palatabilidade suficientes em todas as dietas avaliadas.

O crescimento mais lento dos robalos como resultado da substituição parcial da farinha de peixe pelo SPC, na inclusão de 20%, pode estar relacionado a fatores antinutricionais, menor digestibilidade de nutrientes ou de aminoácidos (FRANCIS; MAKKAR; BECKER, 2001; ZHOU *et al.*, 2005; GATLIN *et al.*, 2007). O somatório dos aminoácidos sulfurados na dieta contendo SPC atingiu 3,34 g/16 g N, inferior aos valores obtidos para as dietas basal e com farinha de vísceras de aves.

A relação dos aminoácidos essenciais relativo à lisina (AAE/Lis) também apresentou as maiores diferenças em relação ao perfil observado no músculo caudal do robalo-flecha. Em outros trabalhos, a inclusão dietética de fontes proteicas de origem vegetal resultou em respostas similares no crescimento de peixes marinhos de hábito carnívoro, incluindo a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*; REFSTIE *et al.*, 2000), beijupirá (*Rachycentron canadum*; CHOU *et al.*, 2004), arabaiana (*Seriola dumerili*, TOMÁS *et al.*, 2005) e sargo bicudo (*Diplodus puntazzo*, MÉRIDA *et al.*, 2010).

Neste estudo os níveis dietéticos de metionina (Met) variaram entre 1,37 e 1,52% (na base seca). Esse valor é mais elevado do que as exigências de metionina determinadas para o robalo asiático (*Lates calcarifer*) e para outros peixes marinhos tropicais (0,8 a 0,9% da dieta; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2011). O aumento nos níveis de metionina e de outros aminoácidos essenciais nas dietas experimentais foi resultante de uma tentativa de aproximar os níveis dietéticos de lisina com os observados no músculo caudal do robalo-flecha. Entretanto, esta abordagem resultou em relações de AAE/Lis nas dietas abaixo das relações encontradas no músculo da espécie.

As estimativas das exigências de EAA em peixes têm também sido estimadas tendo como base a composição dos tecidos do corpo do animal relativo às relações de AAE/Lis em função da Lis (GLENCROSS, 2006). No entanto, o equilíbrio da relação AAE/Lis é melhor alcançado com a suplementação dietética de aminoácidos cristalinos (NUNES *et al.*, 2014).

No presente estudo, juvenis do robalo-flecha tiveram um crescimento máximo de  $0,35 \pm 0,06$  g/dia quando alimentados com a dieta contendo farinha de vísceras de aves. Este

resultado é consistente com outros estudos de crescimento realizados com *Centropomus* spp. os quais atingiram crescimento diário inferior a 1 g/dia para peixes de 100 g ou menos. Zarza-Meza *et al.* (2006a) cultivaram juvenis selvagens de robalo-flecha (*C. undecimalis*) e robalo peva (*Centropomus parallelus*) povoados na proporção de 3:2 em um tanque de concreto de 96 m<sup>3</sup>. As espécies foram cultivadas na densidade de 2,1 peixes/m<sup>3</sup> ao longo de um período de 12 meses a partir de um peso corporal de 28,9 g e 5,6 g, respectivamente. A alimentação feita *ad libitum* consistiu de tilápia fresca (*Oreochromis* sp.) e peixes ornamentais (*Poecilia* sp.).

Na despesca, o robalo-flecha e o robalo peva alcançaram crescimento diário de 0,50 e 0,32 g, respectivamente. Ostini *et al.* (2007) cultivaram juvenis do *C. undecimalis* com peso corporal inicial de  $32,53 \pm 6,54$  g alimentados duas vezes ao dia com ração comercial correspondendo a 3% da biomassa, contendo 40% de proteína bruta nas densidades de 20 e 40 animais/m<sup>3</sup>. Após 160 dias de cultivo, o ganho de peso corporal total e o crescimento observados para as duas densidades foram de 98,6 e 87,9 g, e de 0,62 e 0,55 g/dia, respectivamente.

Tucker (1987) conduziu uma série de estudos de crescimento com o robalo-flecha. Em um dos trabalhos, o autor estocou 10 peixes (obtidos a partir de larvas selvagens) com 13,4 g de peso corporal em três viveiros escavados de 140 m<sup>2</sup> com água doce. Os peixes foram alimentados com alimento fresco (camarão e vieiras), mas também tiveram acesso a peixes forrageiros como tilápia (*Oreochromis niloticus*) e peixe mosquito (*Gambusia affinis*).

Após 210 dias, os robalos alcançaram um peso corporal final de 252 g e um crescimento de 1,14 g/dia. No mesmo estudo, Tucker (1987) comparou o desempenho zootécnico do robalo-flecha cultivado em água doce (24-32°C, média de 28°C, dureza de 705 mg/L) e salgada (25-34°C, média de 29°C, 21-33 de salinidade, média de 28). Em 70 dias de cultivo, os peixes cresceram de 190 para 306 g em água doce e de 201 para 286 g em água salgada, alcançando um crescimento médio de 0,33 g/dia.

Em outro experimento, Tucker (1987) avaliou seis dietas contendo de 44,9 a 53,9% de proteína bruta e de 8,5 a 12,9% de lipídeos. A partir de um peso corporal que variou entre 15,6 e 23,9 g ( $17,3 \pm 2,1$  g), o robalo-flecha alcançou um peso corporal final entre 21,9 e 44,2 g ( $33,4 \pm 7,2$  g) e crescimento entre 0,11 e 0,57 g/dia ( $0,32 \pm 0,16$  g day<sup>-1</sup>) após 50 dias de cultivo.

Muito embora no presente estudo e nos experimentos de Tucker (1987) descritos acima o crescimento do robalo-flecha não tenha excedido a casa dos 0,5 g/dia, é possível observar crescimentos mais elevados quando a espécie alcança um maior peso corporal. Tucker (1987) reportou ganho de peso diário para a espécie de 2,51, 2,74 e 4,09 g para peixes que

cresceram da faixa de peso entre 240,7 e 376,5 g, 382,2 e 529,9 g e de 504,4 e 725,5 g, respectivamente. Nesse experimento, o robalo-flecha foi cultivado por 54 dias com uma dieta contendo 51,6% de proteína bruta composta por uma combinação de 60,0% de farinha de anchova e 13,5% de farinha de vísceras de aves.

As disparidades observadas nas respostas de crescimento do *C. undecimalis* entre os estudos podem também serem atribuídas aos métodos e sistemas de cultivo empregados (densidade de estocagem, água clara versus água verde) e variações no peso corporal inicial. Estas condições podem frequentemente levar à dominância hierárquica e competição alimentar.

Em geral, há falta de estudos cientificamente rigorosos sobre as necessidades nutricionais dessa espécie, o que contribui mais ainda para as variações observadas nos resultados (TUCKER, 1987; HIGBY; BEULIG, 1988; BAGLEY; BENTLEY; GALL, 1994; SOUZA-FILHO; CERQUEIRA, 2003). Entretanto, o robalo-flecha mostra superioridade no desempenho zootécnico comparado com outras espécies da família Centropomidae (RUBIO; LOAIZA; MORENO, 2003; TUCKER; KENNEDY-JUNIOR, 2003; ZARZA-MEZA *et al.*, 2006a; ZARZA-MEZA *et al.*, 2006b).

#### **4.5 Conclusões**

Os resultados desta pesquisa indicam que o robalo-flecha tem maior capacidade para ganhar peso corporal e aumentar a retenção de nutrientes quando a proteína dietética é de origem animal. A proteína advinda da farinha de vísceras de aves resultou em uma composição aminoacídica mais equilibrada nas dietas em comparação ao músculo caudal do robalo, muito embora estivesse em excesso para as necessidades da espécie. Outros estudos devem avaliar um conteúdo mais baixo de aminoácidos essenciais (AAE) na dieta do robalo-flecha, buscando equilibrar as relações de AAE/Lis através da suplementação de aminoácidos cristalinos.

## Referências

- ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L.; IBARRA-CASTRO, L. Aquaculture species selection method applied to marine fish in the Caribbean. **Aquaculture**, v. 408-409, p. 20-29, 2013.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Official Analytical Chemists International**. 16th ed. Arlington, VA, 1995.
- BAGLEY, M. J.; BENTLEY, B. E.; GALL, G. A. E. A genetic evaluation of the influence of stocking density on the early growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 121, p. 313-326, 1994.
- BOONYARATPALIN, M. Nutrient requirements of marine food fish cultured in Southeast Asia. **Aquaculture**, v. 151, p. 283-313, 1997.
- BROWDY, C. L. *et al.* Supplementation with 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid (HMTBa) in low fish meal diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Nutrition**, v. 18, p. 432-440, 2012.
- CHOU, R. L. *et al.* Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 229, p. 325-333, 2004.
- CONTRERAS-GARCÍA, M. J. *et al.* Induced spawning of the common snook (*Centropomus undecimalis*) in captivity using GnRH-a implants. **Ecosistemas y Recursos Agropecuarios**, v. 2, p. 357-362, 2015.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Fisheries and Aquaculture Department. **The state of world fisheries and aquaculture**. Rome, 2014.
- FERRAZ, E. M.; CERQUEIRA, V. R. Influência da temperatura na maturação gonadal de machos do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 36, p. 73-83, 2010.
- FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant Derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, v. 199, p. 197-227, 2001.
- GATLIN, D. M. *et al.* Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, v. 38, p. 551-579, 2007.
- GLENCROSS, B. The nutritional management of barramundi, *Lates calcarifer*: a review. **Aquaculture Nutrition**, v. 12, p. 291-309, 2006.
- GRACIA-LÓPEZ, V. *et al.* Effects of dietary protein level and commercial feeds on growth and feeding of juvenile common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792). **Ciencias Marinas**, v. 29, p. 585-594, 2003.
- GRACIA-LÓPEZ, V.; ROSAS-VÁZQUEZ, C.; BRITO-PÉREZ, R. Effects of salinity on physiological conditions in juvenile common snook *Centropomus undecimalis*. **Comparative**

**Biochemistry and Physiology: Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 145, p. 340-345, 2006.

HIGBY, M.; BEULIG, A. Effects of stocking density and food quantity on growth of young snook, *Centropomus undecimalis*, in aquaria. **Florida Scientist**, v. 51, p. 161-171, 1988.

IBARRA-CASTRO, L. *et al.* GnRH $\alpha$ -induced spawning with natural fertilization and pilot-scale juvenile mass production of common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792). **Aquaculture**, v. 319, p. 479-483, 2011.

MÉRIDA, S. N. *et al.* Sunflower meal as a partial substitute in juvenile sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*) diets: amino acid retention, gut and liver histology. **Aquaculture**, v. 298, p. 275-281, 2010.

MEYER, G.; FRACALOSSO, D. M. Estimation of jundiá (*Rhamdia quelen*) dietary amino acid requirements based on muscle amino acid composition. **Scientia Agricola**, v. 62, p. 401-405, 2005.

MULLER, R. G.; TAYLOR, R. G. **The 2012 stock assessment update of common snook, *Centropomus undecimalis***. St. Petersburg: Florida Marine Research Institute, 2012.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, DC: National Academy Press, 2011.

NEIDIG, C. L. *et al.* Techniques for spawning common snook: broodstock handling, oocyte staging, and egg quality. **North American Journal of Aquaculture**, v. 62, p. 103-113, 2000.

NUNES, A. J. P. *et al.* Practical supplementation of shrimp and fish feeds with crystalline amino acids. **Aquaculture**, v. 431, p. 20-27, 2014.

OSTINI, S. *et al.* Criação do robalo Peva (*Centropomus parallelus*) submetido a diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 8, p. 250-257, 2007.

PÉREZ-PINZÓN, M. A.; LUTZ, P. Activity related cost of osmoregulation in the juvenile snook, *Centropomus undecimalis*. **Bulletin of Marine Sciences**, v. 48, p. 58-66, 1991.

PORTZ, L.; CYRINO, J. E. P. Comparison of the amino acid contents of roe, whole body and Muscle tissue and their A/E ratios for largemouth bass *Micropterus salmoides*. **Aquaculture Research**, v. 34, p.585-592, 2003.

REFSTIE, S. *et al.* Differing nutritional responses to dietary soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 190, p. 49-63, 2000.

RHODY, N. R.; NASSIF, N. A.; MAIN, K. L. Effects of salinity on growth and survival of Common snook *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) larvae. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 357-360, 2010.

- RHODY, N. R. *et al.* Parental contribution and spawning performance in captive common snook *Centropomus undecimalis* broodstock. **Aquaculture**, v. 432, p. 144-153, 2014.
- RIVAS, L. R. Systematic review of the perciform fishes of the genus *Centropomus*. **Copeia**, v. 3, p. 579-611, 1986.
- RUBIO, E. A.; LOAIZA, J. H.; MORENO, C. J. (2003) Observaciones sobre el crecimiento de dos especies de robalos (*Centropomus viridis* y *Centropomus armatus*) en jaulas flotantes en zonas estuarinas de la Bahía de Buenaventura. *In: SEMINARIO INTERNACIONAL DE ACUICULTURA*, 4., 2003, Bogotá. **Memorias del...** Bogotá: [s. n.], 2003. p. 1-7.
- SALZE, G. *et al.* Use of soy protein concentrate and novel ingredients in the total elimination of fish meal and fish oil in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 298, p. 294-299, 2010.
- SOLIGO, T. A.; SOUZA, R. M.; CERQUEIRA, V. R. Weaning of the common snook (*Centropomus undecimalis*) early juveniles reared in laboratory using commercial and experimental diets. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 37, p. 367-374, 2011.
- SOUZA-FILHO, J. J.; CERQUEIRA, V. R. Influência da densidade de estocagem no cultivo de juvenis de robalo-flecha mantidos em laboratório. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 1317-1322, 2003.
- TOMÁS, A. *et al.* Utilization of soybean meal as an alternative protein source in the Mediterranean yellowtail, *Seriola dumerili*. **Aquaculture nutrition**, v. 11, p. 333-340, 2005.
- TSUZUKI, M. Y. *et al.* Survival, growth and digestive enzyme activity of juveniles of the fat snook (*Centropomus parallelus*) reared at different salinities. **Aquaculture**, v. 271, p. 319-325, 2007.
- TUCKER, J. W.; KENNEDY-JUNIOR., S. B. Comparison of some developmental, nutritional, behavioural, and health factors relevant to stocking of striped mullet (Mugilidae), sheepshead (Sparidae), common snook (Centropomidae), and Nassau groupers (Serranidae), *In: KAKAMURA, Y. et al.* (Ed.). **Ecology of aquaculture species and enhancement of stocks**. Sarasota, FL: UJNR, 2003. p. 191-194.
- TUCKER, J. W. Snook and tarpon snook culture and preliminary evaluation for commercial farming. **The Progressive Fish Culturist**, v. 49, p. 49-57, 1987.
- ZARZA-MEZA, E. A. *et al.* Experimental culture of common snook *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) and fat snook *Centropomus parallelus* (Poey, 1860) (Perciformes: Centropomidae) in freshwater concrete pond. **Veterinária México**, v. 37, p. 327-329, 2006a.
- ZARZA-MEZA, E. A. *et al.* Experimental culture of snook *Centropomus undecimalis* and chucumite *Centropomus parallelus* (Perciformes: Centropomidae) in artisanal earthen ponds. **Ciencias Marinas**, v. 32, p. 219-227, 2006b.
- ZHOU, Q. C. *et al.* Partial replacement of fishmeal by soybean meal in diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture Nutrition**, v. 11, p. 175-182, 2005.



## 5 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DO ROBALO-FLECHA, *Centropomus undecimalis*, EM RESPOSTA AO CONTEÚDO DA PROTEÍNA BRUTA E AMINOÁCIDOS DE DIETAS PRÁTICAS

### Resumo

Este estudo avaliou o desempenho de juvenis do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*, em resposta ao conteúdo de proteína bruta (PB) e de aminoácidos de dietas práticas durante cento e quatro dias de cultivo. Um total de 750 peixes de  $21,91 \pm 6,97$  g foram estocados em 25 tanques circulares de  $5,84 \text{ m}^3$ , na densidade de  $5,1$  peixes/ $\text{m}^3$  (30 peixes/tanque). Quatro dietas foram formuladas para apresentar 43,43, 47,14, 50,01 e 53,79% PB (48,70, 52,18, 57,00 e 60,00% na base seca, respectivamente), com um conteúdo total de aminoácidos sulfurados entre 1,55 e 1,89% (base seca) e níveis mínimos e máximos de metionina e lisina total de 1,05 e 1,35% e 2,82 e 3,66%, respectivamente. Uma dieta semiúmida com 45,84% de PB (61,16% na base seca), elaborada a partir do músculo caudal da sardinha verdadeira, foi fabricada para agir como controle. Na despesca, não foi observada diferença estatística significativa para sobrevivência final ( $94,7 \pm 11,9\%$ ), crescimento diário ( $0,38 \pm 0,10$  g), taxa de crescimento específico ( $0,99 \pm 0,19\%$ /dia), ganho de produtividade ( $202 \pm 58 \text{ g/m}^3$ ), consumo alimentar (132 g de ração/peixe) e FCA ( $3,87 \pm 2,48$ ) do robalo-flecha ( $p > 0,05$ ). Na despesca o peso corporal dos robalos variou de  $55,70 \pm 2,15$  a  $66,70 \pm 2,18$  g. Os peixes alimentados com a dieta controle apresentaram peso corporal menor comparado às demais dietas ( $p < 0,05$ ), com exceção da dieta com 47% PB. O ganho de peso corporal em função do tempo de cultivo foi expresso pela equação  $Y = e^{(3,1141 + 0,0100)x}$  ( $r^2 = 0,867$ ). Pelos resultados deste estudo, juvenis do robalo-flecha conseguem crescer e sobreviver com êxito em cativeiro com dietas contendo um mínimo de 43,43% PB (base natural; 48,70% na base seca) e 1,05% de metionina. Um aumento no conteúdo de PB das dietas superior a 44% não resultou em um maior crescimento, eficiência alimentar ou ganho de produtividade no cultivo de juvenis da espécie na faixa de peso corporal entre 21,9 e 66,7 g.

