

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

VITAMINA A NA ALIMENTAÇÃO DO PACU *Piaractus
mesopotamicus* HOLMBERG, 1887

Autor: Arcangelo Augusto Signor
Orientador: Prof. Dr. Lauro Daniel Vargas Mendez
Co-orientador: Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo

Maringá
Estado do Paraná
Setembro - 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

VITAMINA A NA ALIMENTAÇÃO DO PACU *Piaractus
mesopotamicus* HOLMBERG, 1887

Autor: Arcangelo Augusto Signor
Orientador: Prof. Dr. Lauro Daniel Vargas Mendez
Co-orientador: Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de Concentração: Produção Animal.

Maringá
Estado do Paraná
Setembro – 2011

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

S578 Signor, Arcangelo Augusto
Vitamina A na alimentação do Pacu *Piaractus mesopotamicus* HOLMBERG, 1887 / Arcangelo Augusto Signor. -- Maringá: [s.n.], 2011.
65 f.

Orientador : Prof° Dr° Lauro Daniel Vargas Mendez.

Co-orientador: Prof° Dr° Wilson Rogério Boscolo.
Tese (doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Estadual de Maringá.

1. Aquicultura. 2. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) - Alimentação. 3. Nutrição - Peixes nativos. 4. Vitaminas lipossolúveis. I. TÍTULO

CDD 21. ed. 639.375



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

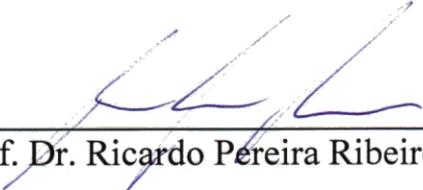
**VITAMINA A NA ALIMENTAÇÃO DO PACU *Piaractus
mesopotamicus* HOLMBERG, 1987**

Autor: Arcangelo Augusto Signor

Orientador: Prof. Dr. Doutor Lauro Daniel Vargas Mendez

TITULAÇÃO: Doutor em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

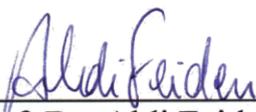
APROVADA em 13 de setembro de 2011.



Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro



Profª Drª Betina Muelbert



Prof. Dr. Aldi Feiden



Dr. Luiz Alexandre Filho



Prof. Dr. Lauro Daniel
Vargas Mendez
(Orientador)

Aos

meus pais,

Arquimedes e Zélia Maria Signor,

pelo carinho, apoio, incentivo, ensinamentos,
atenção e por serem motivo de minha
existência e espelho de minhas conquistas,
exemplos de amor e persistência. Minha
eterna gratidão, admiração, amor e respeito;

Aos

meus irmãos,

Altevir, Adriana e Andréia Signor,

pelo apoio, amizade e carinho

À

minha noiva,

Flavia Renata Potrich,

pelo apoio, paciência, amizade e compreensão

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Professor, orientador e amigo, Dr. Lauro Vargas, pela confiança em meu trabalho, pelos ensinamentos, amizade e incentivo.

Ao Professor, co-orientador e amigo, Dr. Wilson Rogério Boscolo, pelas orientações de iniciação científica, dissertação e co-orientação no doutorado, que muito contribuiu para a execução dos trabalhos.

Ao Professor Dr. Aldi Feiden, pelo auxílio, apoio e disponibilidade das estruturas experimentais utilizadas.

Ao Professor Dr. Altevir Signor, pelo apoio e orientações do início dos trabalhos a análises estatísticas dos dados.

À Professora Dra. Maria Raquel e às Técnicas Eurides e Maria dos Anjos, pelo apoio pela atenção, confiança e ajuda na Histologia.

Ao Msc. Sidnei Klein, Dacley Hertes Neu, Fabio Bittencourt, Evandro Kleber Lorenz, Marcia Luzia Ferarreze Maluf, Fabiana Dieterich, Talita Dieterich, Odair Diemer, pela ajuda durante a realização dos trabalhos.

Às mestrandas, Juliana Alice Losch, Flavia Renata Potrich, Joana Karin Fincler, Michele Zaminham, Juliana Veit, pela ajuda na realização dos trabalhos

Ao Rafael Glenn, pelo apoio e ajuda na realização dos trabalhos em Santa Helena-PR.

A todos os estagiários do Grupo de Estudos de Manejo em Aquicultura, pela ajuda durante a realização dos experimentos.

À Universidade Estadual de Maringá (UEM) e ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia (PPZ) e ao Departamento de Zootecnia (DZO).

À Itaipu Binacional que, por meio do convênio Itaipu/Unioeste, disponibilizou a estrutura para a realização do experimento.

A todas as pessoas que ajudaram direta ou indiretamente na condução dos experimentos.

MUITO OBRIGADO...

BIOGRAFIA

ARCANGELO AUGUSTO SIGNOR, filho de Arquimedes Signor e Zélia Maria Signor, nasceu na cidade Boa Vista da Aparecida-PR, no dia 28 de setembro de 1981.

Em agosto de 2002, iniciou o Curso de Engenharia de Pesca, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Em março de 2007, concluiu o Curso de Engenharia de Pesca, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Em agosto de 2008, obteve o título de Mestre em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Em setembro de 2008, iniciou sua carreira de Professor celetista no curso de Engenharia de Pesca da Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Em março de 2009, ingressou no Programa de Pós-graduação *stricto sensu* em Zootecnia, em Nível de Doutorado, área de concentração em Produção Animal, pela Universidade Estadual de Maringá.

Em setembro de 2011, submeteu a defesa da tese para obtenção do título de Doutor em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, pela Universidade Estadual de Maringá.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
I – INTRODUÇÃO	1
1.1 Pacu <i>Piaractus mesopotamicus</i> HOLMBERG, 1887	2
1.2 Tanques-rede	3
1.3 Vitamina A	5
Referências	9
II – OBJETIVOS	16
2.1 Objetivos específicos	16
III – VITAMINA A NA DIETA DE JUVENIS DE PACU (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) CULTIVADOS EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO	17
Resumo	17
Abstract	18
Introdução	19
Material e Métodos	20
Resultados e Discussão	23
Conclusão	28
Referências	28

IV – VITAMINA A NA DIETA DE JUVENIS DE PACU (<i>Piaractus mesopotamicus</i>)	
CULTIVADOS EM TANQUES-REDE	43
Resumo	43
Abstract	44
Introdução	45
Material e Métodos	46
Resultados e Discussão	48
Conclusão	51
Referências	51
V – CONSIDERAÇÕES FINAIS	64

LISTA DE TABELAS

	Página
III – Vitamina A na dieta de juvenis de pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) cultivados em sistema de recirculação	
Tabela 1	Composição percentual e química da ração-base 34
Tabela 2	Desempenho produtivo dos juvenis de pacu alimentados com níveis de vitamina A na dieta 35
Tabela 3	Rendimento e composição química da carcaça do pacu alimentado com níveis de vitamina A na diet 39
Tabela 4	Relação hepatossomática e número de hepatócitos no fígado dos pacus alimentados com suplementação de vitamina A 40
Tabela 5	Parâmetros sanguíneos de pacu alimentado com níveis de vitamina A na dieta 42
IV – Vitamina A na dieta de juvenis de pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) cultivados em tanques-rede	
Tabela 1	Composição percentual e química da ração basal 56
Tabela 2	Parâmetros de qualidade de água no período experimental 57
Tabela 3	Desempenho produtivo dos juvenis de pacu alimentados com níveis de vitamina A na dieta 59
Tabela 4	Rendimento e composição química da carcaça do pacu alimentado com níveis de vitamina A na dieta e cultivados em tanques-rede (matéria natural) 60
Tabela 5	Parâmetros sanguíneos de pacu alimentado com vitamina A em tanques-rede 63

LISTA DE FIGURAS

	Página
I – Introdução	
Figura 1	6
<p>Esquema geral do metabolismo da vitamina A em mamíferos (Ross, 2003). FL: fosfolípido; BE: borda em escova; ER: Éster de retinila; LLP: lípase de lipoproteína; Quilo: quilomícron; LRAT: lecitina retinol aciltransferase</p>	
III – Vitamina A na dieta de juvenis de pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) cultivados em sistema de recirculação	
Figura 1	36
<p>Peso final médio dos juvenis de pacu alimentados com dietas suplementadas com vitamina A</p>	
Figura 2	37
<p>Ganho em peso diário médio dos juvenis de pacu alimentados com dietas suplementadas com vitamina A</p>	
Figura 3	38
<p>Conversão alimentar dos juvenis de pacu alimentados com dietas suplementadas com vitamina A</p>	
Figura 4	41
<p>Características do fígado juvenis de pacu alimentados com dietas suplementadas com vitamina A. Veia centro lobular (VC); arranjo cordonal dos hepatócitos (AC); núcleo centralizado no hepatócito (NC); núcleo deslocado para a periferia (ND). a) HE - 100x; b) HE – 400X</p>	
IV – Vitamina A na dieta de juvenis de pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) cultivados em tanques-rede	
Figura 1	58
<p>Variação da temperatura em função do período experimental</p>	
Figura 2	61
<p>Vitamina A no fígado de pacus alimentados com níveis de vitamina A na dieta</p>	
Figura 3	62
<p>Lipídios no fígado de pacus alimentados com níveis de vitamina A na dieta</p>	

RESUMO

Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de avaliar a suplementação de vitamina A em dietas para pacu *Piaractus mesopotamicus*. Para o experimento I, foram utilizados 240 juvenis com peso inicial médio de $17,55 \pm 3,22$ g e comprimento inicial médio de $9,29 \pm 0,63$ cm, distribuídos aleatoriamente em 20 caixas circulares de 500 L (5 tratamentos e 4 repetições), por um período de 102 dias. A suplementação de vitamina A nas dietas foi de 0, 3.000, 6.000, 9.000 e 12.000 UI de vitamina A/kg de dieta, suplementadas na forma de acetato de retinol (1.000.000 UI/g de vitamina A) incluído no suplemento mineral e vitamínico. Os juvenis foram alimentados às 8h, 11h, 14h e 17h à vontade. Foram avaliados os efeitos sobre o desempenho produtivo, rendimento corporal, composição química da carcaça, variáveis hematológicas e histologia do fígado. Não foi observado diferença ($P > 0,05$) sobre a conversão alimentar aparente, sobrevivência, comprimento final e fator de condição. Foi observado efeito quadrático para os parâmetros de peso final, ganho em peso diário e eficiência alimentar com níveis ótimos de 6.666, 6.583 e 5.555 UI de vitamina A/kg de ração, respectivamente. Não foram observadas diferenças para rendimento e composição química da carcaça, parâmetros sanguíneos e histologia do fígado. Em dietas formuladas com ingredientes comerciais para juvenis de pacu *P. mesopotamicus* criados em sistema de recirculação recomenda-se a suplementação de 5.555 UI de vitamina A/kg de ração. Para o experimento II, foram utilizados 2.000 peixes com peso inicial médio de $66,93 \pm 15,03$ g e comprimento inicial médio de $14,59 \pm 1,07$ cm, distribuídos inteiramente ao acaso em 20 tanques-rede de $5,0 \text{ m}^3$ (5 tratamentos e 4 repetições com 20 peixes/ m^3), por um período de 90 dias. A suplementação de vitamina A nas dietas foi por meio do acetato de retinol (1.000.000 UI/g de vitamina A) incluído no suplemento mineral e vitamínico para as dietas apresentarem 0, 3.000, 6.000, 9.000 e 12.000 UI de vitamina A/kg de

dieta. Os juvenis foram alimentados às 8h30min, 13h30min e 17h30min à vontade. Foram avaliados os efeitos da suplementação de vitamina A nas dietas sobre o desempenho produtivo, rendimento corporal, composição química da carcaça, variáveis hematológicas, concentração de vitamina A e lipídios no fígado. Não foi observada influência ($P>0,05$) dos níveis de vitamina A na dieta sobre os parâmetros de desempenho produtivo, rendimento e composição química da carcaça, parâmetros sanguíneos e lipídios no fígado, porém, observou-se aumento na concentração de vitamina A no fígado. A suplementação de vitamina A em dietas para juvenis de pacu criado em tanques-rede não influenciou no desempenho produtivo, rendimento e composição química da carcaça, parâmetros sanguíneos e no teor de lipídios do fígado; entretanto, aumentou a retenção de vitamina A no fígado dos peixes.

Palavras-chave: aquicultura, nutrição, peixes nativos, vitaminas lipossolúveis.

ABSTRACT

Two studies were carried out to evaluate vitamin A supplemented by retinyl acetate in pacu *Piaractus mesopotamicus* diets. In experiment I, 240 juveniles with an average initial weight of 17.55 ± 3.22 g were distributed randomized in 20 aquariums (500L), with five treatments and four replications. The vitamin A supplementation in diets was 0; 3.000; 6.000; 9.000 and 12.000 UI vitamin A/kg of diet supplemented by retinyl acetate (1.000.000 UI/g vitamin A), included in mineral and vitamin supplement. The juveniles were fed at 8:00; 11:00; 2:00 and 5:00, until apparent satiety. Effects of vitamin A supplementation in diets on productive performance was evaluated, as well as body yield, carcass chemical composition, hematologic and histologic variables of the liver. No difference was observed on feed conversion rate, survival, final length and factor condition for pacu fed with diets containing different levels of vitamin A. A quadratic effect was observed on parameters of final weight, daily weight gain, feed efficiency with better results for 6.666; 6.583 and 5.555 UI vitamin A/kg diet levels, respectively. There were no differences in carcass yield, carcass chemical composition, blood parameters and liver histology of pacu. In commercial diets formulated with ingredients for juveniles of pacu *Piaractus mesopotamicus*, reared in a recirculation system, it is recommended a supplementation of 5.555 UI vitamin A/kg diet, providing the best results in daily weight gain. For experiment II, 2.000 fish were used with initial average weight of 66.93 ± 15.03 g and medium initial length of 14.59 ± 1.07 cm, completely distributed at random in 20 cages of 5.0 m^3 (five treatments and four replications with 20 fish/ m^3). The vitamin A supplementation in diets was by retinyl acetate (1.000.000 UI/g of vitamin A) included in mineral and vitamin supplement for diets presenting 0; 3.000, 6.000, 9.000 and 12.000 UI of vitamin A/kg of diet. The juveniles were fed at 8:30, 1:30 and 5:30 until apparent satiety. The effects of vitamin A supplementation in

diets were evaluated on growth performance, body yield, carcass chemical composition, hematologic variables, vitamin A concentration and lipids in liver. No influence was observed on diet in vitamin A levels on growth performance in carcass yield, carcass chemical composition, blood parameters and lipids, however there was observed a higher concentration of vitamin A in liver. The vitamin A supplementation in diets for pacu juveniles reared in cages did not influence on growth performance, carcass yield, carcass chemical composition, blood parameters and liver lipids, however, there are influences in the vitamin A retention on the liver of fish.

Keywords: aquaculture, fat-soluble vitamin, native fish, nutrition.

I – INTRODUÇÃO

A atividade aquícola comercial está baseada em sistemas intensivos de produção com cultivos de espécies exóticas, destacando-se as tilápias. Porém, as espécies nativas vêm ganhando adeptos para seu cultivo em virtude de algumas características, mercadológicas onde o cultivo de espécies exóticas não é permitido pela atual legislação. Dentre as espécies nativas, o pacu tem se destacado pela rusticidade ao manejo, crescimento rápido, adaptação a vários sistemas de cultivo, hábito alimentar onívoro aceitando dietas artificiais, elevado rendimento corporal e aceitação pelo mercado consumidor, elevando o seu valor comercial.

O pacu adapta-se ao sistema de cultivo em tanques-rede que se apresenta em grande expansão no Brasil. O potencial hídrico brasileiro distribuído em grandes açudes naturais e artificiais, reservatórios com fins de exploração energética são propícios a produção de peixes em tanques-rede, aliando a produção e disponibilidade de insumos para o processamento de dietas, destacando o Brasil como um grande potencial de produção aquícola mundial. A produção em tanques-rede está associada à produção de rações que atendam à exigência dos animais, pois estão confinados com acesso restrito à alimentação natural. O sistema é totalmente dependente de ração artificial que forneçam proteínas, lipídios, carboidratos, minerais e vitaminas.

O enriquecimento vitamínico das dietas é essencial, pois são compostos orgânicos encontrados em pequenas quantidades nos alimentos, porém, essenciais para a saúde. Dietas com deficiências nestes micronutrientes provocam prejuízos no crescimento, reprodução, formação esquelética e saúde deixando o animal susceptível a infecções. As vitaminas podem ser divididas em duas classes, as lipossolúveis (solúveis em solventes orgânicos) e hidrossolúveis (solúveis em água). As solúveis em solventes orgânicos são

as vitaminas A, D, E e K. As solúveis em água são as vitaminas do complexo B e vitamina C.

As vitaminas são importantes cofatores ou substratos enzimáticos e possuem funções catalíticas específicas nos processos metabólicos. Desta forma, este estudo visa estimar a exigência e ou implicações causadas pelo excesso e/ou deficiência da vitamina A em peixes, pois estudos neste sentido ainda são escassos para espécies autóctones que apresentam potencial de cultivo.

1.1 Pacu *Piaractus mesopotamicus* HOLMBERG, 1887

O pacu *Piaractus mesopotamicus* é um peixe nativo das bacias do rio Paraná-Paraguay, sendo muito importante para a pesca em função do seu interesse comercial para a região (Jomori et al., 2003), porém, atualmente possui ampla distribuição no Brasil até a bacia do Prata (Rodrigues et al., 2010). Habita grande quantidade de rios como o Paraguai, Teles Pires e Cuiabá (Mateus et al., 2004), no pantanal do Mato Grosso do Sul, nos rios Miranda, Aquidauna e Vermelho (Peixer & Pretere Jr., 2007) em São Paulo é encontrado no rio Paranapanema (Povh et al., 2008), encontrado ainda nos rios Paraná, Mogi-Guaçu, Paraíba e Tietê (Jomori et al., 2003; Souza et al., 2003). Porém, este peixe vem apresentando progressiva redução do estoque populacional (Lopera-Barrero et al., 2008). Em seu habitat natural é um peixe rústico e utiliza alimentos bastante diversificados variando em função da sazonalidade (Abimorad & Carneiro, 2004; Rodrigues et al., 2010), com frutas e sementes (Nakatani et al., 2001) também folhas, resíduos vegetais, peixes e moluscos são comuns na dieta.

