

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA  
Colegiado dos Cursos de Pós-graduação**

**SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINAS E e C PARA TILÁPIAS DO NILO (*OREOCHROMIS  
NILOTICUS*)**

**RODRIGO DIANA NAVARRO**

**BELO HORIZONTE – MG  
Escola de Veterinária da UFMG  
2008**

RODRIGO DIANA NAVARRO

SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINAS E e C PARA TILÁPIAS DO NILO (*OREOCHROMIS  
NILOTICUS*)

Tese apresentada à Escola de Veterinária da  
Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito  
parcial para obtenção do grau em Doutor em  
Zootecnia,

Área de concentração: Nutrição Animal  
Orientador: Prof. Walter Motta Ferreira

BELO HORIZONTE – MG  
Escola de Veterinária da UFMG  
2008



Tese defendida e aprovada, em 25 de fevereiro de 2008, pela comissão constituída por:

---

Walter Motta Ferreira  
Orientador

---

Eloísa Oliveira Simões Saliba

---

Silvana de Vasconcelos Cançado

---

Sérgio Luis Pinto da Matta

---

Priscila Vieira Rosa Logato

## DEDICATÓRIA

A Deus,  
À minha esposa Fernanda, à minha filha Ana Katharina  
À minha mãe Maria da Piedade Pereira Diana pelo carinho e incentivo, e a meu pai Hamilton de  
Andrade Navarro (*in memoriam*).  
Ao meu irmão Guilherme Diana Navarro.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Minas Gerais, particularmente ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade de realização do curso.

À Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais pela bolsa concedida.

Ao Alban pela oportunidade de fazer Doutorado Sanduíche na Universidad Politénica de Valencia em Valencia Espanha.

À Vaccinar pela doação das vitaminas.

Ao Prof. Walter Motta pela amizade, orientação, confiança e oportunidade de realizar esse trabalho.

Ao Prof. Oswaldo Pinto Ribeiro Filho da Universidade Federal de Viçosa pela amizade, atenção, contribuição ao trabalho e exemplo profissional.

Ao Prof. Sérgio Luis Pinto da Matta da Universidade Federal de Viçosa, pela amizade e contribuição ao trabalho.

Ao Prof. Dalton Fontes pela colaboração e pelas sugestões que permitiram maior aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao prof. Miguel Cerdá, Profª Ana Tomás, Profª Silvia Matinez e Prof Johnn pela orientação no período de doutorado sanduíche na Universidad Politénica de Valencia em Valência Espanha.

À Profª Eloísa Saliba pela amizade e ajuda nas análises bromatológicas.

À Profª Dorila, do Departamento de Química, pela colaboração nas análises de ácidos graxos.

À Profª Leida do Departamento de Fisiologia e Biofísica da UFMG pela ajuda nas análises de glicogênio.

À Fernanda Keley pela imprescindível ajuda nas análises de glicogênio.

Ao prof Iran Borges pela amizade.

Ao Prof. Lincoln Pimentel pela sugestão no início do experimento.

Ao Prof. Tarcízio Antônio Rego de Paula da Universidade Federal de Viçosa pela amizade, carinho e principalmente, pela contribuição à minha formação profissional.

Ao Prof. Luiz Carlos dos Santos, da Estação de Hidrobiologia e Piscicultura, pertencente ao Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa pelo apoio na realização deste trabalho.

À Diane Miranda pela amizade e imprescindível ajuda nas análise histológica.

Aos amigos de trabalho Rodrigo Fortes da Silva, Leonardo Luiz Calado, Eriton Valente, Talles Eduardo pela imprescindível ajuda na condução e análise do experimento.

Aos amigos de doutorado da Escola de Veterinária, Leonardo Lara, Arthur Canela, Edgar Teixeira, Paulo pela amizade.

Aos amigos de doutorado da UPV em Valência, Silvia Nogalés, Rafael Rodrigues, Nacho, Nury pela amizade e colaboração no desenvolvimento do experimento na Espanha.

Aos funcionários Margó, Toninho, Marcos e Kelly do Laboratório de Nutrição Animal da UFMG pela amizade e ajuda nas análises químicas.

Aos amigos Paulo e João da Estação de Hidrobiologia e Piscicultura da Universidade Federal de Viçosa, pelo auxílio na parte de campo do experimento.

Aos funcionários do laboratório de Biologia Estrutural do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Viçosa, pela ajuda nas análises histológicas.

Aos funcionários do Ranário Experimental da Universidade Federal de Viçosa pelo apoio e amizade.

A todos que tenham contribuído para a realização deste trabalho direta ou indiretamente.

---

**SUMÁRIO**

---

|   | Página |
|---|--------|
| <b>RESUMO</b> .....   | 10     |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | 11     |
| <b>1.INTRODUÇÃO</b> .....   | 12     |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....   | 13     |
| <b>2.1 VITAMINAS</b> .....  | 13     |
| <b>2.1. VITAMINA C</b> .....  | 13     |
| <b>2.1.1. Funções, absorção e metabolismo</b> .....   | 14     |
| <b>2.1.2 Vitamina C no crescimento de peixes</b> .....  | 14     |
| <b>2.2. VITAMINA E</b> .....  | 15     |
| <b>2.2.1. Funções, absorção e metabolismo</b> .....   | 15     |
| <b>2.2.2. Vitamina E no desempenho de peixe</b> .....   | 16     |
| <b>2.2.3. Vitaminas E na reprodução de peixes</b> .....   | 16     |
| <b>2.2.4. Vitamina E e ácidos graxos</b> .....  | 17     |
| <b>2.3. ESTRUTURA DO TESTÍCULO E ESPERMATOGÊNESE DE PEIXES</b> .....  | 17     |
| <b>2.3.1 Espermatogênese de peixes</b> .....  | 18     |
| <b>2.4. ÍNDICE GONADOSSOMÁTICO</b> .....  | 18     |
| <b>2.5. ÍNDICE HEPATOSSOMÁTICO</b> .....  | 19     |
| <b>2.6. ÁCIDOS GRAXOS PARA PEIXES</b> .....   | 19     |
| <b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....   | 20     |
| <b>3. CAPÍTULO 1. MORFOMETRIA E DESENVOLVIMENTO GONADAL EM TILÁPIA DO NILO (OREOCHROMIS NILOTICUS) ALIMENTADAS COM SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINAS E</b> |        |
| <b>3.1. INTRODUÇÃO</b> .....  | 26     |
| <b>3.2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....  | 26     |
| <b>3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....  | 28     |
| <b>3.4.CONCLUSÃO</b> .....  | 33     |
| <b>3.5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....  | 33     |
| <b>4. CAPÍTULO 2. DESEMPENHO DE TILÁPIA DO NILO (OREOCHROMIS NILOTICUS) ALIMENTADAS COM SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA E COMPOSIÇÃO DA CARÇAÇA</b>       |        |
| <b>4.1. INTRODUÇÃO</b> .....  | 36     |
| <b>4.2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....  | 36     |
| <b>4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....  | 38     |
| <b>4.4. CONCLUSÃO</b> .....   | 42     |
| <b>4.4. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....  | 42     |
| <b>5. CAPÍTULO 3. SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA C NO DESEMPENHO DE TILÁPIA (OREOCHROMIS NILOTICUS)</b>  |        |
| <b>5.1. INTRODUÇÃO</b> .....  | 44     |
| <b>5.2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....  | 44     |
| <b>5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....  | 46     |
| <b>5.4. CONCLUSÃO</b> .....   | 48     |
| <b>5.5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....  | 49     |

---



---

**LISTA DE TABELAS**

---

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Capítulo 1. | Morfometria e desenvolvimento gonadal em Tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) alimentadas com suplementação de vitaminas E  |    |
| Tabela 1    | Composições percentuais, químicas e calculadas das dietas experimentais.  | 27 |
| Tabela 2    | Peso final (g) (PF), Comprimento total (cm) (CT), Comprimento padrão (CP), Peso da gônada (PG), Índice gonadossomático (IGS), Comprimento do testículo, Espessura do testículo, de alevinos de tilápia alimentados com dietas com suplementação de vitamina E na ração.   | 28 |
| Tabela 3    | Proporção volumétrica (%), dos elementos testiculares de tilápias nilóticas revertidas, alimentada com dieta suplementada com níveis crescente de vitamina E.   | 29 |
| Capítulo 2. | Desempenho de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) alimentados com suplementação de vitamina E e características da carcaça   |    |
| Tabela 1    | Composições percentuais, químicas e calculadas das dietas experimentais.  | 37 |
| Tabela 2    | Peso final (g) (PF), Ganho de peso (GP) Ganho de peso diário (GPD), Conversão alimentar aparente (CAA), Taxa de eficiência protéica (TEP), Taxa de crescimento específico (TCE), Taxa de sobrevivência (TS) de alevinos de tilápia alimentados com dietas com suplementação de vitamina E na ração.   | 38 |
| Tabela 3    | Composição em Matéria seca (MS), Proteína bruta (PB%), Extrato etéreo (EE%), Porcentagem de Proteína no ganho de peso (%PBGP), Porcentagem de Gordura no ganho de peso (5GGP), Índice viscerossomático (IVS), Índice hepatossomático (IHS) de carcaça de alevinos de tilápia alimentados com dietas com suplementação de vitamina E na ração. | 39 |
| Tabela 4    | Perfil dos ácidos graxos saturados da carcaça de tilápia alimentadas com suplementação de vitamina E.   | 40 |
| Tabela 5    | Perfil dos ácidos graxos poliinsaturados da carcaça de tilápia alimentadas com suplementação de vitamina E.   | 40 |
| Capítulo 3. | Suplementação de Vitaminas C no desempenho de Tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis Niloticus</i> )  |    |
| Tabela 1    | Composições percentuais, químicas e calculadas das dietas experimentais.  | 45 |
| Tabela 2    | Peso final (g) (PF), Ganho de peso (GP), Ganho de peso diário (GPD), Comprimento total (cm) (CT), Comprimento padrão (CP), Taxa de eficiência protéica (TEP), taxa de sobrevivência (TS) de alevinos de tilápia alimentados com dietas com suplementação de vitamina C na ração.  | 47 |
| Tabela 3    | Matéria seca (MS), Proteína bruta (PB%), Extrato etéreo (EE%), Porcentagem de proteína no ganho de peso (%PBGP), Porcentagem de gordura no ganho de peso (%GGP), Índice viscerossomático (IVS), Índice hepatossomático (IHS) de alevinos de tilápia alimentados com dietas com suplementação de vitamina C na ração.                          | 48 |
| Tabela 4    | Concentração de glicogênio do fígado (mg de glicogênio/100 mg de fígado), Concentração de glicogênio do músculo (mg de glicogênio/100 mg de músculo) de alevinos de tilápia alimentados com dietas com suplementação de vitamina C na ração.  | 48 |

---

**LISTA DE FIGURAS**

---

|   |   |
|---|---|
| Capítulo 1. Morfometria e desenvolvimento gonadal em Tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) alimentadas com suplementação de vitaminas E  |   |
| Figura 1  | Fotomicrografia de testículo de tilápia nilótica que não recebeu suplementação de vitamina E na dieta destacando a espermatogônia primária (SG1), espermatogônia secundária (SG2), espermatócito primário (PST), espermatócito secundário (SST), espermátides (SPD), lúmen (LU), espermatozóide (Z), células de Sertoli (S), espaço intersticial (asterisco) do testículo (40x). Azul de toluidina/ borato de sódio 1%. 30      |
| Figura 2  | Fotomicrografia de testículo de tilápia nilótica que recebeu suplementação de 100 mg de vitamina E na dieta, destacando espermatogônia primária (SG1), espermatogônia secundária (SG2), espermatócito primário (PST), espermatócito secundário (SST), espermátides (SPD), lúmen (LU), espermatozóide (Z), células de Sertoli (S), espaço intersticial (asterisco) do testículo (40x). Azul de toluidina/ borato de sódio 1%. 31 |
| Figura 3  | Fotomicrografia de testículo de tilápia nilótica que recebeu suplementação de 150 mg de vitamina E na dieta, destacando espermatogônia primária (SG1), espermatogônia secundária (SG2), espermatócito primário (PST), espermátides (SPD), lúmen (LU), espermatozóide (Z), células de Sertoli (S), espaço intersticial (asterisco) do testículo (40x). Azul de toluidina/ borato de sódio 1%. 32                                 |
| Figura 4  | Fotomicrografia de testículo de tilápia nilótica que recebeu suplementação de 200 mg de vitamina E na dieta, destacando espermatogônia primária (SG1), espermatogônia secundária (SG2), espermatócito primário (PST), espermatócito secundário (SST), espermátides (SPD), lúmen (LU), espermatozóide (Z), células de Sertoli (S), espaço intersticial (asterisco) do testículo (40x). Azul de toluidina/ borato de sódio 1%. 33 |
| Capítulo 2. Desempenho de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) alimentadas com suplementação de vitamina E e características da carcaça |   |
| Figura 1  | Representação gráfica da porcentagem de ácidos graxos linoléico (C18:2 $\omega$ 6) para tilápia do Nilo alimentadas com dietas com suplementação de vitamina E na ração. 41   |
| Figura 2  | Representação gráfica da porcentagem de ácidos graxos $\gamma$ -linolênico (C18:3 $\omega$ 6) para tilápia do Nilo alimentadas com dietas com suplementação de vitamina E na ração. 42  |

## LISTA DE ABREVIATURA

PB = Proteína Bruta  
ED= Energia digestível  
EE = Extrato etéreo  
MS = Matéria seca  
CV = Coeficiente de variação  
PC= Peso corporal  
IGS = Índice Gonadossomático  
IHS = Índice Hepatossomático  
IVS = Índice Vicerossomático  
CT = Comprimento Total  
CP = Comprimento Padrão  
GP = Ganho de Peso  
GPD = Ganho de peso diário  
TEP = Taxa de eficiência protéica  
ET = Espessura do testículo  
CT = Comprimento do testículo  
C16:0 = ácido graxo palmítico  
C17:0 = ácido graxo margárico  
C18:0 = ácido graxo esteárico  
C20:0 = ácidos graxo araquídico  
C16:1 = ácido graxo palmitoléico  
C17:1 = ácido graxo heptadecenóico  
C18:1 = ácido graxo oléico  
C18:3 $\omega$ 6 = ácido graxo  $\gamma$ -linolênico  
C18:2 $\omega$ 6 = ácido graxo linoléicos  
C18:3 $\omega$ 3 = ácido graxo  $\alpha$ -linoléico  
C20:1 $\omega$ 9 = ácido graxo eicosenóico  
C20:2 = ácido graxo eicosadienóico  
C20:4 $\omega$ 6 = ácido graxo araquidônico  
C20:5 $\omega$ 3 = ácido graxo eicosapentaenóico  
SG1 = Espermatogônia primária  
SG2 = Espermatogônia secundária  
PST = Espermatócito primário  
SST = Espermatócito secundária  
SPD = Espermátides  
LU = Lúmen  
Z = Espermatozóide  
S = células de Sertoli

## RESUMO

Foram realizados três experimentos, sendo o primeiro e segundo verificar a morfometria, desenvolvimento gonadal, e o desempenho, composição de carcaça com suplementação de vitamina E e o terceiro avaliar o desempenho com suplementação de vitamina C. Os três experimentos foram realizados no ranário experimental do DBA-UFV. No primeiro e segundo experimentos com cinco tratamentos (suplementação de 0, 50, 100, 150 e 200 mg/kg de vitamina E monofosfato e para o terceiro experimento foi utilizado monofosfato de ácido ascórbico L) em uma ração isoproteica de 36% de PB e isocalórica 3600 kcal de ED/kg. No primeiro experimento o peso da gônada, índice gonadosomático, espessura do testículo e porcentagem de lúmen foram observadas diferenças significativas para tratamento com 150 mg/kg de vitamina E. No segundo experimento o ácidos graxos EPA foi estatisticamente significativo para tratamento sem suplementação de vitamina E. O ácido graxo linoléico,  $\gamma$ -linolênico,  $\alpha$ -linoléico e araquidônico aumentaram de forma quadrática até o nível estimado de 110 mg, 111 mg, 113 mg e 140 mg de vitamina E por kg de ração, respectivamente. No terceiro experimento observou-se efeito significativo no peso final, no ganho de peso e no ganho de peso diário para tilápia revertida alimentada com 50 mg, 100mg e 200 mg de vitamina C por kg de ração. A taxa de sobrevivência do presente estudo aumentou de forma quadrática até a suplementação de 132 mg/kg. No entanto, houve efeito significativo do tratamento com 0, 50, 200 mg/kg de vitamina C para PB da carcaça em relação a outros tratamentos, resultados também observados para porcentagem de proteína no ganho de peso. A suplementação de vitamina C influenciou significativamente a concentração de glicogênio.

Palavras-chave: vitamina E, vitamina C, desempenho, desenvolvimento gonadal, glicogênio, tilápia do Nilo

## ABSTRACT

*Three experiments were conducted, as the first and second check the morphometry, cages, and performance, carcass quality with supplementation of vitamin E and the third with supplementation evaluate the performance of vitamin C. The researches were carried out in the experimental frog raising facilities at the DBA-UFV. All the experiments were randomly designed with five treatments (supplying 0, 50, 100, 150, and 200 mg/kg of vitamin E monophosphate) in an isoproteic ration with 36% CP and isocaloric with 3,600 kcal/kg of DE with four repetitions. In the first two experiments, the five levels of monophosphated vitamin E supplements were: 0, 50, 100, 150, and 200 mg/kg. In the third experiment, five levels of vitamin C (ascorbic acid monophosphate) supplements were used: 0, 50, 100, 150, and 200 mg/kg. In the first study Considering the weight of the gonad, gonadosomatic index, testes thickness and lumen percentage, significant differences ( $p < 0.05$ ) were observed for the treatment with 150mg/kg of vitamin E. The eicosapentaenoic fatty acid was statistically significant for the treatment without vitamin E. The fatty acids linoleic-linolenic  $\alpha$ -linoleic and arachidonic increased in a quadratic way up to the estimated levels of 110mg, 111mg, 113mg, and 140 mg of vitamin E/kg of ration, respectively. Survivor rate increased in a quadratic way up to supplying 132 mg of vitamin C per kg of ration. Vitamin C supply did not influence carcass DM percentage. Similar results were observed for protein percentage in weight gain. It was not observed significant difference) for EE and fat percentage on weight gain. Vitamin C supplementation significantly influenced muscle glycogen concentration.*

*Keywords: Vitamin E, vitamin C, performance, gonadal development, glycogen and Nile tilapia*

## INTRODUÇÃO

A aquicultura, que pode ser definida como o cultivo dos seres que têm na água o seu principal ou mais freqüente ambiente de vida, tem, no continente asiático cerca de 90% da produção mundial dos alimentos provenientes da água. A China é responsável por mais da metade dessa produção. Na atualidade, a produção comercial de organismos aquáticos de cultivo mais representativos inclui 98 espécies de peixes, 18 de crustáceos, 10 de moluscos e 20 de plantas. Do total da produção, 52% correspondem aos peixes, 24,4% às plantas aquáticas, 18,6% aos moluscos e 5% aos crustáceos (Camargo et al., 2005).

Porém a aquicultura, no Brasil, tem sido desenvolvida muito modestamente se comparada com outras partes do mundo. Isso se deve, principalmente, à falta de política setorial que priorize linhas de apoio governamental à produção e à necessidade de definição das alternativas de mais impacto socioeconômico com vistas ao aproveitamento das potencialidades naturais de cada região. O Brasil ocupa a vigésima posição mundial entre os produtores de pescado cultivado (FAO, 2003). O consumo *per capita* de pescado no Brasil é pequeno, cerca de 6,0 kg ano<sup>-1</sup>, com exceção das regiões litorâneas e da Amazônia, onde a média eleva-se a 54 kg ano<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2004), mas sendo ainda bem inferior à média do maior consumidor do produto, a China, com 80 kg ano<sup>-1</sup> (FAO, 1997).