**Palavras-chave:** Nutrição. Dietas proteicas. *Centropomus undecimalis*.

### Abstract

This study evaluated the growth performance of juvenile common snook, *Centropomus undecimalis*, in response to crude protein (CP) and amino acid content of practical diets fed during 104 days. A total of 750 fish of  $21.91 \pm 6.97$  g were stocked in 25 circular tanks of 5.84 m<sup>3</sup> under 5.1 fish/m<sup>3</sup> (30 fish/tank). Four diets were formulated to contain 43.43, 47.14, 50.01 and 53.79% CP (48.70, 52.18, 57.00 and 60.00% at dry basis, respectively), with a total sulfur amino acid content between 1.55 and 1.89% (dry basis) and minimum and maximum levels of total methionine and lysine of 1.05 and 1.35% and 2.82 and 3.66%, respectively. A semi-moist diet with 45.84% CP (61.16% at dried basis) was prepared to act as a control using the causal muscle tissue of frozen sardines. At harvest, no statistical differences were observed in final fish survival ( $94.7 \pm 11.9\%$ ), daily growth ( $0.38 \pm 0.10$  g), specific growth rate ( $0.99 \pm 0.19\%/day$ ), gain in yield ( $202 \pm 58$  g/m<sup>3</sup>), feed intake (132 g of feed/fish) and FCR ( $3.87 \pm 2.48$ ;  $p > 0.05$ ). Final body weight of common snook varied from  $55.70 \pm 2.15$  to  $66.70 \pm 2.18$  g. Fish fed the control diet exhibited the lowest final body weight compared to remainder fish ( $p < 0.05$ ), with exception of those fed the 47% CP diet. Fish body weight gain as a function of rearing period was expressed by the equation  $Y = e^{(3.1141 + 0.0100)x}$  ( $r^2 = 0.867$ ). Results from this study demonstrated that juvenile common snook can grow and survive well with practical diets with a minimum content of 43.43% CP (as is basis; 48.70% at dry matter basis) and 1.05% methionine. An excess of 44% dietary CP did not enhance growth, feed efficiency or gained yield for fish between 21.9 and 66.7 g.

**Keywords:** Nutrition. Protein diets. *Centropomus undecimalis*.

## 5.1 Introdução

As proteínas e seus blocos constituintes, os aminoácidos, são compostos orgânicos considerados essenciais para todos os organismos vivos. Esses nutrientes possuem inúmeras funções estruturais e metabólicas (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2011). A deposição de proteína é o principal fator determinante para o ganho de peso em peixes, sendo também considerada o nutriente de maior impacto no custo monetário de rações para aquicultura (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2011). Por estas razões, esses nutrientes têm sido estudados exaustivamente para nutrição de peixes de interesse comercial para aquicultura. Estudos vêm sendo realizados para determinar tanto as exigências de proteína e aminoácidos essenciais em peixes marinhos (BOONYARATPALIN, 1997; WATANABE *et al.*, 2000; CATAUTAN; PAGADOR; TESHIMA, 2001; WILLIAMS; IRVIN; BARCLAY, 2004; ZHOU *et al.*, 2006, 2007) como a adequação de diversas fontes de proteínas alternativas para uso em rações (MASUMOTO *et al.*, 1996; GAYLORD; TEAGUE; BARROWS, 2006; ESPE *et al.*, 2007; LUNGER *et al.*, 2007; ENTERRIA *et al.*, 2011; BOONYOUNG; HAGA; SATOH, 2013).

Geralmente, a demanda por proteína bruta (N x 6,25) e aminoácidos na dieta dos peixes marinhos de interesse para aquicultura é maior que para os peixes de água doce. Embora as exigências dietéticas de proteína digestível e de alguns aminoácidos essenciais já sejam conhecidas para o robalo asiático (*Lates calcarifer*), beijupirá (*Rachycentron canadum*), robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) e espécies de garoupas (*Epinephelus* spp.) e arabaianas (*Seriola* spp) (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2011), ainda se desconhecem os níveis ideais para os centropomídeos.

Estudos preliminares feitos por Gracia-López *et al.* (2003) no México com juvenis do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*, indicaram que a espécie apresenta baixa demanda por proteína bruta (PB), exibindo um crescimento adequado com dietas contendo apenas 40,4% PB (base seca). Em geral, os centropomídeos são considerados carnívoros vorazes, alimentando-se de peixes e crustáceos em seu habitat natural (DUTKA-GIANELLI, 2014). A exigência de PB digestível na dieta de peixes marinhos na fase juvenil situa-se entre 38 e 42% (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2011).

Este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho de juvenis do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*, em resposta ao conteúdo de PB e de aminoácidos de dietas práticas.

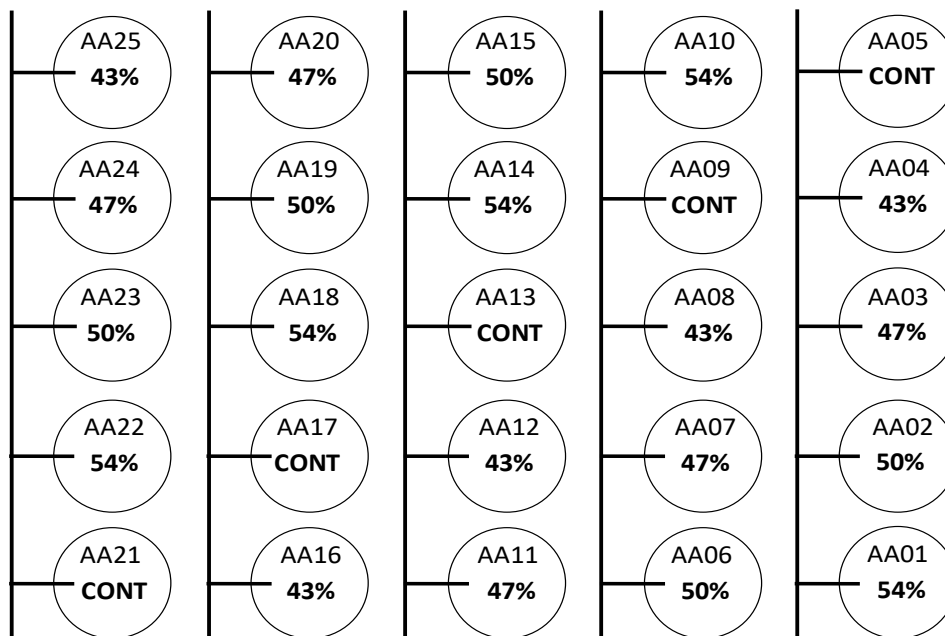
## 5.2 Material e métodos

### 5.2.1 Local do estudo e delineamento experimental

O estudo foi conduzido no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA) do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) vinculado à Universidade Federal do Ceará (UFC). O laboratório está situado às margens do estuário do Rio Pacoti no município do Eusébio, Estado do Ceará.

Juvenis do robalo-flecha produzidos em cativeiro e cultivados em laboratório até a fase juvenil foram povoados em 25 tanques circulares de 5,84 m<sup>3</sup> na densidade de 5,1 peixes/m<sup>3</sup>. Foram designados cinco tanques experimentais por tratamento, em delineamento inteiramente casualizado (Figura 5.1). Os peixes foram alimentados a voleio duas vezes ao dia durante 104 d, quando foram despescados, pesados e contados para determinar o desempenho zootécnico.

Figura 5.1 – Representação da distribuição dos tratamentos experimentais no presente estudo. Valores na parte inferior referem-se à identificação do tratamento experimental (conteúdo de proteína das dietas).



Fonte: Dados da pesquisa.

### 5.2.2 Formulação e preparação das dietas experimentais

Para avaliar o efeito da proteína bruta em dietas para juvenis do robalo-flecha, foram formuladas cinco dietas experimentais, sendo uma dieta controle.

As dietas foram formuladas utilizando o programa de formulação linear Feedsoft Professional, versão 3.1 (Feedsoft Corporation, Richardson, Texas, EUA). Houve uma redução gradual do conteúdo de proteína bruta (PB) das dietas através de uma menor inclusão nos níveis de farinha de peixe (Tabela 5.1).

Inicialmente uma dieta contendo 59,17% de farinha de peixe foi desenhada para alcançar um conteúdo de 53,79% de PB na base natural (61,01% na base seca). A partir desta dieta, outras três dietas foram formuladas com uma menor inclusão de farinha de peixe (52,66, 46,36 e 40,24%). A dieta controle foi composta pelo músculo caudal da sardinha verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) adquirida através da empresa Cais do Atlântico Indústria e Comércio de Pescados Ltda., Laguna, SC.

Para a preparação da dieta, o músculo apresentava-se *in natura* e foi previamente moído. Para permitir a moldagem deste material em *pellets* cônicos na forma de ração, foram incorporados 8,00% de farinha de trigo, além de 2,00% de premix vitamínico e mineral. A composição centesimal e aminoacídica (Tabelas 5.1 e 5.2) das dietas experimentais foram obtidas por análises realizadas em laboratórios especializados segundo métodos padronizados (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1995). A análise de aminoácidos foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa (CLAE-FR).

As dietas apresentaram uma variação nos níveis de proteína bruta (PB) entre 43,43 e 54,79%. A dieta semiúmida à base de sardinha alcançou um nível de PB de 45,84% na base natural (63,16% na base seca). Em média ( $\pm$  desvio padrão), as dietas experimentais (com exceção do controle) apresentaram um conteúdo de  $10,77 \pm 1,10\%$  de umidade,  $2,36 \pm 1,41\%$  de fibra bruta,  $9,36 \pm 1,59\%$  de extrato etéreo,  $11,59 \pm 0,73\%$  de matéria mineral,  $19,12 \pm 6,21\%$  de carboidrato total e  $19,0 \pm 0,5$  MJ/kg de energia bruta.

Tabela 5.1 – Composição de ingredientes (% da dieta, base natural) e perfil bromatológico (% da dieta, base natural) das dietas utilizadas durante cento e quatro dias de cultivo do robalo-flecha.

Ingredientes/Dietas Experimentais	Dietas/Inclusão (% da dieta, base natural)				
	43%	47%	50%	54%	Controle
Músculo caudal de sardinha <sup>1</sup>	---	---	---	---	90,00
Farinha de salmão <sup>2</sup>	40,24	46,36	52,66	59,17	---
Farelo de soja <sup>3</sup>	15,00	15,00	15,00	15,00	--
Concentrado proteico de soja <sup>4</sup>	8,00	8,00	8,00	8,00	--
Farinha de trigo <sup>5</sup>	6,00	6,00	6,00	6,00	8,00
Óleo de salmão <sup>6</sup>	6,61	6,14	5,68	5,22	---
Hidrolisado de sardinha <sup>7</sup>	3,00	3,00	3,00	3,00	--
Premix vitamínico-mineral <sup>8</sup>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Aglutinante sintético <sup>9</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50	--
Ácido ascórbico monofosfatado <sup>10</sup>	0,09	0,09	0,09	0,09	--
Etoxiquin em pó, 66%	0,01	0,01	0,01	0,01	--
Farelo de trigo <sup>11</sup>	15,89	11,34	6,07	---	--
Fosfato bicálcico <sup>12</sup>	2,52	1,52	1,00	1,01	--
Cloreto de potássio	0,15	0,05	0,00	0,00	--
<b>Composição Bromatológica (% da dieta, base natural)</b>					
Matéria seca					
Proteína bruta	43,43	47,14	50,01	53,79	45,84
Lipídeos	9,26	8,95	8,36	11,94	5,72
Fibra bruta	2,57	2,80	2,18	1,87	1,16
Cinzas	11,44	11,74	10,71	12,48	8,91
Carboidratos totais <sup>13</sup>	25,21	21,82	18,78	10,67	15,09
Energia bruta (MJ/kg) <sup>14</sup>	18,7	18,6	19,0	19,7	19,0

<sup>1</sup>Sardinha verdadeira, *Sardinella brasiliensis* (Cais do Atlântico Industria e Comércio de Pescados Ltda., Laguna, SC).

<sup>2</sup>Pesquera Pacific Star S.A. (Puerto Montt, Chile). 61,26% proteína bruta (PB); 10,01% lipídeos; 14,85% cinzas; 0,09% fibra bruta (FB); 9,47% umidade.

<sup>3</sup>Bunge Alimentos S.A. (Luiz Eduardo Magalhães, Bahia). 46,75% PB; 3,17% lipídeos; 6,71% cinzas; 5,92% FB; 11,48% umidade.

<sup>4</sup>Sementes Selecta S.A. (Goiânia, GO). 62,63% PB; 0,77% lipídeos; 4,23% cinzas; 4,33% FB; 8,22% umidade.

<sup>5</sup>Farinha de trigo Rosa Branca. Moinhos Cruzeiro do Sul S/A (Olinda, PE). 13,41% PB; 2,17% lipídeos; 1,24% cinzas; 0,74% FB; 11,04% umidade.

<sup>6</sup>Pesquera Pacific Star S.A. (Puerto Montt, Chile).

<sup>7</sup>AP 50 250, sardinha hidrolisada em pó. SPF do Brasil Indústria e Comércio Ltda. (Descalvado, SP). 71,08% PB; 9,06% lipídeos; 13,70% cinzas; 6,05% umidade.

<sup>8</sup>Rovimix Camarão Extensivo, DSM Produtos Nutricionais Brasil Ltda. (São Paulo, SP). Níveis de garantia por kg do produto: vitamina A, 1.000.000 UI; vitamina D3, 300.000 UI; vitamina E, 15.000 UI; vitamina K3, 300,0 mg; vitamina B1, 3.000,0 mg; vitamina B2, 2.500,0 mg; vitamina B6, 3.500,0 mg; vitamina B12, 6,0 mg; ácidos nicotínico, 10.000,0 mg; ácido pantotênico, 5.000,0 mg; biotina, 100,0 mg; ácido fólico, 800,0 mg; vitamina C, 25.000,0 mg; colina, 40.000,0 mg; inositol, 20.000,0 mg; ferro 2.000,0 mg; cobre, 3.500,0 mg; cobre quelatado, 1.500,0 mg; zinco, 10.500,0 mg; zinco quelatado, 4.500,0 mg; manganês, 4.000,0 mg; selênio, 15,0 mg; selênio quelatado, 15,0 mg; iodo, 150,0 mg; cobalto, 30,0 mg; crômio, 80,0 mg; *filler*, 1.000,0 g.

<sup>9</sup>Nutri-Bind Aqua Veg Dry, Nutri-Ad International NV (Dendermonde, Bélgica). Aglutinante sintético consistindo de cálcio lignosulfonado (94,00%) e goma de guar (6,00%).

<sup>10</sup>Rovimix Stay-C<sup>®</sup> 35%, ácido L-ascórbico 2-monofosfatado. DSM Produtos Nutricionais Brasil Ltda. (São Paulo, SP).

<sup>11</sup>15,81% PB; 3,24% lipídeos; 12,36% cinzas; 8,85% FB; 4,63% umidade.

<sup>12</sup>Serrana Fosfórcio20. Bunge Fertilizantes S/A. (Cubatão, SP). 20,5% cálcio, 20,2% fósforo total, 19,1% de fósforo disponível.

<sup>13</sup>Calculado por diferença (100 – proteína bruta - lipídeos – fibra bruta - cinzas).

<sup>14</sup>Calculado usando um valor energético da proteína, lipídeos e carboidratos de 5,64 kcal/g, 9,44 kcal/g e 4,11 kcal/g, respectivamente.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 5.2 – Composição aminoacídica das dietas experimentais (% base seca) empregadas no cultivo do robalo-flecha, *C. undecimalis*. CV = coeficiente de variação (%).

Aminoácidos	Dietas/Composição (% da dieta, base seca)				CV (%)
	43%	47%	50%	54%	
<b>Essenciais</b>					
Arginina	3,12	3,33	3,53	3,74	7,72
Histidina	1,01	1,08	1,13	1,20	7,16
Isoleucina	1,89	2,02	2,16	2,22	7,00
Leucina	3,22	3,43	3,66	3,87	7,92
Lisina	2,82	3,14	3,40	3,66	11,04
Metionina	1,05	1,15	1,27	1,35	10,85
Metionina + Cistina*	1,55	1,66	1,79	1,89	8,64
Fenilalanina	1,95	2,06	2,18	2,29	7,03
Treonina	1,84	1,98	2,14	2,30	9,67
Triptofano	0,48	0,51	0,54	0,56	7,02
Valina	2,24	2,38	2,55	2,61	6,96
<b>Não essenciais</b>					
Alanina	2,84	3,07	3,32	3,56	9,76
Aspartato	4,47	4,76	5,09	5,40	8,23
Cistina	0,50	0,51	0,52	0,54	3,51
Glicina	4,02	4,39	4,79	5,18	10,90
Glutamato	6,99	7,31	7,71	8,07	6,24
Prolina	2,81	3,01	3,18	3,34	7,45
Serina	2,10	2,23	2,38	2,59	9,19

\*Aminoácidos totais sulfurados.

Fonte: Dados da pesquisa.



As dietas foram fabricadas em laboratório conforme descrito por Browdy *et al.* (2012) iniciando com a moagem individual do farelo de soja, concentrado proteico de soja e farelo de trigo em malha de 600  $\mu\text{m}$  e da farinha de peixe em malha de 1.000  $\mu\text{m}$  utilizando moinho tipo martelo (moinho modelo 280, potência de 5 cv, Máquinas Vieira Indústria e Comércio Ltda., Tatuí, SP). Os demais ingredientes secos (farinha de trigo e aditivos) não foram submetidos à moagem por já apresentarem granulometria fina ( $< 250 \mu\text{m}$ ). Em seguida, todos os ingredientes líquidos e secos foram pesados em balança eletrônica de precisão (Ohaus Adventurer, Toledo do Brasil, São Paulo, SP).