Com a redução nos estoques naturais, surge o interesse na exploração comercial em sistemas intensivo e superintensivo de produção. Atualmente, vem sendo cultivado em diferentes regiões do país (Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Norte) representando 5,9% da produção em relação à produção total brasileira de peixes cultivada em águas interiores (Lopera-Barrero et al., 2011). Dentre os Estados produtores de pacu, no ano de 2007, Mato Grosso produziu 42,9%, São Paulo 17,1%, Mato Grosso do Sul 12,2%, Tocantins 11,5%, Goiás 8,1% e outros Estados somam 8,2% (Lopera-Barrero et al., 2011). Segundo estes autores, a produção do tambacu, peixe híbrido do cruzamento do pacu com tambaqui, é de 5,5% da produção de pescados de águas interiores, destacando-se o Mato Grosso com 50,7% da produção, seguido por Mato Grosso do Sul 14,5%, São Paulo 13,1%, Goiás 9,4%, outros Estados produtores somam 12,3%.

Algumas características como elevado valor comercial, rusticidade ao manejo, precocidade, rápido crescimento e adaptação aos sistemas produtivo, elevado rendimento em tronco limpo (60%) e filé (45%) (Signor et al., 2010), baixo percentual de cabeça (Faria et al., 2003), baixa exigência proteica e fácil aceitação de dietas comerciais (Signor et al., 2010) destacam esta espécie para aquicultura nacional (Jomori et al., 2003).

O fator mais importante para o bom crescimento de qualquer espécie em sistemas de criação é uma alimentação adequada, principalmente em sistemas intensivos de criação, que tem sido crescente no Brasil (Abimorad & Carneiro, 2004). Dentre estes sistemas de criação destacam-se os tanques-rede, proporcionando altos índices de biomassa, otimizando a unidade produtora em reduzido espaço físico (Signor et al., 2010). Peixe com características de natação em cardume suporta muito bem densidades de 80 peixes/m³, proporcionando maiores resultados de biomassa (75 kg/m³) e reduzindo os índices de gordura visceral (Bittencourt et al., 2010), características que contribuíram para tornar o pacu umas das espécies nativas mais cultivada no Brasil (Boscardin, 2008).

1.2 Tanques-rede

A implementação do cultivo de peixes em tanques-rede veio a incrementar a produção aquícola, porém, atualmente necessita-se de informações para diferentes espécies de importância econômica, possibilitando a escolha das mais produtivas (Cardoso et al., 2005). Segundo Figueiredo & Faria, (2005), este sistema está cada vez mais difundido entre os piscicultores e empresários que atuam no setor sendo uma técnica de produção de peixes econômica quando comparada ao sistema de cultivo em viveiros escavados (Ono, 1998). A maior vantagem do sistema de cultivo em tanques-rede é a possibilidade de produzir organismos em reservatórios de hidrelétricas, lagos, rios e açudes de grande porte, além de permitir a criação de várias espécies próximas umas das outras.

O Brasil possui características favoráveis à produção de peixes neste sistema. Detém grandes reservatórios naturais e artificiais, aliados à construção de reservatório com fins de exploração de energia elétrica, porém, a legislação atual prevê utilização de usos múltiplos, com a navegação, turismo, aquicultura. Estas características aliadas ao clima tropical favorável para a produção e inúmeras espécies de peixes, disponibilidade

de insumos para o processamento de dietas completas, apresentam as condições básicas para o sucesso deste sistema produtivo.

Em virtude do grande potencial produtivo, a legislação assume importante papel no direcionamento da atividade para não ocorrer exploração sem controle e fiscalização. Neste sentido, o Decreto nº 2.869 de 9 de dezembro de 1998 regulamenta a cessão de águas públicas para exploração da aquicultura. Sua implantação depende de compatibilizar a atividade econômica com sustentabilidade ambiental evitando conflitos no uso dos recursos hídricos e promovendo o desenvolvimento regional. Posteriormente com o Decreto nº 4.895 de 25 de novembro de 2003, que regulamenta a cessão de águas públicas para exploração da aquicultura e a Instrução Normativa Interministerial nº 6 de 31 de maio de 2004, a qual estabelece normas complementares para a autorização de uso dos espaços físicos em corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura, definiram-se os procedimentos para utilização da água da União para implantação do sistema de produção em tanques-rede.

No cultivo em tanques-rede, os peixes são confinados em elevadas densidades de estocagem em reduzido espaço, sendo totalmente dependentes da qualidade de água para o sucesso da atividade. Os resíduos metabólicos e sobras das dietas são liberados diretamente no ambiente, aumentando a concentração de nitrogênio e fósforo na água, favorecendo a proliferação de algas e plantas aquáticas (Mallasen et al., 2008), que podem prejudicar o produção de peixes. Desta forma, a adequada densidade de cultivo aliada à renovação de água do ambiente é fundamental para a implantação deste sistema produtivo.

Dietas completas são necessárias neste sistema produtivo, pois os peixes em seu habitat natural vão em busca do seu alimento, no entanto, quando estes são submetidos ao confinamento têm acesso restrito ao alimento natural, são totalmente dependentes de dietas balanceadas (Pezzato et al., 2001), quanto à proteína, lipídios, carboidratos, vitaminas e minerais que promovam bom desempenho dos animais (Silva & Siqueira, 1997), pois as dietas devem atender às exigências da espécie.

O cultivo de peixes em tanque-rede tem se destacado na aquicultura nacional por ser um sistema de produção que proporciona altos índices de biomassa. Bittencout et al. (2010) relataram que a estocagem de 100 pacus por metro cúbico apresenta o menor ganho em peso, porém, apresenta a maior biomassa final. Resposta semelhante foi observada para a tilápia, que com a densidade de 200 peixes por metro cúbico apresentam o menor peso médio, porém máxima biomassa final (Araujo et al., 2010).

Estes resultados demonstram o potencial produtivo deste sistema, que atinge cada vez mais adeptos e com maiores escalas produtivas, embora cuidados devem ser tomados quanto à intensificação da atividade, pois pode levar a um colapso quando atingida por enfermidades.

1.3 Vitamina A

As vitaminas apresentam-se em pequenas quantidades nos alimentos sendo essencial para o equilíbrio orgânico dos animais, proporcionando sinais de deficiência quando em quantidades insuficientes (Guimarães, 2009). São consideradas micronutrientes nas dietas para peixes, sendo importantes cofatores ou substratos de reações enzimáticas tendo funções catalíticas específicas no metabolismo celular (Steffens, 1989), estando envolvidas nas reações e vias bioquímicas (Devlin, 1998). Sendo micronutrientes, são necessárias em pequenas quantidades na dieta, atuam na manutenção da saúde, crescimento e reprodução normal dos organismos (McDowell, 1989). Quantidades inadequadas resultam em doenças relacionadas à nutrição, crescimento e susceptibilidade a infecções (NRC, 1993).

As vitaminas lipossolúveis, que incluem a vitamina A são absorvidas ao longo do intestino delgado junto com os lipídios provenientes das dietas. Desta forma, condições favoráveis para absorção de lipídios proporcionam aumento da absorção desta vitamina (NRC, 1993).

O fígado é o principal órgão ligado ao metabolismo da vitamina A, pois é o local de armazenamento (Ornsrud et al., 2002; Furuita et al., 2003; Campeche et al., 2009; Guimarães, 2009; Fernandez & Gisbert, 2011). A absorção se inicia no intestino, chega ao enterócito ligado à proteína e aos ésteres de retinil são incorporados nos quilomicra e secretados no sangue. No fígado, os quilomicra são incorporados através de endocitose para os hepatócitos, onde ésteres de retinil são armazenados, posteriormente são hidrolisados e lançados como retinol livre (Fernandez & Gisbert, 2011). Segundo estes autores, o retinol é re-esterificado em ésteres de retinil e armazenado em gotículas lipídicas citoplasmáticas. Por o fígado ser o principal órgão de armazenamento da vitamina A, sua concentração pode variar amplamente. No entanto, a concentração plasmática de retinol se apresenta dentro de uma faixa estreita e regulada, diminuindo somente quando os depósitos hepáticos de vitamina A estão praticamente esgotados, sendo mobilizados quase totalmente, quando a dieta não atende às exigências (Ross,

2003). Um esquema geral do metabolismo da vitamina A em mamíferos está apresentada na Figura 1.

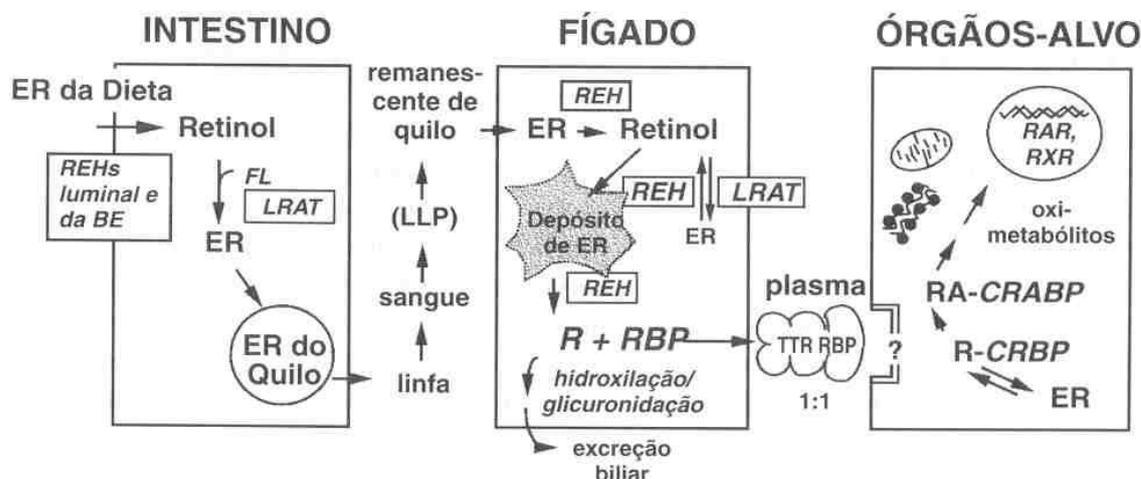


Figura 1. Esquema geral do metabolismo da vitamina A em mamíferos (Ross, 2003). FL: fosfolipídio; BE: borda em escova; ER: Éster de retinila; LLP: lípase de lipoproteína; Quilo: quilomícron; LRAT: lecitina retinol aciltransferase.

A vitamina A, segundo Devlin (1998), participa de várias funções nos organismos, estando envolvida na síntese de algumas glicoproteínas e glicosaminoglicanos, agindo como hormônios esteroides na regulação do crescimento e diferenciação celular, além da visão, reprodução, desenvolvimento embrionário e atua na resposta imune (Halver, 2002; Furuita et al., 2003; Shiau & Lin, 2006), deformações esqueléticas (Fernandez et al., 2009; Lall & Lewis McCrea, 2007), redução de crescimento (Weston et al., 2003; Lall & Lewis McCrea, 2007) provocando mortalidade dos animais.

Entre os componentes nutricionais conhecidos por afetar a reprodução e desenvolvimento larval, a vitamina A desperta interesse dos nutricionistas (Fontané-Dicharry et al., 2010). As vitaminas A, C, E e K, aminoácidos, ácidos graxos, e minerais como fósforo, zinco e manganês (Kitajima et al., 1994; Cahu et al., 2003; Lall e Lewis McCrea, 2007; Nguyen et al., 2008; Fernandez et al., 2009; Saavedra et al., 2010), fatores como genéticos (Ferrareso et al., 2010; Silva et al., 2011) e ambientais (Kihara et al., 2002; Hattori et al., 2004; Fjellidal et al., 2005) estão relacionados às deformidades larvais. Desta forma, as perdas por deformidade esqueléticas em larvas podem ser diversas prejudicando a identificação do problema.

A vitamina A tem despertado interesse de vários pesquisadores em visualizar seu efeito sobre as larvas de peixes (Fontagné et al., 2006; Villanueva et al., 2006; Peil et al., 2007; Fernandez et al., 2008; Fernandez et al., 2009; Mazurais et al., 2009; Haga et

al., 2011). No período de formação vertebral em larvas, doses elevadas de vitamina A podem ser tóxicas ao linguado (*Paralichthys olivaceus*), pela compressão das vértebras reduzindo o crescimento (Takeuchi et al., 1998).

Mazurais et al. (2009) demonstram uma variedade de deformidades esqueléticas externas, nas mandíbulas e nas nadadeiras do robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*), e deformidades internas, no esqueleto e suas ligações com nadadeiras dorsal, anal e caudal. Fernandez et al. (2008) observaram que larvas de gilthead sea bream (*Sparus aurata*) foram influenciadas pela vitamina A sobre o crescimento, sobrevivência e deformidades esqueléticas, e que níveis elevados aumentam os tipos de deformidades esqueléticas, demonstrando que larvas são sensíveis à hipervitaminose, pois acelera a ossificação intramembrana e incidência de fusão das vértebras. Fernandez et al. (2009) observaram que larvas de linguado (*Solea senegalensis*), alimentadas com níveis elevados de vitamina A apresentam maior deformação esquelética, afetando o desempenho e sobrevivência dos animais e notável efeito sobre a esqueleto, pois acelerou a ossificação das membranas, elevando a fusão de vértebras.

A exigência de vitamina A já foi estudada por Hilton (1993), Dedi et al. (1995), Thompson et al. (1995), Ornsrud et al. (2002), Mohamed et al. (2003), Hemre et al. (2004), Moren et al. (2004), Hu et al. (2006), Villeneuve et al. (2006), Campeche et al. (2009), Guimarães, (2009) e Guo et al. (2010), porém, os resultados apresentam grandes variações entre as espécies estudadas. Variações nas exigências podem estar relacionadas à forma de processamento e ingredientes utilizados na confecção das dietas, pois dependendo do processamento as dietas apresentam perdas consideráveis de vitamina A.

Dentre os peixes estudados, alimentados com diferentes concentrações de vitamina A, destaca-se a tilápia do Nilo, peixe de clima tropical cultivado em vários países. Campeche et al. (2009) relataram que o ganho em peso de tilápias não foi influenciado pelos níveis crescentes de vitamina A (0; 600; 1.200; 1.800; 2.400; 3.000; 3.600; 4.200; 4.800 e 5.400 UI/kg de dieta purificada), porém, os melhores resultados de peso final e conversão alimentar foram obtidas para os peixes alimentados com 5400 UI de vitamina. Guimarães (2009) estima sobre efeitos de regressão que os níveis que proporcionam os melhores resultados para o ganho em peso, consumo diário de ração, sobrevivência, taxa de crescimento específico e taxa de retenção proteica foram de 4.704, 4.681, 4.528, 3.802 e 5.300 UI kg⁻¹ em dieta semipurificada, respectivamente, e que a ausência de vitamina A prejudica a conversão alimentar.

Para tilápia híbrida (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*), Hu et al. (2006), avaliando dietas purificadas com 0, 1.000, 2.000, 6.000, 18.000 e 50.000 UI de vitamina A/kg de dieta, observaram que os melhores valores de ganho em peso e conversão alimentar foram estimados por regressão em 5.850 UI/kg. Porém, há relatos de não ocorrer diferenças no desempenho de tilápias do Nilo; Guo et al. (2010) relataram que os níveis de vitamina A (0, 500, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 UI/kg) suplementadas em dietas purificadas não influenciaram nos resultados de ganho em peso, conversão alimentar e sobrevivência dos animais.

Para outros peixes como a garoupa (*Epinephelus tauvina*) e juvenis de linguado (*O. paralicthys*), observaram-se melhores ganhos produtivos quando alimentados com 3.764, 5.000 e 10.000 UI de vitamina A/kg de dieta (Mohamed et al., 2003; Hernandez et al., 2005; Hernandez et al., 2007). Hemre et al. (2004) relataram que não observaram diferença nos parâmetros produtivos para juvenis de *sunshine bass* (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) alimentados com dietas que variam de 509 a 40.516 UI/kg, porém, o tratamento-controle sem suplementação de vitamina A apresenta médias inferiores de desempenho produtivo. Para trutas *Oncorhynchus mykiss*, Thompson et al. (1995) relataram que não observaram diferença no ganho em peso e conversão alimentar quando alimentadas com suplementação de vitamina A na dieta.

As exigências nutricionais de vitaminas, para os peixes, determinadas em condições ótimas de cultivo pode ser aumentada de três a dez vezes sua exigência quando estes animais se encontram em condições de estresse, doenças e interação social (Halver, 1995; Toguyeni et al., 1997). Porém, deficiências em vitaminas ocorrem principalmente em sistemas intensivos de produção, quando os animais são submetidos a maiores densidades de estocagem e a alimentação é estritamente artificial. Para cada espécie há a necessidade quantitativa relacionada ao hábito alimentar, pois algumas espécies podem sintetizar certas vitaminas e apresentam respostas diferentes a uma quantidade de vitamina (Lovell, 1998).

As vitaminas lipossolúveis necessitam de maior atenção sobre as necessidades metabólicas comparadas às vitaminas hidrossolúveis. As lipossolúveis são difíceis de serem excretadas sendo armazenadas no fígado pelos animais, quando a ingestão alimentar exceder a exigência metabólica. Desta forma, o consumo excessivo desta vitamina pode provocar hipervitaminose, porém, para ser tóxica, depende de dois fatores: a dieta apresentar excesso de vitamina A e o período de alimentação ser prolongado (Moren et al., 2004).

Referências

ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Métodos de coleta e fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração proteica e da energia de alimentos para o pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1987). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1101-1109, 2004.

ARAÚJO, G.C.; RODRIGUES, J.A.G.; SILVA, J.W.; FARIAS, W.L.R. Cultivo da tilápia do Nilo em tanques-rede circulares em diferentes densidades de estocagem. **Bioscience journal**, v.26, p.428-434, 2010.

BARROWS, F.T.; GAYLORD, G.T.; SEALEY, W.M.; PORTER, L.; SMITH, C.E. The effect of vitamin premix in extruded plant-based and fish meal based diets on growth efficiency and health of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.283, p.148-155, 2008.

BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R.; LORENZ, E.K.; MALUF, M.L.F. Densidade de estocagem e parâmetros eritrocitários de pacus criados em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2323-2329, 2010.

BOSCADIN, N.R. A produção aquícola brasileira. In: OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R.; SOTO, D. **Aquicultura no Brasil: o desafio e crescer**. Brasília, DF: CNPq, 2008. p.18-27.

BRASIL. **Decreto nº 2.869, de 9 de dezembro de 1998**. Regulamenta a cessão de águas públicas para exploração da aquicultura, e dá outras providências. Disponível em: <<http://br.vlex.com/vid/dezembro-regulamenta-aguas-aquicultura-34327135>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

BRASIL. **Decreto nº 4.895, de 25 de novembro de 2003**. Autorização de uso de espaços físicos de corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4895.htm>. Acesso em: 20 jun. 2011.

BRASIL. **Instrução Normativa Interministerial nº 06 de 31 de maio de 2004**. Estabelece as normas complementares para a autorização de uso dos espaços físicos em corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Legislacao/Instrucao_Normativa/040531_I_N_inter_06.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2011.