O Brasil apresenta condições favoráveis ao desenvolvimento das mais diversas modalidades de aquicultura, pois possui grande potencial hídrico, proveniente das bacias hidrográficas, das numerosas represas espalhadas por todo o País e da sua produtiva região costeira. Apresenta também uma riqueza de espécies, diversos microclimas e áreas adequadas ao desenvolvimento da atividade, além de viver um momento em que há ótimas condições para colocação de seus produtos, tanto no mercado interno como no externo (Igarashi e Magalhães Neto, 2001).

Entre os países latino-americanos, o Brasil foi o segundo maior produtor de pescado cultivado em 2005 (atrás do Chile que produziu 714 mil toneladas); e o maior produtor de tilápia (a

frente de Honduras e Colômbia, ambas com cerca de 28 mil toneladas, e do equador com 22 mil toneladas) (Igarashi e Magalhães Neto, 2001).

A tilápia é considerada o peixe mais importante do século XXI, cultivado em mais de 100 países e com produção estimada em 800.000 toneladas (Tachibana et al., 2000). A produção nas Américas vem crescendo a cada ano, devido ao aumento do mercado interno e também do mercado de exportação para os Estados Unidos. A tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, é a espécie mais cultivada no Brasil devido a sua rusticidade e rápido crescimento sendo a sua carne considerada de ótima qualidade (Kubitza, 2000). No Brasil, a tilápia do Nilo, proveniente da Costa do Marfim, no Oeste africano, foi introduzida no Nordeste em 1971 e, então, distribuída pelo País. A tilápia do Nilo e algumas tilápias vermelhas híbridas são as espécies mais cultivadas no Brasil. A tilápia do Nilo é cultivada desde a bacia do rio Amazonas até o Rio Grande do Sul. O interesse pelo cultivo dessa espécie, no Sul e Sudoeste do País, cresceu rapidamente nos últimos oito anos em virtude da tecnologia de reversão sexual e da pesca esportiva representada pelos pesque-pagues. A tilápia é criada em diversos sistemas, desde a cultura semi-intensiva em tanques que recebem dejetos animais, como em cultivos intensivos em "raceways" e tanques-rede. Acredita-se que no Brasil, metade da produção anual de peixes cultivados seja de tilápias (Lovshin, 1997).

A tilápia do Nilo destaca-se como peixe de potencial para aquicultura. Em razão de sua rusticidade, de crescimento rápido e de adaptação ao confinamento. Este peixe possui hábito alimentar onívoro e aceita rações com grande facilidade, desde o período de pós-larva até a fase de terminação. De acordo com Popma e Phelps (1998), a tilápia é, entre as espécies de peixes mais cultivadas, a que mais resiste à alta temperatura, à baixa concentração de oxigênio dissolvido e à alta concentração de amônia na água. Lahav e Ranam (1997) dizem que a principal vantagem da tilápia do Nilo é o seu baixo custo relativo, principalmente quanto ao alevino, à alimentação e à qualidade da sua carne. A espécie de tilápia preferida para o cultivo é a *O. niloticus*, por causa do seu rápido crescimento e da sua coloração clara (Lovshin, 1997).

Nos sistemas de cultivo intensivo, pelas altas densidades, em que a única fonte de nutrientes é a ração, a deficiência vitamínica pode ser observada, quadro que ganha importância durante a criação em tanque-rede ou culturas em “raceway” (Pezzato, 1999).

O desenvolvimento eficiente e saudável dos animais passa obrigatoriamente pelo fornecimento de uma dieta que satisfaz as necessidades básicas de crescimento, contendo concentrações próximas do ideal e seus diversos componentes, aliados a tecnologia de preparação. A estocagem, a concentração de vitaminas e minerais, a biodisponibilidade dos nutrientes são exemplos de parâmetros que interferem no desenvolvimento do animal (Cavalheiro, 1998; Navarro et al., 2007).

Vitaminas são compostos orgânicos distintos de aminoácidos, carboidratos e lipídeos por não serem quimicamente relacionados entre si e pelas pequenas quantidades presentes nos alimentos exigidos pelos animais. Têm baixo peso molecular e não são sintetizadas ou são sintetizadas em quantidades insuficientes no organismo, sendo, portanto, exigidas na dieta. Apresentam funções específicas no metabolismo celular, atuando como co-fatores ou substratos em algumas reações metabólicas e, ao contrário dos outros tipos de nutrientes, não desempenham função estrutural e seu catabolismo não tem função de produção de energia. Além disso, sua carência causa síndromes de deficiência específicas (Nutrient..., 1993; Almeida, 2003).

O termo vitamina geralmente é aplicado como descrição genérica para um grupo de substâncias químicas relacionadas e com mesma atividade biológica, pois poucas delas são substâncias únicas. Apresentam derivados, isômeros e análogos com atividade vitamínica qualitativamente semelhante, porém com potencial biológico geralmente diferente (Halver, 1989).

## REVISÃO DE LITERATURA

### 1.VITAMINAS

Cerca de 15 vitaminas foram isoladas de tecidos biológicos e classificadas em dois grupos:

lipossolúveis – A, D, E e K – e hidrossolúveis (vitaminas do complexo B, colina, inositol e ácido ascórbico). Geralmente as do primeiro grupo não atuam como coenzimas, com exceção das vitaminas A e K. Entre as vitaminas hidrossolúveis, algumas têm funções primárias de coenzimas no metabolismo celular (tiamina, riboflavina, piridoxina, ácido pantotênico, niacina, biotina, ácido fólico e cianocobalamina) e são exigidas em pequenas quantidades; outras não atuam como cofatores de enzimas (colina, inositol e ácido ascórbico) e são exigidas em mais quantidades. As exigências em vitaminas são afetadas por fatores como espécie, tamanho corporal, taxa de crescimento, composição da dieta e interações entre os nutrientes, capacidade de síntese por microorganismos no trato gastrointestinal, presença de compostos precursores na dieta, condições ambientais (temperatura, presença de metabólitos tóxicos, fatores estressores e patógenos) e sistemas de produção (Lovell, 1991; Nutrient..., 1993; Almeida, 2003)

As vitaminas são fornecidas aos peixes em pequenas quantidades para crescimento normal, para reprodução, para estado nutricional e para metabolismo. A inclusão de vitaminas em alimentos para peixes é prática necessária em regimes intensivos de produção em que a disponibilidade de alimento natural é restrita. A dificuldade em suplementar adequadamente esses nutrientes deve-se à alta degradabilidade das moléculas de vitamina durante o processamento e armazenamento das rações, como consequência do aquecimento, da umidade e da oxidação. Em consequência dessas perdas, geralmente são utilizadas quantidades maiores que as exigidas. Portanto, o nível de suplementação, a escolha de fontes mais estáveis ao processamento e estocagem e a exigência nutricional das espécies devem ser considerados para evitar aumento do custo das rações (Nutrient..., 1993, Almeida, 2003).

Existem alguns sobre exigências em vitaminas para as espécies brasileiras. Estudos devem ainda ser realizados para a determinação dessas exigências para várias espécies, com o objetivo de melhorar o crescimento, saúde e mecanismos de defesa (Lovell, 1991; Nutrient..., 1993).

### 2.1.VITAMINA C

### 2.1.1. Funções, absorção e metabolismo.

De todas as vitaminas fornecidas aos peixes, a vitamina C (ácido ascórbico) tem sido amplamente estudada em dietas de peixes. Isso porque é vitamina que possui papel importante no metabolismo animal por possuir propriedades antioxidantes e farmacológicas usadas contra infecções e doenças (Matty, 1985). A vitamina C tem papel chave em muitos processos bioquímicos em peixes, na formação do colágeno e no metabolismo de ferro (Pezzato, 1999).

A maioria dos animais tem a capacidade de sintetizar a vitamina C ou L-ácido ascórbico (CHO) com base na D-glucose (CHO). Porém, na maioria dos peixes, morcegos, humanos e alguns primatas, a enzima responsável pela catalização da última etapa dessa reação no fígado, L-gulonolactona oxidase (GLO), não tem atividade (Nutrient..., 1993; Almeida, 2003).

A absorção do ácido ascórbico no intestino difere de forma notável entre os mamíferos que não sintetizam essa vitamina e aqueles que a sintetizam. Nos peixes, como nos mamíferos, a absorção da vitamina C, que ocorre na membrana apical do enterócito, é realizada por meio de transportadores específicos dependentes de  $\text{Na}^+$ , promovendo, portanto, a absorção de  $\text{Na}^+$  pela célula. A absorção da vitamina e do sódio não gasta energia diretamente, mas depende do gradiente formado por um sistema de transporte ativo, usualmente a bomba de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ . Os animais que necessitam de fontes exógenas de vitamina C precisam de absorção intestinal muito eficiente. Isso levou a possuir um processo mediado por um transportador e que opera no epitélio intestinal, altamente dependente da concentração de  $\text{Na}^+$  na mucosa (Rotta, 2003). A absorção celular de ácido ascórbico ocorre por meio de processos de difusão facilitada simples e ativa.

Nos peixes, o ácido ascórbico pode ser encontrado sob duas formas, uma reduzida e ativa (L-ácido ascórbico) e a outra oxidada e com menor atividade (ácido dehidroascórbico). Ambas são biologicamente reversíveis e apresentam atividade vitamínica (Nutrient..., 1993; Almeida, 2003).

Se o ácido dehidroascórbico for oxidado a ácido dicetogulônico (reação irreversível), sua atividade de vitamina C é perdida (Lovell, 1991). Microminerais como cobre, ferro e outros catalisadores metálicos são fortes agentes oxidantes e, juntamente com o calor, causam a inativação da vitamina C (Halver, 1989; Tacon, 1992). O ácido ascórbico da dieta é oxidado a ácido dehidroascórbico, o qual pode ser revertido a L-ácido ascórbico pela dehidroascorbato redutase, conservando assim o ascorbato nos tecidos. O ascorbato-2-sulfato é forma química estável de ascorbato armazenada no tecido conjuntivo dos peixes. Um mecanismo de retroalimentação, mediado pelo sistema enzimático ascorbato-2-sulfohidrolase e ascorbato-2-sulfato sulfo-sintetase e modulado pelo L-ácido ascórbico, controla o nível de ácido ascórbico no sistema circulatório e nos tecidos (Halver, 1985).

O ácido ascórbico atua no organismo como agente redutor no transporte de hidrogênio no interior das células. Ele está envolvido na desintoxicação de drogas aromáticas, síntese de hormônios esteróides, participa de vários sistemas enzimáticos de hidroxilação, entre os quais a transformação de prolina em hidroxiprolina (um dos componentes do colágeno e da matriz extracelular), na síntese de carnitina (metabolismo de lipídeos), na utilização do ácido fólico e no metabolismo do ferro.

É necessário na formação de ossos, cartilagens e dentes, assim como na recuperação de fraturas e na cicatrização de ferimentos. Interage com a vitamina E e o selênio na manutenção da atividade das enzimas glutathione peroxidase e superóxido dismutase, importantes na eliminação de radicais oxidantes produzidos no metabolismo. No sangue, está envolvido na maturação de eritrócitos, na coagulação e na manutenção da hemoglobina em níveis normais (Nutrient..., 1993; Almeida, 2003).

### 2.1.2. Vitamina C no crescimento de peixe

O ácido ascórbico possui um efeito direto no crescimento dos peixes, pois tem função importante na formação do colágeno, que é o componente do esqueleto, sendo necessário para o desenvolvimento normal do organismo (Rotta, 2003).

Um das funções da vitamina C é a participação em reações de hidroxilação como, por exemplo, nas hidroxilações de lisina e prolina no protocólágeno, necessárias para as ligações cruzadas entre as fibras de colágeno, pois mantêm o ferro prostético (co-fator) da enzima hidroxilase na forma ferrosa (reduzida), mantendo a atividade enzimática. Por esta razão, o ácido ascórbico é importante na manutenção do tecido conectivo normal e na cicatrização, onde o tecido conectivo é o primeiro a proliferar, atuando, portanto, na síntese protéica (Rotta, 2003).

Assim, estudos da exigência vitamínica têm sido realizados para algumas espécies. Toyama (1999), trabalhando com suplementação de vitamina C para tilápia na reversão sexual, encontrou melhor desempenho para valores de 859,5 e 765,0 mg de vitamina C/kg na dieta, respectivamente para ganho de peso e comprimento e para peixe com peso final entre 400 a 424 g,

O Nutrient... (1993) recomenda a inclusão de 50 mg/kg de ácido ascórbico na dieta de tilápia.

Em experimento semelhante, trabalhando com pacu no estágio de pós-larval, observou-se que a suplementação de 250 mg de vitamina C/kg na dieta apresentou maior ganho de peso nesta fase de desenvolvimento (Miranda et al., 2002).

No trabalho de Lee e Bai (1998) com *Sebastes schlegeli*, ao utilizarem seis níveis de vitamina C (0, 25, 50, 75, 150 e 1500 mg/kg), observaram que no final do experimento a quantidade de 103 mg de vitamina C/kg melhorou o desempenho dos animais, já no estudo de Merchie et al. (1997), com pós-larva *Clarias gariepinus* e três níveis de vitamina C (530, 1200 e 1600 mg de ácido ascórbico) obtiveram melhor resultado com níveis acima de 1500 mg de ácido ascórbico. Napesquisa de Wang et al. (2003), com juvenis de *Oplegnathus fasciatus*, com seis níveis de vitamina C (0, 60, 120, 240, 480 e 2000 mg L-ácido ascórbico (AA) por kg de dieta), observaram que o nível de 118 mg/ kg de dieta proporcionou melhor crescimento. Em um experimento com larvas de tilápia mossambica foi observado redução no crescimento e piora na conversão alimentar em

larvas alimentadas com dieta isenta de ácido ascórbico (Soliman et al., 1986).

No estudo de Skelbaek et al. (1990) com alevinos de truta arco-íris, constataram que, após oito semanas de alimentação com uma dieta isenta de ácido ascórbico, não ocorreram diferenças nos pesos médios quando comparados com os peixes alimentados com ácido ascórbico. Em alevinos de piauçu, a suplementação de vitamina C, com doses entre 50 e 850 mg/kg de ração, não apresentou influência significativa no ganho de peso e na taxa de sobrevivência (Mello et al., 1999). Fujimoto et al. (2000) utilizaram alevinos de pintado com doses maiores entre 0, 500, 1.000, 1.500, 2.000 e 2.500 mg/kg, e observaram que ocorreram deformidades no sistema ósseo nos peixes alimentados sem suplementação a partir do segundo mês de experimento, com maior ocorrência de deformidades na boca e nas nadadeiras.

## 2.2. VITAMINA E

### 2.2.1. Funções, absorção e metabolismo

Entre outros micronutrientes, a vitamina E é um nome genérico, que descreve as bioatividades de derivados de tocoferóis e tocotrienóis, vitaminas lipossolúveis que possuem alto poder antioxidante. Os quatro isômeros dos tocotrienóis ( $\alpha$ -T3,  $\beta$ -T3,  $\gamma$ -T3 e  $\delta$ -T3) são estruturalmente relacionados aos seus correspondentes homólogos dos tocoferóis ( $\alpha$ -T,  $\beta$ -T,  $\gamma$ -T e  $\delta$ -T), mas diferem nas suas cadeias laterais, nas quais os isômeros contêm três duplas ligações (Almeida et al., 2006). O DL- $\alpha$ -tocopherol acetato é a forma sintética de vitamina E mais comumente utilizada na nutrição animal (Nutrient..., 1993).

Segundo Barretos (1998), os compostos com atividade de vitamina E são de baixa atividade quando ocorrem naturalmente nos alimentos. Porém, entre esses, o d- $\alpha$ -tocopherol é o composto natural com maior atividade biológica da vitamina E presente nos alimentos.

O  $\alpha$ -tocopherol é o representante mais importante do grupo de substância com atividade de vitamina E. Apresenta maior atividade biológica quando comparados aos demais compostos, devido ao maior índice de absorção intestinal,

maior deposição nos tecidos menor excreção fecal, além de ser oxidado mais lentamente (Barretos, 1998).

A vitamina E exerce algumas funções no organismo animal atuando como mais importante antioxidante metabólico presente nas membranas celulares, protegendo-a da oxidação de ácidos graxos e do colesterol, além de diminuir ou inibir a produção e a ação dos radicais livres (Noguchi, 1973). Sabe-se que a vitamina E atua nos ácidos graxos insaturados presentes nas membranas celulares e nas partículas subcelulares, evitando suas oxidações. Como antioxidante celular, a vitamina E intervém na estabilização dos ácidos graxos poliinsaturados da fração lipídica das membranas celulares. Assim, evita a formação de lipoperóxidos tóxicos, impedindo a formação de lesão nos vasos sanguíneos e alteração na permeabilidade capilar (Barreto, 1998).

A absorção de vitamina E é facilitada pela bile e pela lipase pancreática e está relacionada com a digestão de gorduras. É absorvido no intestino delgado depois da formação de micelas. A forma esterificada DL- $\alpha$ -acetato de tocoferol é hidrolisada na parede intestinal antes de ser absorvida e transportada para circulação entero-hepática pelas lipoproteínas transportadoras (Barretos, 1998).

Como o efeito da vitamina E sobre a formação de peróxidos é limitado primariamente à membrana, tanto o selênio quanto a vitamina E parecem ser necessários à eliminação eficiente dos peróxidos. Esses dois nutrientes, conjuntamente, constituem os principais agentes antioxidantes no organismo (Sampaio et al., 2004). O teor de  $\alpha$ -tocoferol em peixes é determinado por vários fatores e varia de acordo com o teor lipídico, espécie, tamanho, idade, bem como as condições de cultivo (Ruff et al., 2002).

### 2.2.2. Vitamina E no desempenho de peixe

Avaliando o desempenho de peixes alimentados com dietas suplementadas ou não com vitamina E, alguns autores, como Wilson et al. (1984) não observaram diferença significativa para ganho de peso em alevino de catfish alimentados com níveis de vitamina E.

Bai e Lee (1998) observaram menor desempenho em juvenil de *Sebastes schlegeli* alimentados com dietas isenta de vitamina E. No estudo de Kocabas e Gatlin (1999) trabalhando com *Morone chrysops female*  $\times$  *M. saxatilis* constataram maior ganho de peso ao utilizarem 20 mg por kg de vitamina E. Paul et al. (2004) observaram em *Cirrhinus mrigala* melhora no desempenho utilizando 120 mg/kg de vitamina E para peso final e ganho de peso. Kiron et al. (2004) observaram efeito significativo no crescimento de truta arco iris com peso inicial de 0,61g alimentadas com 1.000 mg de vitamina E.

### 2.2.3. Vitamina E na reprodução de peixes

Os fatores nutricionais e as relações entre esses podem influenciar na reprodução, no desenvolvimento gonadal, no número e qualidade de ovócitos e espermatozoides. Portanto, escolher os ingredientes utilizados na confecção das dietas, considerando a sua composição de vitaminas poderá refletir no desenvolvimento reprodutivo do peixe (Luquet e Watanabe, 1986; Navarro et al., 2006). Como critérios para avaliar os efeitos da nutrição na reprodução são usados o índice gonadossomático, o índice de hepatossomático e estágio de desenvolvimento gonadal que também podem ser utilizados como indicadores reprodutivos.

A aqüicultura economicamente viável depende em grande parte de um fornecimento confiável de ovos férteis e alevinos, os quais podem ser produzidos com banco de reprodutores mantidos em condição de regimes nutricionais adequados. (Luquet e Watanabe, 1986; Alvarez-Lajonchere, 2006).