A mistura foi feita em uma bateadeira planetária industrial (amassadeira rápida AR-25, G. Paniz, Caxias do Sul, RS). Os micronutrientes foram inicialmente misturados com uma parcela das matérias primas secas em um misturador em Y durante dez minutos. Esta mistura foi então incorporada aos demais ingredientes da dieta na bateadeira planetária. Durante a mistura de todos os ingredientes, foram adicionados 30% de água doce em temperatura ambiente e misturado por mais cinco minutos, até a formação de uma massa compacta. Em seguida, a massa alimentar foi compactada e formatada em uma extrusora laboratorial com cozimento a seco a 90°C (micro extrusora com capacidade para 15 kg/h, Exteec Máquinas, Ribeirão Preto, SP). Durante o processo de extrusão houve o corte de *pellets* com  $3,38 \pm 0,10$  cm de diâmetro ( $n = 10$ ) por  $7,44 \pm 1,59$  cm de comprimento ( $n = 10$ ). Os *pellets* úmidos foram distribuídos em bandejas de aço inox para secagem a 60°C em uma estufa com circulação e renovação de ar (estufa de secagem especial, Modelo MA-035/3, Marconi Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba, SP), até alcançarem uma umidade final entre 10 e 12%.

As medidas de umidade durante o processo de extrusão ocorreram com um analisador rápido de umidade com lâmpada halógena (MB35 Moisture Analyzer, Ohaus Corporation, New Jersey, EUA). Na estufa, os *pellets* foram revirados a cada dez minutos para secagem homogênea em toda a dieta. Findo o processo de secagem as dietas foram resfriadas em temperatura ambiente, embaladas em sacos plásticos, identificadas e congeladas a -20°C.

A dieta à base de sardinha foi preparada com 20 kg de peixe congelado adquiridos no mercado municipal de Fortaleza. O processo de fabricação da dieta consistiu inicialmente na limpeza, descamação, retirada de vísceras e corte espalmado das sardinhas para secagem em estufa por 3 h, a 60°C, reduzindo a umidade para 55%. Com a moagem obteve-se 17.200 g de sardinha, às quais foram adicionados 1.530 g de farinha de trigo e 381 g de premix vitamínico e misturados durante 10 min. A mistura foi modelada em forma de filamentos cônicos em uma máquina de embutir com disco de 4 mm de diâmetro e, em seguida, seca em estufa de recirculação de ar a 60°C, por 4 h, até atingir umidade entre 25 e 30%. Ao término do processo,

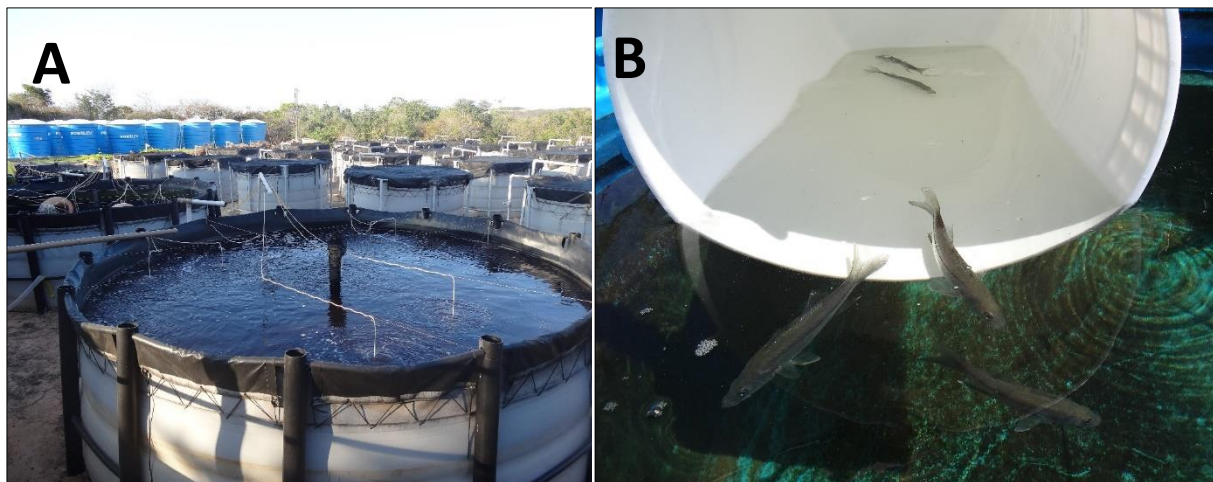
foram obtidos uma produção total de 12.007 g de ração pronta. Os filamentos foram cortados em forma de *pellets*, identificados e armazenados em câmara fria a  $-20^{\circ}\text{C}$  enquanto durou o experimento, sendo previamente descongelados para as ofertas.

### 5.2.3 Sistema de cultivo e manejo

Um total de 750 juvenis de robalo-flecha foram produzidos em laboratório e cultivados em um sistema de tanques *in door*, com recirculação e filtragem contínua de água até um peso corporal de  $21,91 \pm 6,97$  g (CV = 31,8%). Os animais foram então transferidos para 25 tanques circulares *out door*, apoiados em estrutura de ferro galvanizado e lona de PVC (Vinitank, Viniartefatos Comércio, Importação e Exportação Ltda., Embu, SP), cada um com volume operacional de  $5,84 \text{ m}^3$  (2,6 m x 1,1 m, diâmetro x profundidade, área de fundo =  $5,31 \text{ m}^2$ ). Os peixes foram estocados na densidade de 30 peixes por tanque ( $5,1 \text{ peixes/m}^3$ ).

Os tanques de lona foram cobertos por uma tela escura com 70% de sombreamento (sombrite 1007 PTO 70%, Equipisca Equipamentos de Pesca Ltda., Nova Odessa, SP (Figura 5.2). O objetivo do sombreamento foi minimizar a exposição dos peixes à luz, o desenvolvimento de macrófitas aquáticas e o aumento da temperatura da água dos tanques de cultivo.

Figura 5.2 – Tanques com recirculação e filtragem contínua de água, posicionado ao ar livre para o cultivo experimental do robalo-flecha (*C. undecimalis*), durante 104 dias.



A) Tanques circulares de  $5,84 \text{ m}^3$  utilizados no cultivo experimental do robalo-flecha com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta.

B) Juvenis de robalo-flecha com  $21,91 \pm 6,97$  g empregados no povoamento dos tanques.

Fonte: Dados da pesquisa.

Os tanques foram posicionados ao ar livre, submetidos a fotoperíodo natural, aeração contínua provida por dois sopradores de 4,0 cv de potência e taxa de renovação de água de 1 L/min., alcançando uma renovação diária de 50% do volume total de cada tanque. A água utilizada no cultivo foi inicialmente bombeada do estuário do Rio Pacoti, para 14 tanques cônicos de 20 m<sup>3</sup>. Toda a água foi desinfetada com hipoclorito de cálcio (50 g/L) contendo 65% de produto ativo (cloro granulado HTH®, Nordescor S/A, Igarassu, PE) e, posteriormente, submetida a filtragem mecânica em filtro de areia.

A alimentação dos peixes foi realizada a voleio até a saciedade aparente. A oferta de ração ocorreu diariamente, sempre às 08:00 e 16:00 h. Durante o cultivo, oxigênio dissolvido, temperatura, pH e salinidade da água foram monitorados individualmente, em cada tanque, duas vezes por semana. Quinzenalmente, dez peixes por tanque foram capturados e pesados para determinar o ganho de peso corporal.

#### ***5.2.4 Desempenho zootécnico e análises estatísticas***

O robalo-flecha foi cultivado durante 104 dias (Figura 5.3). Na despesca, foi determinado o desempenho zootécnico dos peixes. A taxa de crescimento específico (TCE, %/dia) foi calculada pela equação  $TCE = [(\ln Pf - \ln Pi) \div t] \times 100$ , onde Pi = peso corporal (g) na estocagem, Pf = peso corporal (g) na despesca, e t = dias de cultivo. O ganho de peso diário (GPD, g/dia) foi obtido pela fórmula  $GPD = [(Pf - Pi) \div t]$ . O FCA (fator de conversão alimentar) foi expresso na base seca e calculado dividindo o consumo alimentar aparente pela biomassa ganha pelos peixes.

Figura 5.3 – Juvenil do robalo-flecha despescado após 104 dias de cultivo.



Fonte: Dados da pesquisa.

As variáveis de desempenho zootécnico do robalo-flecha foram comparadas por análise univariada (ANOVA) para experimentos casualizados. Quando diferenças estatísticas foram detectadas entre as médias, estas foram comparadas pelo teste de Tukey HSD. Um nível de significância de 5% foi fixado para todas as análises estatísticas. Foi empregado o pacote estatístico *Statistical Package for Social Sciences* para Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EUA).

### 5.3 Resultados

A qualidade de água permaneceu dentro de padrões adequados para o cultivo de peixes marinhos da família Centropomidae. Oxigênio dissolvido, pH, temperatura e salinidade da água de cultivo alcançaram valores médios ( $\pm$  desvio padrão; mínimo - máximo) de  $5,97 \pm 0,32$  mg/L (2,72 – 9,53 mg/L,  $n = 975$ ),  $8,3 \pm 0,27$  (7,4-9,6,  $n = 909$ ),  $28,6 \pm 0,48^\circ\text{C}$  (27,1 –  $29,8^\circ\text{C}$ ,  $n = 975$ ) e  $38 \pm 1,5$  (35 – 42,  $n = 975$ ), respectivamente. Não houve variação estatística significativa para estes parâmetros de qualidade de água entre os tratamentos experimentais ( $p > 0,05$ ).

Após 104 dias de cultivo, a sobrevivência de juvenis do robalo-flecha foi de  $94,7 \pm 11,9\%$  (Tabela 5.3). Os tratamentos experimentais não exerceram influência sobre a sobrevivência final dos peixes, embora tenha havido perda de alguns peixes alimentados com a dieta controle. Os tanques da dieta contendo sardinha (63,16% PB na base seca), desenvolveram macroalgas que poderiam ter se fixado às guelras, impedindo a respiração dos peixes.

O crescimento dos peixes e a taxa de crescimento específica (TCE) variaram entre  $0,31 \pm 0,13$  e  $0,44 \pm 0,06$  g/dia e entre  $0,84 \pm 0,25$  e  $1,10 \pm 0,09\%/dia$ , respectivamente. A redução no conteúdo proteico das dietas não exerceu efeito significativo sobre estes parâmetros de crescimento do robalo-flecha ( $p > 0,05$ ). Embora tenha sido observado um aumento no ganho de produtividade, em termos absolutos, dos peixes quando se compara a dieta controle com os demais tratamentos dietéticos, não foi possível estabelecer uma diferença estatística significativa ( $p > 0,05$ ). O ganho médio de produtividade alcançou  $202 \pm 58$  g/m<sup>3</sup>, não tendo sido observado uma resposta do ganho de produtividade a um aumento no conteúdo proteico das dietas.

Tabela 5.3 – Desempenho zootécnico do robalo-flecha alimentado durante 104 dias com dietas contendo diferentes conteúdos de proteína. O controle refere-se a uma dieta semiúmida elaborada com 90% de sua composição de sardinha. Valores são apresentados como média  $\pm$  desvio padrão (DP) de cinco tanques.

Variáveis de Desempenho <sup>1</sup>	Conteúdo de Proteína Bruta/Tratamentos Dietéticos					ANOVA <i>P</i> <sup>2</sup>
	43%	47%	50%	54%	Controle	
Sobrev. (%)	100 $\pm$ <0,1	99 $\pm$ 1,5	100 $\pm$ <0,1	100 $\pm$ <0,1	95 $\pm$ 11,9	0,462
	0,41 $\pm$	0,34 $\pm$	0,44 $\pm$	0,42 $\pm$	0,31 $\pm$	0,195
GPD (g/dia)	0,08	0,10	0,06	0,09	0,13	
	1,04 $\pm$	0,91 $\pm$	1,10 $\pm$	1,06 $\pm$	0,84 $\pm$	0,135
TCE (%/dia)	0,14	0,20	0,09	0,13	0,25	
Prdt. (g/m <sup>3</sup> )	218 $\pm$ 40	178 $\pm$ 49	233 $\pm$ 34	226 $\pm$ 48	157 $\pm$ 85	0,152
Consumo (g/peixe)	126 $\pm$ 41	138 $\pm$ 41	126 $\pm$ 42	144 $\pm$ 47	128 $\pm$ 17	0,923
	3,09 $\pm$	3,99 $\pm$	2,86 $\pm$	3,28 $\pm$	6,14 $\pm$	0,213
FCA	1,35	0,90	1,06	1,01	4,81	

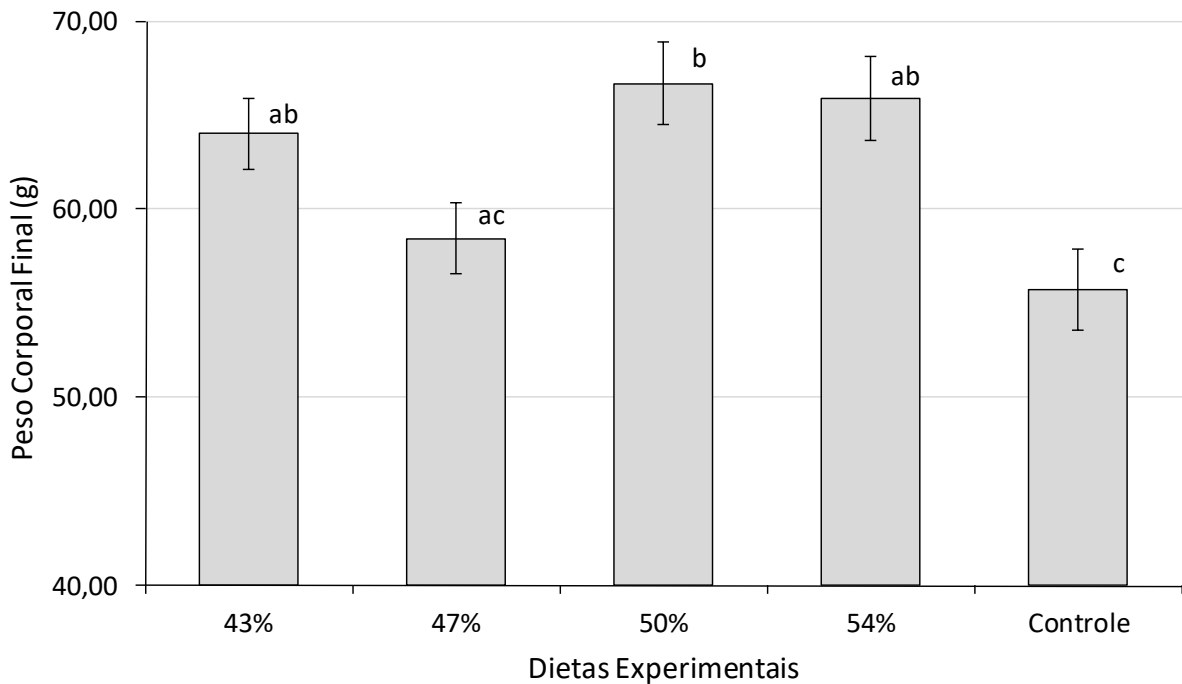
<sup>1</sup>GPD, ganho de peso diário; TCE, taxa de crescimento específica; Prdt., ganho de produtividade; FCA, fator de conversão alimentar;

<sup>2</sup>Análise univariada (ANOVA).

Fonte: Dados da pesquisa.

O consumo alimentar foi estável durante o cultivo entre as dietas ofertadas (132  $\pm$  36 g/peixe). O FCA na base seca apresentou variações entre os tratamentos dietéticos, de um mínimo de 2,86  $\pm$  1,06 na dieta contendo 50% de PB a um máximo de 6,14  $\pm$  4,81 na dieta controle. Porém, as diferenças entre os FCA não apresentaram variação estatística significativa ( $p > 0,05$ ). O peso corporal dos robalos na despesca variou de 55,70  $\pm$  2,15 g (dieta controle) até 66,70  $\pm$  2,18 g (dieta com 50% de PB; Figura 5.4). Os peixes alimentados com a dieta controle apresentaram peso corporal menor comparado às demais dietas ( $p < 0,05$ ), com exceção da dieta com 47% PB.

Figura 5.4 – Peso corporal final (g) do robalo-flecha, *C. undecimalis* cultivado a partir de  $21,91 \pm 6,97$  g (CV = 31,8%), por cento e quatro dias, com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta e aminoácidos. Os dados referem-se a média do peso corporal ( $\pm$  erro padrão) de todos os peixes despesados. Letras em comum denotam diferença estatística não significância ao nível de  $\alpha = 0.05$  pelo teste de Tukey HSD.

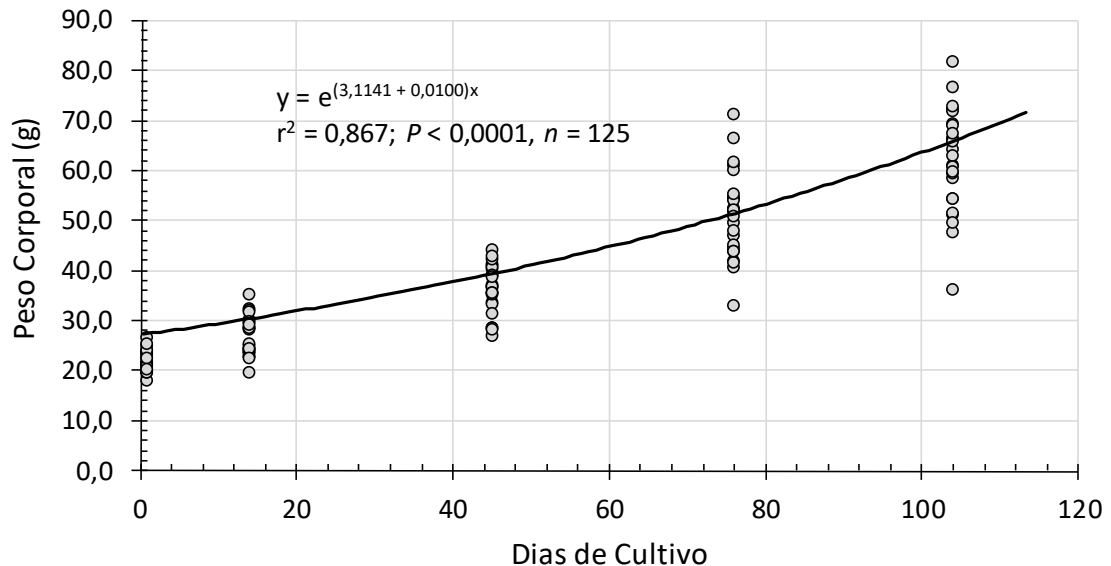


Fonte: Dados da pesquisa.