- CAHU, C.; ZAMBONINO INFANTE, J.; TAKEUCHI, T. Nutritional components affecting skeletal development in fish larvae. **Aquaculture**, v.227, p.245–258, 2003.
- CAMPECHE, D. F. B.; CATHARINO, R.R.; GODOY, H.T.; CYRINO, J. E. P. Vitamin A in diets for Nile tilapia. **Scientia Agricola**, v.66, p.751-756, 2009.
- CARDOSO, E.L.; FERREIRA, R.M.A.; PEREIRA, T.A.; CARDOSO, M.M.F. Cultivo de peixes em tanques-rede: EPAMIG/IEF. In: CARDOSO, E.L.; FERREIRA, R.M.A. **Cultivo de peixes em tanques-rede: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. Belo Horizonte: Epamig, 2005. p.9-22.
- CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A.; FERRIER, D.R. **Bioquímica ilustrada**. São Paulo: Artmed-Bookman, 2006.
- CHENG, Z.J.; HARDY, R.W. Effects of extrusion and expelling processing, and microbial phytase supplementation on apparent digestibility coefficients of nutrients in full-fat soybeans for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.218, p.501-514, 2003b.
- CHENG, Z.J.; HARDY, R.W. Effects of extrusion processing of feed ingredients on apparent digestibility coefficients of nutrients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture Nutrition**, v.9, p.77-83, 2003a.
- COELHO, M. Vitamin stability in premix and feeds: a practical approach in ruminant diets. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 13., 2002, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 2002. p.127-145.
- DEDI, J.; TAKEUCHI, T.; SEIKAI, T.; WATANABE, T. Hypervitaminosis and safe levels of vitamin A for larval flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed *Artemia* nauplii. **Aquaculture**, v.133, p.135-146, 1995.
- DEVLIN, T. M. **Manual de bioquímica com correlações clínicas**. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.
- FERNÁNDEZ, I.; GISBERT, E. The effect of vitamin A on flatfish development and skeletogenesis: a review. **Aquaculture**, v.315, p.34-48, 2011.
- FERNÁNDEZ, I.; HONTORIA, F.; ORTIZ-DELGADO, J.B.; KOTZAMANIS, Y.; ESTÉVEZ, A.; ZAMBONINO-INFANTE, J.L.; GISBERT, E. Larval performance and skeletal deformities in farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fed with graded levels of Vitamin A enriched rotifers (*Brachionus plicatilis*). **Aquaculture**, v.283, p.102–115, 2008.
- FERNANDEZ, I.; PIMENEL, M.S.; ORTIZ-DELGADO, J.B.; HONTORIA, F.; SARASQUETE, C.; ESTEVEZ, A.; ZAMBONINO, J.; GISBERT, E. Effect of dietary vitamin A on Senegalese sole (*Solea senegalensis*) skeletogenesis and larval quality. **Aquaculture**, v.295, p.250-265, 2009.
- FERRARESSO, S.; MILAN, M.; PELLIZZARI, C.; VITULO, N.; REINHARDT, R.; CANARIO, A. V. M.; PATARNELLO, T.; BARGELLONI, L. Development of an oligo DNA microarray for the European sea bass and its application to expression profiling of jaw deformity. **BMC Genomics**, v.11, p.354-370, 2010.

FIGUEIREDO, H.C.P.; FARIA, F.C. Manejo sanitário em sistemas de tanques-rede. In: CARDOSO, E.L.; FERREIRA, R.M.A. **Cultivo de peixes em tanques-rede: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. Belo Horizonte: Epamig, 2005. p. 81-90.

FJELLDAL, P.G.; NORDGARDEN, U.; BERG, A.; GROTMOL, S.; TOTLAND, G.K.; WARGELIUS, A.; HANSEN, T. Vertebrae of the trunk and tail display different growth rates in response to photoperiod in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., post-smolts. **Aquaculture**, v.250, p.516-524, 2005.

FONTAGNÉ, S.; BAZIN, D.; BRÈQUE, J.; VACHOT, C.; BERNARDE, C.; ROUAULT, T.; BERGOT, P. Effects of dietary oxidized lipid and vitamin A on the early development and antioxidant status of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) larvae. **Aquaculture**, v.257, p.400-411, 2006.

FONTAGNÉ-DICHARRY, S.; LATAILLADE, E.; SURGET, A.; BRÈQUE, J.; ZAMBONINO-INFANTE, J.L.; KAUSHIK, S.J. Effects of dietary vitamin A on broodstock performance, egg quality, early growth and retinoid nuclear receptor expression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.303, p.40-49, 2010.

FURUITA, H.; TANAKA, H.; YAMAMOTO, T.; SUZUKI, N.; TAKEUCHI, Y.T. Supplemental effect of vitamin A in diet on the reproductive performance and egg quality on the japanese flounder *Parachthys olivaceus* (T e S). **Aquaculture Research**, v.34, p.461-467, 2003.

GOFF, J.P. **Vitaminas**. In: REECE, W.O. **Fisiologia dos animais domésticos**. 12.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p. 353- 576.

GUIMARAES, I. G. **Vitamina A em dietas para tilápia do Nilo**. 2009. 100f. Tese (Doutorado) – UNESP, Botucatu.

GUO, R.; LIM, C.; XIA, H.; AKSOR, M.Y.; LI, M. Effect of various dietary vitamin A levels on growth performance and immune response of tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Frontiers of Agriculture in China**, v.4, p.507-512, 2010.

HAGA, Y.; DU, H.J.; SATOH, S.; KOTANI, T.; FUSHIMI, H.; TAKEUCHI, H. Analysis of the mechanism of skeletal deformity in fish larvae using a vitamin A-induced bone deformity model. **Aquaculture**, v.315, p.26-33, 2011.

HALVER, J. E. The vitamins. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Ed.). **Fish nutrition**. 3.ed. San Diego: Academic Press Inc., 2002. p.61-141.

HALVER, J.E. Vitamin requirement study techniques. **Journal of Applied Ichthyology**, v.11, p.215-224, 1995.

HATTORI, M.; SAWADA, Y.; TAKAGI, Y.; SUZUKI, R.; OKADA, T.; KUMAI, H. Vertebral deformities in cultured red sea bream, *Pagrus major*, Temminck and Schlegel. **Aquaculture Research**, v.34, p.1129-1137. 2003.

- HEMRE, G.I.; DENG, D.F.; WILSON, R.P.; BERNTSSEN, M.H.G. Vitamin A metabolism and early biological responses in juvenile sunshine bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) fed graded levels of vitamin A. **Aquaculture**, v.235, p.645–658, 2004.
- HERNANDEZ, L.H.; TESHIMA, S.I.; KOSHIO, S.; ISHIKAWA, M.; TANAKA, Y.; ALAM, S. Effects of vitamin A on growth, serum anti-bacterial activity and transaminase activities in the juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture**, v.262, p.444-450, 2007.
- HERNÁNDEZ, L.H.H.; TESHIMA, S.I.; ISHIKAWA, M.; ALAM, S.; KOSHIO, S.; TANAKA, Y. Dietary vitamin A requirements of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture Nutrition**, v.11, p.3-9. 2005.
- HILTON, J.W. Hypervitaminosis A in rainbow trout (*Salmo gairdineri*): toxicity signs and maximum tolerable level. **Journal Nutrition**, v.113, p.1737-1745, 1983.
- HU, C.J.; CHEN, S.M.; PAN, C.H.; HUANG, C.H. Effects of dietary vitamin A or β -catotene concentrations on growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture**, v.253, p.602-607, 2006.
- JOMORI, R.K.; CARNEIRO, D.J.; MALHEIROS, E.B.; PORTELLA, M.C. Growth and survival of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) juveniles reared in ponds or at different initial larviculture periods indoors. **Aquaculture**, v.221, p.277-287, 2003.
- KIHARA, M.; OGATA, S.; KAWANO, N.; KUBOTA, I.; YAMAGUCHI, R. Lordosis induction in juvenile red sea bream, *Pagrus major*, by high swimming activity. **Aquaculture**, v.212, p. 149-158, 2002.
- KITAJIMA, C.; WATANABE, T.; TSUKASHIMA, Y.; FUJITA, S. Lordotic deformation and abnormal development of swim bladders in some hatchery-bred marine physoclitous fish in Japan. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.25, p.64-77, 1994.
- LALL, S.P.; LEWIS-MCCREA, L.M. Role of nutrients in skeletal metabolism and pathology in fish - an overview. **Aquaculture**, v.267, p.3-19, 2007.
- LOPERA BARRERO, N.M.; RIBEIRO, R.R.; POVH, J.A.; PATRÍCIA C.; GOMES, P.C.G.; VARGAS, L.; OLIVEIRA, S.N. Caracterización genética de lotes de peces usados en programas de repoblamiento y su importancia en la conservación genética en la piscicultura. **Zootecnia Tropical**, v.26, p.515-522, 2008.
- LOPERA-BARRERO, N.M.; RIBEIRO, R.P.; POVH, J.A. GOMES, P.C.; VARGAS, L.; OLIVEIRA, S.N. Caracterización genética de lotes de peces usados en programas de repoblamiento y su importancia en la conservación genética en la piscicultura. **Zootecnia Tropical**, v.26, p.515-522, 2008.
- LOPERA BARRERO, N.M.; RIBEIRO, R.R.; POVH, J.A.; MENDEZ, L.D.V.; POVEDA-PARA, A.R. **Produção de organismos aquáticos: uma visão geral no Brasil e no mundo**. Guaíba: Agrolivros, 2011.

- LOVELL, T. **Nutrition and feeding of fish**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1998.
- MALLASEN, M.; BARROS, H.P.; YAMASHITA, E.Y. Produção de peixes em tanques-rede e a qualidade de água. **Revista Tecnologia e Inovação Agropecuária**, v.1, p.47-52, 2008.
- MATEUS, L.A.; PENHA, J.M.F.; PETRERE, M. Fishing resources in the rio Cuiabá basin, Pantanal do Mato Grosso, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v.2, p.217-227, 2004.
- MAZURAS, D.; GLYNATSI, N.; DARIAS, M.J.; CHRISTODOULOPOULOU, S.; CAHU, C.L.; ZAMBONINO-INFANTE, J.L.; KOUMOUNDOUROS, G. Optimal levels of dietary vitamin A for reduced deformity incidence during development of European sea bass larvae (*Dicentrarchus labrax*) depend on malformation type. **Aquaculture**, v.294, p.262-270, 2009.
- MCDOWELL, L.R. **Vitamins in animal nutrition**: comparative aspects to human nutrition. California: Academic Press Inc., 1989.
- MOHAMED, J.S.; SIVARAM, V.; CHRISTOPHER ROY, T.S.; MARIAN, M.P.; MURUGADASS, S.; HUSSAIN, M.R. Dietary vitamin A requirement of juvenile greasy grouper (*Epinephelus tauvina*). **Aquaculture**, v.219, p.693-701, 2003.
- MOREN, M.; OPSTAD, I.; BERNTSSSEN, M.H.G.; ZAMBONINO INFANTE, J.L.; HAMRE, K. An optimum level of vitamin A supplements for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) juveniles. **Aquaculture**, v.235, p.587-599, 2004.
- NAKATANI, K.; AGOSTINHO, A.A.; BAUMGARTNER, G. **Ovos e larvas de peixes de água doce**. Maringá: Eduem, 2001.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish**. Washington, D.C.: National Academic Press, 1993.
- NGUYEN, V.T.; SATOH, S.; HAGA, Y.; KOTANI, T.; FUSHIMI, H. Effects of zinc and manganese supplementation in *Artemia* on growth and vertebral deformity in red sea bream (*Pagrus major*) larvae. **Aquaculture**, v.285, p.184-192, 2008.
- ONO, E.A. **Cultivo de peixes em tanques-rede**. Campo Grande: [s.n.], 1998.
- ORNSRUD, R.; GRAFF, I.E.; HOIE, S.; TOTLAND, D.K.; HEMRE, G.I. Hypervitaminosis A in first-feeding fry of the Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture Nutrition**, v.8, p.7-13, 2002.
- PEIL, S.Q.; POUHEY, J.L.O.F.; LOPES, P.R.S.; MARTINS, C.R.; TIMM, G. Adição de vitamina A na dieta de pós-larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Biodiversidade Pampeana**, v.5, p.9-15, 2007.
- PEIXER, J.; PETRERE JR., M. Hook selectivity of the Pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) in the Pantanal, the state of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.67, n.2, p.339-345, 2007.

PEZZATO, L.D.; CASTAGNOLLI, N.; ROSSI F. **Nutrição e alimentação de peixes**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001.

POVH, J.A.; RIBEIRO, R.P.; SIROL, R.N.; STREIT JÚNIOR, D.P.; LOPERA-BARRERO, N.M.; VARGAS, L.; GOMES, P.C.; LOPES, T.S. Diversidade genética de pacu do Rio Paranapanema e do estoque de um programa de repovoamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.201-206, 2008.

RODRIGUES, L.A.; FERNANDES, J.B.K.; FABREGAT, T.E.H.P.; SAKOMURA, N.K. Desempenho produtivo, composição corporal e parâmetros fisiológicos de pacu alimentado com níveis crescentes de fibra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.897-902, 2010.

ROSS, A.C. Vitamina A e retinoides. In: SHILS, M.E.; OLSON, J.A.; SHIKE, M.; ROSS, A.C. (Ed.). **Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença**. Barueri: Manole, 2003.

SAAVEDRA, M.; CONCEIÇÃO, L.E.C.; BARR, Y.; HELLAND, S.; POUSÃO-FERREIRA, P.; YÚFERA, M.; DINIS, M.T. Tyrosine and phenylalanine supplementation on *Diplodus sargus* larvae: effect on growth and quality. **Aquaculture Research**, v.41, p.1523-1532, 2010.

SHIAU, S.Y.; LIN, Y.H. Vitamin requirements of tilapia: a review. In: SYMPOSIUM INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN ACUICOLA, 8., 2006, Monterrey. **Proceedings...** Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2006.

SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.; BITTENCOURT, F.; COLDEBELLA, A.; REIDEL, A. Proteína e energia na alimentação de pacus criados em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2336-2341, 2010.

SILVA, A.L.N.; SIQUEIRA, A.T. **Piscicultura em tanques-rede: princípios básicos**. Recife: SUDENE:UFRPE, 1997.

SILVA, T.S.; CORDEIRO, O.; RICHARD, N.; CONCEICAO, L.E.C.; RODRIGUES, P. Changes in the soluble bone proteome of reared white seabream (*Diplodus sargus*) with skeletal deformities. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.6, p.82-91, 2011.

SOUZA, V.L.; URBINATI, E.C.; MARTINS, M.I.E.G.; SILVA, P.C. Avaliação do crescimento e do custo da alimentação do pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887) submetido a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.19-28, 2003.

STEFFENS, W. **Principles of fish nutrition**. New York: Hasled Press, 1989.

TAKEUCHI, T.; DEDI, J.; HAGA, Y.; SEIKAI, T.; WATANABE, T. Effect of vitamin A compounds on bone deformity in larval Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). **Aquaculture**, v.169, p.155-165, 1998.

THOMPSON, I.; CHOUBERT, G.; HOULIHAN, D.F.; SECOMBES, C.J. The effect of dietary vitamin A and astaxanthin on the immunocompetence of rainbow trout. **Aquaculture**, v.133, p.91-102, 1995.

TOGUYENI, A.; FAUCONNEAU, B.; BOUJARD, T.; FOSTIER A.; KUHN E.R.; MOL K.A.; BAROILLER J.F. Feeding behavior and food utilization in tilapia *Oreochromis niloticus*: effect of sex ratio and relationship with the endocrine status. **Physiology e Behavior**, v.62, p.273-279, 1997.

VILLENEUVE, L.A.N.; GISBERT, E.; MORICEAU, J.; CAHU, C.L.; ZAMBONINO INFANTE, J.L. Intake of high levels of vitamin A and polyunsaturated fatty acids during different developmental periods modifies the expression of morphogenesis genes in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **British Journal of Nutrition**, v.95, p.677-687, 2006.

WESTON, A.D.; HOFFMAN, L.M.; UNDERHILL, T.M. Revisiting the role of retinoid signaling in skeletal development. **Birth Defects Research . Part C . Embryo Today Reviews**, v.69, p.156-173, 2003.

II – OBJETIVOS

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar o efeito da suplementação de vitamina A nas dietas sobre o desempenho do pacu *P. mesopotamicus*.

2.1 Objetivos específicos

A) avaliar a exigência de vitamina A em juvenis de pacu *P. mesopotamicus*, cultivados em sistema de recirculação, verificando o desempenho produtivo, rendimento e composição química da carcaça, parâmetros sanguíneos e histologia dos fígados;

B) avaliar a exigência de vitamina A em juvenis de pacu *P. mesopotamicus*, sobre o desempenho produtivo, rendimento e composição química da carcaça, parâmetros hematológicos, vitamina A e lipídios no fígado dos pacus cultivados em sistema de tanques-rede.

III – Vitamina A na dieta de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) cultivados em sistema de recirculação

Resumo – O objetivo do presente trabalho foi avaliar a suplementação de vitamina A em dietas para juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) cultivados em sistemas de recirculação. Foram utilizados 240 juvenis com peso inicial médio de $17,55 \pm 3,22$, distribuído aleatoriamente em 20 caixas circulares de 500 L (5 tratamentos e 4 repetições). As dietas foram formuladas com 28% de proteína bruta e 3.000 kcal de energia digestível/kg, suplementadas com acetato de retinol, apresentando 0, 3.000, 6.000, 9.000 e 12.000 UI de vitamina A/kg de dieta. O arraçoamento foi realizado à vontade às 8h, 11h, 14h e 17h, por um período de 102 dias. Foram avaliados o desempenho produtivo (peso final, ganho em peso diário, comprimento total, fator de condição, conversão alimentar aparente, sobrevivência), o rendimento de carcaça, a gordura visceral, a relação hepatossomática e a composição química (matéria seca, proteína bruta, lipídios e matéria mineral) da carcaça. Foram avaliadas as variáveis sanguíneas (hemoglobina, eritrócitos, hematócrito, volume corpuscular médio, hemoglobina corpuscular média e concentração da hemoglobina corpuscular média), morfologia macroscópica e histologia do fígado dos pacus. Foi observado efeito quadrático sobre os parâmetros de peso final, ganho em peso diário e eficiência alimentar com níveis ótimos de 6.666, 6.583, e 5.555 UI de vitamina A/kg de ração, respectivamente. Não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) para conversão alimentar aparente, sobrevivência, fator de condição, comprimento final, rendimento e composição química da carcaça, parâmetros sanguíneos e histologia do fígado dos pacus. Em dietas comerciais para juvenis de pacu *P. mesopotamicus*, recomenda-se a suplementação de 5.555 UI de vitamina A/kg de ração, proporcionando os melhores resultados de ganho em peso diário.