Todas as espécies de peixes no período reprodutivo sofrem influência de fatores externos, necessitando assim de adequada fonte de alimentação para sua sobrevivência e para desenvolvimento reprodutivo adequado. A grande maioria dos peixes teleósteos possui reprodução sazonal, e esse fato indica que a reprodução é regulada, pelo menos em parte, por fatores ambientais, sendo, o sistema endócrino o elo entre o ambiente interno e externo (Colares de Melo, 1989).

Os estudos de nutrição dos reprodutores são ainda limitados e relativamente caros, devido à necessidade de instalações de grandes dimensões para manter grandes grupos de peixes adultos e aos custos de produção elevados para conduzir experimentos de alimentação prolongados (Alvarez- Lajonchere, 2006).

Os primeiros estudos foram feitos no Japão. Utilizou-se na ocasião a espécie *Pagrus auratus* (Watanabe et al., 1984). Esses estudos demonstraram que a preparação de dietas artificiais adequadas, durante o período de pré-desova, tem grande influência na boa qualidade dos ovos e larvas.

A vitamina E pode influir no desenvolvimento gonadal, fecundidade, qualidade de ovos, no desenvolvimento embrionário, na porcentagem de fertilização, na eclosão e na sobrevivência de larvas (Izquierdo e Fernández-Palacios 1997; Fernando Palácio et al., 1998). Juntamente com a vitamina C, agem como agentes antioxidantes. Ambas têm um papel de protetor contra os radicais livres e protegem os ácidos graxos essenciais (Izquierdo et al., 2001). Watanabe et al. (1991) apud Alvarez-Lajonchere (2006) observaram que o aumento de até 200 mg/kg de vitamina E melhorou a taxa de eclosão e a porcentagem de larvas normais, devido, principalmente, a seu papel antioxidante. Semelhante efeito o mesmo efeito foi observado em dorada (Fernandez-Palacios et al., 1995).

#### 2.2.4. Vitamina E e Ácidos graxos

Como foi relatado anteriormente, alguns autores avaliaram o efeito da vitamina E no perfil de ácidos graxos. Autores como Bai e Lee (1998) verificaram aumento do ácido graxo linoléico (C18:2 $\omega$ 6), ácido graxo  $\gamma$ -linolênico (C18:3 $\omega$ 6),  $\alpha$ -linoléico (C18:3 $\omega$ 3), com aumento dos níveis de vitamina E. Os mesmos autores observaram um aumento do ácido graxo araquidônico (C20:4 $\omega$ 6) à medida que aumentou a vitamina E na dieta até o nível de 120 mg/kg. Também observaram que no tratamento sem suplementação de vitamina E, obtiveram maior quantidade de ácido graxo eicosapentaenóico. Ao contrário, Tocher et al. (2002) analisaram o efeito da Vitamina E nos ácidos graxos do fígado para *Scophthalmus maximus* e não observaram diferença significativa de ácidos

graxos poliinsaturados para essa espécie, e também não observaram aumento do ácido araquidônico para espécies de peixes *Scophthalmus maximus* e *Hippoglossus hippoglossus* com aumento da vitamina E na dieta. Os mesmos autores observaram diferenças na quantidade de ácido araquidônico para espécie de peixe *Sparus aurata* quando alimentada com níveis de vitamina E.

### 2.3. ESTRUTURA DO TESTÍCULO E ESPERMATOGÊNESE DE PEIXES

Os testículos dos peixes estão localizados na cavidade celomática, dorsalmente ao tubo digestivo, ventralmente ao mesonefro e ventrolateralmente ao longo da bexiga gasosa. Eles se encontram presos à parede celomática e à bexiga gasosa pelo mesórquio (Lacerda, 2006).

Macroscopicamente, os testículos da maioria dos teleósteos estudados são órgãos pares, podendo estar parcial ou totalmente fundidos entre si, apresentam usualmente tamanho similar entre o direito e o esquerdo e são freqüentemente alongados, embora existam outras formas como lobulados e foliáceos. Particularmente, na tilápia-nilótica, os testículos são pares e alongados, tem superfície lisa e apresentam tamanho semelhante entre o direito e o esquerdo. Cada testículo apresenta extremidade cranial afilada, parte média de forma triangular e porção caudal (distal) que se afila gradualmente até unir-se à do outro testículo (Silva, 1987; Matta, 2000).

Externamente, esse órgão é revestido de delicada cápsula de tecido conjuntivo, a albugínea testicular, da qual partem septos fibrosos em sentido radial, delimitando os túbulos seminíferos que, apresentam a mesma disposição radiada desses septos. Esses túbulos convergem para um sistema de ductos eferentes, que por sua vez desembocam no ducto espermático principal, que se unirá ao ducto espermático principal do outro testículo, formando um ducto único que desemboca na papila urogenital (Silva, 1987).

A organização básica do testículo é comum a todos os peixes e aos demais vertebrados. Esse órgão tem as funções espermatogênica e androgênica, possuindo dois compartimentos principais: o compartimento intersticial e o

compartimento tubular. No compartimento intersticial ou intertubular estão situados vasos sanguíneos, fibras nervosas, células e fibras do tecido conjuntivo, além das células de Leydig, que possuem função esteroidogênica. A produção de andrôgenos é importante para a diferenciação sexual, para o desenvolvimento das características sexuais secundárias e comportamento sexual e para a regulação da espermatogênese (Miura, 1999, Lacerda, 2006).

O compartimento tubular contém células somáticas (células de Sertoli) e as células germinativas que formarão os espermatozoides, depois de passarem por processo muito complexo e altamente organizado da espermatogênese (Matta, 2000). Unidas entre si por complexos juncionais especializados, as células de Sertoli dos teleósteos delimitam física e funcionalmente um clone de células germinativas no mesmo estágio de desenvolvimento que tem origem a partir de uma única espermatogônia primária, formando, assim, os espermatocistos ou cisto espermatogênico. Dessa forma, as células de Sertoli fornecem às células germinativas suporte físico e fatores importantes para a sobrevivência, proliferação e diferenciação das mesmas, estando ainda envolvida na intermediação hormonal e com a fagocitose de restos celulares (Lacerda, 2006).

### 2.3.1. Espermatogênese de peixes

Exceto pelo arranjo cístico, no qual as células germinativas se desenvolvem de forma sincronizada, provavelmente devido à presença de pontes intercelulares (Lacerda, 2006), o processo espermatogênico de teleósteos assemelha-se muito ao de mamíferos. Durante a fase proliferativa ou espermatogonial, a espermatogônia primária ou tipo A se divide e origina espermatogônias secundárias ou do tipo B que, depois de um número espécie-específico de divisões mitóticas, diferenciam-se em espermatócitos primários, iniciando a fase meiótica ou espermatocitária. Após a primeira divisão meiótica, formam-se os espermatócitos secundários que, num curto intervalo de tempo, originam as espermátides haplóides, através da segunda divisão meiótica. Em seguida, ocorre a fase espermiogênica ou de diferenciação na qual as espermátides se transformam em espermatozoides (Silva, 1987). As

espermatogônias primárias são as maiores células germinativas na maioria das espécies de teleósteos, apresentando núcleo grande e claro, com pouca heterocromatina, contendo um ou dois nucléolos muito evidentes (Miura, 1999). Depois de sucessivas divisões, da espermatogônia primária, o número de espermatogônias secundárias por cisto aumenta geometricamente, enquanto o seu diâmetro nuclear sofre gradual redução (Billard, 1969; Vilela et al., 2003). Os dados disponíveis na literatura mostram que o número de gerações espermatogoniais em teleósteos varia de 4-6 no paulistinha (*Brachydanio rerio*; Ewing, 1972) a 14 no guppy (*Poecilia reticulata*; Billard, 1969); valores intermediários para o número de gerações de espermatogônias são observados em outras espécies de teleósteos (Miura, 1999; Lacerda, 2006). Em tilápias nilóticas, com base no número de células por cisto e no diâmetro nuclear/volume celular, foi verificada a existência de pelo menos oito gerações espermatogoniais; uma geração de espermatogônia primária e sete diferentes gerações de espermatogônias secundárias. (Vilela, et al., 2003). Recentemente, demonstrou-se que, em bagre africano (*Clarias gariepinus*) e em tilápia nilótica já adulta, à medida que o volume dos cistos espermatogênicos aumenta, as células de Sertoli sofrem divisão. Essa atividade mitótica é muito reduzida em cistos meióticos e ausente em cistos pós-meióticos. A proliferação das células de Sertoli é considerada o fator primário responsável pelo aumento do testículo e da produção espermática observado nos teleósteos. Em condições naturais, a proliferação das células de Sertoli no testículo de mamíferos adultos não é observada. (França e Russell, 1998).

### 2.4. ÍNDICE GONADOSSOMÁTICO

O índice gonadossomático (IGS), que representa o percentual de massa alocado em peso corporal, tem sido utilizado como importante parâmetro reprodutivo para fêmeas e machos. Em machos, nem sempre esse índice representa corretamente a condição reprodutiva, particularmente em peixes (Nikoiski, 1963; Vazzoler, 1992 e 1996). Vários autores têm utilizado o índice gonadossomático nos estudos relacionados à biologia reprodutiva das espécies (Andrade, 1980; Santos, 1986; Ferreira, 1986;

Barbieri, 1989; Ferreira e Godinho, 1990; Costa, 1999) ou para associá-lo com a maturidade e a fecundidade dos indivíduos (Jons e Miranda, 1997).

No processo de maturação gonadal, ocorre aumento gradativo dos valores de IGS, cujo pico coincide com o estágio de maturação mais avançada dos machos, e os menores valores são atribuídos ao estágio de repouso. Esse comportamento foi observado em *Leporinus copelandii* por Nomura, (1976), *Colossoma mitrei* por Ferraz de Lima (1984), *Parodon tortuosus* por Azevedo et al. (1988); *Shizodon knerii* por Ferreira e Godinho, (1990), *Leporinus friderici* por Barbieri e Santos (1988) *Leporinus piau* por Tavares e Godinho (1994), demonstrando que as variações desse índice acompanham as modificações estruturais dos ovários nos diferentes estádios de maturação. Colares de Melo (1989) observou que a fêmea de mandi (*Pimelodus maculatus*) possui estreita dependência direta com as variações de duração do fotoperíodo. Hemre et al. (2002) verificaram variação no índice gonadossomático em diferentes fotoperíodos em cod (*Gadus morhua*).

Jons e Miranda (1997) concluíram que as oscilações sazonais do peso das gônadas podem ser utilizadas como indicador grosseiro da época de reprodução da população. Para Tavares e Godinho (1994) os valores máximos de IGS para *Leporinus piau* coincidiram, em ambos os sexos, com o estágio de maturação avançada e intermediária e os valores mínimos com o estágio de repouso. Bazzoli et al. (1997) utilizaram os valores de IGS como recurso auxiliar associado às análises histológicas de gônadas para a determinação dos estádios do ciclo reprodutivo, tipo de desova e época de reprodução de quatro espécies de peixes forrageiros. Alguns autores, como Gupta et al. (1987) observaram maior IGS utilizando suplementação de 270 mg de vitamina E. Resultado semelhante a esse estudo foi observado por Tan e He (2007) ao constatarem maior desenvolvimento do IGS em *Monopterus albus* alimentados com 220 mg por kg de vitamina E, e relataram que a suplementação de vitamina E melhora o desenvolvimento de gônadas. Guerra et al., (2004) relataram que a vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol e seus derivados), predominante antioxidante lipossolúvel animal,

protege as células de radicais livres de oxigênio *in vivo* e *in vitro*. Acreditam ser o inibidor primário de radicais livres.

Para o desenvolvimento, as gônadas não dependem somente da quantidade e da qualidade do alimento consumido, mas também de outros fatores, como a quantidade de luz e variação da temperatura (Nikolsky, 1963).

## 2.5. ÍNDICE HEPATOSSOMÁTICO

Alguns trabalhos têm sido conduzidos para diferentes espécies em condições ambientais distintas, têm utilizado o índice hepatossomático como forma de quantificar o estoque de energia (glicogênio) e também relatam as modificações no fígado das fêmeas durante o desenvolvimento gonadal (Cyrino et al., 2000; Navarro et al., 2006). O glicogênio é uma das muitas formas de armazenamento da energia consumida como alimento pelo peixe. O glicogênio é encontrado em grande quantidade nos tecidos do fígado e no músculo dos peixes. Embora o tecido muscular de peixes carnívoros, como a truta arco-íris, possa concentrar cerca de 6% a mais de glicogênio que o fígado, as quantidades totais de glicogênio muscular ou hepático podem ser consideradas iguais (Heidinger e Crawford, 1977; Cyrino et al., 2000).

Alguns trabalhos relacionaram vitamina E e IHS como Tocher et al. (2002), não observaram diferença significativa para IHS com suplementação de vitamina E. Contrapondo ao observado no estudo, Pearce et al. (2003) observaram, no IHS, diferenças significativas para o tratamento sem suplementação de vitamina E.

## 2.6. ÁCIDOS GRAXOS PARA PEIXES

Os ácidos graxos são os principais constituintes dos lipídeos, aos quais conferem suas propriedades gerais. São ácidos carboxílicos alifáticos obtidos na hidrólise de gorduras e de óleos naturais. São classificados conforme a cadeia carbônica em: saturados, sem duplas ligações e insaturados, contendo uma ou mais duplas ligações (Murray et al., 1994).

A composição, a distribuição e a relação entre as séries  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6 nos peixes são influenciadas

basicamente por três fatores: genéticos (espécie, etapa de desenvolvimento, entre outros), ambientais (temperatura e salinidade) e, fundamentalmente nutricionais. A composição corporal do peixe é fiel reflexo da dieta consumida pelo animal (Visentainer et al., 2003). Para tanto, existiu necessidade de estabelecer, precisamente, os efeitos da dieta na qualidade de carcaça dos peixes durante as diferentes etapas do cultivo, com a finalidade de gerar dietas adequadas que maximizem o crescimento e mantenha o seu estado sanitário (Visentainer et al., 2003).

Segundo Martino (2003), a cadeia alimentar marinha é formada por seres ricos em ômega-3, como o EPA e o DHA. Assim, os peixes marinhos perderam, aparentemente, a capacidade de alongamento e dessaturação de ácidos graxos. Os peixes de água doce, de uma forma geral, possuem uma série de enzimas que são capazes de modificar o perfil da dieta e dos ácidos graxos. Isso significa que muitas espécies de peixes podem transformar determinado ácido graxo em seu correspondente de cadeia mais longa. Inicialmente, acreditava-se que o processo de biossíntese em peixes seguia o padrão usado que em mamíferos. Posteriormente, observou-se que os peixes marinhos não possuíam capacidade de realizar esse processo tão eficientemente, como a maioria dos peixes de água doce. Tal diferença influi de maneira muito significativa nas exigências de ácidos graxos entre as espécies de

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez-Lajonchere, L. Nutrición de reproductores de peces marinos. In: Suarez, E.C., Marie, D. R., et al., Avances em Nutrición Acuicola VIII. VIII Simposium Internacional de nutrición Acuicola. noviembre Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. pag. 15-17, 2006.
- Almeida, G. S. C., Suplementação dietética de vitamina C, desenvolvimento e sanidade do pacu (*Piaractus mesopotamicus Holmberg*, 1887). 2003, 60p. Mestrado em Ciência Animal e Pastagens, Piracicaba.
- Almeida, N. M.; Moura, J. M. L. N.; Franco, R. C. N.; Bueno M. M. R. Tocoferóis do músculo dorsal e cavidade ocular do matrinxã (*Brycon* água doce e marinha, tendo como consequência, a formulação de suas respectivas rações.
- As espécies de água doce, como a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), carpa comum (*Cyprinus carpio*), bagre americano (*Ictalurus punctatus*), tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*), entre outros, ao contrário dos peixes de origem marinha, possuem a capacidade de realizar o processo de biossíntese. Esse fato permite que na elaboração de rações seja feita a inclusão de óleos vegetais, desde que estes contenham quantidades adequadas de ácido  $\alpha$ -linolênico, que pode ser convertido em EPA e DHA pelo sistema enzimático do peixe (Martino, 2002, Ribeiro, 2003).
- Neste contexto, na primeira etapa deste trabalho objetivaram-se, ao realizar um idêntico experimento, dois estudos distintos, sendo o primeiro foi verificar a morfometria e o desenvolvimento gonadal dessa espécie nas condições de arraçoamento em que a vitamina E foi suplementada às dietas; o segundo deles foi avaliar a suplementação de Vitamina E no desempenho e qualidade de carcaça de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). O segundo experimento correspondente ao terceiro capítulo deste trabalho. Nele objetivou-se avaliar a suplementação de Vitamina C no desempenho produtivo de tilápias revertidas (*Oreochromis niloticus*).
- cephalus*) da Bacia Amazônica em diferentes épocas sazonais. *Ciê. Rural*. v.36, n.2, p.636-640, 2006.
- Andrade, D.R.. *Variação cíclica anual da espermatogênese em Leporinus silvestri* (Boulenger, 1902), 1980. 87p. (Dissertação de mestrado), Instituto de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Azevedo, C.O.; Barbieri, M.C.; Barbieri, G.. Ciclo reprodutivo de *Parodon Tortuosus* (Eigenmann And Norris, 1900) do rio passa cinco Ipeúma-SP. II. Estádio de maturação do ovário. Época de reprodução, *Rev. Brás. de Biol.*, v.48, n. 3 p. 571-575. 1988.
- Bai, S. C. Lee, K.J. Different levels of dietary DL-a-tocopheryl acetate affect the vitamin E

status of juvenile Korean rockfish, *Sebastes schlegeli* Aquaculture, 161, 405-418, 1998.

Barbieri, G.; Santos, E.P. Análise comparativa do crescimento e de aspecto reprodutivos da piava *Leporinus friderici* (BLOCH, 1974)(Osteichthyes, Anostomidae) da represa do lobo e do rio Moji Guaçu, SP, *Ciê. e Cult.*, 40, n.7p. 693-697. 1988.

Barreto, S. L.T. Níveis de proteína e vitamina E para matrizes de frangos de corte na fase de produção. , 1998. 171p. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Bazzoli, N. S., Sato, Y, Santos, J.E., Cruz, A.M.G., Cangussu, L. C. V., Pimenta, R.S., Ribeiro, V. M. A. Biologia reprodutiva de quatro espécies de peixes forrageiros da Represa de Três Marias, Minas Gerais Estudo Histológico e Histoquímico, *Bios*, v. 4, p. 5-10, 1997.

Billard, R. Hypophysectomie et spermatogenèse chez *Poecilia reticulata* (poisson Cyprinodontidae). C R Acad Sci Hebd Séances Acad Sci D, 268:1856-1859. 1969.

Camargo, S.; Pouey, G. O.; Juvêncio L. O. F. Aqüicultura - um mercado em expansão. *Rev. Bras. Agric.* v. 11, n. 4, p. 393-396. 2005.

Cavalheiro, J.M.O.; Pereira, J.A. Efeito de níveis de proteína e energia em dietas no crescimento do robalo, *Centropomus parallelus* (Poey, 1860) em água doce, In: ANAIS DO CONGRESSO AQUICULTURA BRASIL' 98, *Anais...* v.2. p35-40 1998.

Colares De Melo, J.S. Influência do fotoperíodo sobre a maturação ovariana de mandi *Pimelodus naculaus* (LACEPÉDE, 1803), *Bol. Téc. do CEPTA*, V.2 . p.13-18. 1989.

Cyrino J.E.P.; Portz, L. Y R.; Martino. Retenção de proteína e energia em juvenis de "Black Bass" *Micropterus salmoides*. *Sc. Agricola*, 57(4): 609-616. 2000.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária Aqüicultura e Atividade Pesqueira, 2004. Disponível em

<<http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/index.php> Acesso em 18/10/2004.

FAO. The state of world fisheries and aquaculture, 1997 - overview. INFOFISH Internacional, Kuala Lumpur, 5/97, p. 17-20, 1997.

FAO. Review of the state of world (Fisheries Circular,886). *Aquaculture*. Rome, 2003. 95p. 2003.