Não foi possível estabelecer uma correlação significativa entre o conteúdo de proteína bruta das dietas e os parâmetros de desempenho zootécnico avaliados do robalo-flecha ( $p > 0,05$ ; coeficiente de Pearson).

A partir das médias de peso corporal do robalo-flecha obtidas dos tanques experimentais em biometrias realizadas ao longo do estudo foi possível traçar uma curva de crescimento para a espécie (Figura 5.5). Os dados apresentados foram plotados a partir das biometrias realizadas na estocagem e despesca dos peixes, como também em biometrias parciais realizadas no 14º, 45º e 76º dias de cultivo. A equação de regressão  $Y = e^{(3,1141 + 0,0100)x}$  ( $r^2 = 0,867$ ;  $p < 0,0001$ ,  $n = 125$ ) reflete o desempenho da espécie para as condições de cultivo adotadas em relação ao regime de renovação de água, temperatura, densidade de estocagem, como também do perfil nutricional das dietas empregadas.

Figura 5.5 – Curva de crescimento para juvenis do robalo-flecha, *C. undecimalis*, cultivados em tanques de 5,84 m<sup>3</sup> durante cento e quatro dias, com quatro dietas experimentais e uma controle. Cada ponto representa a média do peso corporal de um tanque experimental de cultivo.



Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com o perfil aminoacídico das dietas, tanto o conteúdo de aminoácidos essenciais (AAE) como os não essenciais (AANE) caiu na medida em que a proteína bruta das dietas foi reduzida. O conteúdo de aminoácidos totais sulfurados variou de 1,55 e 1,89% (base seca), sendo que os níveis mínimos e máximos de metionina e lisina total alcançaram 1,05 e 1,35% e 2,82 e 3,66%, respectivamente. Com exceção da cistina, todos os demais AAE e AANE apresentaram um coeficiente de variação (CV) superior a 5%. CVs maior que 10% foi observado para metionina, lisina, metionina + cistina e glicina. Estas variações foram reflexo de uma redução gradativa nos níveis de farinha de peixe nas dietas formuladas.

## 5.4 Discussão

Os resultados do presente estudo demonstraram que juvenis do robalo-flecha conseguem crescer e sobreviver com êxito em cativeiro com dietas contendo 43,43% de proteína bruta (PB, base natural; 48,70% na base seca). Um aumento superior a 44% no conteúdo de PB das dietas não resultou em maior crescimento, eficiência alimentar ou ganho de produtividade no cultivo de juvenis da espécie na faixa de peso corporal entre 21,9 e 66,7 g.

Estes resultados são inferiores aos níveis ótimos de PB na dieta determinados por Pinto, Castro e Nunes (2012) para juvenis do robalo peva, *Centropomus parallelus*. Os autores formularam dietas isolipídicas com  $10,15 \pm 0,18\%$  de extrato etéreo variando o conteúdo de PB



em 38,27, 41,46, 45,14, 47,15, 50,80% e a energia bruta em 16,4, 16,8, 17,3, 17,5 e 18,0 MJ/kg, respectivamente. Um total de 1.450 robalos de  $5,8 \pm 2,1$  g foram estocados em tanques similares aos adotados no presente estudo na densidade de 10 peixes/m<sup>3</sup> e cultivados por 94 dias. Ao término do cultivo, Pinto, Castro e Nunes (2012) estimaram a exigência proteica do robalo peva entre 6 e 30 g em 51,2%.

As diferenças observadas no presente estudo com o robalo-flecha e o desenvolvido por Pinto, Castro e Nunes (2012) com o robalo peva pode ser função das diferentes faixas de peso corporal avaliadas durante o cultivo. Na literatura são reportadas diferenças nos níveis ideais de proteína bruta em resposta ao peso corporal da espécie. Durante a etapa de engorda de peixes marinhos tropicais, como o robalo asiático, garoupas e beijupirá, as dietas apresentam um conteúdo de proteína bruta entre 40 e 50%, enquanto que na fase de juvenil os níveis excedem 50% (BOWYER; QIN; STONE, 2013).

Boonyaratpalin (1997) observou que em garoupas, *Epinephelus* spp., o nível ótimo de proteína dietética fica em torno de 40%. Catacutan, Pagador e Techima (2001) testaram dietas para o pargo do manguezal, *Lutjanus argentimaculatus*, contendo três níveis proteicos (35,0%, 42,5% e 50,0%). Os autores concluíram que a espécie exige mais de 40% de PB na dieta para um bom crescimento. No robalo asiático, *Lates calcarifer*, o conteúdo proteico das dietas varia em função da densidade energética da ração e peso corporal dos animais. Segundo Glencross (2006) a maior parte dos estudos sugere que a exigência proteica desta espécie fica entre 45 e 55% da dieta.

Gracia-López *et al.* (2003) alimentaram juvenis selvagens de robalo-flecha com peso corporal inicial entre  $2,90 \pm 0,49$  e  $3,02 \pm 0,45$  g. Os autores utilizaram dietas isocalóricas com níveis de PB de 28,8%, 40,4%, 53,4% e 65,8% (base seca). A inclusão de farinha de peixe e farelo de soja variaram de 6 a 40% e de 5 a 18%, com 20% de inclusão de farinha de camarão para todas as dietas. Os peixes foram cultivados em 16 aquários de 100 L durante 64 dias na densidade de 10 animais por aquário. Ao término do estudo, os peixes alcançaram um peso corporal final de  $5,14 \pm 0,87$  a  $6,07 \pm 1,46$  g. Os autores reportaram que não houve diferença estatística no peso corporal do robalo-flecha alimentado com dietas contendo entre 40,4 e 65,8%. Estes dados substanciam as observações feitas no presente estudo relativo aos níveis de proteína bruta das dietas e o desempenho zootécnico do robalo-flecha.

O National Research Council (2011) recomendou níveis de proteína digestível entre 38 e 42% (base seca) para o robalo asiático, beijupira (*Rachycentron canadum*), garoupas (*Epinephelus* spp.), arabaianas (*Seriola* spp.) e robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*), acompanhado de níveis energéticos entre 4.000 e 4.200 kcal/kg de dieta. Muito embora se

desconheça a parcela digestível das dietas utilizadas no presente estudo, ao se considerar um valor estimado de 80% de proteína digestível aparente (PDA) na dieta com 48,70% de PB na base seca (43,43% na base natural), obtém-se uma PDA de 38,96%. Este valor é coerente com os observados em outros estudos, situando-se entre as recomendações do National Research Council (2011).

No presente estudo, mesmo quando alimentado com uma dieta semiúmida, com um elevado conteúdo proteico (63,16% na base seca), o robalo-flecha não apresentou um crescimento mais elevado. Aparentemente, a presença de macroalgas foi a causa da perda de peixes submetidos à alimentação da dieta controle.

Isto indica que embora os Centropomideos sejam considerados carnívoros, alimentando-se em seu habitat natural de peixes e crustáceos (DUTKA-GIANELLI, 2014), um nível excessivo de PB não promove crescimento acima dos níveis considerados ideais. É possível que dietas com um teor de PB inferior a 43% resultem em um desempenho zootécnico favorável para o robalo-flecha, desde que os níveis mínimos de aminoácidos essenciais sejam atendidos.

Neste presente estudo, a redução da PB nas dietas foi acompanhada por uma queda nos níveis dos aminoácidos dietéticos, tanto os essenciais (AAE) como os não essenciais (AANE). Em particular, os aminoácidos sulfurados (Met+Cis) apresentaram uma queda de 1,89% (base seca) na dieta contendo 54% de PB para 1,55% na dieta com 43% de PB. Esta última dieta apresentou um conteúdo total de metionina (Met) de 1,05%. Este valor é coerente com as recomendações do National Research Council (2011) que situa as exigências de Met e Met+Cis das espécies marinhas tropicais previamente citadas entre 0,8 e 0,9% e entre 1,1 e 1,2%, respectivamente.

É provável que as exigências de Met para o robalo-flecha seja similar à de outras espécies com parentesco próximo. Coloso *et al.* (1999) determinou que a exigência de Met para o *L. calcarifer* é de 1,0% da dieta (com 0,3% de cistina). Portanto, em estudos futuros, torna-se fundamental utilizar como padrão de formulação o perfil aminoacídico mínimo estabelecido na dieta com 43% PB do presente estudo. Isto se deve ao fato de que um conteúdo mais elevado de AAE não resultou em um melhor crescimento no robalo-flecha.

As dietas elaboradas para o desenvolvimento deste trabalho continham níveis muito elevados de farinha de peixe, entre 40 e 60% da dieta. A farinha de peixe para uso em rações para organismos aquáticos vem se tornando um recurso demasiadamente limitado e com alta volatilidade nos preços (TACON; METIAN, 2008). Em outros segmentos da piscicultura marinha, como a salmonicultura, as rações vêm reduzindo as inclusões de farinha de peixe de

forma drástica de 20-25% para 15-18% (SARKER *et al.*, 2013). A suplementação dietética de aminoácidos essenciais (NUNES *et al.*, 2014) e não-essenciais como a taurina (EL-SAYED, 2014; SALZE; DAVIS, 2015) estão entre as abordagens adotadas para uma substituição bem-sucedida da farinha de peixe por ingredientes alternativos de origem vegetal.

A partir da curva de crescimento para o robalo-flecha baseado nos dados obtidos neste trabalho é possível prever que a espécie tem potencial para alcançar peso corporal de 867 g em um ano de cultivo, a partir de um peso corporal inicial de  $21,91 \pm 6,97$  g. Estes valores, se confirmados em estudos posteriores, posicionam o robalo-flecha como um candidato em potencial para a piscicultura marinha no Brasil.

## 5.5 Conclusões

Deste estudo pode-se concluir que juvenis do robalo-flecha, *C. undecimalis*, na faixa de peso corporal entre 21,9 e 66,7 g apresentam crescimento adequado com dietas contendo 43,43% de proteína bruta (PB, base natural; 48,70% na base seca) e 1,05% de metionina. Um aumento no conteúdo de PB das dietas superior a 44% não resulta em maior crescimento, eficiência alimentar ou ganho de produtividade no cultivo de juvenis da espécie.

## Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Official Analytical Chemists International**. 16th ed. Arlington, VA, 1995.
- BOONYARATPALIN, M. Nutrient requirements of marine food fish cultured in Southeast Asia. **Aquaculture**, v. 151, p. 283-313, 1997.
- BOONYOUNG, S.; HAGA, Y.; SATOH, S. Preliminary study on effects of methionine hydroxy analog and taurine supplementation in a soy protein concentrate-based diet on the biological performance and amino acid composition of rainbow trout [*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)]. **Aquaculture Research**, v. 44, n. 9, p. 1339-1347, 2013.
- BOWYER, J. N.; QIN, J. G.; STONE, D. A. J. Protein, lipid and energy requirements of Cultured marine fish in cold, temperate and warm water. **Reviews in Aquaculture**, v. 5, n. 1, p. 10-32, 2013.
- BROWDY, C. L. *et al.* Supplementation with 2 hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid (HMTBa) in low fish meal diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Nutrition**, v. 18, p. 432-440, 2012.
- CATACUTAN, M. R.; PAGADOR, G. E.; TESHIMA, S. Effect of dietary protein and lipid Levels and protein to energy ratios on growth, survival and body composition of the mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus* (Forsskal 1775). **Aquaculture Research**, v. 32, p. 811-818, 2001.
- COLOSO, R. M. *et al.* Sulphur amino acid requirement of juvenile Asian sea bass *Lates calcarifer*. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 15, p. 54-58, 1999.
- DUTKA-GIANELLI, J. Feeding habits of the smallscale fat snook from East-Central Florida. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 143, n. 5, p. 1199-1203, 2014.
- EL-SAYED, A. F. M. Is dietary taurine supplementation beneficial for farmed fish and shrimp: a comprehensive review. **Reviews in Aquaculture**, v. 6, p. 241-255, 2014.
- ENTERRIA, A. *et al.* Partial replacement of fish meal with plant protein sources singly and in combination in diets for summer flounder, *Paralichthys dentatus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 42, n. 6, p. 753-765, 2011.
- ESPE, M. *et al.* Assessment of lysine requirement for maximal protein accretion in Atlantic salmon using plant protein diets. **Aquaculture**, v. 263, n. 1-4, p. 168-178, 2007.
- GAYLORD, T. G.; TEAGUE, A. M.; BARROWS, F. T. Taurine supplementation of all-plant Protein diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 37, n. 4, p. 509-517, 2006.
- GLENCROSS, B. The nutritional management of barramundi, *Lates calcarifer*: a review. **Aquaculture Nutrition**, v. 12, p. 291-309, 2006.

GRACIA-LÓPEZ, V. *et al.* Effects of dietary protein level and commercial feeds on growth and feeding of juvenile common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792). **Ciencias Marinas**, v. 29, p. 585-594, 2003.

LUNGER, A. N. *et al.* Taurine supplementation to alternative dietary proteins used in fish meal replacement enhances growth of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 271, p. 401-410, 2007.

MASUMOTO, T. *et al.* Amino acid availability values for several protein sources for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). **Aquaculture**, v. 146, p. 109-119, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, DC: National Academy Press, 2011.

NUNES, A. J. P. *et al.* Practical Supplementation of shrimp and fish feeds with crystalline amino acids. **Aquaculture**, v. 431, p. 20-27, 2014.

PINTO, R. C. C.; CASTRO, L. F.; NUNES, A. J. P. Crescimento de juvenis do robalo peva, *Centropomus paralellus*, em resposta ao conteúdo proteico de dietas experimentais. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AQUICULTURA, 6., 2012, Natal. **Trabalhos técnicos**. Natal: FENACAM, 2012.

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

SARKER, P. K. *et al.* Sustainability issues related to feeding salmonids: a Canadian perspective. **Reviews in Aquaculture**, v. 5, p. 199-219, 2013.

TACON, A. G. J.; METIAN, M. Global overview on the use of fish meal and fish oil in Industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. **Aquaculture**, v. 285, p. 146-158, 2008.

WATANABE, K. *et al.* Energy and protein requirements of yellowtail for maximum growth and maintenance of body weight. **Fisheries Science**, v. 66, p. 1053-1061, 2000.

WILLIAMS, K. C.; IRVIN, S.; BARCLAY, M. Polka dot grouper *Cromileptes altivelis* Fingerlings require high protein and moderate lipid diets for optimal growth and nutrient retention. **Aquaculture Nutrition**, v. 10, p. 125-134, 2004.

ZHOU, Q. C. *et al.* Dietary lysine requirement of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 273, p. 634-640, 2007.

ZHOU, Q. C. *et al.* Optimal dietary Methionine requirement for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 258, p. 551-557, 2006.

## 6 CAPACIDADE OSMORREGULATÓRIA DE JUVENIS DO ROBALO-FLECHA, *Centropomus undecimalis* EM DIFERENTES SALINIDADES

### Resumo

Este estudo avaliou a capacidade osmorregulatória e determinou o ponto iso-osmótico de juvenis do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*, expostos de forma aguda (24 h) e crônica (168 h) às salinidades de 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 e 45. Peixes de  $33,27 \pm 10,2$  g foram transferidos, sem aclimação prévia, de uma salinidade de 32 para 30 tanques circulares de  $1 \text{ m}^3$  com as respectivas salinidades, na densidade de 8 peixes por tanque. Os peixes foram alimentados diariamente, às 8:00 e 16:00 h, até saciedade aparente. Foi empregada uma dieta formulada contendo 52,13% de proteína bruta (base natural) e 11,04% de lipídios. A osmolaridade do sangue dos peixes e da água dos respectivos tanques de cultivo foram imediatamente analisadas após 24 e 168 h do povoamento com um osmômetro crioscópico. A temperatura ( $27,7 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ), oxigênio dissolvido ( $6,66 \pm 0,57 \text{ mg/L}$ ) e pH ( $8,1 \pm 0,1$ ) da água de cultivo mantiveram-se constantes ao longo do período experimental ( $P > 0,05$ ). Ao término do cultivo, a alcalinidade da água manteve-se acima de  $100 \text{ mg/L}$ , independente da salinidade empregada. Na despesca, não foi constatado morte de peixes em nenhum dos tratamentos experimentais. Na exposição aguda, a osmolaridade do sangue do robalo-flecha aumentou gradativamente com a salinidade da água, de um mínimo de  $0,346 \pm 0,011 \text{ mOsm/kg}$  (água doce) a um máximo de  $0,380 \pm 0,021 \text{ mOsm/kg}$  (45 de salinidade). De forma semelhante, a osmolaridade da água de cultivo aumentou de forma significativa em resposta a um aumento da salinidade da água ( $P < 0,05$ ), de  $0,033 \pm 0,006$  (água doce) até  $1,527 \pm 0,023 \text{ mOsm/kg}$  (45 de salinidade). O aumento da osmolaridade do sangue do robalo-flecha e da água de cultivo em resposta ao aumento agudo na salinidade da água foi expressa pelas equações:  $y = 0,343 + 0,005x - 0,0002x^2 - 0,000002x^3$  ( $r^2 = 0,525$ ,  $P > 0,05$ ) e  $y = 0,032 + 0,034x - 0,0003x^2 - 0,000005x^3$  ( $r^2 = 1,000$ ,  $P < 0,05$ ), respectivamente. A salinidade de 11,39 ( $0,398 \text{ mOsm/kg}$ ) foi determinada como sendo o ponto de iso-osmolaridade do robalo-flecha para uma condição de exposição aguda a salinidade. Na exposição crônica, os valores de osmolaridade do sangue do robalo-flecha variaram de um mínimo e máximo de  $0,360 \pm 0,010$  (água doce) e  $0,387 \pm 0,020 \text{ mOsm/kg}$  (20 de salinidade), respectivamente. A água de cultivo apresentou uma osmolaridade estatisticamente diferente em todas as salinidades estudadas ( $P < 0,05$ ). A osmolaridade do sangue e da água de cultivo foram expressas pelas equações:  $y = 0,360 + 0,0008x - 0,00002x^2 - 0,00000007x^3$  ( $r^2 = 0,599$ ,  $P > 0,05$ ) e  $y = -0,056 + 0,043x - 0,0003x^2 - 0,0000007x^3$  ( $r^2 = 1,00$ ,

$P < 0,05$ ). O ponto iso-osmótico do robalo-flecha foi de 10,46 de salinidade (0,360 mOsm/kg) para uma exposição crônica. Conclui-se que na faixa de salinidade entre 0 e 45, o ponto de equilíbrio iso-osmótico para a espécie é alcançado entre 10,46 e 11,39 de salinidade (0,360 a 0,368 mOsm/kg).