Termo para indexação: piscicultura, peixes nativos, vitamina lipossolúvel, parâmetros sanguíneos.

Vitamin A in diet of juvenile pacu (*Piaractus mesopotamicus*) reared in recirculation system

Abstract – The aim of this study was to evaluate vitamin A levels in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juvenile diets, reared in recirculation system. 240 juveniles were used with initial average weight of 17.55 ± 3.22 , distributed at random in 20 aquariums (500L) - in five treatments and four repetitions. The diets were formulated with 28% of crude protein and 3.000 kcal of digestible energy/kg, supplemented with retinyl acetate, to contain 0; 3.000; 6.000; 9.000 and 12.000 UI of vitamin A/kg of diet. The feeding was carried at 8:00; 11:00; 2:00 and 5:00, for a period of 102 days. The growth performance of fish was evaluated in relation to final weight, daily weight gain, total length, condition factor, feed conversion rate, survival, carcass yield, visceral fat, hepatosomatic ratio and carcass chemical composition (dry matter, crude protein, lipids and mineral matter). Variables of blood were also evaluated (hemoglobin, erythrocyte, hematocrit, medium corpuscular volume, medium corpuscular hemoglobin and medium corpuscular hemoglobin concentration) macroscopic morphology and pacu liver histology. Quadratic effect was observed on the parameters of final weight, daily weight gain and feed efficiency with better results for 6.666, 6.583 and 5.555 UI of vitamin A/kg of diet, respectively. No differences were observed ($P > 0.05$) for apparent feed conversion, survival, condition factor, final length, yield and carcass chemical composition, blood parameters and liver histology of pacu. In commercial diets for juvenile of pacu *P. mesopotamicus*, the supplementation of 5.555 UI vitamin A/kg of diet is recommended for providing the best growth performance.

Index terms: fish culture, native fish, fat-soluble vitamin, blood parameters.

Introdução

Vitaminas são compostos orgânicos (Champe et al., 2006), que no organismo funcionam como catalizadores ou reguladores metabólicos e são classificadas em lipossolúveis ou hidrossolúveis (Goff, 2006). As vitaminas lipossolúveis que incluem a vitamina A são absorvidas ao longo do intestino delgado junto com os lipídios provenientes da dieta. Desta forma, condições favoráveis para absorção de gorduras proporcionam aumento da absorção das vitaminas lipossolúveis (NRC, 1993).

A vitamina A é sensível à temperatura, ao oxigênio e à luz. Desta forma, processos como extrusão e estocagem das dietas podem influenciar na estabilidade ou no conteúdo final de vitamina A. O acetato de retinol, utilizado na suplementação de vitamina A, apresenta, segundo orientações do fabricante, perda de 5% de vitamina, quando exposta a 105°C por 4h. O processo de extrusão é um processo agressivo sobre as vitaminas, pois a temperatura durante o processo pode atingir 150°C (Cheng & Hardy, 2003a, 2003b). Dietas extrusadas apresentam retenção no conteúdo de vitamina A variando de 11 a 62% (Coelho, 2002; Barrows et al., 2008; Guimarães, 2009), após a extrusão em relação ao conteúdo inicial das dietas, demonstrando o efeito do processamento sobre a vitamina A.

O fígado é o principal órgão ligado ao metabolismo e homeostase da vitamina A, pois é o local de estoque de vitamina A. A absorção inicia-se no intestino sendo assimilada no enterócito ligado à proteína. Os ésteres de retinil são incorporados nos quilomicra e secretados no sangue. No fígado, os quilomicras são incorporados através de endocitose para os hepatócitos, onde ésteres de retinil são armazenados, posteriormente hidrolisados e lançados como retinol livre, a proteína transportadora de retinol transfere para as células estreladas hepáticas, onde é re-esterificado em ésteres de retinil e armazenado em gotículas lipídicas citoplasmáticas (Fernandez & Gisbert, 2011).

A vitamina A tem grande importância em peixes e atua na diferenciação e proliferação celular, visão, reprodução, desenvolvimento embrionário e resposta imune (Halver, 2002), deformações esqueléticas (Lall & Lewis-McCrea 2007; Fernandez et al., 2009), e crescimento (Weston et al., 2003), podendo provocar mortalidade dos peixes. A deficiência de vitamina A provoca hemorragias na pele, problemas de visão e alterações na relação hepatossomática dos peixes (Halver, 1995; Saleh et al., 1995; Hayashida et al., 2004; Moren et al., 2004). Já o excesso na dieta reduz o desempenho

produtivo, mortalidade, o fígado fica amarelado e ocorre redução nos níveis de hemoglobina e hematócrito (Hilton, 1983).

Na literatura, se destacam trabalhos com vitamina A em peixes avaliando seu efeito sobre a reprodução (Furuuta et al., 2003; Linan-Cabello & Michel-Jesus, 2004; Fontané-Dicharry et al., 2010), deformidades esqueléticas nas fases iniciais (Takeuchi et al., 1998; Fontagné et al., 2006; Fernandez et al., 2008; Fernandez et al., 2009; Mazurais et al., 2009; Villanueva et al., 2009; Haga et al., 2011), crescimento (Hilton, 1993; Thompson, et al., 1995; Ornsrud et al., 2002; Mohamed et al., 2003; Hemre et al., 2004; Moren et al., 2004; Hu et al., 2006; Villeneuve et al., 2006; Peil et al., 2007; Campeche et al., 2009; Guimaraes, 2009; Guo et al., 2010), demonstrando os efeitos da vitamina A sobre vários aspectos metabólicos dos peixes, porém, não há relatos de trabalhos com pacu (*Piaractus mesopotamicus*).

Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo: 1). avaliar a suplementação de diferentes níveis de vitamina A na alimentação de juvenis de pacu (*P. mesopotamicus*) cultivados em sistema de recirculação; e 2). verificar o desempenho produtivo, sobrevivência, rendimento e composição química de carcaça, parâmetros sanguíneos e histologia do fígado.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquicultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em Toledo-PR, por um período de 102 dias (julho a outubro de 2010).

Para a execução do experimento foi elaborado um suplemento mineral e vitamínico apresentando 0; 3.000; 6.000; 9.000 e 12.000 UI de vitamina A/kg de dieta, suplementada pelo acetato de retinol (MicrovitTM A Supra 1000) com concentração de 1.000.000 UI/g de vitamina A, o qual foi adicionado à dieta após a pesagem de cada um dos ingredientes que foram incluídos nas dietas (Tabela 1). A ração foi formulada de acordo com as exigências nutricionais, com 28% de proteína bruta (PB) e 3.000 kcal de energia digestível (ED)/kg de ração.

Os ingredientes (milho, farelo de soja e trigo, farinha de vísceras de aves e de peixe) foram pesados, misturados e moídos em moinho tipo martelo até atingirem diâmetro igual ou inferior a 0,8 mm. Posteriormente, foram misturados e adicionados os micronutrientes, suplemento mineral e vitamínico, antifúngico e, por último, o óleo. As

dietas foram submetidas ao processo de extrusão com péletes de 2,0 mm, secas em estufa de ventilação forçada a 55°C, embaladas, identificadas e armazenadas em refrigerador. O arraçoamento foi realizado à vontade quatro vezes ao dia às 8, 11, 14 e 17h. Para reduzir a influência destes parâmetros sobre o conteúdo de vitamina todas as dietas, foram submetidas ao mesmo processamento, secagem e armazenamento.

Foram utilizados 240 peixes, com $17,55 \pm 3,22$ g de peso e $9,29 \pm 0,69$ cm de comprimento total, distribuídos inteiramente ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições sendo considerada a unidade experimental uma caixa com 12 peixes. Foram utilizadas 20 caixas circulares de fibra de vidro com fundo cônico e capacidade de 500 L de água. As caixas apresentavam sistema de recirculação da água, com saída de água inferior e central. A água foi conduzida a um filtro mecânico, posteriormente por um filtro biológico, sistema de aquecimento e retornava à caixa. As caixas apresentavam oxigenação constante, por meio de um soprador de ar central.

O pH, a condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e o oxigênio dissolvido (mg/L) da água foram monitorados semanalmente, enquanto a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) foi monitorada diariamente pela manhã (8h) e à tarde (17h). Foram realizadas ao final do experimento análises da água quanto à turbidez, amônia, ortofosfato e fosfato disponível da água. Amostras de água foram coletas em garrafas de polietileno escuras e encaminhadas para análise no Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos/Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em Toledo-PR. A turbidez foi mensurada por meio de aparelhos HANNA (Hanna Instruments®), após foi filtrada com auxílio de uma bomba a vácuo para realizar as análises de amônia, ortofosfato e fosfato dissolvido. A amônia foi analisada, segundo a metodologia descrita por Strickland e Parson, (1972) e o ortofosfato e fosfato analisados, segundo metodologia descrita por Mackreth et al. (1978).

Ao final do período experimental, os peixes permaneceram por 12h em jejum, posteriormente, foram capturados oito peixes de cada unidade experimental para a coleta de sangue. Para tanto, os animais foram anestesiados com 75 mg/L de água de benzocaína (Gomes et al., 2001). Foram encaminhados ao Laboratório de Hematologia de Peixes da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em Toledo-PR. A coleta de sangue foi realizada por punção caudal, foi coletado 1,0 mL de sangue de cada animal com o auxílio de uma seringa descartável heparinizada. Uma alíquota de sangue foi destinada à contagem do número de eritrócitos em câmara de Neubauer (Collier, 1944). Também foram feitas as determinações de hemoglobina e hematócrito, segundo

metodologia descrita por Collier (1944) e Goldenfarb et al. (1971), respectivamente. Foram calculados os índices hematimétricos como a hemoglobina corpuscular média ($hemoglobina * 10 / eritrócitos$), concentração de hemoglobina corpuscular média ($hemoglobina * 100 / hematócrito$) e volume corpuscular ($hematócrito * 10 / eritrócitos$).

Os peixes foram submetidos à eutanásia com 250 mg/L de água de benzocaína (Gomes et al., 2001) para análises posteriores de desempenho produtivo, rendimento, composição química da carcaça e histologia do fígado dos animais. Esta metodologia foi aprovada pelo Comitê de Conduta Ética no Uso de Animais em Experimentação da Universidade Estadual de Maringá, sobre o Protocolo 066/2009.

Todos os peixes foram pesados e contados para calcular o peso final, ganho em peso ($peso\ final - peso\ inicial$), ganho em peso diário ($ganho\ em\ peso / dias\ de\ cultivo$), comprimento final, fator de condição ($(peso\ final / comprimento\ final^3) * 100$), conversão alimentar aparente ($consumo\ de\ ração / ganho\ em\ peso$), sobrevivência ($(número\ de\ animais\ no\ final * 100) / número\ de\ animais\ no\ início$).

Após a pesagem, os animais foram imersos em gelo, identificados e encaminhados ao Laboratório de Tecnologia do Pescado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em Toledo-PR. Posteriormente, foram eviscerados e separada a gordura visceral e o fígado, para calcular o rendimento corporal de peixe eviscerado ($(peso\ sem\ vísceras * 100) / peso\ total$), relação hepatossomática ($peso\ do\ fígado * 100 / peso\ total$) e gordura visceral ($(peso\ da\ gordura\ vísceras * 100) / peso\ total$). Seis peixes eviscerados por repetição, 24 por tratamento foram congelados para posterior análise de composição química da carcaça.

Para análises de composição química de matéria seca, proteína bruta, lipídios e matéria mineral, os peixes inteiros eviscerados foram armazenados em freezer (-18°C). A matéria seca foi calculada pela desidratação da carcaça em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72h. As análises de proteína bruta foram obtidas pelo método de Kjeldahl. Os lipídios foram avaliados pelo método de Soxhlet e a matéria mineral foi obtida utilizando-se mufla à temperatura de 550° por 3h. As análises seguiram a metodologia proposta pela AOAC (2000).

Após pesagem e observação macroscópica, dois fígados de cada repetição (8 por tratamento), foram coletados para processamento histológico realizado no Laboratório de Histotécnica Animal do Departamento de Morfologia da Universidade Estadual de Maringá. Após coleta, amostras de fígado foram fixadas em solução de Bouin (750 mL de ácido pícrico, 250 mL de formaldeído e 50 mL de ácido acético glacial) durante 24h

e, em seguida, transferidos e armazenadas em solução de álcool 70°GL. Posteriormente, as amostras foram desidratadas pela passagem em séries crescentes de alcoóis, diafanizadas em xilol e incluídas em parafinas, para obtenção de cortes transversais semisseriados com espessura de 6,0 μm em micrótomo rotativo (Leica RM 2145). As lâminas foram coradas com Hematoxilina-Eosina (HE), para avaliação e descrição da morfologia e integridade do tecido hepático, utilizando-se ocular micrométrica (400X). Para a quantificação dos hepatócitos, foram capturadas 50 imagens/lâmina/peixe, totalizando 400 imagens/tratamento, por meio de uma câmera digital de alta resolução (Pró-Séries da Média Cybertecnicos[®]), acoplada ao microscópio Olympus Bx 41[®], e sistema de análise de Imagens (Image-Pro Plus 4.5.1[®] - Média Cybernetics Inc.). Considerou-se como medida padrão a área total do campo microscópico (90.570,13 mm^2) subtraída da área ocupada pela veia centrolobular (96.30,75 mm^2), correspondendo a 80.939,25 mm^2 de área útil para a contagem.

Os dados foram submetidos ao teste de homogeneidade e normalidade de *Cramer-Von Mises* e aplicado análise de regressão em nível de 5% de significância por meio do programa estatístico SAS (SAS, 2004).

Resultados e Discussão

Os valores médios dos parâmetros de qualidade de água de cultivo dos pacus alimentados com dietas contendo diferentes níveis de vitamina A foram: temperatura 27,14 \pm 0,54 °C; pH 6,89 \pm 0,39; oxigênio dissolvido 6,84 \pm 0,97 mg/L; condutividade elétrica 91,0 \pm 4,92 $\mu\text{S}/\text{cm}$; turbidez 0,77 \pm 0,13; amônia 0,04 \pm 0,01 mg/L; ortofosfato 0,83 \pm 0,01 mg/L e fosfato dissolvido 0,80 \pm 0,01 mg/L.

A temperatura encontra-se dentro da faixa de conforto térmico recomendados para um bom crescimento do pacu (Carneiro, 1990; Signor et al., 2007). Os parâmetros de pH, oxigênio dissolvido, turbidez, ortofosfato e fosfato dissolvido permaneceram dentro dos valores aceitáveis para o desenvolvimento dos peixes estando dentro dos limites citados por Kubitzka (1999), e Diemer et al. (2010) para pacus criados em tanques-rede.

Foi observado que a suplementação de vitamina A não influenciou ($P>0,05$) nos parâmetros de conversão alimentar aparente, sobrevivência, comprimento final e fator de condição (Tabela 2). Porém, foi observado efeito quadrático para o peso final (Figura 1), ganho em peso diário (Figura 2) e conversão alimentar aparente (Figura 3) com

níveis ótimos obtidos para 6.666, 6.583 e 5.555 UI de vitamina A/kg de dieta, respectivamente.

Os níveis ótimos observados para o pacu são próximos aos estabelecidos para a tilápia do Nilo, onde a exigência de vitamina A varia entre 3.802 a 6.970 UI de vitamina A/kg de dieta (Saleh et al., 1995; Hu et al., 2006; Campeche et al., 2009; Guimarães, 2009).

Para outras espécies como a garoupa (*Epinephelus tauvina*) (Mohamed et al., 2003), alevinos de “japanese flounder” (*Paralichthys olivaceus*) (Hernandez et al., 2005; Hernandez et al., 2007) e larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*) (Peil et al., 2007), é atingida com 3.764, 5.000, 10.000 e 3.995 UI de vitamina A/kg de dieta, respectivamente para as espécies. Porém, Guo et al. (2010), avaliando a suplementação de vitamina A (0, 500, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 UI) para tilápia do Nilo, e Thompson et al. (1995) para trutas (*Salmo gairdneri*) relataram que os níveis suplementados na dieta não influenciam no desempenho produtivo dos animais.

O período que os animais são submetidos a experimentos de dose resposta para determinar a exigência de vitamina A pode ser determinante nos resultados. Pois a vitamina A é armazenada no fígado dos animais, e o surgimento de sinais de deficiências pode surgir com períodos mais prolongados de alimentação. Os 102 dias de fornecimento de vitamina A para o pacu, são superiores aos relatados por Saleh et al. (1995), Hernandez et al. (2005), Hu et al. (2006), e inferiores aos relatados por Hernandez et al. (2007), Guimarães (2009) em que avaliaram níveis de vitamina A no período de 98, 70, 75, 125 e 112 dias de cultivo, respectivamente. Desta forma, o período de cultivo a que os animais foram submetidos estão próximos aos relatados para outros trabalhos os quais conseguiram determinar a exigência de vitamina para as espécies trabalhadas.

O tempo de cultivo é importante, pois a toxicidade por vitamina A depende do nível de vitamina A da dieta e período de alimentação (Moren et al., 2004), neste caso períodos prolongados agravam os sinais de hipervitaminose nos peixes. Fernandez et al. (2008), com larvas de “gilthead sea bream” (*Sparus aurata*) e Fernandez et al. (2009) para larvas de linguado (*Solea senegalensis*), observaram que os animais alimentados com elevados níveis de vitamina A influenciam no crescimento, sobrevivência e deformidades esqueléticas, acelerando a ossificação das membranas e elevando a fusão de vértebras. Para o pacu, os diferentes níveis de suplementação de vitamina A não

influenciaram o crescimento, visto que as mesmas tiveram crescimento homogêneo, sem provocar diferença significativa ($P>0,05$).

Em trabalhos de dose resposta avaliando-se a vitamina A, a mortalidade é comum em dietas ausentes da suplementação desta vitamina (Ornsrud et al., 2002; Hu et al., 2006; Peil et al., 2007; Campeche et al., 2009) pois é um sinal da deficiência da vitamina no organismo. Resposta semelhante ao observado para o pacu foi relatada por Guo et al. (2010), quando confirmaram não haver influência da suplementação de vitamina A sobre a sobrevivência dos alevinos de tilápia, sendo observados 98,57% de sobrevivência para a dieta sem inclusão de vitamina A. Por outro lado, a sobrevivência em tilápia dos Nilo pode ser de apenas 22,5% em animais que receberam dietas ausentes de vitamina A comparada a 92% de sobrevivência para animais que receberam 12.800 UI de vitamina A/kg de dieta (Guimarães, 2009). Para alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*), a sobrevivência pode ser de 48% para os animais que receberam a dieta-controle e 73,68% para os animais que receberam dietas com 15.000 UI de vitamina A/kg de dieta (Peil et al., 2007).