Fernandez-Palacios, H.; Izquierdo, M.S.; Robaina, L.; Valencia, A.; Salhi, M.; Vergara, J. Effect of n3 HUFA level in broodstock diets on egg quality of gilthead seabream *Sparus aurata* L. *Aquaculture*. V.32. 325-337. 1995.

Fernández-Palacios, H.M.; Izquierdo, L.; Robaina, A.; Valencia, M.; Salhi Y. D.; Montero. The effect of dietary protein and lipid from squid and fish meals on egg quality of broodstock for gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 148:213-246. 1997.

Fernandez-Palacios, H., Izquierdo, M.S., Gonzalez, M., Robaina, L., Valencia, A., Combined effect of dietary a-tocopherol and ny3 HUFA on egg quality of gilthead seabream broodstock *Sparus aurata*. *Aquaculture*. 161, 475-476. 1998.

Ferraz De Lima, J.A.; Barbieri, G.; Verani, J.R. Período de reprodução, tamanho da primeira maturação gonadal do pacu, *Colossoma mitrei*, em ambiente natural, *Anais do Simpósio Brasileiro de Aqüicultura*, pag 477 – 485. 1984.

Ferreira R.M.A., Biologia reprodutiva de piau branco (PISCES, ANOSTOMIDAE) da represa de Três Maria, rio São Francisco- MG, 1986. 175 p. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Ferreira, R.M.A.; Godinho, H.P. Reproductive biology of the white-piau, *Schizodon knerii* (Steindachner, 1875) (Anostomidae) from a reservoir in southeast Brasil. *Eur. Arch. Biol*. 101:331-344. 1990.

França, L.R.; Russell, L.D. The testis of domestic animals. In: REGADERA, J.; MARTINEZ-GARCIA, R. (Eds.) *Male reproduction: A multidisciplinary overview*.

- Madrid: Churchill Livingstone, p.197-219. 1998.
- Guerra, M.M.P., Evans, G., Maxwell, W.M.C. Papel de oxidantes e antioxidantes na andrologia: Revisão de literatura. *Rev. Bras. de Reprod. animal.* p.187-195. 2004.
- Gupta, S. D.; Khan, H. A.; Bhowmick, R. M.,. Observations on the effect of vitamin E and growth hormone on the gonadal maturity of carps. *Journal of the Insl. Fish. Society of India* 19(2): 26–31.1987.
- Halver, J.E. *Fish Nutrition*. San Diego, California. 1988. 798p.
- Heidinger, R.C.; Crawford S.D. Effect of temperature and feeding rate on the liver-somatic index of the largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Journal of the Fish. Res. Board of Canada*, v.34, p.633-638. 1977.
- Hemre, G.I.; Tarange, G.L.; Hansen, T. Gonadal development influences nutrient utilisation in cod (*Gadus morhua*), *Aquaculture*, 214: 201-203. 2002.
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais, 2004. Estatística da Pesca – Ano de 2002. Disponível em: [Http://www.ibama.gov.br/recursospesqueiros](http://www.ibama.gov.br/recursospesqueiros)
- Igarashi, M. A.; Magalhães Neto, E. O. Estratégias para o Desenvolvimento da Aqüicultura no Nordeste Brasileiro. *Rev. Econ. do Nordeste*, v. 32, n. 2 p. 148-165. 2001.
- Izquierdo, M. S.; Fernández-Palacios, H.; Tacon, A. G. J. 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish *Aquaculture*, V.197, Issues 1-4, 1 Pages 25-42.
- Jons, G.D.; Miranda, L.E. Ovarian weight as an index of fecundity, maturity, and spawning periodiction, *Journal. Fish. Biology.*, 50: 150-156. 1997.
- KUBITZA, F., 2000. Tilápia tecnologia e planejamento na produção comercial, 1<sup>o</sup> edição, 289 pg.
- Lacerda, S. M. S. Transplante de espermatogônias a tilápia-nilótica (*Oreochromis niloticus*) como modelo experimental. 2006. 67 p. (Dissertação mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Lahav, E., Ra'nan, Z.. Salinity tolerance of genetically produced tilapia (*Oreochromis*) hybrids. *Isr. J. Aquac.*, 49(3):160-165. 1997.
- Lee, K.J.; Bai, S.C. Different dietary levels of L-ascorbic acid affect growth and vitamin C status of juvenile Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*, *Aquaculture* 161 475–477. 1998.
- Lovell, R.T. Nutrition of aquaculture species, *Jl An. Science*, v.69 p.4193-4200. 1991.
- Lovshin, L.L. Tilapia farming: a growing worldwide aquaculture industry. In: I SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 1, *Anais...* Piracicaba, 1997, pag 90-98.
- Luquet, P.; Watanabe, T. Interaction “nutricion-reproduction” in fish, *Fish Ph. and Bioch.* vol 2, n. 1-4, p. 121 – 129. 1986.
- Martino, R.C.; Cyrino, J. E. P. ;Portz, L.; Trugo L.C.. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma coruscans*. *Aquaculture*, 209: 209– 218. 2002.
- Martino, R.C., 2003, Exigência e cuidados da adição de lipídios em rações para peixes e a sua importância para o homem, *Revista Panorama da aqüicultura*, pag 58 - 60.
- Matta, S. L. P. Efeitos do hipotireoidismo induzido pelo PTU (6-n-Propil-2-Tiouracil) sobre a proliferação das células de sertoli e células germinativas em tilápia (*Oreochromis niloticus*). 108 pag., 2000 (Tese de doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo horizonte.
- Matty, A.J., 1985, Nutricion and aquaculture, Outlook on Agriculture, vol. 14, n 1, pag 14 – 20.
- Mello, R. F. De; Moura, M. A. M. De; Vieira, I.; Cyrino, J. E. P. Suplementação da dieta de alevinos de piauçu (*Leporinus obtusidens*) com vitamina C. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.56, n.4, p.1223-1231, 1999.

- Merchie, G., Lavens, P.; Verreth, J.; Ollevier, F.; Nelis, H.; De Leenheer, A.; Storch, V., Sorgeloos, P.; The effect of supplemental ascorbic acid in enriched live food for *Clarias gariepinus* larvae at startfeeding, *Aquaculture*, 151, pg 245 – 258. 1997.
- Miranda, E. C., Pinto, L. G. Q., Furuya, W. M., Pezzato, L. E., Barros, M.M., Pezzato, A.C. Ganho de peso e taxa de sobrevivência de pós-larvas de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de vitamina C, In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, Goiânia – GO, pag 121. 2002.
- Miura, T. *Spermatogenic cycle in fish*. In: Knobil E, Neill JD, eds. *E cyclopedia of reproduction*. San Diego: Academic Press; v. 4 1999, p. 571–578.
- Murray, T., Andrews, J. W. 1994. Interactions of dietary  $\alpha$ -tocopherol, oxidized menhaden oil and ethoxyquin on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Jour. of Nut.* V.104, p.1416-1431.
- Navarro, R. D., Silva, R. F; Ribeiro Filho O. P, Calado, L. L. Rezende, F. P., Silva, C. S. Santos L.C. Comparação morfométrica e índices somáticos de machos e fêmeas de lambari prata (*Astyanax scabripinnis* Jerenyns, 1842) em diferente sistema de cultivo. *Zootecnia Trop.*, V. 24, 24(2): 165-176. 2006.
- Navarro, R.D.; Lanna, E. A. T.; Donzele, J. L.; Matta, S.L.P; Souza, M. A.. Níveis de energia digestível da dieta sobre o desempenho de piauçu (*Leporinus macrocephalus*) em fase pós-larval. *Acta Sci. Anim. Sci.* V. 29, n. 1, p. 109-114. 2007.
- NUTRIENT requirement of Fish 2 ed. Washington D.C. National Academy Press, 114p. 1993.
- New, M.B., Feed and feeding of fish and shrimp. Rome, 1987, 275 p.
- Nikolsky, G.V. 1963. The ecology of fishes. London: Academic Press, 352p.
- Nomura, H. Fecundidade e hábitos alimentares da Piava *Leporinus copelandii* Stendachthner, 1975 do rio Mogi Guaçu, SP (OSTERCHTHYES, ANOSTOMIDAE), *Rev. Brás. de Biologia*, 36(2): 269 – 273. 1976.
- Noguchi, T. et al. Mode of action of selenium and vitamin E in prevention of exudative diathesis in chicks. *J. Nutr.*, v.103, p.1502-1511. 1973.
- Ortuño, J. Effect of high dietary intake of vitamin C on non-specific immune response of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Fish and Shellfish Immunology*, v.9, p.429-443. 1999.
- Paul, B.N.; Sarkar, S.N.; Mohanty, S. Dietary vitamin E requirement of mrigal, *Cirrhinus mrigala* fry. *Aquaculture*. 242 p529–536. 2004.
- Pearce, J.; Harris, J.E., Davies, S.J. The effect of vitamin E on the serum complement activity of the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) *Aquac. Nutrition*, 9: 337:340, 2003.
- Pezzato, L.E. Alimentação de peixes-relação custo e benefício, Anais da XXXVI REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, *Anais....*1999, p. 109 – 118.
- Quintero, P.L.G., Miranda, E.C., Pezzato, L.E., Barros, M.M., Pezzato, A.C., Furuya, W.M. Avaliação de vitaminas hidro e lipossolúveis em pós-larvas de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, *Anais....* Florianópolis 2000, não paginado, CD ROM.
- Ribeiro, P. A. P. Perfil de ácidos graxos poliinsaturados em filés de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) mantidas em diferentes condições de cultivo. 2003. 55 p. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Romana-Eguia, M.R.R., Eguia, R.V. Growth of five red tilapia strains in saline environments. *Aquaculture*, v.173. n 1-4 p.161-170. 1999.
- Ruff, N., Fitzgerald, R. D.; Cross, T. F.; Hamre, K.; Kerry, J. P. The effect of dietary vitamin E and C level on market-size turbot (*Scophthalmus maximus*) fillet quality. *Aquac. nutrition*, 9 p. 91-103. 2003.

- Sampaio, F. G.; Kleemann, G. K.; Sá, M. V. C.; Pereira, A.S.; Barros, M. M.; Pezzato, L. E. Níveis de vitamina E e de selênio para pós-larvas de *Macrobrachium mazonicum*, *Acta Sc. Animal Sciences*, v. 26, no. 1, p. 129-135, 2004.
- Santos, G. B., Aspecto da biologia de *Leporinus piau* FOWLER, 1941 na represa Três Maria (MG) (PISCES, OSTARIOPHYSI, ANOSTOMIDAE) 1986, 148 p. -(Dissertação de mestrado), Universidade de São Carlos, São Carlos.
- Skelbaek, T.; Andersen, N. G.; Winning, M.; Westergaard, S. Stability in fish feed and bioavailability to rainbow trout of two ascorbic acid forms. *Aquaculture*, Amsterdam, v.84, n.3-4, p.335-343, 1990.
- Silva, M., Morfologia ultra-estrutural do testículo, cinética da espermatogênese e barreira hemotesticular da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (Peixe, *Ciclídeo*). 1987, 164p. Tese de Doutorado em Ciências-Morfologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Soliman, A. K.; Jauncey, K.; Roberts, R. J. The effect of dietary ascorbic acid supplementation on hatchability, survival rate and fry performance in *Oreochromis mossambicus* (Peters). *Aquaculture*, Amsterdam, v.59, n.3-4, p.197-208, 1986.
- Tachibana, L., Portz, L., Cyrino, J.E.P. Influência do dimetilsulfoxido (DMSO) na reversão sexual de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) tratadas com 17 a a-metiltestosterona, VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA FLORIANÓPOLIS-SC, Florianópolis, *Anais....*, 2000, não paginado, CD ROM.
- Tacon, A. G. J. Fishmeal replacers: review of antinutrients within oilseeds and pulses – a limiting factor for the aquafeed Green Revolution? In: *Feeding Tomorrow's Fish. Cahiers Options Méditerranéennes*. Editors: Tacon, A. e Basurco, B., 22, 153-182. 1997.
- Tan Q. R.; He, S. X. Effect of Dietary Supplementation of Vitamins A, D<sub>3</sub>, E, and C on Yearling Rice Field Eel, *Monopterus albus*: Serum Indices, Gonad Development, and Metabolism of Calcium and Phosphorus, *J. of the World Aquaculture Society*, V. 29, n. 4, Pg 432-440. 1998.
- Tavares, E.F.; Godinho, H.P. Ciclo reprodutivo do peixe Piau gordura (*Leporinus piau*, FOWLER, 1941) da represa de três marias rio São Francisco, *Revista Ceres*, v. 41 n.233. p. 28 – 33, 1984.
- Tocher, D. G.; Mourente, A.; Van Dereecken, J. Evjemo, E. Diaz, J. G. Bell, I. Geurden, P. Lavens, And Y. Olsen. Effects of dietary vitamin E on antioxidant defence mechanisms of juvenile turbot *Scophthalmus maximus* L., halibut *Hippoglossus hippoglossus* L. and sea bream *Sparus aurata* L. *Aquaculture Nutrition* v.8. p. 195–207. 2002.
- Toyama, G.N., 1999, Suplementação de vitamina C na reversão sexual de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), In: Anais do III SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, *Anais....*, Campinas, pag 101 - 110.
- Vazzoler A.E.A.. Biologia da reprodução de peixes Teleosteos: Teoria e prática. Núcleo de Pesquisas em Limnologia Ictiologia e Aquicultura. Maringá, Brasil, 169p. 1996.
- Vazzoler A.E.A. y N.A. Menezes. Síntese de conhecimento sobre o comportamento reprodutivo Characiformes da América do Sul (Teleostei, Ostariophysi). *Rev. Bra. Biologia*, 52(4): 627-640. 1992.
- Vilela, D. A. R; Duração da espermatogênese e proliferação das células de Sertoli em tilápias-nilóticas (*Oreochromis niloticus*) mantidas em diferentes temperaturas. 2003. 54p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo horizonte.
- Visentainer, J V.; Gomes, S. T. M., Hayashi, C. O., Santos-Junior O. Silva, A. B. M., Justi, K. C. Souza, N. E., Matsushita, M. Efeito do tempo de fornecimento de ração suplementada com óleo de linhaça sobre a composição físico-química e de ácidos graxos em cabeças de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Ciênc. Tecnol. Alimento*. p.414-484, 2003.

Wang, X.; Kang-Woong, K.; Sungchul C.; Bai Min-Do, H.; Byong-Youl, C. Effects of the different levels of dietary vitamin C on growth and tissue ascorbic acid changes in parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*), *Aquaculture*, 215, pg. 203 - 211. 2003.

Watanabe, T; Arakawa, T.; Kitajima,C; Fujita,C. Effect of nutritional quality of broodstock diets on reproduction of sea bream, *Nippon Suisan Gakkaishi*, 50, 495-501. 1984.

Morformetria e desenvolvimento gonadal em Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com suplementação de vitaminas E

### 3.1. INTRODUÇÃO

A aqüicultura economicamente viável depende, em grande parte, de um fornecimento confiável de ovos férteis e alevinos, os quais podem ser produzidos com banco de reprodutores mantidos em condição ambiental e regimes de alimentação adequados (Alvarez-Lajonchere, 2006).

Os estudos de nutrição dos reprodutores são ainda limitados e relativamente caros, devido à necessidade de instalação de grandes dimensões interiores e exteriores para manter grandes grupos de peixes adultos e com custos de produção elevados para conduzir experimentos prolongados de alimentação (Alvarez-Lajonchere, 2006).

Os primeiros estudos se iniciaram no Japão utilizando a espécie *Pagrus auratus* (Watanabe et al., 1984), demonstrando a possibilidade de preparar dietas artificiais adequadas e observando que, durante o período de pré-desova, as dietas tinham grande resultado na qualidade dos ovos e larvas.

A influência da dieta sobre o desempenho reprodutivo dos peixes permite a escolha de ingredientes em níveis mais adequados aos processos metabólicos do animal. Embora recentes estudos venham sendo conduzidos nessa linha, para melhorar o aproveitamento do potencial da piscicultura, poucos trabalhos relacionam nutrição e parâmetros reprodutivos (Luquet e Watanabe, 1986; Gunasekera et al., 1995; Gunasekera e Lam, 1997; Fernández-Palácios et al., 1997; Al-Hafedh et al., 1999; Navarro et al., 2006).

A vitamina E pode influir no desenvolvimento gonadal, na fecundidade, na qualidade de ovos, no desenvolvimento embrionário, na porcentagem de fertilização, eclosão e sobrevivência de larvas (Fernández-Palácios et al., 1998, Izquierdo et al., 2001) quando as vitaminas E e C agem como agentes antioxidantes. Ambas têm papel protetor contra

os radicais livres e protegem os ácidos graxos voláteis (Smith e Akinbamijo, 2000, Izquierdo et al., 2001). Izquierdo et al. (2001) observaram melhora na taxa de eclosão e porcentagem de larvas normais, devido ao papel antioxidante da vitamina E.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de diferentes níveis de vitamina E na morfometria e no desenvolvimento gonadal de tilápia (*Oreochromis niloticus*).

### 3.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no ranário experimental do Departamento de Biologia Animal – UFV - no período de 09/01/2005 a 25/04/2005, totalizando 106 dias.

Foram utilizadas 50 tilápias revertidas (*Oreochromis niloticus*), provenientes de uma empresa que produz alevinos, com peso e comprimento inicial de  $1,40 \pm 0,88$  g e  $4,77 \pm 0,37$  cm, respectivamente. As pós-larvas foram distribuídas em 20 aquários com capacidade de 1000L cada, com renovação de água constante 7,5 ml/minuto. O experimento de desempenho foi montado segundo um delineamento inteiramente ao acaso com cinco tratamentos (0, 50, 100, 150 e 200 mg/kg de vitamina E monofosfato - D Alfa Tocoferol) numa ração isoprotéica de 36% de PB e isocalórica 3600 kcal de ED/kg com quatro repetições. A fase de adaptação foi de cinco dias.

As dietas experimentais foram peletizadas, e a oferta de ração foi de 5% do peso vivo, sendo ajustada a cada 15 dias. Foram realizadas despesas com de rede de malha de 3 cm entre nós, sendo capturados 15% dos animais. As biometrias foram realizadas com auxílio de paquímetro e de balança de precisão. Os peixes foram alimentados três vezes ao dia (8:00; 13:00; 18:00 horas). Os aquários foram sifonados diariamente para retirar sobras de ração e fezes. O fotoperíodo foi de 12 horas. A averiguação da temperatura da água foi realizada diariamente às 7 horas e às 17 horas, enquanto o pH, o oxigênio dissolvido e a amônia, foram aferidos a cada 7 dias.