**Palavras-chave:** Fisiologia. Osmorregulação. Salinidade. *Centropomus undecimalis*.

### Abstract

This study evaluated the osmoregulatory capacity and determined the iso-osmotic point of juvenile common snook, *Centropomus undecimalis*, exposed to acute (24 h) and chronic (168 h) water salinities of 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 and 45. Fish  $33.27 \pm 10.2$  g were transferred without acclimation, from a water salinity of 32, into 30 tanks of  $1 \text{ m}^3$ , with the corresponding salinities and stocked under 8 fish per tank. Fish were fed daily at 08:00 am and 04:00 pm, to apparent satiety. A formulated diet containing 52.13% crude protein (as is) and 11.04% fat was used. Osmolarity of fish blood and cultured water were immediately analyzed after 24 and 168 h from fish stocking with a freezing point osmometer. Water temperature ( $27.7 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ), dissolved oxygen ( $6.66 \pm 0.57$  mg/L) and pH ( $8.1 \pm 0.1$ ) of cultured water remained constant throughout the trial period ( $p > 0.05$ ). At the end of culture, water alkalinity remained above 100 mg/L, regardless salinity. At harvest, fish survival reached 100%. Under acute exposure, osmolarity of fish blood increased gradually with water salinity from a minimum of  $0.346 \pm 0.011$  mOsm/kg (freshwater) to a maximum of  $0.380 \pm 0.021$  mOsm/kg (45 salinity). Similarly, the osmolarity of culture water significantly increased in response to water salinity ( $p < 0.05$ ) from  $0.033 \pm 0.006$  (freshwater) to  $1.527 \pm 0.023$  mOsm/kg (45 salinity). The increase in fish blood osmolarity and culture water in response to salinity was expressed as:  $y = 0.343 + 0.005x - 0.0002x^2 - 0.000002x^3$  ( $r^2 = 0.525$ ,  $p > 0.05$ ) and  $y = 0.032 + 0.034x - 0.0003x^2 - 0.000005x^3$  ( $r^2 = 1.000$ ,  $p < 0.05$ ), respectively. A water salinity of 11.39 (0.398 mOsm/kg) was determined as the iso-osmotic point for the common snook under an acute exposure to salinity. Under chronic exposure, fish blood osmolarity varied from  $0.360 \pm 0.010$  (freshwater) to  $0.387 \pm 0.020$  mOsm/kg (20 salinity). Culture water osmolarity was statistically different under all salinities ( $p < 0.05$ ). Fish blood and culture water osmolarity were expressed as:  $y = 0.360 + 0.0008x - 0.00002x^2 - 0.00000007x^3$  ( $r^2 = 0.599$ ,  $p > 0.05$ ) and  $y = -0.056 + 0.043x - 0.0003x^2 - 0.00000007x^3$  ( $r^2 = 1.00$ ,  $p < 0.05$ ). The iso-osmotic point for the common snook was 10.46 salinity (0.360 mOsm/kg) under a chronic exposure. It is concluded under a water salinity between 0 and 45 the iso-osmotic equilibrium for juvenile common snook is achieved between 10.46 and 11.39 salinity (0.360 to 0.368 mOsm/kg osmolarity).

**Keywords:** Fisiology. Osmolarity. Salinity. *Centropomus undecimalis*.



## 6.1 Introdução

Alguns estudos demonstram que entre 20 a 50% de todo gasto energético dos peixes é dedicado à regulação osmótica (BOND, 1996). Uma vez que o consumo de oxigênio e a excreção de amônia estão diretamente relacionados à osmorregulação, o sucesso dos cultivos comerciais de organismos aquáticos marinhos depende do conhecimento que as reservas energéticas são usadas primeiro para osmorregulação e, só depois são canalizadas para outras funções metabólicas, como o crescimento (GASCA-LEYVA; MARTINEZ-PALACIOS; ROSSI, 1991).

De forma geral, os organismos essencialmente marinhos, estenohalinos, não toleram longos períodos de exposição à baixa salinidade, podendo apresentar alterações osmóticas plasmáticas (MIRANDA-FILHO; BERTEAUX; WASIELESKY, 2008). Os peixes mantêm concentração constante interna de sais, menor em relação ao meio, de modo que tendem a absorver sais por difusão e a desidratar. Como resultado, perdem água por osmose, buscando ingerir grandes quantidades de água para compensar as perdas. Os sais são excretados pelos rins, por células especializadas nas brânquias e pela atividade da  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATPase (STERZELECKI, 2013).

A osmolaridade do sangue da maioria dos peixes marinhos teleósteos varia entre 370 e 480 mOsm/kg (miliosmol por kg), enquanto a da água do mar é de 1.000 mOsm/kg (BOND, 1996; JOBLING, 1995). As variações de salinidade do meio levam ao consumo de energia pelos peixes para um ajuste iônico e osmótico, podendo afetar negativamente o crescimento (ARJONA *et al.*, 2009) e a função imunológica dos peixes (BALDISSEROTTO; MANCERA; KAPOOR, 2007).

Na aquicultura, trabalhos apontam que a salinidade da água exerce influência sobre os mecanismos fisiológicos de fecundação e incubação dos ovos de peixes, reabsorção do saco vitelino, embriogênese, inflação da bexiga natatória, desova, eficiência alimentar, ingestão de alimento e velocidade de crescimento (BOEUF; PAYAN, 2001; EL-SAYED; MANSOUR; EZZAT, 2005). Portanto, o conhecimento da capacidade osmorregulatória de uma espécie é chave para o desenvolvimento de técnicas de cultivo mais apropriadas.

O robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*, é considerado uma espécie eurihalina, pois mantém as concentrações plasmáticas osmóticas semelhantes em todas salinidades, com diferenças já observadas entre 0 e 35 (PÉREZ-PINZÓN; LUTZ, 1991). A espécie, quando submetida a mudança de alta para baixa salinidade, utiliza a proteína como seu principal substrato energético (GRACIA-LÓPEZ; ROSAS-VÁZQUEZ; BRITO-PÉREZ, 2006). Assim,

o objetivo deste estudo foi avaliar a resposta osmótica de juvenis do robalo-flecha, *C. undecimalis*, a diferentes salinidades, visando determinar sua tolerância e ponto iso-osmótico.

## **6.2 Material e métodos**

### **6.2.1 Preparação da água de cultivo e povoamento dos peixes**

O presente estudo consistiu na avaliação da capacidade osmorregulatória e determinação do ponto iso-osmótico de juvenis de robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*, expostos de forma aguda (24 h) e crônica (168 h) às salinidades de 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 e 45. Inicialmente, a água de cultivo, captada do estuário do rio Pacoti (Eusébio, CE) com salinidade igual a 35, foi filtrada e desinfetada. O aumento da salinidade da água de 35 para 40 e 45 foi feito por adição de 5,00 e 9,69 kg/m<sup>3</sup>, de sal marinho bruto sem iodo (99,64% de cloreto de sódio, Cimsal Indústria Salineira, Mossoró, RN) respectivamente, nos tanques de cultivo. A redução de salinidade dos demais tratamentos experimentais foi feita com a incorporação de água doce tratada.

Juvenis de robalo-flecha foram adquiridos de uma larvicultura comercial (Danúbio Piscicultura Ltda., Blumenau, SC), cultivados a partir de  $1,71 \pm 0,62$  g ( $n = 29$ ) de peso corporal em tanques de 0,5 m<sup>3</sup> durante 138 d, sob um regime contínuo de filtragem e renovação de água. Peixes de  $33,27 \pm 10,2$  g foram transferidos, sem aclimação prévia, de uma salinidade de 32 para 30 tanques circulares de 1 m<sup>3</sup> com as respectivas salinidades, na densidade de 8 peixes por tanque. Foram designados três tanques por tratamento experimental, os quais eram representados pelas diferentes salinidades a testar. Os tanques, mantidos em área aberta, foram lacrados na sua superfície com tampa com perfurações e operaram durante o período experimental sem recirculação de água ou filtragem, apenas com oxigenação contínua.

### **6.2.2 Manejo e monitoramento**

A salinidade, oxigênio dissolvido (mg/L), temperatura (°C) e pH da água de cultivo de cada tanque foram monitorados diariamente, sempre às 09:00 h. Ao final do período experimental, a alcalinidade (mg de CaCO<sub>3</sub>/L) da água foi determinada com espectrofotômetro visível (DR-2800 Spectrophotometer, Hach Company, Loveland, EUA). Os peixes foram alimentados diariamente, às 8:00 e às 16:00 h, até saciedade aparente. Foi empregada dieta

formulada contendo 52,13% de proteína bruta (base natural) e 11,04% de lipídios (Tabelas 6.1 e 6.2).

Tabela 6.1 – Composição (% , base natural) e perfil bromatológico da dieta empregada no estudo.

<b>Ingredientes</b>	<b>Inclusão (% da dieta, base natural)</b>
Farinha de salmão <sup>1</sup>	64,34
Concentrado proteico de soja <sup>2</sup>	20,00
Farinha de vísceras <sup>2</sup>	0,0
Farinha de trigo <sup>4</sup>	5,00
Óleo de salmão	3,57
Outros <sup>5</sup>	7,09
<b>Composição Bromatológica (% da dieta, base natural)</b>	
Matéria seca	88,64
Proteína bruta	52,13
Lipídeos	11,04
Fibra bruta	1,09
Cinzas	13,08
Carboidratos totais <sup>6</sup>	22,66
Energia bruta (MJ/kg) <sup>7</sup>	1,92

<sup>1</sup>Pesquera Pacific Star S.A. (Puerto Montt, Chile). 61,26% proteína bruta (PB); 10,01% lipídeos; 14,85% cinzas; 0,09% fibra bruta (FB); 9,47% umidade.

<sup>2</sup>Sementes Selecta S.A. (Goiânia, GO). 62,63% PB; 0,77% lipídeos; 4,23% cinzas; 4,33% FB; 8,22% umidade.

<sup>3</sup>Cortesia da InVivo Nutrição e Saúde Animal Ltda. (Paulínia, SP). 60,53% PB; 17,34% lipídeos; 0,76% cinzas; 0,76% FB; 7,20% umidade.

<sup>4</sup>Farinha de trigo Rosa Branca. Moinhos Cruzeiro do Sul S/A (Olinda, PE). 13,41% PB; 2,17% lipídeos; 1,24% cinzas; 0,74% FB; 11,04% umidade.

<sup>5</sup>Outros incluem: 2,00% de premix vitamínico-mineral<sup>8</sup>; 2,00% de farinha de krill<sup>9</sup>; 1,50% de lecitina de soja; 1,00% de fosfato bicálcico<sup>10</sup>; 0,50% de aglutinante sintético<sup>11</sup>, e; 0,09% de ácido ascórbico monofosfatado<sup>12</sup>.

<sup>6</sup>Calculado por diferença (100 – proteína bruta - lipídeos – fibra bruta - cinzas).

<sup>7</sup>Calculado usando um valor energético da proteína, lipídeos e carboidratos de 5,64 kcal/g, 9,44 kcal/g e 4,11 kcal/g, respectivamente.

<sup>8</sup>Rovimix Camarão Extensivo, DSM Produtos Nutricionais Brasil Ltda. (São Paulo, SP). Níveis de garantia por kg do produto: vitamina A, 1.000.000 UI; vitamina D3, 300.000 UI; vitamina E, 15.000 UI; vitamina K3, 300,0 mg; vitamina B1, 3.000,0 mg; vitamina B2, 2.500,0 mg; vitamina B6, 3.500,0 mg; vitamina B12, 6,0 mg; ácidos nicotínico, 10.000,0 mg; ácido pantotênico, 5.000,0 mg; biotina, 100,0 mg; ácido fólico, 800,0 mg; vitamina C,

25.000,0 mg; colina, 40.000,0 mg; inositol, 20.000,0 mg; ferro 2.000,0 mg; cobre, 3.500,0 mg; cobre quelatado, 1.500,0 mg; zinco, 10.500,0 mg; zinco quelatado, 4.500,0 mg; manganês, 4.000,0 mg; selênio, 15,0 mg; selênio quelatado, 15,0 mg; iodo, 150,0 mg; cobalto, 30,0 mg; crômio, 80,0 mg; *filler*, 1.000,0 g.

<sup>9</sup>Qrill™ meal, Aker Biomarine ASA (Oslo, Noruega). 59,30% PB; 20,30% lipídeos; 12,30% cinzas; 20,30% FB; 6,20% umidade.

<sup>10</sup>Serrana Fosfócio20. Bunge Fertilizantes S/A. (Cubatão, SP). 20,5% cálcio, 20,2% fósforo total, 19,1% de fósforo disponível.

<sup>11</sup>Nutri-Bind Aqua Veg Dry, Nutri-Ad International NV (Dendermonde, Bélgica). Aglutinante sintético consistindo de cálcio lignosulfonado (94,00%) e goma de guar (6,00%).

<sup>12</sup>Rovimix Stay-C® 35%, ácido L-ascórbico 2-monofosfatado. DSM Produtos Nutricionais Brasil Ltda. (São Paulo, SP).

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 6.2 – Composição aminoacídica da dieta experimental (g/16 g N).

<b>Aminoácidos Essenciais</b>	<b>Composição (g/16 g N, base seca)</b>
Arginina	5,97
Histidina	2,06
Isoleucina	3,73
Leucina	6,78
Lisina	12,78
Metionina	2,92
Fenilalanina	4,05
Treonina	3,88
Triptofano	0,43
Valina	4,59
<b>Aminoácidos Não Essenciais</b>	
Alanina	5,98
Aspartato	8,36
Cistina	0,95
Glicina	8,54
Glutamato	13,37
Prolina	5,35
Serina	3,75
Tirosina	2,80

Fonte: Dados da pesquisa.

### **6.2.3 Determinação da osmolaridade**

A capacidade osmorregulatória do robalo-flecha foi analisada sob condições de exposição aguda e crônica às diferentes salinidades. O efeito das exposições a estas foi detectado por análise da osmolaridade após 24 e 168 h, respectivamente. As análises de osmolaridade seguiram o método descrito por Saoud *et al.* (2007). Um peixe de cada tratamento experimental foi coletado 24 h após o povoamento juntamente com amostras de água de cada tanque correspondente. Outra coleta foi realizada ao final de sete dias de cultivo (168 h). Três peixes, por tratamento experimental, foram capturados juntamente com a água de cultivo do tratamento correspondente. Em cada indivíduo capturado foi feita a amostragem de 15  $\mu$  (microlitros) de sangue por secção do pedúnculo caudal e gotejamento em tubos de Eppendorf. A osmolaridade do sangue (expresso em mOsmol/kg) dos peixes e da água dos respectivos tanques de cultivo foi analisada imediatamente em um osmômetro crioscópico (Osmomat® 030, Gonotec GmbH, Berlin, Alemanha), estabilizado em 300 mOsm/kg.

A capacidade osmorregulatória (CO) dos peixes correspondeu à diferença entre a osmolaridade do sangue e a osmolaridade da água de cultivo. A capacidade de hiposmorregulatório (hipo-CO) e a capacidade de hiper-osmorregulatório (hiper-CO) referem-se, respectivamente, ao CO acima e abaixo do ponto iso-osmótico. A interseção entre a linha iso-osmótica e a linha de hiper-hipo regulação corresponde ao ponto iso-osmótico (CHARMANTIER *et al.*, 1989).

### **6.2.4 Análise estatística**

Os dados de osmolaridade foram submetidos à análise univariada (ANOVA) para experimentos casualizados. Um nível de significância de 5% foi fixado para todas as análises estatísticas. A correlação entre a salinidade e a osmolaridade do sangue dos peixes e a salinidade e a osmolaridade da água de cultivo foram determinadas por regressão. A inclinação e a intercepção das curvas de regressão de osmolaridade do sangue do robalo-flecha e da água de cultivo foram empregadas para calcular o ponto de iso-osmolaridade (SAOUD *et al.*, 2007). Foi utilizado o pacote estatístico *Statistical Package for Social Sciences* para Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EUA).