Quanto ao rendimento de peixe eviscerado, gordura visceral, matéria seca, proteína bruta, lipídios e matéria mineral da carcaça dos pacus, não foi observada influência dos níveis de vitamina A suplementados na dieta (Tabela 3).

A deposição de lipídios nas vísceras é uma característica da espécie, que utiliza o excesso de nutrientes da dieta e armazena na forma de gordura na cavidade abdominal podendo chegar a 7,97% e lipídios na carcaça de 3,30% para animais com aproximadamente 850 g (Signor et al., 2010) e, 7,02% de gordura visceral e 9,0% de gordura na carcaça para animais com 1.250 g cultivados em tanques-rede (Bittencourt et al., 2010).

A redução na deposição de gordura da carcaça com a elevação da vitamina A na dieta do salmão, garoupa, “japonese flounder” e híbridos de tilápia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*), foi relatada por Ornsrud et al. (2002), Mohamed et al. (2003), Hernandez et al. (2005) e Hu et al. (2006), respectivamente.

Os níveis de vitamina A na dieta não influenciaram nos parâmetros de matéria seca, proteína bruta e matéria mineral da carcaça dos pacus. Resultados contrários aos observados para o pacu, foram relatados por Ornsrud et al. (2002), Mohamed et al. (2003), Hernandez et al. (2005) e Hu et al. (2006) em que observaram que a vitamina A influencia diretamente nos parâmetros de proteína bruta, elevando a porcentagem de proteína na carcaça com a suplementação de vitamina A. Porém, a matéria mineral na

carcaça dos peixes reduziu, segundo Mohamed et al. (2003), e aumentou, segundo Ornsrud et al. (2002), ou não foi influenciada pela vitamina A na dieta, segundo Hernandez et al. (2005) e Hu et al. (2006), demonstrando as particularidades das espécies sobre a composição da carcaça quando alimentados com níveis crescente de vitamina A.

A avaliação macroscópica dos fígados, independente dos níveis de vitamina A da dieta, indicou que estes se encontravam bem desenvolvidos, com superfície lisa, brilhante e coloração vermelha com tendência ao marrom sem nenhuma evidência da presença de estriações ou lesões esbranquiçadas típicas de esteatose hepática.

Não foi observado efeito ($P > 0,05$) da suplementação de vitamina A sobre a relação hepatossomática e número de hepatócitos (Tabela 4). Microscopicamente, constatou-se o parênquima hepático constituído por hepatócitos dispostos em cordões contínuos permeados por sinusoides convergindo para a veia centro-lobular (Figura 4a). Hepatócitos típicos, com núcleos arredondados de posição central, com nucléolo evidente e citoplasma levemente acidófilo e vacuolizado, bem como hepatócitos maiores com núcleos deslocados para a periferia (Figura 4b), foram observados em todos os animais independente dos níveis de vitamina A suplementado na dieta.

A relação hepatossomática dos pacus (0,98 e 1,29) está próxima aos relatados para esta espécie por Tavares-Dias et al. (2000) que foi de 1,05. A vitamina A da dieta é absorvida e armazenada no fígado dos peixes (Ornsrud et al., 2002; Furuita et al., 2003; Campeche et al., 2009; Guimarães, 2009; Fernandez & Gilbert, 2011) porém, o aumento no conteúdo hepático de vitamina não influencia na relação hepatossomática dos peixes (Hemre et al., 2004; Linam-Cabello et al., 2004; Hernandez et al., 2007; Fontagné-Dicharry et al., 2010). No entanto, níveis excessivos desta vitamina na dieta reduzem a relação hepatossomática para o salmão do atlântico (*Salmo salar* L.) (Ornsrud et al., 2002).

Na avaliação histológica, foram observados hepatócitos com núcleo central e formato arredondado, alguns com deslocamento do núcleo para a periferia da célula, hepatócitos distribuídos em cordões convergindo para a veia lobular. Resultados semelhantes foram relatados por Souza et al. (2001) e Fujimoto et al. (2007) para o pacu (*P. mesopotaminus*). Uma característica observada foi a irregularidade das respostas da vitamina A da dieta sobre o tecido hepático, pois em todos os níveis de vitamina A, os peixes apresentavam similaridade das características do fígado. Embora os níveis desta

vitamina no fígado dos peixes que receberam a dieta-controle se apresentam exauridos, este déficit ainda não prejudicou o tecido hepático.

A maioria dos trabalhos com vitamina A relataram não afetar a relação hepatossomática (Hemre et al., 2004; Linam-Cabello et al., 2004; Hernandez et al., 2007; Fontagné-Dicharry et al., 2010), demonstrando que o depósito de vitamina A não altera o tamanho do fígado. Por outro lado, Ornsrud et al. (2002) relatam que níveis elevados de vitamina A aumentam a retenção de vitamina A no fígado e reduzem a relação hepatossomática. Segundo este autor, respostas sobre a tolerância e efeitos fisiológicos dos peixes pela vitamina A são reduzidos em teleósteos, e algumas espécies podem ter elevada tolerância a níveis extremos, enquanto outras podem ter sintomas de estresse em níveis que podem ser encontrados em dietas comerciais.

A variação no número de hepatócitos presentes no parênquima hepático pode revelar a influência da dieta sobre a quantidade de hepatócitos, porém, no presente trabalho não foi observada tal variação, estando mais relacionada a uma característica individual do que efeito da vitamina A na dieta. Possivelmente, os peixes ainda não teriam sido afetados pela deficiência de vitamina na dieta isenta da suplementação, e talvez um período superior de cultivo poderia afetar o fígado e surgir os sinais de deficiência, porém, comparações neste sentido não são possíveis pela falta de trabalhos com vitamina A e seu efeito sobre a morfologia hepática. Conhecer o estado e alterações sofridas pelo fígado, quando se avalia nutrientes em experimentos dose resposta são fundamentais, pois complementam as informações sobre o estado nutricional e contribui para a elaboração de dietas que atendam à exigência para cada fase de cultivo (Caballero et al., 1999; Bolla et al., 2011).

Quanto aos parâmetros hematológicos de hematócrito, eritrócitos, hemoglobina, volume corpuscular médio, hemoglobina corpuscular média, concentração de hemoglobina corpuscular média, não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) entre os níveis de vitamina A na dieta (Tabela 5).

Os resultados obtidos de eritrograma se encontram dentro dos padrões estabelecidos para o pacu, descrito por Tavares-Dias et al. (1999), Ranzani-Paiva et al. (1999) e Tavares-Dias et al. (2002). No entanto, não ocorreu diferença entre os valores do eritrograma em função do nível de vitamina A na dieta do pacu, resultado semelhante foi relatado para hematócrito (Hernandez et al., 2007; Guo et al., 2010) e hemoglobina (Guo et al., 2010). Por outro lado, Goswami & Dutra (1991) e Guimarães

(2009) observaram redução nos valores de hemoglobina, eritrócitos e hematócrito com aumento de vitamina A na dieta.

Conclusão

1. Em dietas comerciais para juvenis de pacu *P. mesopotamicus* recomenda-se a suplementação de 5.555 UI de vitamina A/kg de ração, proporcionando os melhores resultados de ganho em peso diário.

Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists**. 17.ed. Arlington, 2000. v.1 e v.2.
- BARROWS, F.T.; GAYLORD, G.T.; SEALEY, W.M.; PORTER, L.; SMITH, C.E. The effect of vitamin premix in extruded plant-based and fish meal based diets on growth efficiency and health of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.283, p.148-155, 2008.
- BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R.; LORENZ, E.K.; MALUF, M.L.F. Densidade de estocagem e parâmetros eritrocitários de pacus criados em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2323-2329, 2010.
- BOLLA, S.; NICOLAISEN, O.; AMIN, A. Liver alterations induced by long term feeding on commercial diets in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus L.*) females. Histological and biochemical aspects. **Aquaculture**, v.312, p.117-125, 2011.
- CABALLERO, M.J.; LÓPEZ-CALERO, G.; SOCORRO, J.; ROO, F.J.; IZQUIERDO, M.S.; FÉRNANDEZ, A.J. Combined effect of lipid level and fish meal quality on liver histology of gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**, v.179, p.277-290, 1999.
- CAMPECHE, D.F.B.; CATHARINO, R.R.; GODOY, H.T.; CYRINO, J.E.P. Vitamin a in diets for nile tilapia. **Scientia Agricola**, v.66, p.751-756, 2009.
- CARNEIRO, D.J. **Efeito da temperatura na exigência de proteína e energia em dietas para alevinos de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887)**. 1990. 59f. Tese (Doutorado) - UFSCar, São Carlos.
- CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A.; FERRIER, D.R. **Bioquímica ilustrada**. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- CHENG, Z.J.; HARDY, R.W. Effects of extrusion processing of feed ingredients on apparent digestibility coefficients of nutrients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture Nutrition**, v. 9, p.77-83, 2003a.

CHENG, Z.J.; HARDY, R.W. Effects of extrusion and expelling processing, and microbial phytase supplementation on apparent digestibility coefficients of nutrients in full-fat soybeans for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.218, p.501-514, 2003b.

COELHO, M. Vitamin stability in premix and feeds: a practical approach in ruminants diets. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 13., 2002, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 2002. p.127-145.

COLLIER, H.B. The standardizations of blood haemoglobin determinations. **Canadian Medical Association Journal**, v.50, p.550-552, 1944.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res_35705.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2011.

DIEMER, O.; NEU, D.H.; FEIDEN, A.; LORENZ, E.K.; BITTENCOURT, F.; BOSCOLO, W.R. Dinâmica nictimeral e vertical das características limnológicas em ambiente de criação de peixes em tanques-rede. **Ciência Animal Brasileira**, v.11, p.24-31, 2010.

FERNÁNDEZ, I.; GISBERT, E. The effect of vitamin A on flatfish development and skeletogenesis: a review. **Aquaculture**, v.315, p.34-48, 2011.

FERNÁNDEZ, I.; HONTORIA, F.; ORTIZ-DELGADO, J.B.; KOTZAMANIS, Y.; ESTÉVEZ, A.; ZAMBONINO-INFANTE, J.L.; GISBERT, E. Larval performance and skeletal deformities in farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fed with graded levels of Vitamin A enriched rotifers (*Brachionus plicatilis*). **Aquaculture**, v.283, p.102-115, 2008.

FERNANDEZ, I.; PIMENEL, M.S.; ORTIZ-DELGADO, J.B.; HONTORIA, F.; SARASQUETE, C.; ESTÉVEZ, A.; ZAMBONINO-INFANTE, J.L. GISBERT, E. Effect of dietary vitamin A on Senegalese sole (*Solea senegalensis*) skeletogenesis and larval quality. **Aquaculture**, v.295, p.250-265, 2009.

FONTAGNÉ, S.; BAZIN, D.; BRÈQUE, J.; VACHOT, C.; BERNARDE, C.; ROUAULT, T.; BERGOT, P. Effects of dietary oxidized lipid and vitamin A on the early development and antioxidant status of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) larvae. **Aquaculture**, v.257, p.400-411, 2006.

FONTAGNÉ-DICHARRY, S.; LATAILLADE, E.; SURGET, A.; BRÈQUE, J.; ZAMBONINO-INFANTE, J.L.; KAUSHIK, S.J. 2010. Effects of dietary vitamin A on broodstock performance, egg quality, early growth and retinoid nuclear receptor expression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.303, p.40-49, 2010.

FUJIMOTO, R.Y.; CRUZ, C.; MORAES, F.R. Análise de efluente e histologia da pele, fígado e rim de pacus (*Piaractus mesopotamicus*) suplementados com cromo trivalente. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.34, p.117-124, 2008.

FURUITA, H.; TANAKA, H.; YAMAMOTO, T.; SUZUKI, N.; TAKEUCHI, Y.T. Supplemental effect of vitamin A in diet on the reproductive performance and egg quality on the Japanese flounder *Parachthys olivaceus* (T e S). **Aquaculture Reserch**, v.34, p.461-467, 2003.

GOFF, J.P. **Vitaminas**. In: REECE, W.O. **Fisiologia dos animais domésticos**. 12.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p. 353- 576.

GOLDENFARB, P.B.; BOWYER, F.P.; HALL, E.; BROSIUS, E. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determinations. **American Journal Clinical of Pathology**, v.56, p.35-39, 1971.

GOMES, L.C.; CHIPPARI-GOMES, A.R.; LOPES, N.P.; ROUBACH, R.; ARAUJO-LIMA, C.A.R.M. Efficacy of benzocaine as an anesthetic in juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.32, p.426-431, 2001.

GOSWAMI, U.C.; DUTTA, N.K. Vitamin A - deficient diet and its effects on certain haematological parameters of *Heteropneustes fossilis* a 3-4-dehydroretinol freshwater fish. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**, v.61, p.205-209, 1991.

GUIMARAES, I. G. **Vitamina A em dietas para tilápia do Nilo**. 2009. 100f. Tese (Doutorado) - UNESP, Botucatu.

GUO, R.; LIM, C.; XIA, H.; AKSOR, M.Y.; LI, M. Effect of various dietary vitamin A levels on growth performance and immune response of tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Frontiers of Agriculture in China**, v.4, p.507-512, 2010.

HAGA, Y.; DU, H.J.; SATOH, S.; KOTANI, T.; FUSHIMI, H.; TAKEUCHI, H. Analysis of the mechanism of skeletal deformity in fish larvae using a vitamin A-induced bone deformity model. **Aquaculture**, v.315, p.26-33, 2011.

HALVER, J.E. The minerals. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Ed.). **Fish nutrition**. 3.ed. San Diego: Academic Press Inc., 2002. p.61-141.

HALVER, J.E. Vitamin requirement study techniques. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 11, p.215-224, 1995.

HAYASHIDA, Y.; KAWAMURA, T.; HORI-E, R.; YAMASHITA, I. 2004. Retinoic acid and its receptors are required for expression of aryl hydrocarbon receptor mRNA and embryonic development of blood vessel and bone in the medaka fish, *Oryzias latipes*. **Zoological Science**, v.21, p.541-551, 2004.

- HEMRE, G.I.; DENG, D.F.; WILSON, R.P.; BERNTSSEN, M.H.G. Vitamin A metabolism and early biological responses in juvenile sunshine bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) fed graded levels of vitamin A. **Aquaculture**, v.235, p.645-658, 2004.
- HERNANDEZ, L.H.; TESHIMA, S.I.; KOSHIO, S.; ISHIKAWA, M.; TANAKA, Y.; ALAM, S. Effects of vitamin A on growth, serum anti-bacterial activity and transaminase activities in the juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture**, v.262, p.444-450, 2007.
- HERNÁNDEZ, L.H.H.; TESHIMA, S.I.; ISHIKAWA, M.; ALAM, S.; KOSHIO, S.; TANAKA, Y. Dietary vitamin A requirements of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture Nutrition**, v.11, p.3-9, 2005.
- HILTON, J.W. Hypervitaminosis A in rainbow trout (*Salmo gairdineri*): toxicity signs and maximum tolerable level. **Journal Nutrition**, v.113, p.1737-1745, 1983.
- HU, C.J.; CHEN, S.M.; PAN, C.H.; HUANG, C.H. Effects of dietary vitamin A or β -catotene concentrations on growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture**, v.253, p.602-607, 2006.
- INSTITUTE Inc. **SAS User's guide statistics**. 9.ed. Cary, 2004.
- KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes**. Piracicaba: Esalq, 1999.
- LALL, S.P.; LEWIS-MCCREA, L.M. Role of nutrients in skeletal metabolism and pathology in fish - an overview. **Aquaculture**, v.267, p.3-19, 2007.
- LIÑÁN-CABELLO, M.A.; JESUS, P.M. Induction factors derived from carotenoids and vitamin A during the ovarian maturation of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture International**, v.12, p.583-592, 2004
- MACKERETH, J.F.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. Water analysis: some revised methods for limnologists. **Scientific publication / Freshwater Biological Association**, no.36, p.1-120?, 1978.
- MAZURAS, D.; GLYNATSI, N.; DARIAS, M.J.; CHRISTODOULOPOULOU, S.; CAHU, C.L.; ZAMBONINO-INFANTE, J.L.; KOUMOUNDOUROS, G. Optimal levels of dietary vitamin A for reduced deformity incidence during development of European sea bass larvae (*Dicentrarchus labrax*) depend on malformation type. **Aquaculture**, v.294, p.262-270, 2009.
- MOHAMED, J.S.; SIVARAM, V.; CHRISTOPHER ROY, T.S.; MARIAN, M.P.; MURUGADASS, S.; HUSSAIN, M.R. Dietary vitamin A requirement of juvenile greasy grouper (*Epinephelus tauvina*). **Aquaculture**, v.219, p.693-701, 2003.
- MOREN, M.; OPSTAD, I.; BERNTSSEN, M.H.G.; ZAMBONINO INFANTE, J.L.; HAMRE, K. An optimum level of vitamin A supplements for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) juveniles. **Aquaculture**, v.235, p.587-599, 2004.

NRC-National Research Council. **Nutrient requirements of warmwater, fishes and shellfishes: nutrient requirements of domestic animals.** Washington, D.C., 1993.

ORNSRUD, R.; GRAFF, I.E.; HOIE, S.; TOTLAND, D.K.; HEMRE, G.I. Hypervitaminosis A in first-feeding fry of the Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture Nutrition**, v.8, p.7-13, 2002.

PEIL, S.Q.; POUHEY, J.L.O.F.; LOPES, P.R.S.; MARTINS, C.R.; TIMM, G. Adição de vitamina a na dieta de pós-larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Biodiversidade Pampeana**, v.5, p.9-15, 2007.

RANZANI-PAIVA, M.J.T.; SALLES, F.A.; EIRAS, J.C.; EIRAS, A.C.; ISHIKAWA, C.M.; ALEXANDRINO, A.C. Análises hematológicas de curimatá (*prochilodus scrofa*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) das estações de piscicultura do instituto de pesca, estado de São Paulo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.25, p.77-83, 1999.

SALEH, G.; ELERAKY, W.; GROPP, J.M. A short note on the effects of vitamin A hypervitaminosis on lealth and growth of Tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*). **Journal of Applied Ichthyology**, v.11, p.382-385, 1995.

SIGNOR, A.A.; BITTENCOURT, F.; BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, F.; REIDEL, A.; LÖSH, J.A. Influência da temperatura no desempenho de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) cultivados em tanques-rede com diferentes níveis de proteína e energia. In: CONGRESSO DE NUTRIÇÃO E SAÚDE DE PEIXES, 2., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Aqanutri, 2007. CD-ROM.

SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.; BITTENCOURT, F.; COLDEBELLA, A.; REIDEL, A. 2010. Proteína e energia na alimentação de pacus criados em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2336-2341, 2010.

SOUZA, V.F.; LUNARDI, L.O.; VASQUES, L.H.; CASALETTO, L.; NAKAGHI, L.S.O.; URBINATI, E.C. Morphometric alterations in hepatocytes and ultrastructural distribution of liver glycogen in pacu (*Piaractus mesopotamicus* holmberg, 1887) during food restriction and refeeding. **Brazilian Journal of Morphological Sciences**, v.18, p.15-20, 2001.

STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.R. A practical handbook of sea water analysis. **Bulletin / Fisheries Research Board of Canada**, Ottawa, n.179, 1972. 310p.

TAKEUCHI, T.; DEDI, J.; HAGA, Y.; SEIKAI, T.; WATANABE, T. Effect of vitamin A compounds on bone deformity in larval Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). **Aquaculture**, v.169, p.155-165, 1998.

TAVARES-DIAS, M.; MARTINS, M.L.; SCHALCH, S.H.C.; ONAKA, E.M.; QUINTANA, C.I.F.; MORAES, J.R.E.; MORAES, F.R. Alterações hematológicas e histopatológicas em pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes, Characidae), tratado com sulfato de cobre (CuSO₄). **Acta Scientiarum**, v.24, p.547-554, 2002.

TAVARES-DIAS, M.; MARTINS, M.L.; MORAES, F.R. Relação hepatossômática e splenosômática em peixes teleósteos de cultivo intensivo. **Revista brasileira de Zoologia**, v.17, p.273-281, 2000.

TAVARES-DIAS, M.; TENANI, R.A.; GIOLI, L.D.; FAUSTINO, C.D. Características hematológicas de teleósteos brasileiros. II. Parâmetros sanguíneos do *Piaractus mesopotamicus* Holmberg (Osteichthyes, Characidae) em policultivo intensivo. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.16, p.423-431, 1999.

THOMPSON, I.; CHOUBERT, G.; HOULIHAN, D.F.; SECOMBES, C.J. The effect of dietary vitamin A and astaxanthin on the immune competence of rainbow trout. **Aquaculture**, v.133, p.91-102, 1995.

VILLANUEVA, R.; ESCUDERO, J.M.; DEULOFEU, R.; BOZZANO, A.; CASOLIVA, C. Vitamin A and E content in early stages of cephalopods and their dietary effects in *Octopus vulgaris* para larvae. **Aquaculture**, v.286, p.277-282, 2009.

VILLENEUVE, L.A.N.; GISBERT, E.; MORICEAU, J.; CAHU, C.L.; ZAMBONINO INFANTE, J.L. Intake of high levels of vitamin A and polyunsaturated fatty acids during different developmental periods modifies the expression of morphogenesis genes in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **British Journal of Nutrition**, v.95, p.677-687, 2006.

WESTON, A.D.; HOFFMAN, L.M.; UNDERHILL, T.M. Revisiting the role of retinoid signaling in skeletal development. **Birth Defects Research . Part C . Embryo Today Reviews**, v. 69, p.156-173, 2003.

Tabela 1. Composição percentual e química da ração base.

Ingredientes	%
Milho grão	41,36
Farelo de soja	26,77
Farinha de vísceras de aves	14,65
Farinha de peixe	11,44
Farelo de trigo	3,00
Óleo de soja	1,65
Suplemento mineral e vitamínico ⁽¹⁾	0,50
Sal comum	0,30
DL-metionina	0,21
Antifúngico (propionato de cálcio)	0,10
Antioxidante (BHT)	0,02
Total (g)	100
Composição química ⁽²⁾	%
Matéria seca	91,00
Proteína	28,10
Gordura	0,70
Matéria mineral	6,40

⁽¹⁾Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. D₃, 400.000UI; Vit. E, 30.000UI; Vit. K₃, 2.000 mg; Vit. B₁, 4.000 mg; Vit. B₂, 4.000 mg; Vit. B₆, 2.000 mg; Vit. B₁₂, 8 mg; Ác. Fólico, 1.000 mg; Pantotenato Ca, 1.000 mg; Vit. C, 60.000 mg; Biotina, 200 mg; Inositol, 20.000; Niacina, 20.000; Colina, 100.000 mg; Co, 140 mg; Cu, 2.000 mg; Fe, 16.000 mg; I, 200 mg; Mn, 10.000 mg; Se, 80 mg; Zn, 16.000 mg.

⁽²⁾Análise realizada no Laboratório de Qualidade em Alimentos/Unioeste (AOAC, 2000).

Tabela 2. Desempenho produtivo dos juvenis de pacu alimentados com níveis de vitamina A na dieta.

Parâmetros	Vitamina A (UI/kg)				
	0	3.000	6.000	9.000	12.000
Peso inicial (g)	17,45±1,4	17,86±1,9	17,72±1,8	17,86±1,3	17,67±1,0
Peso final ⁽¹⁾ (g)	94,51±7,1	118,10±11,5	119,85±6,2	114,47±5,5	101,13±10,8
Ganho em peso ⁽²⁾ (g)	77,06±6,4	100,24±15,0	102,13±8,7	96,61±6,2	83,46±10,9
Conversão alimentar aparente ⁽³⁾	1,64±0,2	1,26±0,1	1,34±0,1	1,29±0,1	1,53±0,2
Sobrevivência (%)	95,83±0,3	97,22±4,2	97,20±4,0	100,00	97,90±4,2
Comprimento final (cm)	16,09±0,2	17,38±0,6	15,57±0,7	17,46±0,5	16,83±0,6
Fator de condição final	2,56±0,1	2,24±0,1	2,14±0,1	2,10±0,1	2,15±0,1

⁽¹⁾Efeito quadrático: $y = -6E-07x^2 + 0,008x + 96,12$; $r^2 = 0,95$;

⁽²⁾Efeito quadrático: $y = -6E-07x^2 + 0,0079x + 78,63$; $r^2 = 0,96$;

⁽³⁾Efeito quadrático: $y = 9E-09x^2 - 0,0001x + 1,61$; $r^2 = 0,84$.

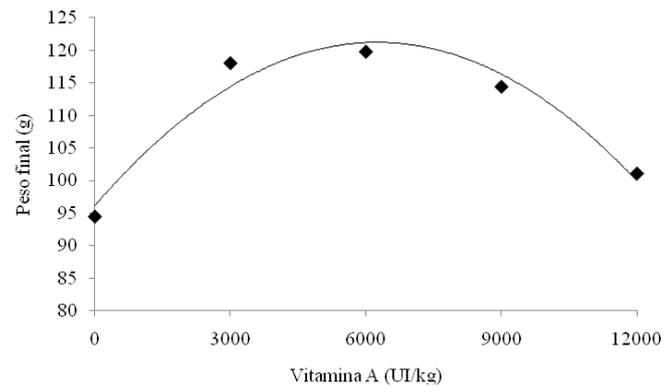


Figura 1. Peso final médio dos juvenis de pacu alimentados com dietas suplementadas com vitamina A.

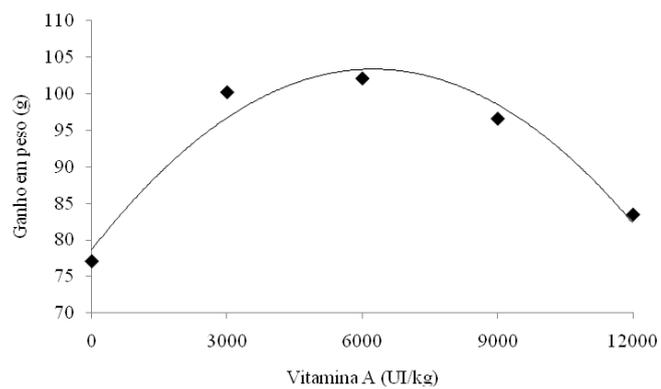


Figura 2. Ganho em peso diário médio dos juvenis de pacu alimentados com dietas suplementadas com vitamina A.

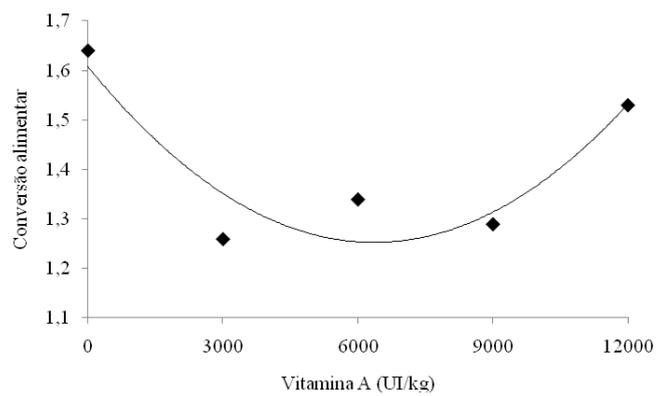


Figura 3. Conversão alimentar dos juvenis de pacu alimentados com dietas suplementadas com vitamina A.

Tabela 3. Rendimento e composição química da carcaça do pacu alimentado com níveis de vitamina A na dieta.

Parâmetros (%)	Vitamina A (UI/kg)				
	0	3.000	6.000	9.000	12.000
Peixe eviscerado	84,06±1,9	83,89±3,2	85,06±1,8	85,76±0,6	85,76±0,4
Gordura visceral	1,27±0,3	1,27±0,1	1,53±0,2	1,46±0,2	1,75±0,3
Matéria seca	28,52±1,6	28,34±3,3	27,67±0,6	28,86±0,9	27,16±0,6
Proteína bruta	18,08±0,9	17,30±0,5	17,52±3,1	17,40±1,2	18,78±1,3
Lipídios	6,83±1,4	6,49±2,3	5,94±0,9	7,18±0,9	5,81±0,5
Matéria mineral	4,43±0,5	4,18±1,6	3,93±0,9	3,80±0,7	3,53±0,7

Tabela 4. Relação hepatossomática e número de hepatócitos no fígado dos pacus alimentados com suplementação de vitamina A.

Vitamina A (UI/kg)	Relação Hepatossomática (%)	Hepatócitos
0	1,29±0,1	257,6±47,7
3000	1,04±0,3	256,9±25,4
6000	1,10±0,1	227,4±23,9
9000	0,98±0,1	249,0±21,3
12000	1,12±0,1	284,9±36,7

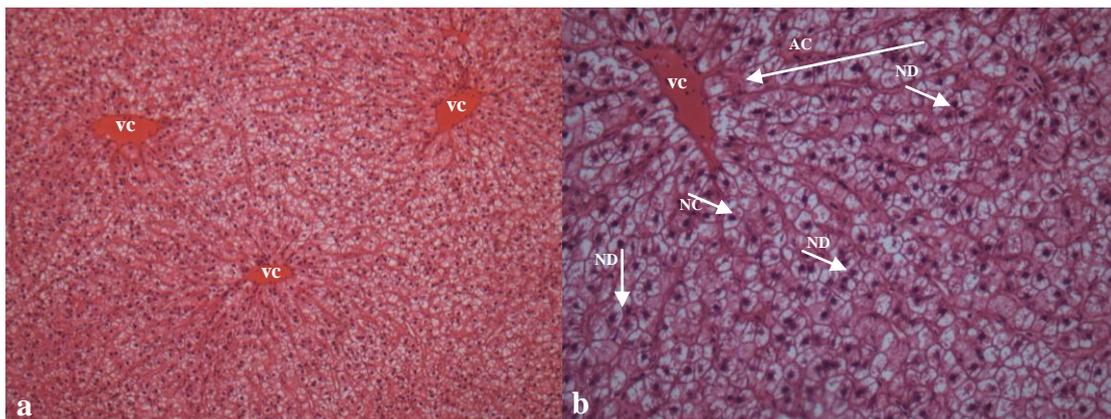


Figura 4. Características do fígado juvenis de pacu alimentados com dietas suplementadas com vitamina A. Veia centro lobular (VC); arranjo cordonal dos hepatócitos (AC); núcleo centralizado no hepatócito (NC); núcleo deslocado para a periferia (ND). a) HE - 100x; b) HE – 400X.

Tabela 5. Parâmetros sanguíneos de pacu alimentado com níveis de vitamina A na dieta.

Parâmetros	Vitamina A (UI/kg)				
	0	3.000	6.000	9.000	12.000
Hematócrito	39,25±1,9	37,95±2,2	38,05±2,2	37,50±1,2	38,75±2,0
Eritrócitos	2,34±0,2	2,37±0,1	2,50±0,4	2,42±0,3	2,28±0,1
Hemoglobina	9,92±0,3	10,04±0,6	9,96±1,2	10,01±0,4	9,75±0,5
VCM	179,09±22,5	161,75±9,7	156,44±27,8	157,14±17,2	172,00±11,7
HCM	43,35±5,2	42,80±2,6	41,46±11,1	41,90±4,1	43,42±3,2
CHCM	25,33±0,9	26,51±1,7	26,33±4,2	26,74±1,7	25,21±0,7

VCM: Volume corpuscular médio; HCM: Hemoglobina corpuscular média; Concentração de hemoglobina corpuscular média.

IV – Vitamina A na dieta de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) cultivados em tanques-rede

Resumo – O objetivo do presente trabalho foi avaliar a suplementação de vitamina A na alimentação de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) cultivado em tanques-rede. Foram utilizados 2.000 peixes com peso inicial médio de $66,93 \pm 15,03$ g e comprimento inicial médio de $14,59 \pm 1,07$ cm, distribuídos inteiramente ao acaso em 20 tanques-rede com $5,0 \text{ m}^3$ (5 tratamentos e 4 repetições, com 20 peixes/ m^3). As dietas apresentavam 26% de proteína bruta e 3.000 kcal/kg suplementadas com 0, 3.000, 6.000, 9.000 e 12.000 UI de vitamina A/kg de dieta, por meio do acetato de retinol. O arraçoamento foi realizado às 8h30min, 13h30min e 17h30min, até a saciedade aparente dos animais. Os parâmetros de temperatura, e transparência foram mensurados duas vezes ao dia, e a condutividade elétrica, pH e oxigênio dissolvido semanalmente. Foram avaliados o ganho em peso diário, o comprimento final, o fator de condição, a conversão alimentar aparente, a eficiência alimentar aparente, a sobrevivência e o rendimento de carcaça, a gordura visceral, a relação hepatossomática, a matéria seca, a umidade, a proteína bruta, a matéria mineral e os lipídios na carcaça. Foram avaliadas as variáveis sanguíneas como hematócrito, eritrócitos, hemoglobina, volume corpuscular médio, hemoglobina corpuscular média e concentração de hemoglobina corpuscular média, além da concentração de vitamina A e lipídios totais no fígado dos peixes. Não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) sobre os parâmetros avaliados. Ao observar os pacus que receberam as dietas sem suplementação de acetato de retinol apresentaram a menor retenção de vitamina A no fígado, comparado aos pacus que receberam dietas com maiores níveis de vitamina A. A suplementação de vitamina A em dietas para juvenis de pacu criados em tanques-rede não influenciou no desempenho produtivo, composição química, parâmetros sanguíneos e no teor de lipídios totais do fígado; entretanto, aumentou a retenção de vitamina A no fígado dos peixes.

Termos para indexação: exigência vitamínica, peixes nativos, vitaminas lipossolúveis.

Vitamin A in diet of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles reared in cages

Abstract – The aim of this study was to evaluate the vitamin A supplementation in diet of juvenile pacu (*Piaractus mesopotamicus*) reared in cages. 2.000 fish were used with initial weight of 66.93 ± 15.03 g and average initial length of 14.59 ± 1.07 cm, distributed at random in 20 cages of 5.0m^3 (five treatments and four repetitions) with 20 fish m^3 . The diets contained 26% crude protein and 3.000 kcal supplemented with 0; 3.000, 6.000, 9.000 and 12.000 UI/kg of vitamin A diet, supplemented by retinyl acetate. The feeding was carried at 8:30; 1:30 and 5:30 until apparent satiety of animals. The parameters of temperature and transparency were measured two times daily, and electrical conductivity, pH and dissolved oxygen were measured weekly. There were evaluated weight gain, daily weight gain, final length, condition factor, feed conversion rate, feed efficiency, survival and carcass yield, visceral fat, hepatosomatic relation, dry matter, humidity, crude protein, mineral matter and lipids in carcass. There were also evaluated blood variables like hematocrit, erythrocyte, hemoglobin, medium corpuscular volume, medium corpuscular hemoglobin and medium corpuscular hemoglobin concentration, as well as vitamin A concentration and total lipids on fish liver. There were no differences ($P > 0.05$) on the parameters evaluated, however, there was reduction in daily weight gain and an increase in feed conversion rate. However, these variations are related to a reduction in temperature. It was observed that pacu fed with diets absent of retinyl acetate supplementation, showed the lowest retention of vitamin A in liver, compared to pacu fed with diets with higher levels of vitamin A. The supplementation of vitamin A in diets for juvenile pacu reared in cages did not influence productive performance, chemical composition, blood parameters and the level of total lipids in liver. However it influenced the retention of vitamin A in fish liver.

Index terms: vitamin requirement, native fish, fat-soluble vitamin.

Introdução

O pacu (*Piaractus mesopotamicus*), peixe endêmico das bacias do rio Paraná-Paraguay é uma importante espécie comercializada na região (Jomori et al., 2003), no entanto, vem apresentando redução progressiva no estoque populacional no ambiente natural (Lopera-Barrero et al., 2008). Por outro lado, o interesse em sistemas de cultivo vem crescendo de forma significativa (Abimorad & Carneiro, 2004), podendo ser utilizada para a pesca esportiva e produção de carne (Furuya et al., 2008), pois possui elevado valor comercial, rusticidade ao manejo, precocidade, rápido crescimento e adaptação aos sistemas produtivos. Na natureza altera sua alimentação de acordo com a sazonalidade da disponibilidade de alimentos (Rodrigues et al., 2010) e em sistemas de cultivo aceita muito bem dietas comerciais (Signor et al., 2010).

A produção em tanques-rede proporcionou o incrementar a produção aquícola, além da possibilidade de produção em reservatórios de hidrelétricas, lagos, rios e açudes de grande porte, além de permitir a criação de várias espécies próximas umas das outras. Este sistema permite a produção de espécies regionais, principalmente onde espécies exóticas não podem ser produzidas, pela legislação definida para o local. No entanto, este sistema produtivo é totalmente dependente de dietas completas, que atendam às exigências nutricionais em proteínas, lipídios, carboidratos, vitamina e minerais (Pezzato et al., 2001).