Tabela 1 – Composições percentuais, químicas e calculadas das dietas experimentais

|  | Dietas Vitamina E mg/Kg |       |       |       |       |
|--|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
|  | 0                       | 50    | 100   | 150   | 200   |
| Farelo de soja                           | 21,50                   | 21,50 | 21,50 | 21,50 | 21,50 |
| Glúten de milho                          | 30,00                   | 30,00 | 30,00 | 30,00 | 30,00 |
| Milho                                    | 28,50                   | 28,50 | 28,50 | 28,50 | 28,50 |
| Farinha de peixe                         | 9,00                    | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00  |
| Óleo de soja                             | 7,60                    | 7,60  | 7,60  | 7,60  | 7,60  |
| Fosfato Bicálcio                         | 1,37                    | 1,37  | 1,37  | 1,37  | 1,37  |
| Calcário                                 | 0,51                    | 0,51  | 0,51  | 0,51  | 0,51  |
| Sal                                      | 0,40                    | 0,40  | 0,40  | 0,40  | 0,40  |
| Premix vitamínico e mineral <sup>3</sup> | 0,60                    | 0,60  | 0,60  | 0,60  | 0,60  |
| Metionina                                | 0,34                    | 0,34  | 0,34  | 0,34  | 0,34  |
| Lisina                                   | 0,15                    | 0,15  | 0,15  | 0,15  | 0,15  |
| BHT (Antioxidante)                       | 0,02                    | 0,02  | 0,02  | 0,02  | 0,02  |
| Vitamina E mg/kg                         | 0                       | 50    | 100   | 150   | 200   |
| <b>Níveis Nutricionais</b>               |                         |       |       |       |       |
| Proteína bruta % <sup>1</sup>            | 36                      | 36    | 36    | 36    | 36    |
| Energia Digestível <sup>2</sup> kcal/Kg  | 3600                    | 3600  | 3600  | 3600  | 3600  |
| Fibra Bruta % <sup>1</sup>               | 2,30                    | 2,30  | 2,30  | 2,30  | 2,30  |
| Lisina %                                 | 1,50                    | 1,50  | 1,50  | 1,50  | 1,500 |
| Metionina + Cistina %                    | 1,11                    | 1,11  | 1,11  | 1,11  | 1,11  |
| Treonina %                               | 1,35                    | 1,35  | 1,35  | 1,35  | 1,35  |
| Triptófano % <sup>2</sup>                | 0,29                    | 0,29  | 0,29  | 0,29  | 0,29  |
| Cálcio %                                 | 1,04                    | 1,04  | 1,04  | 1,04  | 1,04  |
| Fósforo total % <sup>2</sup>             | 0,8                     | 0,8   | 0,8   | 0,8   | 0,8   |
| Relação ED:PB                            | 10                      | 10    | 10    | 10    | 10    |

1 Com base nas análises de laboratório LNA/DZO

2 Baseados nos valores propostos pelo Nutrient ....(1993) e por Rostagno (2000)

3 Premix vitamínico comercial (5 kg/ton), com níveis de garantia por quilograma de produto: Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D<sub>3</sub>, 200.000 UI; Vit k<sub>3</sub>, 2.400 mg; Vit B<sub>3</sub>, 4.800 mg; Vit B<sub>2</sub>, 4.800 mg, Vit B<sub>6</sub>, 4.000 mg, Vit B<sub>12</sub>, 4.800 mg, ác. Fólico, 1.200 mg; pantotenato Ca 12.000mg; Vit. C, 48.000 mg; biotina, 48 mg; cloreto de colina, 108.000 mg; niacina, 24.000 mg; e premix mineral comercial (1 kg/ton), com níveis de garantia por quilograma do produto: Fe, 50.000 mg; Cu, 3.000 mg; 20.000 mg; Mn, 20.000 mg; Zn, 3.000 mg; I, 100 mg; Co, 10 mg; Se, 100 mg.

Depois de 106 dias de experimento, 50 peixes de tilápia foram separados ao acaso; dez animais de cada tratamento. Os exemplares foram insensibilizados em gelo. Imediatamente após o abate, os peixes foram pesados medidos. O fígado e as gônadas foram retirados, pesados em balança de precisão (0,001g) e mensuraram o comprimento e espessura com paquímetro. Um dos testículos foi selecionado e fixado em líquido Boiun. Esses fragmentos de testículos foram desidratados em séries alcoólicas crescentes e incluídos em resina polimerizável do tipo glicol metacrilato. Foram feitos cortes de 3 µm de espessura, em micrótomo Reichert-Jung Histocut 2045. As preparações obtidas foram coradas pelo azul de toluidina e borato de sódio (Matta et al., 2002, Navarro et al., 2006; Vilela, 2006).

A preparação histológica bem como as análises morfológicas e morfométricas foram realizadas

no laboratório de Biologia Estrutural do Departamento de Biologia Geral da UFV.

No microscópio de luz, foi realizada com auxílio de uma ocular integradora dotada de 121 pontos, em aumento de 400 vezes, a avaliação da proporção volumétrica dos componentes do parênquima testicular. Pontos correspondentes a túbulo seminífero, intertúbulo, vasos sanguíneos e linfáticos foram computados em vinte campos aleatoriamente distribuídos para cada animal.

Para os parâmetros reprodutivos foi analisado o estágio de maturação gonadal, por meio de análise histológica, além do índice gonadossomático (IGS).

Índice gonadossomático (IGS)

A relação entre o peso corporal e o peso das gônadas foi determinada para cada exemplar, utilizando-se a fórmula:

PG = peso da gônada

PC = peso corporal

$$\text{IGS} = \text{PG}/\text{PC} \times 100,$$

As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa SAS. Os efeitos da suplementação de vitamina E foram analisados aplicando o teste de Duncan com 5% de probabilidade. Foram utilizados modelos de regressão linear, quadrática, com base na significância dos coeficientes de regressão pelo teste, no coeficiente de determinação, na soma de quadrado dos desvios e nos fenômenos em estudo.

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 2 – Peso corporal (PC), comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), peso da gônada (PG), índice gonadossomático (IGS), comprimento da gônada (CG), espessura do testículo (ET), de alevinos de tilápia revertida suplementadas com níveis de vitamina E na ração.

|         | Vitamina E mg/kg |             |              |             |              | C.V.  |
|---------|------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------|
|         | 0                | 50          | 100          | 150         | 200          |       |
| PC (g)  | 74,04±5,3        | 71,42±5,9   | 73,87±6,22   | 72,72±3,18  | 72,52±4,47   | 17,01 |
| CT (cm) | 15,12±1,27b      | 15,31±0,22b | 15,51±0,88ab | 15,86±0,48a | 15,85±0,36a  | 7,82  |
| CP (cm) | 12,72±1,36a      | 11,77±0,18c | 12,14±0,36b  | 12,59±0,37a | 12,42±0,41ab | 8,50  |
| PG (g)  | 0,37±0,25b       | 0,42±0,26b  | 0,43±0,23b   | 0,56±0,36a  | 0,48±0,26ab  | 59,00 |
| IGS (g) | 0,51±0,40b       | 0,60±0,41ab | 0,59±0,43ab  | 0,77±0,56a  | 0,70±0,48ab  | 65,21 |
| CG (cm) | 2,78 ±0,70       | 2,66±0,55   | 2,47±0,64    | 2,57±0,53   | 2,64±0,69    | 24,10 |
| ET (cm) | 0,41±0,17 b      | 0,42±0,11ab | 0,42±0,17 ab | 0,50±0,16 a | 0,45±0,18ab  | 36,78 |

Letras distintas indicam na mesma linha diferença significativa ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Duncan.

Valores em média ± erro padrão - C.V = coeficiente de variação

Neste presente estudo não se observou efeito significativo ( $p > 0,05$ ) da suplementação de vitamina E para peso corporal (PC). No entanto, em relação ao comprimento total, foram observadas diferenças estatisticamente significativa para os tratamentos com 150 mg e 200 mg de vitamina E/kg e em relação ao comprimento, foi observado que os tratamentos sem suplementação, 150 mg e 200 mg de vitamina E/kg foram estatisticamente diferentes de outros tratamentos.

Para peso da gônada foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) com a suplementação de vitamina E de 150 mg e 200 mg/kg, resultado também observado para índice gonadossomático (IGS). É possível que esse aumento do peso da gônada e IGS sejam devido à função antioxidante que a vitamina E exerce sobre as células espermatogênicas. Esses resultados podem ser explicados pelos estudos de Watanabe et al. (1991) apud Alvarez-Lajonchere (2006), que observou que o aumento de até 200 mg/kg de vitamina E melhorou a taxa de eclosão e porcentagem de larvas normais, devido, principalmente, a seu papel

Valores médios de temperatura (28,23°C), pH (7,25) e oxigênio dissolvido 5,23mg L<sup>-1</sup> permaneceram dentro das condições ótimas para o crescimento da espécie de acordo com Castagnolli (1992).

Os resultados de peso corporal (PC), de peso da gônada (PG), de comprimento total (CT), de comprimento padrão (CP), de índice gonadossomático (IGS), de comprimento da gônada (CG), de espessura do testículo (ET) são apresentados na Tabela 2.

antioxidante. Semelhante efeito foi observado em dorada (Fernandez-Palacios et al., 1995). O peso testicular é diretamente relacionado com a produção espermática e, assim sendo, quanto maior o testículo maior a produção de espermatozoides, embora a quantidade de espermatozoides produzidos seja sempre maior que o número necessário para fecundação (França e Russell, 1998).

Outros autores como Gupta et al. (1987) observaram maior IGS utilizando suplementação de 270 mg de vitamina E. Resultado semelhante a esse estudo foi observado por Tan e He (2007) ao constatarem maior IGS em *Monopterus albus* alimentados com 220 mg de vitamina E por kg de dieta e relataram que a suplementação de vitamina E melhora o desenvolvimento de gônadas. Guerra et al. (2004) relatam que a vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol e seus derivados), predominante antioxidante lipossolúvel animal, protege as células de radicais livres de oxigênio *in vivo* e *in vitro*. Para o comprimento do testículo não se observaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ). Para espessura do testículo foram observadas

diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para o tratamento com suplementação de vitamina E de

50 mg, 100 mg, 150 mg e 200 mg/kg.

Tabela 3 – Proporção volumétrica (%), dos elementos testiculares de tilápias nilóticas revertidas, alimentada com dieta suplementada com níveis crescente de vitamina E.

|                      | Vitamina E mg/kg |              |               |              |              | C.V.  |
|----------------------|------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|-------|
|                      | 0                | 50           | 100           | 150          | 200          |       |
| Túbulo               | 87,11±8,11a      | 82,53±5,73a  | 86,73±2,55a   | 85,70±2,29a  | 87,45±5,10a  | 6,08  |
| Lúmen                | 20,86±14,91b     | 15,13±19,25b | 30,30±24,27ab | 37,32±9,88a  | 20,59±20,98b | 75,34 |
| Epitélio germinativo | 85,06±20,09a     | 84,79±20,35a | 74,68±24,61a  | 66,44±12,19b | 85,28±24,98a | 25,65 |
| Intertúbulo          | 12,47±8,20a      | 17,46±5,73a  | 13,27±2,5a    | 14,29±2,29a  | 12,55±5,10a  | 37,50 |
| Célula de Leydig     | 6,89±4,67b       | 12,73±4,81a  | 8,56±2,72b    | 9,38±1,40ab  | 8,26±4,23b   | 41,49 |
| Vaso Linfático       | 4,82±5,75a       | 3,59±2,29a   | 3,83±1,44a    | 3,60±1,92a   | 3,26±2,60a   | 83,53 |
| Vaso Sangüíneo       | 3,39±0,80b       | 4,80±1,20a   | 3,66±0,92b    | 4,31±0,97ab  | 3,66±0,80b   | 26,23 |

Letras distintas indicam nas mesmas linhas diferença significativa ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Duncan.

Valores em média ± erro padrão - C.V = coeficiente de variação

Na análise de microscopia das gônadas, observou-se um dinamismo no processo de espermatogênese, conforme descrito por Silva (1987) e Matta (2000) na mesma espécie estudada no presente estudo. Para porcentagem de lúmen, houve aumento significativo ( $P < 0,05$ ) do tratamento com 150 mg de vitamina E por kg de ração em relação aos demais tratamentos (Tabela 3 e Figura 3). Ao analisar a estrutura dos túbulos seminíferos e dos cistos de células germinativas, observou-se acentuada semelhança nos diferentes tratamentos (Figuras de 1 a 4). No entanto, nos peixes tratados com 100 mg e 150 mg de vitamina E por kg, os túbulos seminíferos apresentaram maior lúmen (Lu) e, aparentemente, maior quantidade de espermatozóide (Z). (Figuras 2 e 3). Em relação à porcentagem de epitélio germinativo, foi observada diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para o tratamento de 150 mg de vitamina E por kg em relação aos demais tratamentos. (Tabela 3). Segundo Andriquetto (1983) a vitamina E possui fator antiesterilizante, essencial para a manutenção testicular, fazendo proteção do epitélio germinativo.

O compartimento intertubular do parênquima testicular é composto por vasos sanguíneos e linfáticos, por nervos, por células conjuntivas e por células de Leydig. A organização desses componentes pode seguir padrões distintos em diferentes espécies (Fawcett, et al., 1973; Russel, 1996). As células de Leydig podem ocupar pequena porcentagem, cerca de 2% no

rato (França e Russel, 1998), alcançando na capivara 60% (Paula, 1999). Sendo assim, a célula de Leydig é o elemento constituinte do compartimento intertubular que apresenta maior variação percentual entre as espécies já estudadas. Vilela (2003) observou, em testículo de tilápia do Nilo que células de Leydig foram encontradas próximas ao ducto espermático, sugerindo relação funcional com o processo espermatogênico. Observou-se diferença significativa na porcentagem de célula de Leydig do tratamento com 50 mg de vitamina E por kg de ração em relação aos outros tratamentos (tabela 3).

Neste presente trabalho, a porcentagem de vasos sanguíneos foi maior nos tratamentos com 50 mg e 150 mg de vitamina E (Tabela 3). Essa diferença no percentual de vasos sanguíneos parece não interferir no processo espermatogênico, pois todos os animais analisados apresentaram padrão testicular normal.

Os espaços linfáticos ocupam cerca de 3,5 % do parênquima testicular na maioria dos animais estudados (Russell e França, 1995). Em tilápias a porcentagem de vasos linfáticos não apresentou diferenças significativas (Tabela 3).

Também não foram observadas diferenças significativas na porcentagem de túbulo e de intertúbulo ( $p > 0,05$ ).

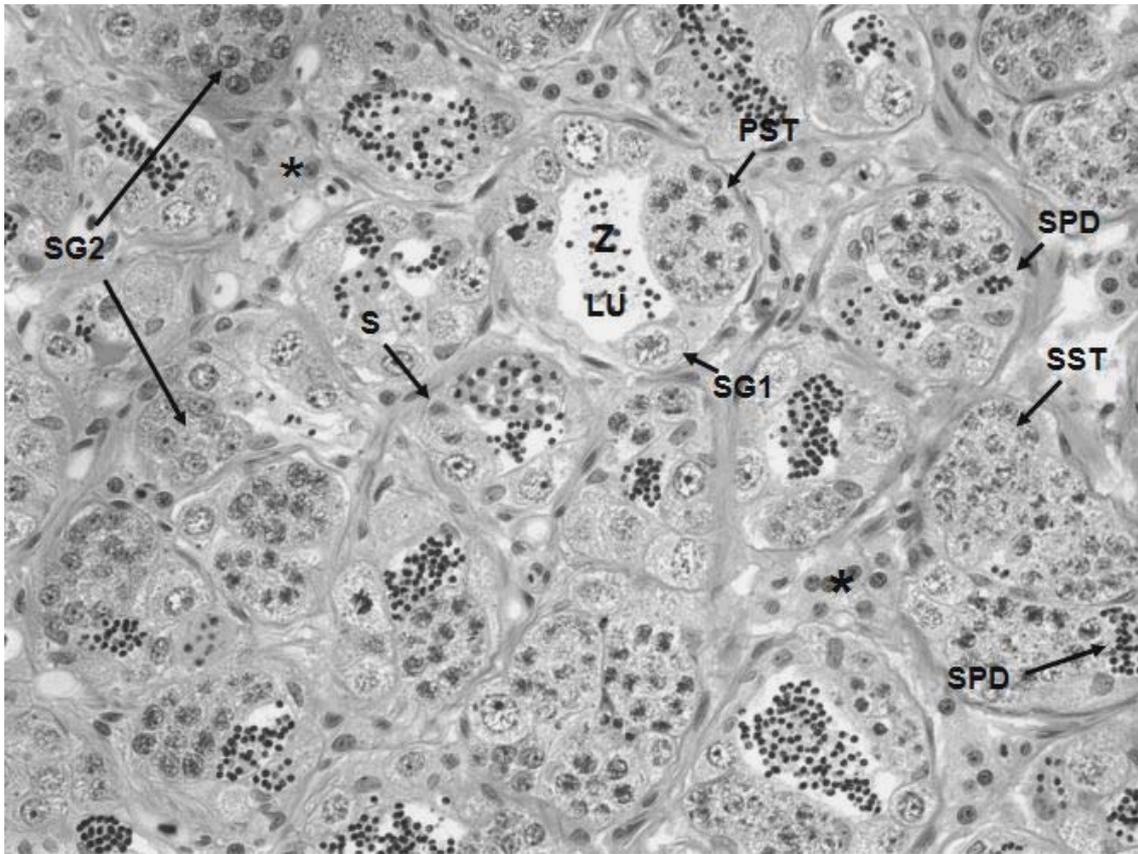


Figura 1 – Fotomicrografia de testículo de tilápia nilótica que não recebeu suplementação de vitamina E na dieta destacando a espermatogônia primária (SG1), espermatogônia secundária (SG2), espermatócito primário (PST), espermatócito secundária (SST), espermatídes (SPD), lúmen (LU), espermatozóide (Z), células de Sertoli (S), espaço intersticial (asterisco) do testículo (40x). Azul de toluidina/ borato de sódio 1%.

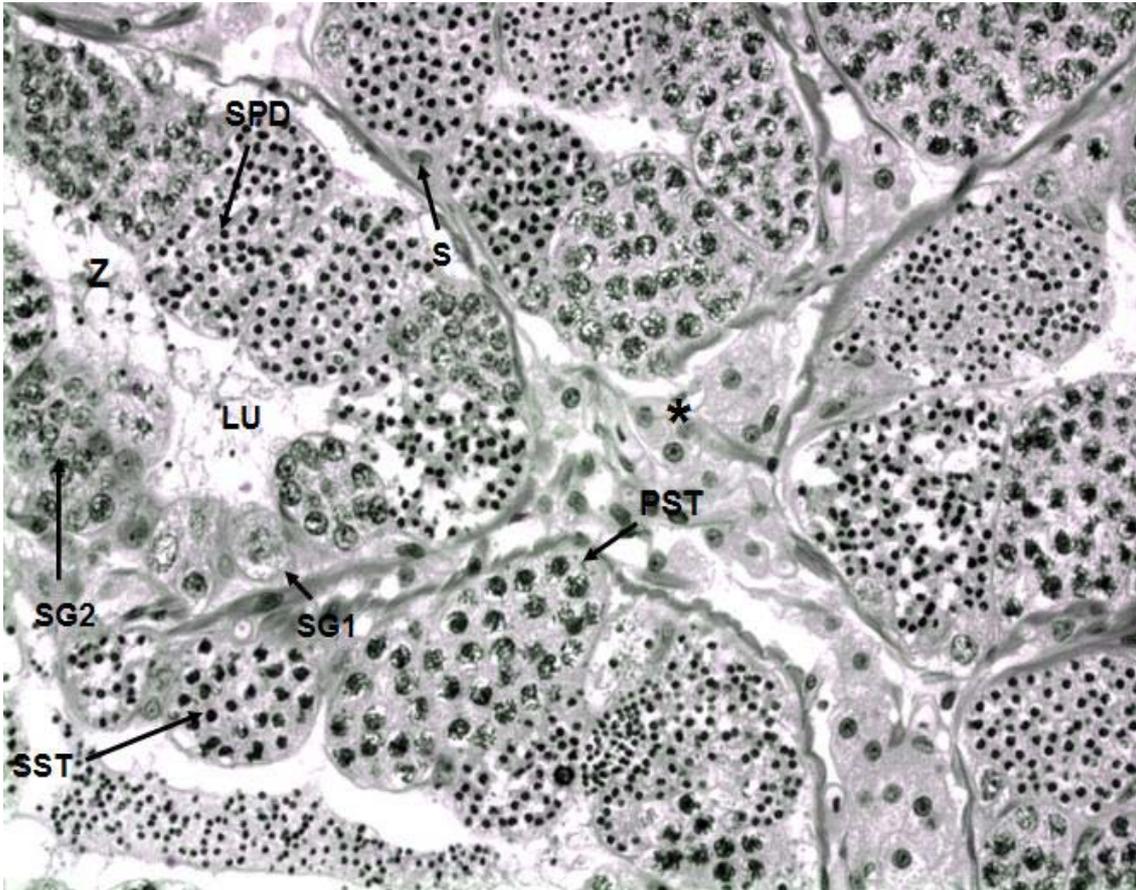


Figura 2 - Fotomicrografia de testículo de tilápia nilótica que recebeu suplementação de 100 mg de vitamina E na dieta, destacando espermatogônia primária (SG1), espermatogônia secundária (SG2), espermatócito primário (PST), espermatócito secundária (SST), espermátides (SPD), lúmen (LU), espermatozói­de (Z), células de Sertoli (S), espaço intersticial (asterisco) do testículo (40x). Azul de toluidina/ borato de sódio 1%.