### 6.3 Resultados

A temperatura, oxigênio dissolvido e pH da água de cultivo foram constantes ao longo do período experimental, alcançando valores médios ( $\pm$  desvio padrão) de  $27,7 \pm 0,5^\circ\text{C}$  ( $n = 180$ ),  $6,66 \pm 0,57\text{mg/L}$  ( $n = 180$ ) e  $8,1 \pm 0,1$  ( $n = 180$ ), respectivamente. Não foi observada diferença estatística significativa entre os tratamentos experimentais ( $p > 0,05$ ). Ao término do cultivo, a alcalinidade da água estava acima de  $100 \text{ mg/L}$ , independente da salinidade empregada. Porém, menores valores de alcalinidade, de  $118$  a  $138 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$ , foram observados para as salinidades entre  $0$  e  $15$ . As alcalinidades da água foram de ( $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$ ):  $138, 118, 136, 123, 163, 167, 159, 164, 187$  e  $165$ , respectivamente para as salinidades de  $0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45$ . Na despesca, não foi constatado óbito de peixes em nenhum dos tratamentos experimentais.

Em condição aguda, por um período contínuo de  $24\text{h}$ , a osmolaridade do sangue do robalo-flecha aumentou gradativamente com a salinidade da água, de  $0,346 \pm 0,011 \text{ mOsm/kg}$  (salinidade=  $0$ ) a  $0,380 \pm 0,021 \text{ mOsm/kg}$  ( $45$  de salinidade). Contudo, a osmolaridade do sangue foi considerada constante. Uma diferença estatística significativa foi detectada somente ao se comparar a osmolaridade sanguínea do robalo-flecha submetido à salinidade zero e salinidade de  $10$  ( $0,354 \pm 0,012 \text{ mOsm/kg}$ ;  $p < 0,05$ ). A osmolaridade da água de cultivo aumentou de forma significativa em resposta ao aumento da salinidade da água ( $p < 0,05$ ), de  $0,033 \pm 0,006$  (salinidade= $0$ ) até  $1,527 \pm 0,023 \text{ mOsm/kg}$  ( $45$  de salinidade).

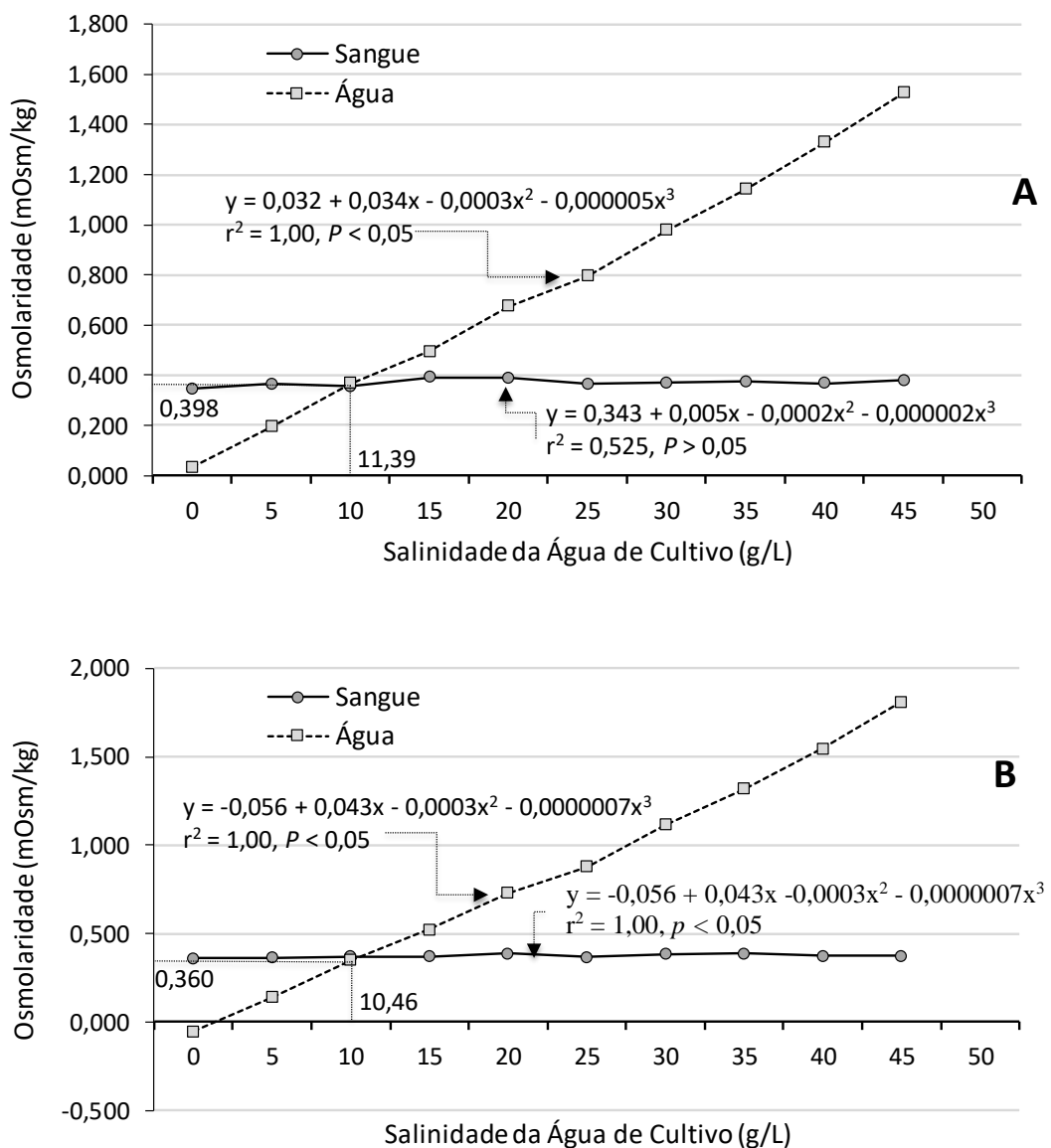
O ponto de iso-osmolaridade ( $0,398 \text{ mOsm/kg}$ ) do robalo-flecha para exposição aguda, correspondeu à salinidade de  $11,39$ .

No caso da exposição crônica, por um período contínuo de  $168 \text{ h}$ , os valores de osmolaridade do sangue do robalo-flecha variaram de  $0,360 \pm 0,010$  e  $0,387 \pm 0,020 \text{ mOsm/kg}$  para salinidades de  $0$  e  $20$ , respectivamente. Neste caso, foi observada diferença estatisticamente significativa quando se comparou a osmolaridade do sangue dos peixes submetidos a salinidade zero com as salinidades de  $20, 30$  e  $35$  ( $p < 0,05$ ). A água de cultivo apresentou osmolaridade estatisticamente diferente em todas as salinidades estudadas ( $p < 0,05$ ).

Foram obtidas as equações de regressão cúbica (Figura 6.1A) para expressar o aumento da osmolaridade do sangue do robalo-flecha e da água de cultivo em resposta ao aumento agudo na salinidade da água:  $y = 0,343 + 0,005x - 0,0002x^2 - 0,000002x^3$  ( $r^2 = 0,525$ ,  $p > 0,05$ ) e  $y = 0,032 + 0,034x - 0,0003x^2 - 0,000005x^3$  ( $r^2 = 1,000$ ,  $p < 0,05$ ), respectivamente.

Para expressar a osmolaridade do sangue e da água de cultivo foram obtidas as seguintes equações de regressão (Figura 6.1B), respectivamente:  $y = 0,360 + 0,0008x - 0,00002x^2 - 0,00000007x^3$  ( $r^2 = 0,599, p > 0,05$ ) e  $y = -0,056 + 0,043x - 0,0003x^2 - 0,0000007x^3$  ( $r^2 = 1,00, p < 0,05$ ). O ponto de iso-osmolaridade do robalo-flecha foi de 10,46 (0,360 mOsm/kg).

Figura 6.1 – Osmolaridade (mOsm/kg) do sangue do robalo-flecha e da água de cultivo em dois intervalos de tempo: exposição aguda por 24 h (A) e 168 h de cultivo (B).



Fonte: Dados da pesquisa.

## 6.4 Discussão

No cultivo de organismos aquáticos, torna-se essencial identificar condições ambientais propícias para a sobrevivência e crescimento máximo da espécie. As variáveis de qualidade de água monitoradas neste estudo, como pH, oxigênio dissolvido, temperatura e alcalinidade, permaneceram dentro de níveis considerados ótimos para a criação do robalo-flecha (ALIAUME *et al.*, 2000; TAYLOR *et al.*, 2000; SOUZA-FILHO; CERQUEIRA, 2003). Estas condições, em conjunto com a qualidade nutricional da dieta ofertada, contribuíram para 100% de sobrevivência dos peixes ao final do estudo. Adicionalmente, o robalo-flecha demonstrou sua capacidade eurihalina, suportando ampla variação na salinidade da água (0 até 45), mesmo sem ser previamente submetido à aclimação.

O presente estudo apontou que a zona iso-osmótica de juvenis do robalo-flecha situa-se entre 10,46 e 11,39 de salinidade. Estes resultados são coerentes com os observados por Gracia-López, Rosas-Vázquez e Brito-Pérez (2006). Os autores trabalharam com juvenis selvagens de  $13,7 \pm 6,3$  g do *C. undecimalis* submetidos as salinidades de água de 0, 12, 25 e 30. Segundo os autores, o consumo de oxigênio, a excreção de nitrogênio e o gasto energético do robalo-flecha aumenta com incrementos na salinidade da água. Os peixes investiram mais energia para o processamento de alimento nas salinidades de 0, 25 e 30 quando comparados com aqueles cultivados na salinidade de 12. Ainda segundo os autores, o robalo-flecha altera seu substrato energético em resposta à salinidade, de uma mistura de proteínas, lipídeos e carboidratos na salinidade de 35 para maior preferência por proteínas em salinidades mais baixas.

Estes resultados diferem dos observados por Rocha *et al.* (2005) para juvenis de 2 g de peso corporal do robalo peva, *Centropomus parallelus*. Aqueles autores aclimataram os animais por períodos de 15 e 30 d. nas salinidades de 5, 20 e 30. Os animais canalizaram a energia do alimento para o crescimento de forma mais eficiente na salinidade de 5, em ambos os períodos de aclimação. Entretanto, os resultados de Rocha *et al.* (2005) também diferem dos encontrados por Tsuzuki *et al.* (2007) que trabalharam com juvenis do robalo peva (*C. parallelus*) de 0,35 g (76 dias pós-eclosão). Os animais foram cultivados em triplicata por 50 d. nas salinidades de 5, 15 e 35 na densidade de 0,6 peixes/L. Muito embora ao final do cultivo o robalo peva tenha apresentado uma sobrevivência elevada (93,3 %) para todas as salinidades estudadas, demonstrando sua característica eurihalina, a salinidade de 15 foi a que apresentou o maior potencial para digestibilidade e absorção de nutrientes mais eficiente.

Outros estudos realizados com o robalo peva indicam que, em salinidades de 20, o



gasto energético para o metabolismo alcança 82%, sendo apenas 10% da energia canalizada para o crescimento (LEMOS; GERMANO; FERREIRA-NETTO, 2006).

Sterzelecki *et al.* (2013) apontaram a faixa entre 5 e 35 de salinidade como a ideal para não causar efeitos deletérios no desenvolvimento da espécie.

Silva *et al.* (2015) analisaram os índices hematológicos e a osmolaridade do plasma do robalo-flecha *C. undecimalis*, em salinidades de 0, 5, 15, 25 e 35 após 4, 24, 48, 72 e 96 h. Os autores verificaram que os índices hematológicos não sofreram variações. Após 4 h, a osmolaridade do plasma variou entre 364,7 e 410,3 mOsm/kg. Entretanto, segundo os autores, após 96 h, a osmolaridade convergiu para a faixa entre 350 e 385 mOsm/kg, semelhante ao encontrado neste estudo, o que demonstra a capacidade da espécie em estudo de buscar seu equilíbrio, adaptando-se com o tempo às variações de salinidade. Este é um fator de relevância quando se avalia espécies com potencial para a aquicultura, onde a adaptabilidade favorece a redução de ocorrência de enfermidades e o melhor desempenho zootécnico.

A ausência de variações nos dois períodos de análise deste estudo com o robalo-flecha, deve-se possivelmente a adaptação osmótica que espécies eurihalinas, como este peixe, desenvolvem (KATO *et al.*, 2005). Gracia-López, Rosas-Vázquez e Brito-Pérez (2006) relataram que a pressão osmótica do sangue do robalo-flecha diminuiu com a redução da salinidade, de 376 mOsm/kg (salinidade = 35) para 322 mOsm/kg (salinidade = 0). No estudo de Gracia-López, Rosas-Vázquez e Brito-Pérez (2006), a espécie passou de um comportamento osmorregulador hiperosmótico em baixas salinidades (0, 5 e 10) para hiposmótico em altas salinidades (20, 25, 30, 35, 40, 45).

Denson *et al.* (2003), informa sobre a capacidade de algumas espécies de peixes marinhos de osmoregular a diferentes salinidades, como o beijupirá, *Rachycentron canadum*, que em estudo realizado por Farias (2011) alcançou regulação hiperosmótica eficiente equivalente a 0,400 mOsm/kg em salinidades entre 14 e 26 em um prazo de 72 h de exposição às salinidades de 14, 26 e 34.

No presente trabalho, a osmolaridade do sangue do robalo-flecha, mantido em água doce, foi inferior comparado com a osmolaridade em salinidades mais elevadas. Este resultado demonstra que, muito embora a água doce seja tolerada pela espécie, os dados de osmolaridade do sangue do robalo flecha expostos a água doce não representam seu ponto de iso-osmolaridade.

O tempo de exposição à salinidade deve ser levado em consideração (ROCHA *et al.*, 2005). Estudos realizados por Sterzelecki *et al.* (2013), com juvenis de robalo peva (*C. parallelus*), mostraram que em salinidade de 5 há uma maior atividade e consumo de energia

por parte da  $\text{Na}^+, \text{K}^+$ ATPase branquial ao se buscar o equilíbrio osmótico em 96 h de experimento. Porém, após 30 d. não apresentou mais diferença significativa.

Baseado nos resultados do presente estudo é possível indicar que em salinidades entre 10,46 e 11,39 o robalo-flecha apresenta um equilíbrio osmótico. Esta faixa de salinidade poderia levar a um menor gasto energético com a osmorregulação, garantindo a canalização da energia do alimento para o crescimento e, conseqüentemente, para um melhor desempenho zootécnico.

## **6.5 Conclusões**

Juvenis do robalo-flecha apresentam ampla faixa de tolerância à salinidade da água (entre 0 e 45), quando submetidos a condições de exposição aguda (24 h) ou crônica (168 h) de salinidade. Nesta faixa de salinidade a espécie demonstra regulação osmótica eficiente, sem comprometimento de sua sanidade. O ponto de equilíbrio iso-osmótico para a espécie é alcançado entre 10,46 e 11,39 (0,360 a 0,368 mOsm/kg) de salinidade, semelhante a outras espécies eurihalinas, com mecanismo hiperosmótico em baixas salinidades e procedimento hiposmótico em altas salinidades.

## Referências

- ALIAUME, C. *et al.* Growth of juvenile *Centropomus undecimalis* in a tropical island. **Environmental Biology of Fishes**, v. 59, p. 299-308, 2000.
- ARJONA, F. J. *et al.* Tertiary stress responses in Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) to osmotic challenge: implications for osmoregulation, energy metabolism and growth. **Aquaculture**, v. 287, p. 419-426, 2009.
- BALDISSEROTTO, B.; MANCERA, J. M.; KAPOOR, B. G. **Fish osmoregulation**. Enfield: Science Publishers, 2007.
- BOEUF, G.; PAYAN, P. How should salinity influence fish growth? **Comparative Biochemistry and Physiology: Part C: Toxicology and Pharmacology**, v. 130, p. 411-423, 2001.
- BOND, C. E. **Biology of fishes**. Fort Worth: Saunders College Publishers, 1996.
- CHARMANTIER, G. *et al.* Salinity tolerance and osmoregulatory capacity as indicators of the physiological state of penaeid shrimps. **European Aquaculture Society**, v. 10, p. 65-66, 1989.
- DENSON, M. R. *et al.* Effects of Salinity on growth, survival, and selected hematological parameters on juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 34, p. 496-504, 2003.
- EL-SAYED, A. F. M.; MANSOUR, C. R.; EZZAT, A. A. Effects of dietary lipid source on Spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock reared at different water salinities. **Aquaculture**, v. 248, p.187-196, 2005.
- FARIAS, J. L. **Efeito da salinidade na osmolalidade plasmática em juvenis do beijupirá, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766)**. 2011. 41 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) – Departamento de Engenharia de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.
- GASCA-LEYVA, J. F.; MARTINEZ-PALACIOS, C. A.; ROSSI, I. G. The respiratory Requirements of *Macrobrachium acanthurus* at different temperatures and salinities. **Aquaculture**, v. 93, p. 191-197, 1991.
- GRACIA-LÓPEZ, V.; ROSAS-VÁZQUEZ, C.; BRITO-PÉREZ, R. Effects of salinity on physiological conditions in juvenile common snook *Centropomus undecimalis*. **Comparative Biochemistry and Physiology: Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 145, p. 340-345, 2006.
- JOBLING, M. **Environmental biology of fishes**. London: Champman & Hall, 1995.
- KATO, A. *et al.* *Takifugu obscurus* is a euryhaline Fugu species very close to *Takifugu rubripes* and suitable for studying osmoregulation. **BMC Physiology**, v. 5, p. 18, 2005.
- LEMONS, D.; GERMANO, A.; FERREIRA NETTO, B. Energy budget of juvenile fat snook *Centropomus parallelus* fed live food. **Comparative Biochemistry and Physiology: Part A:**

Molecular & Integrative Physiology, v. 144, p. 33-40, 2006.

MIRANDA-FILHO, K.; BERTEAUX, R.; WASIELESKY, J. Tolerância de juvenis do "Papa terra" *Menticirrhus littoralis* (Holbrook, 1860) (Pisces: Sciaenidae) a baixas salinidades. **Atlântica**, v. 30, n. 2, p. 101-106, 2008.