As vitaminas são compostos orgânicos (Champe et al., 2006), funcionam como catalizadores ou reguladores metabólicos e são classificadas em lipossolúveis (vitaminas A, D, E e K) ou hidrossolúveis (vitaminas do complexo B e vitamina C) (Goff, 2006). A vitamina A é absorvida ao longo do intestino delgado junto com os lipídios provenientes das dietas. Desta forma, condições favoráveis para absorção de gorduras proporcionam aumento da absorção destas vitaminas (NRC, 1993).

A vitamina A participa de várias funções nos organismos, estando envolvida na síntese de algumas glicoproteínas e glicosaminoglicanos agindo como hormônios esteroides na regulação do crescimento e diferenciação celular (Devlin, 1998). Sendo importante para a visão, reprodução, desenvolvimento embrionário e atua na resposta imune (Halver, 2002), desta forma influencia no crescimento, deformações ósseas (Lall & Lewis McCrea, 2007; Fernandez et al., 2009), além de reduzir o crescimento (Weston et al., 2003; Lall & Lewis McCrea, 2007), provocando mortalidade nos animais.

No entanto, os estudos com vitamina A para peixes no Brasil são escassos, dentre os quais pode-se destacar Campeche et al. (2009) e Guimarães (2009) para tilápias do Nilo, Peil et al. (2007) para larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*), os quais determinaram 4.800, 4.704 a 5.300 e 3000 UI de vitamina/kg de ração, respectivamente, para o bom desempenho produtivo dos animais. Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a exigência de vitamina A na alimentação de pacu (*P. mesopotamicus*) cultivado em tanques-rede sobre o desempenho produtivo, características de carcaça, composição do fígado e parâmetros sanguíneos.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido no Lago da Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional, localizado no Rio Paraná. O estudo foi conduzido no Centro de Desenvolvimento de Tecnologias para Piscicultura em tanques-rede, localizado junto ao Refúgio Biológico do município de Santa Helena – PR entre as coordenadas geográficas W 54° 21' 196, S 24° 51' 105, W 54° 21' 078, S 24° 51' 192 e W 54° 21' 224, S 24° 51' 143, por um período de 90 dias (março a junho).

Para a execução do experimento, o suplemento mineral e vitamínico foi formulado de forma a apresentar-se com 0; 3.000; 6.000; 9.000 e 12.000UI de vitamina A/kg da dieta por meio da suplementação do acetato de retinol (Microvit™ A Supra 1000) com concentração de 1.000.000 UI de vitamina A/g, o qual foi adicionado à dieta após a pesagem de cada um dos ingredientes que foram incluídos nas dietas (Tabela 1). As concentrações de vitamina A adicionada às dietas representaram os diferentes tratamentos. A ração foi formulada com 26% de proteína bruta (PB) e 3.000 kcal de energia digestível (ED)/kg de ração.

Para a confecção das dietas, os alimentos (milho, farelo de soja, farelos de trigo, farinha de vísceras de aves e farinha de peixe) foram pesados, misturados em misturador vertical e moídos em moinho, tipo martelo, até atingirem diâmetro igual a 0,8 mm. Posteriormente, foram misturados e adicionados os micronutrientes, suplemento mineral e vitamínico, antifúngico e, por último, o óleo em misturador horizontal. As dietas foram submetidas ao processo de extrusão com péletes de 4,0 mm, secas em secador horizontal, embaladas e identificadas. O processamento das dietas

ocorreu na Fábrica de Rações Escola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em extrusora com capacidade de 300 kg/h da Food Machines®.

Foram utilizados 2.000 peixes, com peso de $66,93 \pm 15,03$ g e comprimento de $14,59 \pm 1,07$ cm, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em 20 tanques-rede de 5,0 m³, com cinco tratamentos e quatro repetições. A unidade experimental considerada é de um tanque contendo 100 peixes (20 peixes/m³).

O arraçoamento foi realizado três vezes ao dia às 8h30min, 13h30min e 17h30min, até a saciedade aparente dos animais. O consumo alimentar dos peixes foi acompanhado pela pesagem e reposição diária das dietas fornecidas aos peixes.

Os parâmetros de qualidade de água como pH, a condutividade elétrica (μ S/cm) e o oxigênio dissolvido (mg/L) foram medidos quinzenalmente e a temperatura (°C) e a transparência da água (m) foram monitoradas diariamente pela manhã (8h30min) e à tarde (17h30min).

Para análises hematológicas, os peixes foram anestesiados com 75 mg/L de benzocaína (Gomes et al., 2001). Para a análise de desempenho produtivo, rendimento corporal, composição química da carcaça e vitamina A e lipídios do fígado, os peixes foram submetidos à eutanásia com 250 mg/L de benzocaína (Gomes et al., 2001). Esta metodologia foi aprovada pelo Comitê de Conduta Ética no Uso de Animais em Experimentação da Universidade Estadual de Maringá, sobre o protocolo 066/2009.

Foram capturados oito peixes de cada unidade experimental, após um período de 12h de jejum para a coleta e avaliação dos parâmetros hematológicos. A coleta de sangue foi realizada por punção caudal, coletando 1,0 mL de sangue de cada animal com o auxílio de uma seringa heparinizada descartável. A alíquota de sangue foi destinada à contagem do número de eritrócitos em câmara de Neubauer (Collier, 1944). Também determinados a hemoglobina e o hematócrito, segundo metodologia descrita por Collier (1944) e Goldenfarb et al. (1971), respectivamente. Estas análises foram realizadas no Centro de Desenvolvimento de Tecnologia para Piscicultura em Tanques-rede. Foram calculados os índices hematimétricos como a hemoglobina corpuscular média ($hemoglobina * 10 / eritrócitos$), concentração de hemoglobina corpuscular média ($hemoglobina * 100 / hematócrito$) e volume corpuscular ($Hematócrito * 10 / eritrócitos$).

Ao final do período experimental foram capturados todos os animais, pesados, medidos e contados para calcular o desempenho produtivo de ganho em peso ($peso\ final - peso\ inicial$), ganho em peso diário ($ganho\ em\ peso / dias\ de\ cultivo$), comprimento final, fator de condição ($peso\ final / comprimento\ final^3$), conversão alimentar ($consumo$

de ração/ganho em peso), taxa de eficiência alimentar ($\text{ganho em peso}/\text{consumo de ração}$) e sobrevivência ($(\text{número de animais no final} \times 100)/\text{número de animais no início}$).

Os peixes após serem pesados e medidos foram separados em oito animais de cada tanque aleatoriamente, acondicionados em caixas com gelo e transportados ao Laboratório de Tecnologia do Pescado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, para avaliar o rendimento corporal de peixe eviscerado ($(\text{peso sem vísceras} \times 100)/\text{peso total}$), relação hepatossomática ($(\text{peso do fígado} \times 100)/\text{peso total}$) e gordura visceral ($(\text{peso da gordura vísceras} \times 100)/\text{peso total}$). Para análises de composição química (umidade, proteína bruta, lipídios e matéria mineral), os peixes inteiros foram armazenados em freezer (-6°C) e as análises seguiram a metodologia proposta pela AOAC (2000). Os fígados foram congelados em nitrogênio líquido, formando um *pool* por tratamento e armazenados em freezer (-20°C) para análise de vitamina A e lipídios no fígado.

A técnica utilizada para análise de vitamina A total foi por cromatografia líquida de alta eficiência – HPLC, no Laboratório de Alta Tecnologia – Campinas/SP. Inicialmente, as amostras foram convertidas em retinol por meio de hidrólise alcalina e, posteriormente, foram extraídas em solvente apropriado e então diluições sucessivas foram realizadas para serem aplicadas a cromatografia e quantificadas com padrão externo (Assay et al., 1977). Os lipídios totais foram analisados, segundo metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2005) baseado na extração da gordura com clorofórmio, após separação de fases entre o clorofórmio e metanol.

Os dados foram submetidos ao teste de homogeneidade e normalidade (*Cramer-Von mises*) e aplicado análise de regressão ao nível de 5% de significância, pelo programa estatístico SAS (SAS, 2004).

Resultados e Discussão

Os parâmetros médios de temperatura, transparência, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e potencial hidrogeniônico da água estão apresentados na Tabela 2. A temperatura encontra-se abaixo dos valores de conforto térmico para os pacus, conforme relatado por Carneiro (1990) e Signor et al. (2007) que é de aproximadamente 28°C . Porém, a temperatura no início do experimento encontrava-se próxima ao

conforto térmico que, posteriormente, apresentou redução com o período de cultivo (Figura 1). Os parâmetros de pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica da água permaneceram dentro de valores aceitáveis para o desenvolvimento dos peixes (Boyd, 1990; Kubitzka, 1999), e permanecem abaixo do estabelecido pela Resolução 357/05 do Conama, para águas de classe II.

Os parâmetros zootécnicos de peso final, ganho em peso, ganho em peso diário, comprimento final, fator de condição final, conversão alimentar aparente e sobrevivência não apresentaram diferenças ($P > 0,05$) entre os diferentes níveis de vitamina A na dieta (Tabela 3).

Os resultados obtidos de desempenho produtivo para juvenis de pacu se assemelham aos obtidos por Guo et al. (2010), os quais relataram que a suplementação de vitamina A (0, 500, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 UI) não influencia nos parâmetros de desempenho produtivo da tilápia do Nilo, resultado semelhante ao observado por Thompson et al. (1995) para trutas (*Salmo gairdneri*). Por outro lado, o ganho em peso de tilápias do Nilo não foi significativamente influenciado pelo aumento dos níveis de vitamina A na dieta (0, 600, 1.200, 1.800, 2.400, 3.000, 3.600, 4.200, 4.800 e 5.400 UI/kg), porém, o peso final dos animais e a conversão alimentar foram influenciados pelas dietas (Campeche et al., 2009).

A vitamina A na dieta é essencial para os peixes, porém, as respostas não seguem um padrão definido. Guimarães (2009), avaliando níveis de 0, 200, 400, 800, 1.600, 3.200, 6.400 e 12.800 UI/kg, relatou que tilápias do Nilo, alimentadas com 4.704 UI/kg de vitamina A na ração, apresentam o melhor ganho em peso, porém, os níveis superiores a 200 UI/kg não influenciam na conversão alimentar e 5.300 UI/kg de ração apresenta a maior retenção proteica. Hu et al. (2006) relataram que o melhor desempenho de tilápia híbrida (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) foi obtida com 5.850 e 6.970 UI/kg e Saleh et al. (1995) observaram exigência de 5.000 UI/kg, demonstrando pouca variação na exigência entre os estudos.

Em dietas que avaliam a vitamina A em peixes é comum ocorrer mortalidade dos peixes que são alimentados com dietas isentas de vitamina (Halver, 1985; Saleh et al., 1995; Davis et al., 1998; Ornsrud et al., 2002; Hu et al., 2006; Peil et al., 2007; Campeche et al., 2009; Guimarães, 2009), pois é uma das características mais comuns da deficiência de vitamina A no organismo, resultado este não observado para o pacu. Resposta semelhante foi relatada por Guo et al. (2010) quando descreveu que há influência da suplementação de vitamina A sobre a sobrevivência dos alevinos de

tilápia, observando 98,57% de sobrevivência para a dieta sem suplementação de vitamina A. Resultados contrários são relatados por Guimarães (2009) que observou mortalidade de até 77,5% para a tilápia do Nilo e Peil et al. (2007) até 52,0% de mortalidade para o jundiá (*Rhamdia quelen*), relatando que a mortalidade pode ser a maior expressão da deficiência vitamínica.

Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) para as porcentagens de peixe eviscerado, gordura visceral e relação hepatossomática, demonstrando não ocorrer influência das dietas sobre estes parâmetros (Tabela 4). A suplementação de vitamina A na dieta não influenciou ($P>0,05$) nos parâmetros de composição química da carcaça dos juvenis de pacu cultivados em tanques-rede.

Observou-se também que os peixes alimentados com níveis crescentes de vitamina A apresentaram valores de 11.745, 14.255, 12.693, 19.690 e 34.557 UI de vitamina A/kg de fígado (Figura 2). A deposição de lipídios no fígado dos animais parece não ter sido afetado, pois praticamente não variou a sua concentração (Figura 3), sendo observados valores de 5,46, 5,31, 5,72, 5,05 e 6,59 g/100 g, respectivamente para os níveis de 0, 3.000, 6.000, 9.000 e 12.000 UI vitamina A/kg de dieta.

Os resultados relatados por Ornsrud et al. (2002), Mohamed et al. (2003), Hernandez et al. (2005) e Hu et al. (2006), quando avaliaram vitamina A na dietas do salmão, garoupa, “japanese flounder” (*Paralichthys olivaceus*) e tilápia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*), respectivamente, relataram não ocorrer variação na gordura dos animais. Resultado semelhante aos observado neste trabalho foi relatado por Dedi et al. (1995) ao avaliar 10.000 UI de vitamina A/kg de dieta de “flounder” (*Paralichthys olivaceus*), relatando que não ocorreu influência desta vitamina sobre o conteúdo hepático dos animais.

Quanto à composição química da carcaça, resultados contrários aos observados para o pacu foram relatados por Ornsrud et al. (2002), Mohamed et al. (2003), Hernandez et al. (2005) e Hu et al. (2006) em que observaram que a vitamina A influencia diretamente nos parâmetros de proteína bruta, elevando a porcentagem de proteína na carcaça com a suplementação de vitamina A.

Quanto aos resultados hematológicos de hematócrito, eritrócito, hemoglobina, volume corpuscular médio, hemoglobina corpuscular médio e concentração de hemoglobina corpuscular médio, observa-se que os níveis de vitamina A da dieta não influenciaram ($P>0,05$) nos resultados hematológicos (Tabela 5). Os resultados obtidos para os parâmetros hematológicos para o pacu se encontram dentro dos padrões

estabelecidas para espécie, conforme descrito por Tavares-Dias et al. (1999), Ranzani-Paiva et al. (1999) e Tavares-Dias et al. (2002). No entanto, não ocorreu diferença entre os valores hematológicos em função do nível de vitamina A para o pacu. Guimarães (2009) relatou que em dietas isentas de vitamina A, ocorreu redução nos valores de hematócrito, hemoglobina e número de eritrócitos. Goswami & Dutra (1991) relataram que dietas deficientes em vitamina A reduzem os valores de hemoglobina e eritrócitos. Porém, Hernandez et al. (2007) e Guo et al. (2010) relataram não observar diferença para o hematócrito e hemoglobina quando avaliaram níveis de vitamina A na dieta de juvenis “japanese flounder” (*Paralichthys olivaceus*) e tilápia do Nilo.

Conclusão

1. Nas condições em que foi realizado o atual trabalho, a vitamina A em dietas para juvenis de pacu criados em tanques-rede não influenciou no desempenho dos pacus, porém, aumentou a retenção de vitamina A no fígado dos pacus.

Referências

- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Métodos de coleta e fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1987). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1101-1109, 2004.
- ASSAY, V.; STROHECKER, R.; HENNING, H.M. (Ed.). **Farmacopéia brasileira**. 3.ed. São Paulo: Verlag Chemie, 1977. p.691-694.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of association of official analytical chemists. 17.ed. Arlington: AOAC Inc., 2000. v.1 e v.2.
- BARROWS, F.T.; GAYLORD, G.T.; SEALEY, W.M.; PORTER, L.; SMITH, C.E. The effect of vitamin premix in extruded plant-based and fish meal based diets on growth efficiency and health of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.283, p.148-155, 2008.
- BOYD, C. **Water quality in ponds for aquaculture**. London: Birmingham, 1990.
- CAMPECHE, D. F. B.; CATHARINO, R.R.; GODOY, H.T.; CYRINO, J.E.P. Vitamin a in diets for nile tilapia. **Scientia Agricola**, v.66, p.751-756, 2009.

CARNEIRO, D.J. **Efeito da temperatura na exigência de proteína e energia em dietas para alevinos de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887).** 1990. 59p. Tese (Doutorado) - UFSCar, São Carlos.

CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A.; FERRIER, D.R. **Bioquímica ilustrada.** Porto Alegre: Artmed, 2006.

COELHO, M. Vitamin stability in premix and feeds: a practical approach in ruminants diets. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 13., 2002, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 2002. p.127-145.

COLLIER, H.B. The standardizations of blood haemoglobin determinations. **Canadian Medical Association Journal**, v.50, p.550-552, 1944.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res_35705.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2011.

DAVIS, K.B.; SIMCO, W.A.; LI, M.; ROBINSON, E. Effect of reduction of supplementary dietary vitamins on the stress response of channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.29, p.319-324, 1998.

DEDI, J.; TAKEUCHI, T.; SEIKAI, T.; WATANABE, T. Hypervitaminosis and safe levels of vitamin A for larval flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed *Artemia* nauplii. **Aquaculture**, v.133, p.135-146, 1995.

DEVLIN, T. M. **Manual de bioquímica com correlações clínicas.** São Paulo: Edgard Blucher. 1998.

FERNANDEZ, I.; PIMENEL, M.S.; ORTIZ-DELGADO, J.B.; HONTORIA, F.; SARASQUETE, C.; ESTÉVEZ, A.; ZAMBONINO-INFANTE, J.L.; GISBERT, E. Effect of dietary vitamin A on Senegalese sole (*Solea senegalensis*) skeletogenesis and larval quality. **Aquaculture**, v.295, p.250-265, 2009.

FURUYA, W.M.; MICHELATO, M.; SILVA, L.C.R.; SANTOS, L.D.; SILVA, T.S.C.; SCHAMBER, C.R.; VIDAL, L.V.O.; FURUYA, V.R.B. Fitase em rações para Juvenis de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Boletim do Instituto de Pesca**, v.34, p.489-496, 2008.

GOFF, J.P. **Vitaminas.** In: REECE, W.O. **Fisiologia dos animais domésticos.** 12.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p. 353- 576.

GOLDENFARB, P.B.; BOWYER, F.P.; HALL, E.; BROSIUS, E. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determinations. **American Journal Clinical of Pathology**, v.56, p.35-39, 1971.