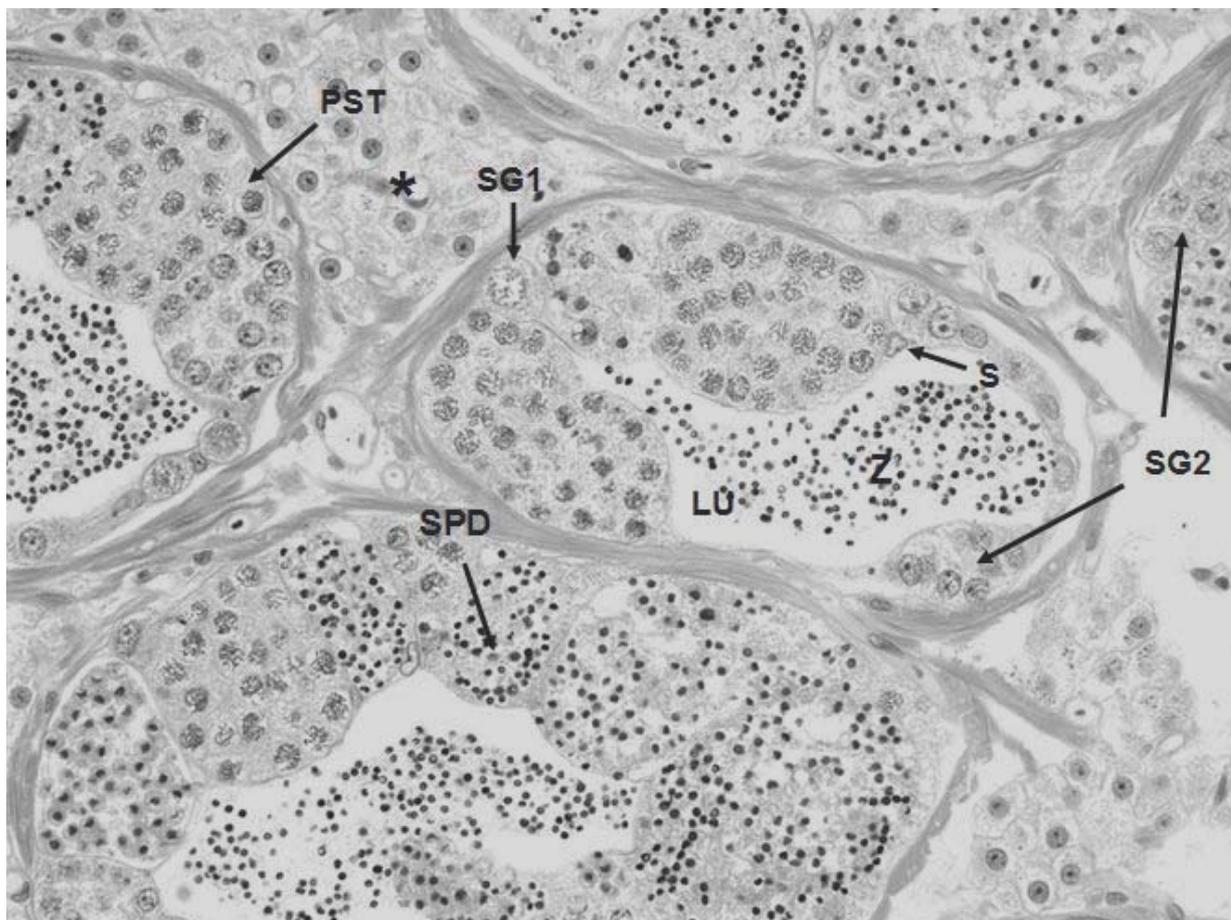


Figura 3 - Fotomicrografia de testículo de tilápia nilótica que recebeu suplementação de 150 mg de vitamina E na dieta, destacando espermatogônia primária (SG1), espermatogônia secundária (SG2), espermatócito primário (PST), espermátides (SPD), lúmen (LU), espermatozóide (Z), células de Sertoli (S), espaço intersticial (asterisco) do testículo (40x). Azul de toluidina/ borato de sódio 1%.

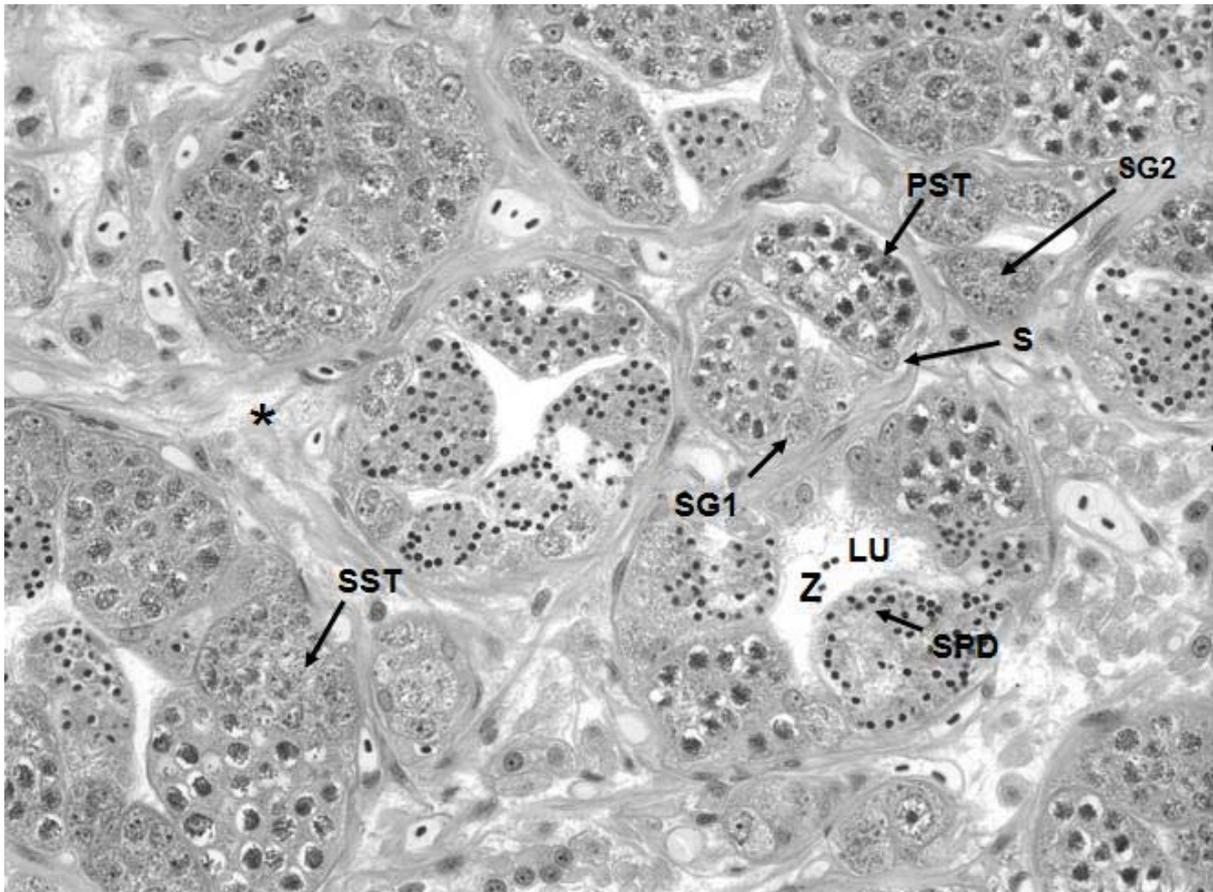


Figura 4 - Fotomicrografia de testículo de tilápia nilótica que recebeu suplementação de 200 mg de vitamina E na dieta, destacando espermatogônia primária (SG1), espermatogônia secundária (SG2), espermatócito primário (PST), espermatócito secundário (SST), espermátides (SPD), lúmen (LU), espermatozói (Z), células de Sertoli (S), espaço intersticial (asterisco) do testículo (40x). Azul de toluidina/ borato de sódio 1%.

### 3.4. CONCLUSÃO

A suplementação com vitamina E (Vitamina E monofosfato) é importante em dietas para desenvolvimento gonadal de tilápias revertidas,

e a dose recomendada na ração é de 150 mg/kg. Essa dose de vitamina E, na dieta de tilápia, proporciona mais desenvolvimento reprodutivo.

### 3.5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Al-Hafedh, Y.S.; Siddiqui, A.Q.; Al-Saiady, M.Y., Effects of dietary protein levels on gonads maturation, size and age at first maturity, fecundity and growth of Nile Tilapia, *Aquac. International*, 7:319-332. 1999.

Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. 2006.

Andriguetto, J.N. Nutrição animal. Editora Nobel, 5ed. 395p. 1981.

Alvarez- Lajonchere, L. Nutrición de reproductores de peces marinos. In: Suarez, E.C., Marie, D.R., et al., Avances en Nutrición Acuicola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 15-17 noviembre

- Fawcett, D. W.; Neaves, W. B.; Flores, M. N. Comparative observations on intertubular lymphatic and the organization of the interstitial
- Fernandez-Palacios, H.; Izquierdo, M.S.; Robaina, L.; Valencia, A.; Salhi, M.; Vergara, J. Effect of n3 HUFA level in broodstock diets on egg quality of gilthead seabream *Sparus aurata* L. *Aquaculture*. V.32. 325–337. 1995.
- Fernández-Palacios H. M.; Izquierdo, L.; Robaina, A.; Valencia, M.; Montero S. Y. D.. The effect of dietary protein and lipid from squid and fish meals on egg quality of broodstock for gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 148:213-246. 1997.
- Fernandez-Palacios, H.; Izquierdo, M.S.; Gonzalez, M., Robaina, L., Valencia, A., Combined effect of dietary  $\alpha$ -tocopherol and n3 HUFA on egg quality of gilthead seabream broodstock *Sparus aurata*. *Aquaculture* 161, 475–476. 1998.
- França, L. R.; Russell, L. D. The testis of domestic animals. In: REGADERA, J., MARTINEZ-GARCIA (eds.). *Male reproduction. A multidisciplinary overview*. Madrid: Churchill Livingstone, 1998. p.197-219.
- Guerra, M.M.P.; Evans, G.; Maxwell, W.M.C. Papel de oxidantes e antioxidantes na andrologia: Revisão de literatura. *Rev. Brás. de Reprodução Animal*. P 187-195. 2004.
- Gunasekera, R.M.; Lam, T.J. Influence of protein level on ovarium recrudescence in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, 149: 57-69. 1997.
- Gunasekera, R.M.; Shima, K.F.; Lam, T.J. Effect of dietary protein level on puberty, oocyte growth and egg chemical composition in the tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, 134 (1-2):169-183. 1995.
- Gupta, S. D., H. A. Khan, R. M. Bhowmic. Observations on the effect of vitamin E and growth hormone on the gonadal maturity of carps. *J. of the Inland Fish. Society of India* 19(2): 26–31. 1987.
- tissue of the mammalian testis. *Biology of Reproduction*. 9:500- 532. 1973.
- Halver, J.E. *Fish Nutrition*. San Diego, California. 1988, 798p.
- Izquierdo M.S.; Fernandez-Palacios, H.; Tacon, A.G.J. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture*. v.197 25–42, 2001.
- Luquet, P.; Watanabe, T., Interaction “nutrition-reproduction” in fish, *Fish Phys. and Bioch.*, vol 2, n. 1-4, p. 121 – 129. 1996.
- Matta, S. L P; Efeitos do hipotireoidismo induzido pelo PTU (6-n-Propil-2-Tiouracil) sobre a proliferação das células de Sertoli e células germinativas em tilápia (*Oreochromis niloticus*). 2000, 108 pag Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Matta, S. L. P.; Vilela, D. A. R.; Godinho, H. P.; França, L. R. The goitrogen 6-n-Propyl-2-Thiouracil (PTU) given during testis development increases Sertoli and germ cell numbers per cyst in fish: The Tilapia (*Oreochromis niloticus*) model. *Endocrinology*, 143(3):970–978. 2002.
- Navarro, R. D.; Matta, S. L. P.; Lanna, E. A. T.; Donzele, J. L.; Rodrigues, S. S.; Silva, R. F.; Calado, L. L.; Ribeiro Filho, O. P. Níveis de energia digestível na dieta de piauçu no desenvolvimento testicular em estágio pós-larval. *Zootecnia Tropical*. 24:153 - 163. 2006.
- NUTRIENT Requirements of Fish 2 ed. Washington D.C. National Academy Press, 114p. 1993.
- Paula, T. A. R. Avaliação Histológica e Funcional do Testículo de Capivaras Adultas (*Hydrochoerus hydrochaeris*). 1999. 84p. Tese (Doutorado em Morfologia). Instituto de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- Rostagno, H.S. *Composição de alimentos e exigência nutricional de aves e suínos* (Tabela Brasileira). Viçosa-MG: UFV, Impr. Univ. 2000. 141p.

Russell, L.D. Mammalian Leydig cell structure  
In: PAYNE, A.H.; HARDY, M.P. RUSSEL,  
Sas User's guide: version 6.0 4<sup>0</sup> edition, North  
Caroline, SAS, institute, INC, 1997, 1686 pg.

Silva, M. Morfologia ultra-estrutural do  
testículo, cinética da espermatogênese e barreira  
hemato-testicular da tilápia-do-nilo,  
*Oreochromis niloticus*. (Peixes, Ciclideo). 1987.  
164p. (Tese de Doutorado) Instituto de Ciências  
Biológicas, Belo Horizonte.

Smith, O.B.; Akinbamijo, O.O. Micronutrients  
and reproduction in farm animal. *Animal  
Reproduction Science* 60-61: 549-560. 2000.

Tan Q. R.; He, S. X. Effect of dietary  
supplementation of vitamins A, D<sub>3</sub>, E, and C on

L.D. *The Leydig cell*, eds, Vienna : Cache  
River., 1996. p. 43-96.

yearling rice field eel, *Monopterus albus*: serum  
indices, gonad development, and metabolism of  
calcium and phosphorus. *J. of the World Aquac.  
Society*, 29(4):432-440. 1998.

Vilela, D. A. R; Duração da espermatogênese e  
proliferação das células de Sertoli em tilápias-  
nilóticas (*Oreochromis niloticus*) mantidas em  
diferentes temperaturas. 2003. 54p. Dissertação  
(mestrado) - Universidade Federal de Minas  
Gerais. Belo horizonte.

Watanabe T.; Arakawa, T.; Kitajima,C.;  
Fujita,C. Effect of nutritional quality of  
broodstock diets on Reproduction of sea bream,  
*Nippon Suisan Gakkaishi*, 50:495-501. 1984.

Desempenho de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com suplementação de vitamina E e composição da carcaça

#### 4.1. INTRODUÇÃO

Entre os micronutrientes a vitamina E é considerada nome genérico que descreve as bioatividades de derivados de tocoferóis e tocotrienóis; são vitaminas lipossolúveis que possuem alto poder antioxidante. Os quatro isômeros dos tocotrienóis ( $\alpha$ -T3,  $\beta$ -T3,  $\gamma$ -T3 e  $\delta$ -T3) são estruturalmente relacionados aos seus correspondentes homólogos dos tocoferóis ( $\alpha$ -T,  $\beta$ -T,  $\gamma$ -T e  $\delta$ -T), mas diferem nas suas cadeias laterais nas quais os isômeros contêm três duplas ligações (Almeida et al., 2006).

A vitamina E é o mais importante antioxidante metabólico presente na membrana celular, protegendo-a da oxidação de ácidos graxos e do colesterol, além de diminuir ou inibir a produção e a ação dos radicais livres (Thakur e Srivastava, 1996, Pearce e tal., 2003; Sampaio et al., 2004).

De todas as vitaminas dadas aos peixes, a vitamina E tem sido amplamente estudada em dietas de peixes. Isso porque é vitamina que possui papel importante no metabolismo animal por possuir propriedades antioxidantes (Matty, 1985). O requerimento de vitamina E tem sido relatado por alguns autores como 30 mg a 50 mg/kg dieta para channel catfish (Murray e Andrews, 1974; Wilson et al., 1984) e 200 mg para 300 mg/kg dieta para carpa (Watanabe et al., 1977). Outros estudos como de Wilson et al. (1984) para catfish não observaram diferença significativa para ganho de peso. Já Kocabas e Gatlin (1999) relataram maior ganho de peso utilizando 20 mg por kg de vitamina E. Paul et al. (2004) observaram em *Cirrhinus mrigala* melhora no desempenho utilizando 120 mg/kg de vitamina E para peso final e ganho de peso. Além disso, poucas informações têm

referenciado as exigências nutricionais e qualidade de carcaça. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a suplementação de Vitamina E no desempenho e na qualidade de carcaça de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

#### 4.2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no ranário experimental do Departamento de Biologia Animal – UFV - no período de 09/01/2005 a 25/04/2005, totalizando 106 dias.

Foram utilizadas 400 tilápias revertidas (*Oreochromis niloticus*), provenientes de uma empresa que produz alevinos, com peso e comprimento inicial de  $1,40 \pm 0,88$  g e  $4,77 \pm 0,37$  cm, respectivamente. As pós-larvas foram distribuídas em 20 aquários com capacidade de 1000L. A renovação constante de água foi de 7,5 ml/minuto. O experimento de desempenho foi montado segundo um delineamento inteiramente ao acaso com cinco tratamentos (0, 50, 100, 150 e 200 mg/kg de vitamina E monofosfato - D Alfa Tocoferol) numa ração isoproteica de 36% de PB e isocalórica 3600 kcal de ED/kg com quatro repetições. A fase de adaptação foi de cinco dias.

As dietas experimentais foram peletizadas e a oferta de ração foi de 5% do peso vivo, sendo ajustada a cada 15 dias. Foram realizadas despescas através de rede de malha de 3 cm entre nós, sendo capturado 15% dos animais. As biometrias foram realizadas com auxílio de paquímetro e de balança de precisão. Os peixes foram alimentados três vezes ao dia (8:00; 13:00; 18:00 horas). Os aquários foram sifonados, diariamente, para retirar sobras de ração e fezes. O fotoperíodo foi de 12 horas. A averiguação da temperatura da água foi realizada diariamente nos horários às 7 horas e às 17 horas, enquanto o pH, o oxigênio dissolvido e a amônia foram averiguados a cada 7 dias.