PÉREZ-PINZÓN, M. A.; LUTZ, P. Activity related cost of osmoregulation in the juvenile snook, *Centropomus undecimalis*. **Bulletin of Marine Sciences**, v. 48, p. 58-66, 1991.

ROCHA, A. J. S. *et al.* Metabolic demand and growth of juveniles of *Centropomus parallelus* as function of salinity. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 316, p. 157-165, 2005.

SAOUD, P. *et al.* Influence of salinity on survival, growth, plasma osmolality and gill Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase activity in the rabbitfish *Siganus rivulatus*. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 348, p. 183-190, 2007.

SILVA, F. S. *et al.* **Tolerância e perfil hematológico do robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) exposto ao choque agudo de salinidade**. Recife, 2015. Disponível em: <<http://www.eventosufrpe.com.br/2015/cd/resumos/R0893-2.html>>. Acesso em: 22 dez. 2015.

SOUZA-FILHO, J. J.; CERQUEIRA, V. R. Influência da densidade de estocagem no cultivo de juvenis de robalo-flecha mantidos em laboratório. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 11, p. 1317-1322, 2003.

STERZELECKI, F. C. *et al.* The effect of salinity on osmoregulation and development of the juvenile fat snook, *Centropomus Parallelus* (Poey). **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 3, p. 609-615, 2013.

TAYLOR, R. G. *et al.* Age, growth, maturation, and protandric sex reversal in the common snook, *Centropomus undecimalis*, from South Florida waters. **Fisheries Bulletin**, v. 98, n. 3, p. 612-624, 2000.

TSUZUKI, M. Y. *et al.* Survival, growth and digestive enzyme activity of juveniles of the fat snook (*Centropomus parallelus*) reared at different salinities. **Aquaculture**, v. 271, p. 319-325, 2007.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A visão geral deste estudo permitiu-nos afirmar que a aquicultura é uma área em crescente consolidação, tanto no que diz respeito aos estudos sobre as diversas espécies como o potencial para cultivo e sua inserção em diversos seguimentos da produção de alimentos em larga escala e de forma sustentável, para atender à maior demanda e carência proteica dos diversos países.

Esta tese buscou contemplar quatro vertentes: uma apresentação geral sobre a aquicultura marinha com ênfase na nutrição de peixes; propostas para otimizar o crescimento do robalo-flecha (*C. undecimalis*), cujos estudos são escassos no que tange a área de eficiência nutricional e desempenho zootécnico, para tanto foram avaliadas dietas com variações nos ingredientes utilizados e dietas com variações nos percentuais proteicos; e por último o estudo do mecanismo osmorregulador desta espécie para determinar o ponto ótimo de equilíbrio osmótico quando sob efeito dietético e variações de salinidade, assinalando a influência que existe do gasto de energia para osmorregulação sobre a melhor resposta de crescimento.

Ao ampliar o conhecimento sobre a nutrição do robalo-flecha e sua adaptação osmótica aos ambientes com variações de salinidade, ficou claro ao longo do trabalho a capacidade de adaptação deste peixe marinho às condições de cultivo com ofertas de dietas com alto valor proteico, aceitando alimentos de origem vegetal e animal. No entanto, o desempenho zootécnico foi considerado, neste trabalho, insatisfatório quando se almeja abraçar o mercado consumidor com espécies de rápido crescimento com menores custos de produção.

Neste âmbito foi desenvolvido uma tecnologia de manejo que possibilitou a sobrevivência e boa aceitação do alimento ofertado, com resultados que permitem definir que o robalo flecha apresenta características de peixes recomendáveis para o cultivo ao considerar sua adaptação ao sistema de cultivo e consumo de dietas práticas, em que a farinha de peixe pode ser parcialmente substituída pelo farelo de soja, sem efeitos patológicos sobre seu trato digestivo, mantendo a sanidade e bem estar animal.

Vemos assim, o espaço para novas pesquisas, para que num futuro próximo possamos dispor de conhecimentos que englobe dados de exigência nutricional e genética animal, para uma análise mais completa e resultados promissores. Esta tese pretende contribuir para a abertura de espaços de debate, enxergando a ciência como esforço coletivo, onde a nossa maior contribuição situou-se na apresentação de informações, com vistas a tornar a área de nutrição de peixes marinhos nativos mais conhecidos para novos estudiosos, podendo simultaneamente servir como esboço para aqueles que já atuam nesta área.

## REFERÊNCIAS

- ABBAS, G.; SIDDIQUI, P. J. A. Effects of different feeding level on the growth, feed efficiency and body composition of juvenile mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus* (Forsskal 1775). **Aquaculture Research**, v. 40, n. 7, p.781-789, 2009.
- ALIAUME, C. *et al.* Growth of juvenile *Centropomus undecimalis* in a tropical island. **Environmental Biology of Fishes**, v. 59, n. 3, p. 299-308, 2000.
- ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L.; TSUZUKI, M. Y. A review of methods for *Centropomus* spp. (snooks) aquaculture and recommendations for the establishment of their culture in Latin America. **Aquaculture Research**, v. 39, n. 7, p. 684-700, 2008.
- ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L.; IBARRA-CASTRO, L. Aquaculture species selection method applied to marine fish in the Caribbean. **Aquaculture**, v. 408-408, p.20-29, 2013.
- ANDRADE, H.; SANTOS, J.; TAYLOR, R. Life-history traits of the common snook *Centropomus undecimalis* in a Caribbean estuary and large-scale biogeographic patterns relevant to management. **Journal of Fish Biology**, v. 82, n. 6, p. 1951-1974, 2013.
- ARJONA, F. J. *et al.* Tertiary stress responses in Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) to osmotic challenge: implications for osmoregulation, energy metabolism and growth. **Aquaculture**, v. 287, n. 3, p. 419-426, 2009.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Official Analytical Chemists International**. 16th ed. Arlington, VA, 1995.
- BAGLEY, M. J.; BENTLEY, B. E.; GALL, G. A. E. A genetic evaluation of the influence of stocking density on the early growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 121, p. 313-326, 1994.
- BALDISSEROTTO, B.; MANCERA, J. M.; KAPOOR, B. G. **Fish osmoregulation**. Enfield: Science Publishers, 2007.
- BARROSO, M. V. *et al.* Valor nutritivo de alguns ingredientes para o robalo (*Centropomus parallelus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2157-2164, 2002.
- BARROSO, M. V. *et al.* Estratégias de conservação das populações de robalo-flechas *Centropomus* spp. na foz do Rio Doce, Linhares, Espírito Santo, Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 1465-1468, 2007.
- BLEWETT, D. A.; HENSLEY, R. A.; STEVENS, P. W. Feeding habits of common snook, *Centropomus undecimalis*, in Charlotte Harbor, Florida. **Gulf and Caribbean Research**, v. 18, n. 1, p. 1-14, 2006.
- BOEUF, G.; PAYAN, P. How should salinity influence fish growth? **Comparative Biochemistry and Physiology: Part C: Toxicology and Pharmacology**, v. 130, n. 4, p. 411-423, 2001.
- BOND, C. E. **Biology of fishes**. Fort Worth: Saunders College Publishers, 1996.

BOONYARATPALIN, M. Nutrient requirements of marine food fish cultured in Southeast Asia. **Aquaculture**, v. 151, p. 283-313, 1997.

BOONYARATPALIN, M.; SURANEIRANAT, P.; TUNPIBAL, T. Replacement of fish meal with various types of soybean products in diets for the Asian seabass, *Lates calcarifer*. **Aquaculture**, v. 161, p. 67-78, 1998.

BOONYOUNG, S.; HAGA, Y.; SATOH, S. Preliminary study on effects of methionine hydroxy analog and taurine supplementation in a soy protein concentrate-based diet on the biological performance and amino acid composition of rainbow trout [*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)]. **Aquaculture Research**, v. 44, n. 9, p. 1339-1347, 2013.

BORGHETTI, N. R. B.; OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R. **Aquicultura**: uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no Mundo. Curitiba: [s.n.], 2003.

BOWYER, J. N.; QIN, J. G.; STONE, D. A. J. Protein, lipid and energy requirements of Cultured marine fish in cold, temperate and warm water. **Reviews in Aquaculture**, v. 5, n. 1, p. 10-32, 2013.

BRENNAN, N. P.; DARCY, M. C.; LEBER, K. M. Predator-free enclosures improve post-release survival of stocked common snook. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 335, 302-311, 2006.

BROWDY, C. L. *et al.* Supplementation with 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid (HMTBa) in low fish meal diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Nutrition**, v. 18, n. 4, p. 432-440, 2012.

CASTAGNOLLI, N. **Piscicultura de água doce**. Jaboticabal: UNESP, 1993.

CATACUTAN, M. R.; PAGADOR, G. E.; TESHIMA, S. Effect of dietary protein and lipid Levels and protein to energy ratios on growth, survival and body composition of the mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus* (Forsskal 1775). **Aquaculture Research**, v. 32, n. 10, p. 811-818, 2001.

CAVALHEIRO, J. M. O. **Avaliação do desenvolvimento do camurim *Centropomus parallelus* (Poey, 1860) em água doce, submetido à alimentação artificial**. 2000. 174 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2000.

CERQUEIRA, V. R.; TSUZUKI, M. Y. A review of spawning induction, larviculture and juvenile rearing of the fat snook, *Centropomus parallelus*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 35, n. 1, p. 17-28, 2009.

CHAGAS, E. C. *et al.* Suplementos na dieta para manutenção da saúde de peixes. In: TAVARES-DIAS, M. (Ed.). **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. Macapá: EMBRAPA, 2009. p. 132-225.

CHARMANTIER, G. *et al.* Salinity tolerance and osmoregulatory capacity as indicators of the physiological state of penaeid shrimps. **European Aquaculture Society**, v. 10, p. 65-66, 1989.

- CHENG, K.C., LEVENSON, R., AND ROBISHAW, J.D. Functional genomic dissection of multimeric protein families in zebrafish. **Developmental Dynamics Journal**, v. 228, p. 555-567, 2003.
- CHENG, Z.; GATLIN, D. M.; BUENTELLO, A. Dietary supplementation of arginine and / or glutamine influences growth performance , immune responses and intestinal morphology of hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *Morone saxatilis*). **Aquaculture**, v. 362-363, p.39-43, 2012.
- CHOU, R. L. *et al.* Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 229, p. 325-333, 2004.
- COLOSO, R. M. *et al.* Sulphur amino acid requirement of juvenile Asian sea bass *Lates calcarifer*. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 15, p. 54-58, 1999.
- CONTRERAS-GARCÍA, M. J. *et al.* Induced spawning of the common snook (*Centropomus undecimalis*) in captivity using GnRH-a implants. **Ecosistemas y Recursos Agropecuarios**, v. 2, p. 357-362, 2015.
- CORRÊA, C. F. *et al.* Frequência alimentar para juvenis de robalo peva criados em água doce. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 8, n. 4, p. 429-436, 2010.
- CUZON, G. *et al.* Raw ingredients for marine aquaculture fish. *In*: CRUZ-SUÁREZ, L. E. *et al.* (Ed.). **Avances en nutrición acuícola**. Cancún: [s.n.], 2002.
- DABROWSKI, K. *et al.* Effects of protein, peptide and free amino acid-based diets in fish nutrition. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 668-683, 2010.
- DENSON, M. R. *et al.* Effects of Salinity on growth, survival, and selected hematological parameters on juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 34, p. 496-504, 2003.
- DREW, M. D.; BORGESON, T. L.; THIESSEN, D. L. A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. **Animal Feed Science and Technology**, v. 138, p. 118-136, 2007.
- DU, Z. Y.; LIU, Y. J.; TIAN, L. X. The influence of feeding rate on growth, feed efficiency and body composition of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). **Aquaculture International**, v. 14, p. 247-257, 2006.
- DUTKA-GIANELLI, J. Feeding habits of the smallscale fat snook from East-Central Florida. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 143, n. 5, p. 1199-1203, 2014.
- EL-SAYED, A. F. M. Is dietary taurine supplementation beneficial for farmed fish and shrimp: a comprehensive review. **Reviews in Aquaculture**, v. 6, p. 241-255, 2014.
- EL-SAYED, A. F. M.; MANSOUR, C. R.; EZZAT, A. A. Effects of dietary lipid source on Spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock reared at different water salinities. **Aquaculture**, v. 248, p.187-196, 2005.



ENTERRIA, A. *et al.* Partial replacement of fish meal with plant protein sources singly and in combination in diets for summer flounder, *Paralichthys dentatus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 42, n. 6, p. 753-765, 2011.

ESPE, M. *et al.* Assessment of lysine requirement for maximal protein accretion in Atlantic salmon using plant protein diets. **Aquaculture**, v. 263, n. 1-4, p. 168-178, 2007.

EVANS, D. H.; CLAIBORNE, J. B. Osmotic and ionic regulation in fishes. *In*: EVANS, D. H. (Ed.) **Osmotic and ionic regulation: cells and animals**. Florida: CRC Press: Taylor and Francis Group, 2009. p. 295-366.

FARIAS, J. L. **Efeito da salinidade na osmolalidade plasmática em juvenis do beijupirá, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766)**. 2011. 41 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) – Departamento de Engenharia de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

FERRAZ, E. M.; CERQUEIRA, V. R. Influência da temperatura na maturação gonadal de machos do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 36, p. 73-83, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Review of the state of world marine fishery resources**. Rome, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Fisheries and Aquaculture Department. **The state of world fisheries and aquaculture**. Rome, 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Fisheries and Aquaculture Department. **Global aquaculture production statistics for the year 2011**. 2013. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/fi/news/globalaquacultureproductionstatistics2011.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The state of world fisheries and aquaculture; Contributing to food security and nutrition for all**. Rome, 2016.

FORSTER, J. Aquaculture chickens, salmon: a case study. **World Aquaculture Magazine**, v. 30, n. 3, p. 33-70, 1999.

FRACALOSSO, D. M.; ALLEN, M. E.; YUYAMA, L. K. Ascorbic acid biosynthesis in amazonian fishes. **Aquaculture**, v. 193, p. 321-332, 2001.

FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant Derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, v. 199, p. 197-227, 2001.

FREITAS, L. E. L.; NUNES, A. J. P.; SÁ, M. V. C. Growth and feeding responses of the mutton snapper, *Lutjanus analis* (Cuvier 1828), fed on diets with soy protein concentrate in

replacement of Anchovy fish meal. **Aquaculture Research**, v. 42, p. 866 -877, 2011.

FURUYA, W. M. *et al.* Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 1433-1441, 2005.

FURUYA, W. M. *et al.* Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, v. 3, p. 1110-1116, 2004.

GAMBOA-DELGADO, J. *et al.* Simultaneous estimation of the nutritional contribution of fish meal, soy protein isolate and corn gluten to the growth of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) using dual stable isotope analysis. **Aquaculture**, v. 380-383, p. 33-40, 2013.

GASCA-LEYVA, J. F.; MARTINEZ-PALACIOS, C. A.; ROSSI, I. G. The respiratory Requirements of *Macrobrachium acanthurus* at different temperatures and salinities. **Aquaculture**, v. 93, p. 191-197, 1991.

GATLIN, D. M. *et al.* Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, v. 38, p. 551-579, 2007.

GATLIN, D. M.; WILSON, R. P. Zinc supplementation of practical channel catfish diets. **Aquaculture**, v. 4, p. 31-36, 1984.

GAYLORD, T. G. *et al.* Apparent digestibility of nutrients and energy in extruded diets from cultivars of barley and wheat selected for nutritional quality in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture Nutrition**, v. 15, n. 3, p. 306-312, 2009.

GAYLORD, T. G.; TEAGUE, A. M.; BARROWS, F. T. Taurine supplementation of all-plant Protein diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 37, n. 4, p. 509-517, 2006.

GLENCROSS, D. B. The nutritional management of barramundi, *Lates calcarifer*: a review. **Aquaculture Nutrition**, v. 12, p. 291-309, 2006.

GLENCROSS, D. B. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. **Reviews in Aquaculture**, v. 1, p. 71-124, 2009.

GRACIA-LÓPEZ, V. *et al.* Effects of dietary protein level and commercial feeds on growth and feeding of juvenile common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792). **Ciencias Marinas**, v. 29, p. 585-594, 2003.

GRACIA-LÓPEZ, V.; ROSAS-VÁZQUEZ, C.; BRITO-PÉREZ, R. Effects of salinity on physiological conditions in juvenile common snook *Centropomus undecimalis*. **Comparative Biochemistry and Physiology: Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 145, p. 340-345, 2006.

GREENWOOD, P. H. A review of the Family centropomidae. **Bulletin of the British Museum: Zoology**, v. 29, p. 1-81, 1976.

- HARDY, R.W. **Use of soybean meals in diets of salmon and trout**. 2002. Disponível em: <<http://www.soymeal.org/FactSheets/SalmonidTechReview.pdf>>. Acesso em: 22. nov. 2015.
- HEMRE, G. I.; MOMSEN, T. P.; KROGDAHL, A. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. **Aquaculture Nutrition**, v. 8, p. 175-194, 2002.
- HERNANDEZ, M. D. *et al.* Effects of partial replacement of fish meal by soybean meal in sharpnose seabream (*Diplodus puntazzo*) diet. **Aquaculture**, v. 263, p. 159-167, 2007.
- HIGBY, M.; BEULIG, A. Effects of stocking density and food quantity on growth of young snook, *Centropomus undecimalis*, in aquaria. **Florida Scientist**, v. 51, p. 161-171, 1988.
- HU, L. *et al.* Effects of fish meal quality and fish meal substitution by animal protein blend on growth performance, flesh quality and liver histology of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*). **Aquaculture**, v. 372-375, p. 52-61, 2013.
- HUBER, C. G. *et al.* Distribution and habitat associations of juvenile common snook in the Lower Rio Grande, Texas. **Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science**, v. 6, p. 170-180, 2014.
- IBARRA-CASTRO, L. *et al.* GnRHa-induced spawning with natural fertilization and pilot-scale juvenile mass production of common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792). **Aquaculture**, v. 319, p. 479-483, 2011.
- JOBLING, M. **Environmental biology of fishes**. London: Chapman & Hall, 1995.
- KATO, A. *et al.* *Takifugu obscurus* is a euryhaline Fugu species very close to *Takifugu rubripes* and suitable for studying osmoregulation. **BMC Physiology**, v. 5, p. 18, 2005.
- KAUSHIK, S. J. *et al.* Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus labrax*. **Aquaculture**, v. 230, p. 391-404, 2004.
- KAUSHIK, S. J.; SEILIEZ, I. Protein and amino acid nutrition and metabolism in fish: current knowledge and future needs. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 322-332, 2010.
- KITAGIMA, R. E.; FRACALOSSO, D. M. Digestibility of alternative protein-rich feedstuffs for channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Journal of the world aquaculture society**, v. 42, n. 3, 2011.
- LEMONS, D.; GERMANO, A.; FERREIRA NETTO, B. Energy budget of juvenile fat snook *Centropomus parallelus* fed live food. **Comparative Biochemistry and Physiology: Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 144, p. 33-40, 2006.
- LI, C. *et al.* Monophyly and interrelationships of Snook and Barramundi (Centropomidae sensu Greenwood) and five new markers for fish phylogenetics. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 60, p. 463-471, 2011.