- GOMES, L.C.; CHIPARI-GOMES, A.R.; LOPES, N.P.; ROUBACH, R.; ARAUJO-LIMA, C.A.R.M. Efficacy of benzocaine as an anesthetic in juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.32, p.426-431, 2001.
- GOSWAMI, U.C.; DUTTA, N.K. Vitamin A-deficient diet and its effects on certain haematological parameters of *Heteropneustes fossilis* a 3–4-dehydroretinol freshwater fish. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**, v.61, p.205-209, 1991.
- GUIMARAES, I. G. **Vitamina A em dietas para tilápia do Nilo**. 2009. 100p. Tese (Doutorado) - UNESP, Botucatu.
- GUO, R.; LIM, C.; XIA, H.; AKSOR, M.Y.; LI, M. Effect of various dietary vitamin A levels on growth performance and immune response of tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Frontiers of Agriculture in China**, v.4, p.507-512, 2010.
- HALVER, J. E. Vitamin requirement study techniques. **Journal of Aquaculture**, v.11, p.215-224, 1995.
- HALVER, J. E. The minerals. In: J. E. HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Ed.). **Fish nutrition**. 3.ed. San Diego: Academic Press, 2002. p.61-141.
- HERNANDEZ, L.H.; TESHIMA, S.I.; KOSHIO, S.; ISHIKAWA, M.; TANAKA, Y.; ALAM, S. Effects of vitamin A on growth, serum anti-bacterial activity and transaminase activities in the juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture**, v.262, p.444-450, 2007.
- HERNÁNDEZ, L.H.H.; TESHIMA, S.I.; ISHIKAWA, M.; ALAM, S.; KOSHIO, S.; TANAKA, Y. Dietary vitamin A requirements of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture Nutrition**, v.11, p.3-9, 2005.
- HU, C.J.; CHEN, S.M.; PAN, C.H.; HUANG, C.H. Effects of dietary vitamin A or β -carotene concentrations on growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture**, v.253, p.602-607, 2006.
- INSTITUTE Inc. **SAS User's guide statistics**. 9.ed. Cary, 2004.
- IAL-Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 4.ed. São Paulo, 2005. (Métodos químicos e físicos para análise de alimentos).
- JOMORI, R.K.; CARNEIRO, D.J.; MALHEIROS, E.B.; M.C. PORTELLA. Growth and survival of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) juveniles reared in ponds or at different initial larviculture periods indoors. **Aquaculture**, v.221, p.277-287, 2003.
- KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes**. Piracicaba: Esalq, 1999.
- LALL, S.P.; LEWIS-MCCREA, L.M., Role of nutrients in skeletal metabolism and pathology in fish - an overview. **Aquaculture**, v.267, p.3-19, 2007.

LOPERA BARRERO, N.M.; RIBEIRO, R.R.; POVH, J.A.; PATRÍCIA C.; GOMES, P.C.G.; VARGAS, L.; OLIVEIRA, S.N. Caracterización genética de lotes de peces usados en programas de repoblamiento y su importancia en la conservación genética en la piscicultura. **Zootecnia Tropical**, v.26, p.515-522, 2008.

MOHAMED, J.S.; SIVARAM, V.; CHRISTOPHER ROY, T.S.; MARIAN, M.P.; MURUGADASS, S.; HUSSAIN, M.R. Dietary vitamin A requirement of juvenile greasy grouper (*Epinephelus tauvina*). **Aquaculture**, v.219, p.693-701, 2003.

MORA, J.O.; GUERI, M.; MORA, O.L. Vitamin A deficiency in Latin America and the Caribbean: An overview. **Revista Panamericana de Salud Publica**, v.4, p.178-186, 1998.

MOREN, M.; OPSTAD, I.; BERNTSSEN, M.H.G.; ZAMBONINO INFANTE, J.L.; HAMRE, K. An optimum level of vitamin A supplements for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) juveniles. **Aquaculture**, v.235, p.587-599, 2004.

NRC-National Research Council. **Nutrient requirements of warmwater, fishes and shellfishes: nutrient requirements of domestic animals**. Washington, D.C, 1993.

ORNSRUD, R.; GRAFF, I.E.; HOIE, S.; TOTLAND, D.K.; HEMRE, G.I. Hypervitaminosis A in first-feeding fry of the Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture Nutrition**, v.8, p.7-13, 2002.

PEIL, S.Q.; POUHEY, J.L.O.F.; LOPES, P.R.S.; MARTINS, C.R.; TIMM, G. Adição de vitamina A na dieta de pós-larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Biodiversidade Pampeana**, v.5, p.9-15, 2007.

RANZANI-PAIVA, M.J.T.; SALLES, F.A.; EIRAS, J.C.; EIRAS, A.C.; ISHIKAWA, C.M.; ALEXANDRINO, A.C. Análises hematológicas de curimatá (*prochilodus scrofa*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) das estações de piscicultura do instituto de pesca, estado de São Paulo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.25, p.77-83, 1999.

RODRIGUES, L.A.; FERNANDES, J.B.K.; FABREGAT, T.E.H.P.; SAKOMURA, N.K. Desempenho produtivo, composição corporal e parâmetros fisiológicos de pacu alimentado com níveis crescentes de fibra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.897-902, 2010.

SALEH, G.; ELERAKY, W.; GROPP, J.M. A short note on the effects of vitamin A hypervitaminosis on leath and growth of Tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*). **Journal of Applied Ichthyology**, v.11, p.382-385, 1995.

SAMPAIO, A.V.; ONO, E.A.; KUBTIZA, F. **Planejamento da produção de peixes**. Campo Grande: [s.n.], 1998.

SCOTT, M.L.; NESHEIM, M.C.; YOUNG, R.G. **Nutrition of the chicken**. 3.ed. New York: Scot e Association Publication Ithaca, 1982.

SIGNOR, A.A.; BITTENCOURT, F.; BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, F.; REIDEL, A., LÖSH, J.A. Influência da temperatura no desempenho de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) cultivados em tanques-rede com diferentes níveis de proteína e energia. In. CONGRESSO DE NUTRIÇÃO E SAÚDE DE PEIXES, 2., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Aquanutri, 2007. CD-ROM.

SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.; BITTENCOURT, F.; COLDEBELLA, A.; REIDEL, A. Proteína e energia na alimentação de pacus criados em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2336-2341, 2010.

TAVARES-DIAS, M.L.; SCHALCH, S.H.C.; ONAKA, E.M.; QUINTANA, C.I.F.; MORAES, J.R.E.; MORAES, F.R. Alterações hematológicas e histopatológicas em pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes, Characidae), tratado com sulfato de cobre (CuSO₄). **Acta Scientiarum**, v.24, p.547-554, 2002.

TAVARES-DIAS, M.; TENANI, R.A.; GIOLI, L.D.; FAUSTINO, C.D. Características hematológicas de teleósteos brasileiros. II. Parâmetros sanguíneos do *Piaractus mesopotamicus* Holmberg (Osteichthyes, Characidae) em policultivo intensivo. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.16, p.423-431, 1999.

THOMPSON, I.; CHOUBERT, G.; HOULIHAN, D.F.; SECOMBES, C.J. The effect of dietary vitamin A and astaxanthin on the immune competence of rainbow trout. **Aquaculture**, v.133, p.91-102, 1995.

WESTON, A.D.; HOFFMAN, L.M.; UNDERHILL, T.M. Revisiting the role of retinoid signaling in skeletal development. **Birth Defects Resarch Embryo**, v.69, p.156-173, 2003.

Tabela 1. Composição percentual e química da ração basal.

Ingredientes	%
Milho grão	36,82
Farelo de trigo	20,00
Farelo de soja	20,00
Farinha de vísceras de aves	13,00
Farinha de peixe	7,30
Calcário calcítico	0,98
Óleo de soja	0,70
Suplemento mineral e vitamínico ⁽¹⁾	0,50
Sal comum	0,30
DL-metionina	0,21
Antifúngico (propionato de cálcio)	0,10
L-lisina-HCL	0,09
Antioxidante (BHT)	0,02
Total	100
Composição química	%
Matéria seca ⁽²⁾	88,00
Proteína bruta ⁽²⁾	26,00
Gordura ⁽²⁾	3,90
Matéria mineral ⁽²⁾	7,30

⁽¹⁾Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. D₃, 400.000UI; Vit. E, 30.000UI; Vit. K₃, 2.000 mg; Vit. B₁, 4.000 mg; Vit. B₂, 4.000 mg; Vit. B₆, 2.000 mg; Vit. B₁₂, 8 mg; Ác. Fólico, 1.000 mg; Pantotenato Ca, 1.000 mg; Vit. C, 60.000 mg; Biotina, 200 mg; Inositol, 20.000; Niacina, 20.000; Colina, 100.000 mg; Co, 140 mg; Cu, 2.000 mg; Fe, 16.000 mg; I, 200 mg; Mn, 10.000 mg; Se, 80 mg; Zn, 16.000 mg.

⁽²⁾Análises realizadas no Laboratório de Qualidade em Alimentos (AOAC, 2000).

Tabela 2. Parâmetros de qualidade de água no período experimental.

Parâmetros	Médias±desvio-padrão
Temperatura média (°C)	23,07±3,18
Transparência (m)	1,56±0,43
Oxigênio dissolvido (mg/L)	6,85±0,26
Condutividade elétrica (µS/cm)	40,52±1,31
Potencial hidrogeniônico	7,72±0,23

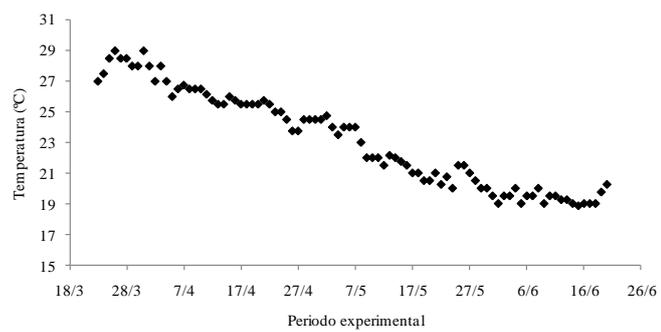


Figura 1. Variação da temperatura em função do período experimental.

Tabela 3. Desempenho produtivo dos juvenis de pacu alimentados com níveis de vitamina A na dieta.

Parâmetros	Vitamina A (UI/kg de dieta)				
	0	3.000	6.000	9.000	12.000
Peso inicial (g)	66,97±2,80	67,90±3,00	66,43±2,05	66,35±2,13	67,02±2,77
Peso final (g)	183,24±23,32	180,02±28,19	185,05±26,46	180,22±26,46	181,41±10,08
Ganho em peso (g)	116,27±22,27	112,12±27,71	118,62±24,52	113,87±25,47	114,38±8,24
Ganho em peso diário (g)	1,29±0,25	1,25±0,31	1,32±0,27	1,26±0,28	1,27±0,09
Comprimento final (cm)	19,94±0,99	19,86±1,01	19,97±0,83	19,74±1,04	19,87±0,31
Fator de condição final	2,30±0,04	2,28±0,04	2,31±0,05	2,33±0,02	2,31±0,05
Conversão alimentar	2,52±0,47	2,76±0,48	2,52±0,69	2,57±0,70	2,59±0,24
Sobrevivência (%)	99,50±0,69	94,50±9,94	99,00±0,60	99,75±0,60	97,75±2,03

Tabela 4. Rendimento e composição química da carcaça do pacu alimentado com níveis de vitamina A na dieta e cultivados em tanques-rede (matéria natural).

Parâmetros	Níveis de vitamina A (UI/kg)				
	0	3.000	6.000	9.000	12.000
Rendimento (%)					
Eviscerado	91,00±0,30	91,54±1,44	90,71±0,95	91,40±1,37	90,01±1,02
Gordura visceral	3,85±0,09	4,11±0,08	3,79±0,08	4,00±0,10	4,57±0,13
Relação Hepatosomática	1,11±0,29	1,10±0,26	1,22±0,33	1,16±0,47	1,22±0,47
Composição química (%)					
Matéria seca	31,99±0,37	33,61±1,15	31,79±1,53	33,19±1,28	32,87±1,51
Umidade	68,01±0,37	66,39±1,15	68,21±1,53	66,81±1,28	67,13±1,51
Proteína bruta	17,60±0,55	17,58±0,62	17,84±0,05	17,31±0,68	17,19±0,70
Matéria mineral	9,67±0,13	11,70±0,48	9,88±0,23	10,98±0,14	11,03±0,53
Extrato etéreo	3,96±0,69	4,41±1,50	4,49±0,99	4,49±1,33	4,08±2,34

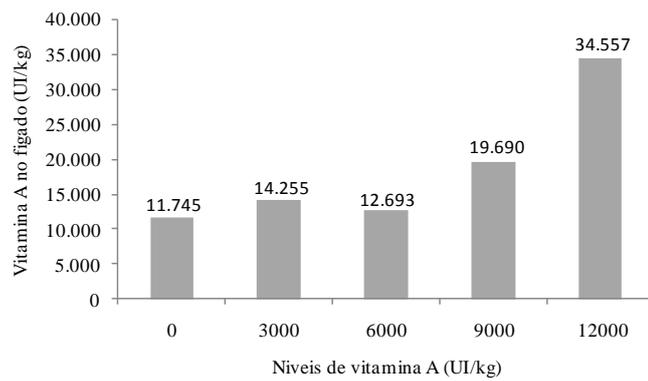


Figura 2. Vitamina A no fígado de pacus alimentados com níveis de vitamina A na dieta.

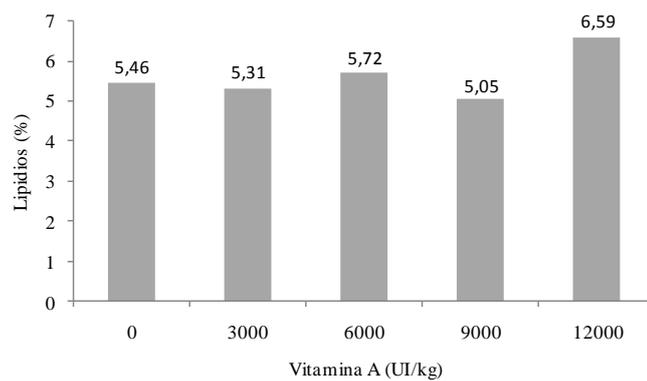


Figura 3. Lipídios no fígado de pacus alimentados com níveis de vitamina A na dieta.

Tabela 5. Parâmetros sanguíneos de pacu alimentado com vitamina A em tanques-rede.

Parâmetros	Níveis de vitamina A (UI/kg)				
	0	3.000	6.000	9.000	12.000
Hematócrito (%)	36,69±1,92	37,55±3,99	37,00±13,74	36,34±1,34	36,84±0,91
Eritrócitos ($10^6/\mu\text{l}$)	2,23±0,17	2,28±0,23	2,18±0,17	2,11±0,24	2,14±0,18
Hemoglobina (g/dL)	5,19±0,46	4,98±0,37	5,76±1,16	5,17±0,54	5,33±0,61
Volume corpuscular médio (μ^3)	166,92±20,07	168,49±30,15	173,87±14,68	175,40±20,69	174,59±17,15
Hemoglobina corpuscular média (pg)	23,54±1,39	22,35±3,65	26,92±4,42	24,25±4,97	25,15±2,75
Concentração de hemoglobina corpuscular média (%)	14,25±2,04	13,4±1,73	15,51±2,10	14,22±1,84	14,45±1,92

V – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos a fim de avaliar a exigência de vitamina A em dietas para peixes são complexos, pois esta vitamina é sensível ao oxigênio, à luz e à temperatura, aliado a análises laboratoriais onerosas e que podem apresentar falhas em virtude dos processos de extração e leitura, dificultando a confiança na resposta em rações e/ou tecidos corpóreos.

Em estudos com peixes pequenos e em ambientes controlados, as respostas como observado para o pacu, sofrem influência da vitamina A, seja sobre o desempenho produtivo, saúde ou deformações esqueléticas. Porém, refletem de forma concisa os teores de vitamina A das dietas, possibilitando o estabelecimento da exigência que proporcionam os melhores resultados. No entanto, quando realizadas com peixes maiores e em ambientes abertos, sem controle dos parâmetros envolvidos, vários fatores influenciam dificultando o estabelecimento da exigência.

Os pacus cultivados em tanques-rede receberam dietas comerciais antes do início do estudo, as quais apresentavam doses de vitamina A, provavelmente, acima das necessidades dos animais, em virtude da falta de conhecimento sobre sua exigência. Quando em excesso, a vitamina A é armazenada no fígado, dificultando o aparecimento da deficiência de vitamina A no peixe. O período de alimentação dos pacus de dose em 14 semanas foi muito próximo aos estabelecidos para outras espécies, porém, períodos maiores podem demonstrar os efeitos da vitamina sobre o desempenho produtivo, saúde e sobrevivência, um dos principais problemas de deficiência de vitamina no metabolismo animal.

As dietas dos pacus foram processadas com ingredientes comumente utilizados em dietas de peixes, porém, estes contêm carotenoides e vitamina A como o caso do milho, farelo de trigo e soja, farinhas vísceras de aves e de peixe. Porém, parte desta

vitamina dos alimentos pode ser perdida durante o processamento de extrusão das rações. Desta forma, a utilização de dietas purificadas pode ser utilizada para a determinação das exigências nutricionais de vitaminas, e posteriormente validação desta exigência em escala comercial.

Os peixes receberam exclusivamente as dietas experimentais como fonte de alimento, porém, o ambiente, tanques-rede, ao qual estavam inseridos apresentava zooplâncton que apresentam vitamina A em sua composição. Outro alimento disponível aos pacus cultivados em tanques-rede foram os mexilhões que estavam aderidos nas malhas e que os pacus se alimentam em função da dentição molariforme que permite aos peixes quebrar as conchas.

A temperatura da água onde estavam inseridos os tanques-rede apresentou redução significativa durante o período experimental. No início do experimento, a temperatura estava próxima da faixa de conforto térmico da espécie, porém, foi reduzindo gradativamente atingindo temperatura inferior de 19°C. A faixa de conforto térmico proporciona aos peixes maior ingestão de dietas, proporcionando maior crescimento, aumentando a exigência de nutrientes, proporcionando melhor visibilidade da deficiência de nutrientes na dieta.

Os elevados custos das dietas em sistemas intensivos de cultivo que superam 50% do custo da produção podem inviabilizar o cultivo. A determinação das exigências nutricionais que compõe as dietas é primordial para redução dos custos, além, de reduzir o impacto ambiental proporcionado pelas sobras de nutrientes na água. Desta forma, deve-se avaliar a exigência para cada espécie, principalmente aquelas com potencial para a produção na aquicultura, com a difusão de cultivos em tanques-rede que proporcionam a utilização de espécies para cultivos locais em função de legislação que não permitem o cultivo de espécies exóticas como é o estabelecido para o Lago de Itaipu, pelo acordo entre o Brasil e o Paraguai.

Dentre as espécies nativas do rio Paraná, o pacu demonstra rusticidade ao manejo e docilidade ao manejo em tanques-rede, com baixo índice de mortalidade e rápido crescimento quando cultivado em sua faixa de conforto térmico. No entanto, muitas pesquisas ainda devem ser realizadas visando desenvolver esta espécie para uma produção em escala industrial. Neste sentido, recomenda-se a utilização entre 3.000 e 6.000 UI de vitamina A/kg de dieta, atendendo à exigência para a espécie, em cultivos intensivos de produção.