Tabela 1 – Composições percentuais, químicas e calculadas das dietas experimentais.

|   | Dietas Vitamina E mg/Kg |       |       |       |       |
|---|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
|   | 0                       | 50    | 100   | 150   | 200   |
| Farelo de soja                            | 21,50                   | 21,50 | 21,50 | 21,50 | 21,50 |
| Glúten de milho                           | 30,00                   | 30,00 | 30,00 | 30,00 | 30,00 |
| Milho                                     | 28,50                   | 28,50 | 28,50 | 28,50 | 28,50 |
| Farinha de peixe                          | 9,00                    | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00  |
| Óleo de soja                              | 7,60                    | 7,60  | 7,60  | 7,60  | 7,60  |
| Fosfato Bicálcio                          | 1,37                    | 1,37  | 1,37  | 1,37  | 1,37  |
| Calcário                                  | 0,51                    | 0,51  | 0,51  | 0,51  | 0,51  |
| Sal                                       | 0,40                    | 0,40  | 0,40  | 0,40  | 0,40  |
| Premix vitamínico e mineral <sup>3</sup>  | 0,60                    | 0,60  | 0,60  | 0,60  | 0,60  |
| Metionina                                 | 0,34                    | 0,34  | 0,34  | 0,34  | 0,34  |
| Lisina                                    | 0,15                    | 0,15  | 0,15  | 0,15  | 0,15  |
| BHT (Antioxidante)                        | 0,02                    | 0,02  | 0,02  | 0,02  | 0,02  |
| Vitamina E mg/kg                          | 0                       | 50    | 100   | 150   | 200   |
| <b>Níveis Nutricionais</b>                |                         |       |       |       |       |
| Proteína bruta % <sup>1</sup>             | 36                      | 36    | 36    | 36    | 36    |
| Energia Digestível <sup>2</sup> , kcal/Kg | 3600                    | 3600  | 3600  | 3600  | 3600  |
| Fibra Bruta % <sup>1</sup>                | 2,30                    | 2,30  | 2,30  | 2,30  | 2,30  |
| Lisina %                                  | 1,50                    | 1,50  | 1,50  | 1,50  | 1,500 |
| Metionina + Cistina %                     | 1,11                    | 1,11  | 1,11  | 1,11  | 1,11  |
| Treonina %                                | 1,35                    | 1,35  | 1,35  | 1,35  | 1,35  |
| Tryptófano % <sup>2</sup>                 | 0,29                    | 0,29  | 0,29  | 0,29  | 0,29  |
| Cálcio %                                  | 1,04                    | 1,04  | 1,04  | 1,04  | 1,04  |
| Fósforo total % <sup>2</sup>              | 0,8                     | 0,8   | 0,8   | 0,8   | 0,8   |
| Relação ED:PB                             | 10                      | 10    | 10    | 10    | 10    |

1 Com base nas análises de laboratório LNA/DZO

2 Baseados nos valores propostos pelo Nutrient ..... (1993) e por Rostagno (2000)

3 Premix vitamínico comercial (5 kg/ton), com níveis de garantia por quilograma de produto: Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D<sub>3</sub>, 200.000 UI; Vit k<sub>3</sub>, 2.400 mg; Vit B<sub>3</sub>, 4.800 mg; Vit B<sub>2</sub>, 4.800 mg, Vit B<sub>6</sub>, 4.000 mg, Vit B<sub>12</sub>, 4.800 mg, ác. Fólico, 1.200 mg; pantotenato Ca 12.000mg; Vit. C, 48.000 mg; biotina, 48 mg; cloreto de colina, 108.000 mg; niacina, 24.000 mg; e premix mineral comercial (1 kg/ton), com níveis de garantia por quilograma do produto: Fe, 50.000 mg; Cu, 3.000 mg; 20.000 mg; Mn, 20.000 mg; Zn, 3.000 mg; I, 100 mg; Co, 10 mg; Se, 100 mg.

No final do experimento após jejum de 24 horas, os animais foram insensibilizados em gelo e posteriormente abatidos. Depois do abate foram eviscerados. Para realizar as análises bromatológicas, as carcaças foram secas em estufa com ventilação forçada a 55°C por 48 h. Depois da secagem, passaram por uma moagem em moinho de bola, até formar uma granulometria homogênea.

No início do experimento, cinquenta peixes foram abtidos para posterior análise de carcaça. Depois do abate, as carcaças foram pesadas em balança de precisão 0,001g com o objetivo de analisar e de determinar a composição inicial da carcaça em teor de água, proteína e extrato etéreo. O extrato etéreo foi feito com hidrólise ácida prévia. As análises dos ingredientes utilizados nas dietas e das amostras dos peixes foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia (LNA/DZO) da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG - conforme procedimentos

descritos por AOAC (1995). Para determinação do perfil de ácidos graxos utilizou-se o cromatógrafo a gás Cromatógrafo Varian CP-3380 e uma Coluna: DB-WAX 25 m x 0.25 mm x 0,25 um (JeW Scientific) do Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. A gordura extraída foi esterificada (produção de ésteres metílicos) segundo metodologia desenvolvida pelo STQ (1998). Obtidos os ésteres metílicos, foram analisados em cromatógrafo gasoso. O hidrogênio foi utilizado como gás de arraste, em 40 cm/seg. A temperatura inicial da coluna, de 50 °C por 2 minutos, elevou-se 4 °C por minuto, até 220 °C, permanecendo nessa temperatura por mais de 25 minutos. A temperatura do injetor foi de 260 °C, e a do detector 260 °C. Foram injetados 2 µL de amostra e utilizou-se padrão de ácidos graxos Sigma 189-19.

Foram analisados os parâmetros nutricionais de ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TE), taxa de sobrevivência (TS).

- a) Ganho de peso dos peixes (GP) foi calculado pela diferença dos pesos médios da parcela final e inicial  
 $GP = \text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}$
- b) Taxa de eficiência protéica  
 $TEP = GP(g) / \text{proteína ingerida (g)}$

Foi analisada a composição química da carcaça (extrato etéreo e proteína), a porcentagem de proteína no ganho de peso (%PBG), a porcentagem de gordura no ganho de peso (%GGP), o índice hepatossomático (IHS), o índice viscerossomático (IVS).

- c) Porcentagem de proteína no ganho de peso  
 $\%PBG = \text{Proteína corporal final (g)} - \text{proteína corporal inicial (g)} / \text{ganho de peso (g)}$
- d) Porcentagem de gordura no ganho de peso  
 $\%GGP = \text{Gordura corporal final (g)} - \text{gordura corporal inicial (g)} / \text{ganho de peso (g)}$
- e) Índice viscerossomático (IVS)  
 $IVS = PV / PC \times 100$   
 PC = peso corporal  
 PV = peso da víscera
- f) Índice hepatossomático (IHS),  
 $IHS = PF / PC \times 100$   
 PC = peso corporal  
 PF = peso do fígado

A taxa de crescimento específico foi determinada pela fórmula  $TCE = (\ln) \text{ peso total final} - (\ln) \text{ peso total inicial} / \text{tempo de experimento}$ .

As análises estatísticas foram realizadas pelo programa SAS. Os efeitos da suplementação de vitamina E foram analisados aplicando o teste de Duncan com 5% de probabilidade como teste de médias. Também foram utilizados modelos de regressão linear, quadrática, com base na significância dos coeficientes de regressão aplicando teste no coeficiente de determinação, na soma de quadrado dos desvios e nos fenômenos em estudo.

### 4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Valores médios obtidos de temperatura foi de  $28,23 \pm 0,63$ ,  $7,25 \pm 0,58$  para pH;  $5,23 \pm 0,85$  mg L<sup>-1</sup> para oxigênio dissolvido. Permaneceram dentro das condições ótimas para crescimento da espécie de acordo com (Body, 1982, Castagnolli, 1992).

Os resultados de peso final, de ganho de peso, de ganho de peso diário, de taxa de eficiência protéica, de taxa de crescimento específico e de taxa de sobrevivência são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Peso final (g) (PF), ganho de peso (GP) ganho de peso diário (GPD), Taxa de eficiência protéica (TEP), Taxa de crescimento específico (TCE), taxa de sobrevivência (TS) de alevinos de tilápia alimentados com dietas com suplementação de vitamina E na ração.

|        | Vitamina E mg/kg |            |            |            |            | C.V.  |
|--------|------------------|------------|------------|------------|------------|-------|
|        | 0                | 50         | 100        | 150        | 200        |       |
| PF (g) | 74,04±5,53       | 71,42±5,93 | 73,87±6,22 | 72,72±3,18 | 72,52±4,47 | 15,67 |
| GP (g) | 72,62±5,45       | 69,89±5,94 | 72,40±6,23 | 71,31±3,20 | 71,04±4,46 | 17,36 |
| GPD    | 0,62±0,05        | 0,61±0,05  | 0,63±0,05  | 0,62±0,02  | 0,62±0,03  | 17,83 |
| TEP    | 2,05±0,31        | 1,94±0,36  | 2,01±0,36  | 1,98±0,31  | 1,98±0,36  | 17,31 |
| TCE    | 0,030±0,0        | 0,030±0,0  | 0,032±0,0  | 0,032±0,0  | 0,030±0,0  | 10,37 |
| TS     | 96,6±5,7         | 98,33±2,8  | 98,33±2,88 | 100,00±0,0 | 100,00±0,0 | 3,20  |

Letras distintas na mesma linha indicam diferença significativa ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Duncan.

Valores em médias ± erro padrão

C.V. – coeficiente de variação

Não foi observado efeito ( $p > 0,05$ ) da suplementação de vitamina E para peso final (PF), para ganho de peso total (GP) e para ganho de peso médio diário dos animais (GPD). Wilson et al. (1984) observaram que, ao suplementarem vitamina E para catfish não observaram diferença significativa para ganho de peso. Resultados contraditórios foram observados por Kocabas e Gatlin (1999), que

encontraram maior ganho de peso utilizando 20 mg por kg de vitamina E para a espécie *Morone chrysops female* × *M. saxatilis male*. Já Paul et al. (2004) observaram, em *Cirrhinus mrigala* que houve melhora no desempenho utilizando 120 mg/kg de vitamina E para peso final e para ganho de peso.

Não se verificou significativo ( $p > 0,05$ ) na taxa de eficiência protéica (TEP) em razão do

aumento da suplementação de vitamina E, embora o valor da TEP dos peixes que receberam a dieta com tratamento sem suplementação de vitamina E com 100 mg da vitamina fossem superior ao dos demais tratamentos. Outros autores, trabalhando com diversas espécies, verificaram a tendência de aumento na TEP com o aumento da suplementação de vitamina E (Kocabas e Gatlin, 1999; Paul et al., 2004).

Não foram observadas diferenças significativas ( $p>0,05$ ), para taxa de crescimento específico e para taxa de sobrevivência (TS). Em relação à taxa de sobrevivência, esse resultado também se

mostra semelhante aos encontrados por Kocabas e Gatlin (1999) e Paul et al. (2004), que não observaram diferença significativa para taxa de sobrevivência. Paul et al., (2004) relataram que, utilizando 120 mg/kg de vitamina E para *Cirrhinus mrigala*, houve maior taxa de crescimento específico.

O efeito da suplementação de vitamina E sobre a matéria seca sobre a porcentagem de proteína e sobre a gordura da carcaça e sobre a porcentagem de proteína no ganho de peso, porcentagem de gordura no ganho de peso e sobre o índice viscerossomático, encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição em Matéria seca (MS), proteína bruta (PB%), extrato etéreo (EE%), porcentagem de proteína no ganho de peso (%PBG), porcentagem de gordura no ganho de peso (GGP), índice viscerossomático (IVS), índice hepatossomático (IHS) de carcaça de alevinos de tilápia alimentados com dietas com suplementação de vitamina E na ração.

|       | Vitamina E mg/kg |             |            |            |            | C.V.  |
|-------|------------------|-------------|------------|------------|------------|-------|
|       | 0                | 50          | 100        | 150        | 200        |       |
| MS%   | 27,97±3,20       | 28,77±0,59  | 28,46±1,43 | 28,47±2,36 | 27,73±3,92 | 2,45  |
| PB%   | 54,67±0,12       | 54,51±0,08  | 55,45±0,20 | 54,77±0,89 | 55,00±2,62 | 2,29  |
| EE%   | 17,81±2,0        | 19,74±1,59  | 21,25±3,04 | 17,16±1,69 | 20,55±2,98 | 11,27 |
| PBGP% | 53,82±0,15       | 53,63±0,15  | 54,57±0,28 | 53,88±0,90 | 54,10±2,69 | 2,37  |
| GGP%  | 17,69±3,19       | 19,62±0,71  | 19,90±1,41 | 17,40±2,96 | 20,39±3,93 | 11,90 |
| IHS   | 1,20±0,09        | 1,24± 0,45  | 1,31±0,31  | 1,27±0,23  | 1,11±0,12  | 17,16 |
| IVS   | 9,40±1,66a       | 8,75±0,99ab | 9,28±2,02a | 9,42±1,31a | 8,28±1,76b | 26,64 |

Letras distintas na mesma linha indicam diferença significativa ( $P<0,05$ ) pelo teste de Duncan.

Valores em médias ± erro padrão

C.V. – coeficiente de variação.

Os níveis de suplementação de vitamina E na dieta não influenciaram ( $p>0,05$ ) o teor de matéria seca, na %PB, %EE, %PBG. Resultado semelhante para proteína bruta foi observado por Ruff et al. (2003), Paul et al. (2004) e Wing-Keong et al. (2004). Para porcentagem de EE na carcaça e gordura no ganho de peso não foi observado diferença significativa. Esses resultados estão de acordo com os achados no estudo de (Ruff et al., 2003, Paul et al., 2004).

Não foram observadas diferenças significativas ( $p>0,05$ ) para o índice hepatossomático. Entretanto, o índice viscerossomático apresentou diferenças significativas ( $p<0,05$ ) para o tratamento sem suplementação de vitamina E e com 100 mg e 150 mg desta vitamina. No resultado obtido por Tocher et al. (2002), não se observaram diferença significativa para IHS. Contrapondo-se ao

relatado no estudo de Pearce et al. (2003), observou em *Oncorhynchus mykiss* mais desenvolvimento do IHS no tratamento com 0 de vitamina E. Segundo Shearer (1994), em peixes juvenis, o crescimento da carcaça é maior que o crescimento das outras partes do corpo, nas quais os órgãos internos, com exceção do lipídio visceral, tendem a aumentar de peso em proporções pequenas. Esse autor cita que o tamanho relativo dos tecidos e órgãos, sob condições adequadas de nutrição, é dependente apenas do tamanho do peixe e do ciclo de vida.

O efeito da suplementação de vitamina E sobre ácidos graxos saturados encontra-se na Tabela 4.

O efeito da suplementação de vitamina E sobre ácidos graxos poliinsaturados encontra-se na Tabela 5.

Tabela 4 – Perfil dos ácidos graxos saturados da carcaça de tilápia alimentadas com suplementação de vitamina E.

| Ácidos graxos | Vitamina E mg/kg |             |             |            |             | C.V.  |
|---------------|------------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------|
|               | 0                | 50          | 100         | 150        | 200         |       |
| C16:0*        | 24,64±1,22a      | 23,54±0,25b | 19,64±0,13c | 19,85±0,0c | 25,39±0,02a | 2,48  |
| C17:0**       | 0,57±0,07a       | 0,30±bc     | 0,43±0,0ab  | 0,41±0,0ab | 0,13±0,0c   | 25,75 |
| C18:0         | 6,16±0,22b       | 6,34±0,23b  | 5,29±0,10b  | 9,19±0,82a | 6,11±1,02b  | 9,18  |
| C20:0*        | 1,12±0,17a       | 1,09±0,34a  | 0,39±0,03c  | 0,42±0,02c | 0,78±0,03b  | 22,05 |

Letras distintas na mesma linha indicam diferença significativa (P<0,05) pelo teste de Duncan.

Valores em médias ± erro padrão

C.V. – coeficiente de variação.

\*\*Efeito quadrático

\* Efeito linear

\*C16:0 –  $Y = 25,53677 - 0,103676x + 0,000496x^2 - R^2 = 73\%$

\*\*C17:0 –  $y = 0,562216 - 0,01718x - r^2 = 50\%$

\*C20:0 –  $Y = 1,258973 - 0,012017x + 0,00004856x^2 - R^2 = 54\%$

Tabela 5- Perfil dos ácidos graxos polissaturados da carcaça de tilápia alimentadas com suplementação de vitamina E.

| Ácidos graxos | Vitamina E mg/kg |              |             |             |              | C.V.  |
|---------------|------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------|
|               | 0                | 50           | 100         | 150         | 200          |       |
| C16:1         | 4,33±0,18a       | 3,72±0,12b   | 3,68±0,05b  | 3,79±0,0b   | 4,41±0,13a   | 3,01  |
| C17:1         | 0,31±0,02bc      | 0,34±0,0a    | 0,33±0,0ab  | 0,29±0,0c   | 0,35±0,0a    | 4,22  |
| C18:1         | 34,08±1,33a      | 32,52±0,92ab | 27,56±0,12c | 25,31±0,77d | 31,02±0,93b  | 3,01  |
| C18:2ω6*      | 13,29±0,62d      | 14,97±1,55c  | 27,72±0,05a | 25,66±0,05b | 14,00±0,32dc | 3,98  |
| C18:3ω6*      | 0,27±0,02d       | 0,37±0,04c   | 1,10±0,0a   | 0,90±0,0b   | 0,36±0,01c   | 3,93  |
| C18:3ω3*      | 0,60±0,11d       | 0,79±0,08c   | 2,04±0,0a   | 1,80±0,01b  | 0,72±0,01c   | 5,50  |
| C20:1ω9       | 1,62±0,45a       | 1,10±0,08b   | 1,23±0,03ab | 1,43±0,0ab  | 1,14±0,04b   | 16,06 |
| C20:2         | 1,28±0,73a       | 0,74±0,03a   | 1,29±0,0a   | 1,13±0,01a  | 0,88±0,17a   | 31,63 |
| C20:3ω3       | 0,17±0,0e        | 0,24±0,01d   | 0,77±0,0a   | 0,61±0,0b   | 0,28±0,0c    | 5,30  |
| C20:4ω6*      | 0,00c ND         | 0,00c ND     | 0,29±0,02a  | 0,29±0,03a  | 0,16±0,04b   | 17,39 |
| C20:5ω3       | 0,50±0,10a       | 0,29±0,01b   | 0,19±0,03b  | 0,26±0,04b  | 0,28±0,01b   | 17,87 |

Letras distintas na mesma linha indicam diferença significativa (P<0,05) pelo teste de Duncan.

Valores em médias ± erro padrão

C.V. – coeficiente de variação.

ND = não detectado

\* Efeito quadrático

C18:2ω6 -  $Y = 10,7862 + 0,261216x - 0,001185x^2 - R^2 = 70\%$

C18:3ω6 -  $Y = 0,1432 + 0,014040x - 0,000062951x^2 - R^2 = 71\%$

C18:3ω3 -  $Y = 0,365547 + 0,025541x - 0,000115x^2 - R^2 = 71\%$

C20:4ω6 -  $Y = -0,052371 + 0,004357x - 0,000015514x^2 - R^2 = 68\%$

Entre os ácidos graxos saturados analisados no presente estudo, foi observado diferença significativa (p<0,05) para ácido graxo palmítico (C16:0) com aumento de forma quadrática até o valor de 104,51 mg/kg.

Verificou-se diferença significativa (p<0,05) do ácido graxo esteárico (C18:0) para tratamento com 150 mg/kg vitamina E (tabela 4). Para o ácido graxo margárico (C17:0) foi observado efeito linear com aumento da suplementação de

vitamina E (tabela 4). Para ácido graxo araquídico (C20:0), observou-se efeito quadrático até o valor estimado de 123,88mg/kg de vitamina E. Já para ácido graxo insaturado como o ácido graxo palmitoléico (C16:1) foi observada diferença significativa com tratamento sem vitamina E e com tratamento com 200 mg/kg de vitamina E. Para o ácido graxo heptadecenoico (C17:1), o tratamento com 200 mg/kg de vitamina E foi estatisticamente significativo ( $p < 0,05$ ) (tabela 5). Para o ácido graxo oléico (C18:1) a utilização do tratamento sem vitamina E foi significativamente ( $p < 0,05$ ) maior (tabela 5).