- LIAMAS, A. H. Conventional and alternative dose-response models to estimate nutrient requirements of aquaculture species. **Aquaculture**, v. 202, p. 207-213, 2009.
- LOVELL, R. T. Use of soybean products in diets for aquaculture species. **Animal Nutrition Bulletin**, p. 1-6, February 1984.
- LOVELL, T. **Nutrition and feeding of fish**. Boston: Academic Press, 1998.
- LUNGER, A. N. *et al.* Taurine supplementation to alternative dietary proteins used in fish meal replacement enhances growth of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 271, p. 401-410, 2007.
- MACHADO, M. R. F. **Caracterização morfológica e bioquímica do sistema digestório e identificação por isótopos estáveis de robalo peva e flecha selvagens e de cativeiro**. 2011. 89 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.
- MASUMOTO, T. *et al.* Amino acid availability values for several protein sources for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). **Aquaculture**, v. 146, p. 109-119, 1996.
- MÉRIDA, S. N. *et al.* Sunflower meal as a partial substitute in juvenile sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*) diets: amino acid retention, gut and liver histology. **Aquaculture**, v. 298, p. 275-281, 2010.
- MEYER, G.; FRACALOSSO, D. M. Estimation of jundiá (*Rhamdia quelen*) dietary amino acid requirements based on muscle amino acid composition. **Scientia Agricola**, v. 62, p. 401-405, 2005.
- MILLAMENA, O. M. Replacement of fish meal by animal by-product meals in a practical diet for grow-out culture of grouper (*Epinephelus coioides*). In: RIMMER, M. A.; MCBRIDE, S.; WILLIAMS, K. C. (Ed.) **Advances in Grouper Aquaculture**. Canberra: ACIAR, 2004. p. 110-112.
- MILLER, M. R.; NICHOLS, P. D.; CARTER, C. G. n-3 Oil sources for use in aquaculture: alternatives to the unsustainable harvest of wild fish. **Nutrition Research Reviews**, v. 21, p. 85-96, 2008.
- MIRANDA-FILHO, K.; BERTEAUX, R.; WASIELESKY, J. Tolerância de juvenis do "Papa terra" *Menticirrhus littoralis* (Holbrook, 1860) (Pisces: Sciaenidae) a baixas salinidades. **Atlântica**, v. 30, n. 2, p. 101-106, 2008.
- MULLER, R. G.; TAYLOR, R. G. **The 2012 stock assessment update of common snook, *Centropomus undecimalis***. St. Petersburg: Florida Marine Research Institute, 2012.
- MULLER, R. G.; TAYLOR, R. G. **The 2013 stock assessment update of common snook, *Centropomus undecimalis***. St. Petersburg: Florida Marine Research Institute, 2013.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, DC: National Academy Press, 2011.
- NAVARRO, R. D. *et al.* Quality of polyunsaturated fatty acids in Nile tilapias (*Oreochromis*

*niloticus*) fed with vitamin E supplementation. **Food Chemistry**, v. 134, p. 215-218, 2012.

NAYLOR, R. L. *et al.* Feeding aquaculture in an era of finite resources. **Proceedings of the National Academy of Science**, v. 106, n. 15, p. 103-110, 2009.

NAYLOR, R. L. *et al.* Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v. 405, p. 1017-1024, 2000.

NEIDIG, C. L. *et al.* Techniques for spawning common snook: broodstock handling, oocyte staging, and egg quality. **North American Journal of Aquaculture**, v. 62, p. 103-113, 2000.

NGUYEN, M. *et al.* Imbalanced lysine to arginine ratios reduced performance in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) fed high plant protein diets. **Aquaculture Nutrition**, v. 20, n. 1, p. 25-35, 2014.

NUNES, A. J. P. *et al.* Practical supplementation of shrimp and fish feeds with crystalline amino acids. **Aquaculture**, v. 431, p. 20-27, 2014.

NUNES, A. J. P.; ROCHA, I. P. Overview and latest developments in shrimp and tilapia aquaculture in Northeast Brazil. **World Aquaculture**, p. 10-17, June 2015.

OSTINI, S. *et al.* Criação do robalo peva (*Centropomus parallelus*) submetido a diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 8, n. 3, p. 250-257, jul/set. 2007.

OSTRENSKY, A.; BOERGER, W. A. Principais problemas enfrentados atualmente pela aqüicultura brasileira. In: OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R.; SOTO, D. **Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília: SEAP, 2008. p. 135-138.

PARKER, N. C. Feed conversion indices: controversy or conversion? **The Progressive Fish-Culturist**, v. 49, n. 3, p.161-166, 1987.

PEREIRA, J. A. *et al.* Monoculture of the common snook *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) in pond-net, Pernambuco (Brazil). **Biological Sciences**, v. 25, p. 71-78, 1997.

PEREIRA, M. E. G. S. *et al.* Bioecologia do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*, em lagoa costeira tropical no norte do Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. 3, p. 457-469, 2015.

PERERA-GARCÍA, M. A.; MENDOZA, C. M.; PÁRAMO-DELGADILLO, S. Dinámica reproductiva y poblacional del robalo *Centropomus undecimalis*, en Barra San Pedro, Centla, México. **Universidad y Ciencia**, v. 24, p. 49-59, 2008.

PERERA-GARCIA, M. A. *et al.* Reproductive biology of common snook *Centropomus undecimalis* (Perciformes: Centropomidae) in two tropical habitats. **Revista de Biología Tropical**, v. 59, n. 2, p. 669-681, 2011.

PERERA-GARCIA, M. A. *et al.* Comparative age and growth of common snook *Centropomus undecimalis* (Pisces: Centrmpomidae) from coastal and riverine areas in Southern Mexico. **Revista de Biología Tropical**, v. 61, n. 2, p. 807-819, 2013.

PÉREZ-PINZÓN, M. A.; LUTZ, P. Activity related cost of osmoregulation in the juvenile snook, *Centropomus undecimalis*. **Bulletin of Marine Sciences**, v. 48, p. 58-66, 1991.

PHAM, M. A. *et al.* Evaluation of cottonseed and soybean meal as partial replacement for fishmeal in diets for juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. **Fisheries Science**, v. 73, p. 760-769, 2007.

PINTO, R. C. C.; CASTRO, L. F.; NUNES, A. J. P. Crescimento de juvenis do robalo peva, *Centropomus paralellus*, em resposta ao conteúdo proteico de dietas experimentais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AQUICULTURA, 6., 2012, Natal. **Trabalhos técnicos**. Natal: FENACAM, 2012.

POHLENZ, C.; GATLIN, D. M. Interrelationships between fish nutrition and health. **Aquaculture**, v. 431, p. 111-117, 2014.

POPE, K. L., D. R. *et al.* Status of the common snook (*Centropomus undecimalis*) in Texas. **Texas Journal of Science**, v. 58, p. 325-332, 2006.

PORTZ, L.; CYRINO, J. E. P. Comparison of the aminoacid content of roe, whole body and muscle tissue and their A/E ratios for largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1902). **Aquaculture Research**, v. 34, p. 585-592, 2003.

RACHMANSYAH, U.; PALINGGI, N. N.; WILLIAMS, K. Formulated feed for tiger grouper grow-out. **Aquaculture Asia Magazine**, p. 30-35, April/June 2009.

REFSTIE, S. *et al.* Differing nutritional responses to dietary soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 190, p. 49-63, 2000.

RHODY, N. R. *et al.* Parental contribution and spawning performance in captive common snook *Centropomus undecimalis* broodstock. **Aquaculture**, v. 432, p. 144-153, 2014.

RHODY, N. R.; NASSIF, N. A.; MAIN, K. L. Effects of salinity on growth and survival of Common snook *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) larvae. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 357-360, 2010.

RIVAS, L. R. Systematic review of the perciform fishes of the genus *Centropomus*. **Copeia**, v. 3, p. 579-611, 1986.

ROCHA, A. J. S. *et al.* Metabolic demand and growth of juveniles of *Centropomus parallelus* as function of salinity. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 316, p. 157-165, 2005.

RODRIGUES, L. A. *et al.* Caracterización cariotípica en mitosis y meiosis del robalo blanco *Centropomus undecimalis* (Pisces: Centropomidae) **Revista de Biología Tropical**, v. 59, n. 2, p. 683-692, June 2011.

RUBIO, E. A.; LOAIZA, J. H.; MORENO, C. J. (2003) Observaciones sobre el crecimiento de dos especies de robalos (*Centropomus viridis* y *Centropomus armatus*) en jaulas flotantes en

zonas estuarinas de la Bahía de Buenaventura. *In: SEMINARIO INTERNACIONAL DE ACUICULTURA*, 4., 2003, Bogotá. **Memorias del...** Bogotá: [s. n.], 2003. p. 1-7.

SALAMA, A. J. Effects of different feeding frequency on growth, survival and feed conversion ratio of the Asian sea bass *Lates calcarifer* juveniles reared under hypersaline seawater of the Red Sea. **Aquaculture Research**, v. 39, p. 561-567, 2008.

SALZE, G. *et al.* Use of soy protein concentrate and novel ingredients in the total elimination of fish meal and fish oil in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 298, p. 294-299, 2010.

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

SANCHES, E. G.; GIOVANNI L. M.; HILTON, A. J. Primeira ocorrência de malformação na coluna vertebral em juvenis de robalo-flecha. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 39, n. 1, p. 77-83, 2013.

SAOUD, P. *et al.* Influence of salinity on survival, growth, plasma osmolality and gill Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase activity in the rabbitfish *Siganus rivulatus*. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 348, p. 183-190, 2007.

SARGENT, J.; TOCHER, D. R.; BELL, J. G. The lipids. *In: HALVER, J. E.; HARDY, R. W.* (Ed.). **Fish nutrition**. San Diego, CA: Academic Press: Elsevier, 2002. p. 181-205.

SARKER, P. K. *et al.* Sustainability issues related to feeding salmonids: a Canadian perspective. **Reviews in Aquaculture**, v. 5, p. 199-219, 2013.

SHAPAWI, R.; NG, W.K.; MUSTAFA, S. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in diets formulated for the humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. **Aquaculture**, v. 273, n. 1, p. 118-126, 2007.

SILVA, F. S. *et al.* **Tolerância e perfil hematológico do robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) exposto ao choque agudo de salinidade**. Recife, 2015. Disponível em: <<http://www.eventosufrpe.com.br/2015/cd/resumos/R0893-2.html>>. Acesso em: 22 dez. 2015.

SKALLI, A. *et al.* Peptide molecular weight distribution of soluble protein fraction affects growth performance and quality in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. **Aquaculture Nutrition**, v. 20, p. 118-131, 2014.

SOLIGO, T. A.; SOUZA, R. M.; CERQUEIRA, V. R. Weaning of the common snook (*Centropomus undecimalis*) early juveniles reared in laboratory using commercial and experimental diets. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 37, p. 367-374, 2011.

SOUZA-FILHO, J. J.; CERQUEIRA, V. R. Influência da densidade de estocagem no cultivo de juvenis de robalo-flecha mantidos em laboratório. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 11, p. 1317-1322, 2003.

STERZELECKI, F. C. *et al.* The effect of salinity on osmoregulation and development of the juvenile fat snook, *Centropomus Parallelus* (Poey). **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 3,

p. 609-615, 2013.

STERZELECKI, F.C. **Efeitos da salinidade no desenvolvimento de juvenis de robalo peva, *Centropomus parallelus* (Poey)**. 2009. 52 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

STEVENS, P. W.; BLEWETT, D. A.; POULAKIS, G. R. Variable habitat use by juvenile Common Snook, *Centropomus undecimalis* (Pisces: Centropomidae): applying a life-history model in a southwest Florida estuary. **Bulletin of Marine Science**, v. 80, n. 1, p. 83-108, 2007.

STONE, D. A. J. Dietary carbohydrate utilization by fish. **Reviews in Fishery Science**, v. 11, p. 337-369, 2003.

TACON, A. G. J.; METIAN, M. Global overview on the use of fish meal and fish oil in Industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. **Aquaculture**, v. 285, p. 146-158, 2008.

TAYLOR, R. G. *et al.* Age, growth, maturation, and protandric sex reversal in the common snook, *Centropomus undecimalis*, from South Florida waters. **Fisheries Bulletin**, v. 98, n. 3, p. 612-624, 2000.

TOMÁS, A. *et al.* Utilization of soybean meal as an alternative protein source in the Mediterranean yellowtail, *Seriola dumerili*. **Aquaculture nutrition**, v. 11, p. 333-340, 2005.

TSUZUKI, M. Y.; CARDOSO, R. F.; CERQUEIRA, V. R. Growth of juvenile fat snook *Centropomus parallelus* in cages at tree stocking densities. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 2, p. 319-324, 2008.

TSUZUKI, M. Y. *et al.* Salinity tolerance of laboratory reared juveniles of the fat snook *Centropomus parallelus*. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 55, n. 1, p. 1-5, 2007a.

TSUZUKI, M. Y. *et al.* Survival, growth and digestive enzyme activity of juveniles of the fat snook (*Centropomus parallelus*) reared at different salinities. **Aquaculture**, v. 271, p. 319-325, 2007b.

TUCKER, J. W. Snook and tarpon snook culture and preliminary evaluation for commercial farming. **The Progressive Fish Culturist**, v. 49, p. 49-57, 1987.

TUCKER, J. W.; KENNEDY-JUNIOR, S. B. Comparison of some developmental, nutritional, behavioural, and health factors relevant to stocking of striped mullet (Mugilidae), sheepshead (Sparidae), common snook (Centropomidae), and Nassau groupers (Serranidae), *In*: KAKAMURA, Y. *et al.* (Ed.). **Ecology of aquaculture species and enhancement of stocks**. Sarasota, FL: UJNR, 2003. p. 191-194.

TUCKER, J. W.; LANDAU, J. W.; FALKNER, B. E. Culinary value and composition of wild and captive common snook, *Centropomus undecimalis*. **Florida Science**, v. 48, n. 4, p. 196-200, 1985.

TUCKER, J. W.; JORY, D. E. Marine fish culture in the Caribbean region. **World Aquaculture**. v. 22, n.1, p. 10-27, 1991.



TUCKER, J. W. **Marine fish culture**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998.

WATANABE, K. *et al.* Energy and protein requirements of yellowtail for maximum growth and maintenance of body weight. **Fisheries Science**, v. 66, p. 1053-1061, 2000.

WEBSTER, C. D.; TIU, L. G.; TIDWELL, J. H. Total replacement of fish meal by soy bean meal, with various percentages of supplemental L-methionine, in diets for blue catfish, *Ictalurus furcatus* (Lesueur). **Aquaculture Research**, v. 26, p. 299-306, 1995.

WILLIAMS, K. C.; IRVIN, S.; BARCLAY, M. Polka dot grouper *Cromileptes altivelis* Fingerlings require high protein and moderate lipid diets for optimal growth and nutrient retention. **Aquaculture Nutrition**, v. 10, p. 125-134, 2004.

WINNER, B. L. *et al.* Relative abundance and distribution of Common Snook along shoreline habitats of Florida estuaries. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 139, p. 62-79, 2010.

XIMENES, M. O. C.; FONTELES-FILHO, A. A. Idade e crescimento do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) e do robalo peva, *Centropomus parallelus* (Poey, 1860), no sudeste do Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 40, n. 1, p. 78-88, 2007.

XUE, M. *et al.* Performance, body compositions and metabolism of nitrogen and phosphorus in Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* Brandt, as affected by dietary animal protein blend replacing fishmeal and protein levels. **Aquaculture Nutrition**, v. 18, p. 493-501, 2012.

YUN, B. *et al.* Fishmeal can be totally replaced by plant protein blend at two protein levels in diets of juvenile Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* Brandt. **Aquaculture Nutrition**, v. 20, p. 69-78, 2014.

ZARZA-MEZA, E. A. *et al.* Experimental culture of common snook *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) and fat snook *Centropomus parallelus* (Poey, 1860) (Perciformes: Centropomidae) in freshwater concrete pond. **Veterinária México**, v. 37, p. 327-329, 2006a.

ZARZA-MEZA, E. A. *et al.* Experimental culture of snook *Centropomus undecimalis* and chucumite *Centropomus parallelus* (Perciformes: Centropomidae) in artisanal earthen ponds. **Ciencias Marinas**, v. 32, p. 219-227, 2006b.

ZHOU, Q. C. *et al.* Dietary lysine requirement of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 273, p. 634-640, 2007.

ZHOU, Q. C. *et al.* Optimal dietary Methionine requirement for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 258, p. 551-557, 2006.

ZHOU, Q. C. *et al.* Partial replacement of fishmeal by soybean meal in diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture Nutrition**, v. 11, p. 175-182, 2005.