A suplementação de vitamina E influenciou ( $p < 0,05$ ) a porcentagem de ácido graxo linoléico (C18:2 $\omega$ 6), que aumentou de forma quadrática até o valor estimado de suplementação de 110 mg de vitamina E/kg de ração (tabela 5 e figura 1). Essa tendência também foi observado para o ácido graxo  $\gamma$ -linolênico (C18:3 $\omega$ 6) e ácido graxos  $\alpha$ -linoléico (C18:3 $\omega$ 3), onde esses ácidos

aumentaram de forma quadrática até a suplementação de 111 e 113 mg de vitamina E por kg de ração, respectivamente (tabela 5 e figura 2). Provavelmente, essa maior quantidade de ácidos linoléico e linolênico é devida à capacidade da vitamina E de agir contra os radicais livres, neutralizando antes que possam oxidar lipídeos insaturados de membranas. Bai e Lee (1998) verificaram um aumento do ácido graxo linoléico (C18:2 $\omega$ 6), do ácido graxo  $\gamma$ -linolênico (C18:3 $\omega$ 6),  $\alpha$ -linoléico (C18:3 $\omega$ 3), com aumento dos níveis de vitamina E. Os ácidos graxos  $\gamma$ -linolênico e  $\alpha$ -linoléico são importantes na alimentação humana, principalmente pelo fato de eles prevenirem o aparecimento de doenças cardíacas. Tocher et al. (2002) analisaram o efeito da Vitamina E nos ácidos graxos no fígado e concluíram que para a espécie *Scophthalmus maximus* os níveis de vitamina E não influenciaram os ácidos graxos poliinsaturados.

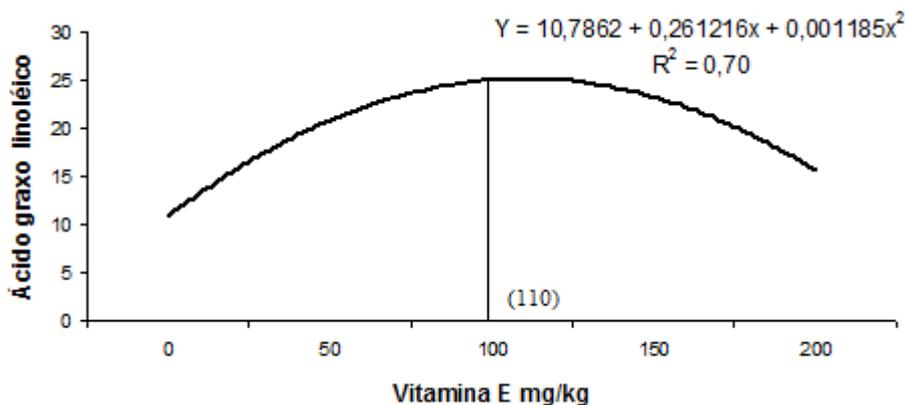


Figura 1 – Representação gráfica da porcentagem de ácidos graxos linoléico (C18:2 $\omega$ 6) para tilápia do Nilo alimentados com dietas com suplementação de vitamina E na ração.

Para ácido graxo eicosenoico (C20:1 $\omega$ 9) o tratamento sem suplementação de vitamina E foi estatisticamente significativo ( $p < 0,05$ ) (tabela 4). Não foi observada diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para o ácido graxo eicosadienoico (C20:2) (tabela 4). Para o ácido graxo araquidônico (C20:4 $\omega$ 6), a suplementação de vitamina E na dieta influenciou de forma quadrática ( $p < 0,05$ ), aumentando até a suplementação estimada de 140 mg de vitamina E (tabela 4). Resultado semelhante foi relatado

por Bai e Lee (1998) que observaram aumento do ácido graxo araquidônico (C20:4 $\omega$ 6) à medida que aumentou a vitamina E na dieta até o nível de 120 mg/kg. O ácido araquidônico (C20:4,  $\omega$ -6) é obtido em três fontes: fosfolipídios de reserva do organismo, dieta e a partir do processo de alongamento e dessaturação do ácido linoléico (Suárez-Mahecha, et al., 2002). Tocher et al. (2002) analisaram ácidos graxos no fígado e não observaram aumento do ácido araquidônico para

espécies de peixes *Scophthalmus maximus* e *Hippoglossus hippoglossus* com o aumento da vitamina E na dieta. Os referentes autores observaram diferenças na quantidade de ácido

araquidônico para espécie de peixe *Sparus aurata* ao serem alimentadas com o nível de 1.000 mg de vitamina E/kg.

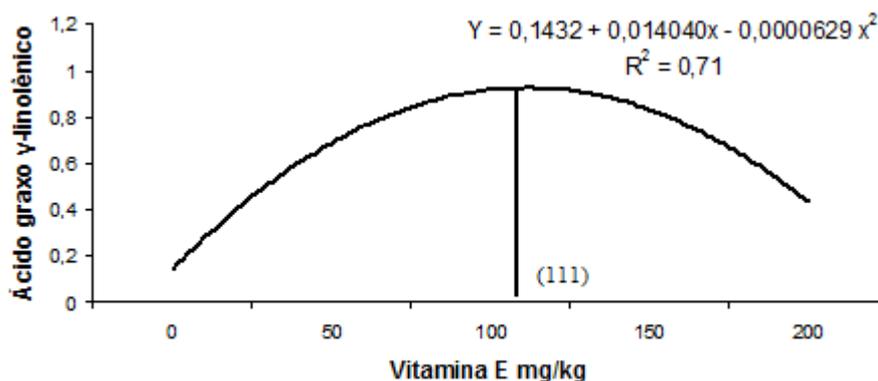


Figura 2 – Representação gráfica da porcentagem de ácidos graxos  $\gamma$ -linolênico (C18:3 $\omega$ 6) para tilápia do nilo alimentados com dietas com suplementação de vitamina E na ração.

O nível do ácido graxo eicosapentaenóico EPA (C20:5 $\omega$ 3) foi maior ( $p < 0,05$ ) para o tratamento sem suplementação de vitamina E (tabela 4). Isso também foi observado no estudo de Bai e Lee (1998) mostraram no tratamento sem suplementação de vitamina E, maior quantidade de ácido graxo eicosapentaenóico EPA (C20:5 $\omega$ 3) e Tocher et al., (2002) observaram aumento do EPA para peixes da espécie *Hippoglossus hippoglossus*, alimentados com níveis de vitamina E. Nesse contexto, Maia (1998) encontrou valores de EPA e DHA altos, em relação aos lipídios totais para algumas espécies naturais do Rio Amazonas, como

6,47 e 7,19% para *Cishla* sp., 9,57 e 19,28% para *Pellona castelnaena* e 9,15 e 4,46% para *Liposarcus pardalis*, respectivamente.

#### 4.4. CONCLUSÃO:

A suplementação com vitamina E (vitamina E monofatada) não influenciou o desempenho de tilápia do Nilo. Entretanto, para composição de carcaça é recomendável uma dose entre 110 mg a 140 mg/kg de vitamina E.

#### 4.5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Almeida, N. M.; Moura, J. M. L. N.; Franco, R. C. N.; Bueno M. M. R Tocoferóis do músculo dorsal e cavidade ocular do matrinxã (*Brycon cephalus*) da Bacia Amazônica em diferentes épocas sazonais *Ciência Rural*, v.36, n.2. *Ciência Rural*, v.36, n.2, p.636-640, 2006.

Aoac (Official Methods of Analysis of AOAC International). P. Cunniff (ed) 16th ed. Arlington. 1995, vol. I e II.

Bai, S.C.; Lee K.J. Different levels of dietary DL- $\alpha$ -tocophery affect the vitamin E status of

juvenile Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*, *Aquaculture*. 415-444. 1998.

Body, C.E. *Water Quality Management for Pond Fish Culture*, Development in Aquaculture and Fisheries Science. Elsevier, New York. 1982. 730 p.

Castagnolli, N., *Piscicultura de água doce*, Jaboticabal: Funep. 1992, 189p.

Kocabas, A.M.; Gatlin, D.M. Dietary vitamin E requirement of hybrid striped bass (*Morone chrysops* female  $\times$  *M. saxatilis* male), *Aquaculture Nutrition*, v. 5, n.1, p. 3-7. 1999.

- Maia, E. L.; Rodriguez-Amaya, D.; Fraco, M. R. B. Fatty acids of the total, neutral, and phospholipids of the Brazilian freshwater fish *Prochilodus scrofa*. *Jl Food Composition and Analysis*, v.7, p.240-251. 1994.
- Matty, A.J. Nutricion and aquaculture, Outlook on Agriculture, v. 14, n. 1, p.14 – 20. 1985.
- Murray, T.; Andrews, J. W. Interactions of dietary  $\alpha$ -tocopherol, oxidized menhaden oil and ethoxyquin on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Journal of Nutrition* v.104 p. 1416-1431. 1994.
- NUTRIENT requirement of Fish 2 ed. Washington D.C. National Academy Press, 114p. 1993.
- Noguchi, T. et al. Mode of action of selenium and vitamin E in prevention of exudative diathesis in chicks. *J. Nutr. Bethesda*, v.103, p.1502-1511. 1973.
- Pearce, J.; Harris, J.E.; Davies, S.J. The effect of vitamin E on the serum complement activity of the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) *Aquaculture Nutrition*, 9: 337:340. 2003.
- Paul, B.N.; Sarkar, S.N.; Mohanty, S. Dietary vitamin E requirement of mrigal, *Cirrhinus mrigala* fry. *Aquaculture*. V.242 p. 529–536.2004).
- Rostagno, H.S., *Composição de alimentos e exigência nutricional de aves e suínos* (Tabela Brasileira). Viçosa-MG: UFV, Impr. Univ.2000, 141p.
- Ruff, N., Fitzgerald, R. D. Cross, T. F., Hamre, K. , Kerry, J. P. The effect of dietary vitamin E and C level on market-size turbot (*Scophthalmus maximus*) fillet quality. *Aquaculture nutrition*, 9: 91-103. 2003.
- Sampaio, F. G.; Kleemann, G. K.; Sá, M. V. C.; Pereira, A.S.; Barros, M. M.; Pezzato, L. E. Níveis de vitamina E e de selênio para pós-larvas de *Macrobrachium mazonicum*, *Acta Scientiarum.*, v. 26, n. 1, p. 129-135. 2004.
- Sas User's guide: version 6.0 4<sup>o</sup> edition, North Caroline, SAS, institute, INC, 1997, 1686 pg.
- Shearer, K.D. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. *Aquaculture*, v. 119, p. 63-88. 1994.
- STQ. Setor de Tecnologia Química. Metilação de óleos e gorduras. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), Belo Horizonte, 1998. 2p.
- Suárez-Mahecha, H.; Francisco, A, Beirão, L. H.; Block, J. M.; Saccol, A.; Pardo-Carrasco, S. Importância de Ácidos Graxos Poliinsaturados Presentes em Peixes de Cultivo e de Ambiente Natural Para a Nutrição Humana. *Boletim do Instituto de Pesca*, v.28, n.1. p.101 – 110. 2002.
- Tappel, A.L., Will antioxidant nutrients slow aging processes? *Geriatrics*, 23: 97-105. 1968.
- Tocher, D., G.; Mourente, A.; Van Dereecken, J.; Evjemo, E.; Diaz, J. G.; Bell, I.; Geurden, P.; Lavens, Y. Effects of dietary vitamin E on antioxidant defence mechanisms of juvenile turbot *Scophthalmus maximus* L., halibut *Hippoglossus hippoglossus* L. and sea bream *Sparus aurata* L. *Aquaculture Nutrition* 8:195–207. 2002.
- Thakur A. I.; Srivastava, U.S, Vitamin-E Metabolism and its application, *Nutrition Research*, V.16, n10, p. 1767-1809. 1996.
- Watanabe T, Takashima, F. Effect of  $\alpha$ -tocopherol deficiency on carp. VI. Deficiency symptoms and changes of fatty acid and triglyceride distributions in adults carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 43: 819-830. 1977.
- Wilson, R.P., Bowser, P.R., Poe, W.E. Dietary vitamin E requirement of fingerling channel catfish. *J. Nutr.* v.114. p.2053– 2058. 1984.
- Wing-Keong Ng, Wang, Y, Ketchimenin, P, Yuen, K. Replacement of dietary fish oil with palm fatty acid distillate elevates tocopherol and tocotrienol concentrations and increases oxidative stability in the muscle of African catfish, *Clarias gariepinus* *Aquaculture*. 233: 423–437. 2004.

Suplementação de Vitaminas C no desempenho de tilápia do Nilo (*Oreochromis Niloticus*)

## 5.1. INTRODUÇÃO

De todas as vitaminas dadas aos peixes, a vitamina C (ácido ascórbico) tem sido amplamente estudada em dietas de peixes. Isso porque é uma vitamina que possui papel importante no metabolismo animal por possuir propriedades antioxidantes e farmacológicas, usada em infecções e doenças (Matty, 1985, Merchie et al., 1997, Toyama et al., 1999, Miranda et al., 2002).

A vitamina C é essencial para a maioria das espécies de peixes que necessitam desse nutriente na dieta, por não sintetizarem, devido à ausência da enzima gulonolactona oxidase que transforma glucose em ácido ascórbico (Rotta, 2003). A vitamina C atua no organismo como co-fator para diversas reações, entre elas: a hidroxilação da prolina na síntese de colágeno (Lee e Bai, 1998; Rotta, 2003).

A qualidade dos alimentos e das rações fornecidas aos peixes pode influenciar o crescimento e a composição corporal. São poucos os trabalhos que mostram a composição dos depósitos energéticos de peixes alimentados com diferentes alimentos e suplementação vitamínica. (Cyrino et al., 2000). Entretanto, o estado fisiológico dos peixes e a salinidade da água e a interação com outros nutrientes podem alterar as necessidades nutricionais e afetar sua digestão, sua absorção e sua utilização metabólica (Pezzato, 1999).

Uma das formas de armazenamento de energia consumida como alimentos pelo peixe é o glicogênio. O glicogênio é encontrado em grande quantidade nos tecidos do fígado e do músculo dos peixes. Embora o tecido muscular de peixes carnívoros, como a truta arco íris, possa concentrar cerca de 6% a mais de glicogênio que o fígado, as quantidades totais de glicogênio muscular ou hepático podem ser

consideradas iguais (Cyrino et al., 2000, Navarro et al., 2006).

Além disso, poucos trabalhos têm feito as exigências nutricionais e desempenho produtivo com reservas energéticas corporais. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a suplementação de vitamina C no desempenho de tilápias revertidas (*Oreochromis niloticus*).

## 5.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ranário experimental do Departamento de Biologia Animal – UFV - no período de 23/01/2005 a 23/03/2005, totalizando 60 dias.

Foram utilizados 400 tilápias revertidas (*Oreochromis niloticus*), provenientes de uma empresa que produz alevinos de qualidade, com peso e comprimento inicial de  $1,88 \pm 0,88$  g e  $8,39 \pm 0,40$  cm respectivamente. As pós-larvas foram distribuídas em 20 aquários com capacidade de 1000L renovação de água constante 7,5 ml/minuto O experimento foi montado segundo um delineamento feito inteiramente ao acaso com cinco tratamentos de suplementação de vitamina C (0, 50, 100, 150 e 200 mg/kg de vitamina C como monofosfato de ácido ascórbico L) em uma ração isoproteica de 36 % de PB e isocalórica 3600 kcal de ED/kg com quatro repetições. A fase de adaptação foi de cinco dias.

As dietas experimentais foram peletizadas e a oferta de ração foi de 5% do peso vivo, sendo ajustada a cada 15 dias. Foram realizadas pescas com rede de malha de 3 cm entre nós, sendo capturado 15% dos animais. As biometrias foram realizadas com auxílio de paquímetro e balança de precisão. Os peixes foram alimentados três vezes ao dia (8:00; 13:00; 18:00 horas). Os aquários foram sifonados, diariamente, para retirar sobras de ração e fezes. O fotoperíodo foi de 12 horas. A averiguação da temperatura da água foi realizada diariamente nos horários de 7 horas e 17 horas, enquanto o pH, oxigênio dissolvido e a amônia, foram averiguados a cada 7 dias.

Tabela 1 - Composições percentuais, químicas e calculadas das dietas experimentais.

| Ingredientes (%)  | Dietas           |       |       |       |       |
|---|------------------|-------|-------|-------|-------|
|   | Vitamina C mg/Kg |       |       |       |       |
|   | 0                | 50    | 100   | 150   | 200   |
| Farelo de soja  | 21,50            | 21,50 | 21,50 | 21,50 | 21,50 |
| Glúten de milho   | 30,00            | 30,00 | 30,00 | 30,00 | 30,00 |
| Milho   | 28,50            | 28,50 | 28,50 | 28,50 | 28,50 |
| Farinha de peixe  | 9,00             | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00  |
| Oleo de soja  | 7,60             | 7,60  | 7,60  | 7,60  | 7,60  |
| Fosfato Bicalcio  | 1,37             | 1,37  | 1,37  | 1,37  | 1,37  |
| Calcário  | 0,51             | 0,51  | 0,51  | 0,51  | 0,51  |
| Sal   | 0,40             | 0,40  | 0,40  | 0,40  | 0,40  |
| Premix vitamínico e mineral isento de ácido L-ascórbico | 0,60             | 0,60  | 0,60  | 0,60  | 0,60  |
| Metionina   | 0,34             | 0,34  | 0,34  | 0,34  | 0,34  |
| Lisina  | 0,15             | 0,15  | 0,15  | 0,15  | 0,15  |
| BHT (Antioxidante)                                      | 0,02             | 0,02  | 0,02  | 0,02  | 0,02  |
| Vitamina C mg/kg  | 0                | 50    | 100   | 150   | 200   |
| Níveis Nutricionais                                     |                  |       |       |       |       |
| Proteína bruta % <sup>1</sup>                           | 36               | 36    | 36    | 36    | 36    |
| Energia Digestível <sup>2</sup> , kcal/Kg               | 3600             | 3600  | 3600  | 3600  | 3600  |
| Fibra Bruta %   | 2,30             | 2,30  | 2,30  | 2,30  | 2,30  |
| Lisina %  | 1,50             | 1,50  | 1,50  | 1,50  | 1,50  |
| Metionina + Cistina %                                   | 1,11             | 1,11  | 1,11  | 1,11  | 1,11  |
| Treonina %  | 1,35             | 1,35  | 1,35  | 1,35  | 1,35  |
| Triptófano % <sup>2</sup>                               | 0,29             | 0,29  | 0,29  | 0,29  | 0,29  |
| Cálcio %  | 1,04             | 1,04  | 1,04  | 1,04  | 1,04  |
| Fósforo total % <sup>2</sup>                            | 0,80             | 0,80  | 0,80  | 0,80  | 0,80  |
| Relação ED: PB  | 10               | 10    | 10    | 10    | 10    |

<sup>1</sup> Com base nas análises de laboratório LNA/DZO

<sup>2</sup> Baseados nos valores propostos pelo Nutrient .... (1993) e por Rostagno (2000)

<sup>3</sup> Premix vitamínico comercial (5 kg/ton), com níveis de garantia por quilograma de produto: Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D<sub>3</sub>, 200.000 UI; Vit K<sub>3</sub>, 2.400 mg; Vit B<sub>1</sub>, 4.800 mg; Vit B<sub>2</sub>, 4.800 mg; Vit B<sub>6</sub>, 4.000 mg; Vit B<sub>12</sub>, 4.800 mg; ác. Fólico, 1.200 mg; pantotenato Ca, 12.000mg; biotina, 48 mg; cloreto de colina, 108.000 mg; niacina, 24.000 mg; e premix mineral comercial (1 kg/ton), com níveis de garantia por quilograma do produto: Fe, 50.000 mg; Cu, 3.000 mg; 20.000 mg; Mn, 20.000 mg; Zn, 3.000 mg; I, 100 mg; Co, 10 mg; Se, 100 mg.

No final do experimento, depois de jejum de 24 horas, os animais foram insensibilizados em gelo e posteriormente abatidos. Depois do abate, eles foram eviscerados. Para realizar as análises bromatológicas, as carcaças foram secas em estufa com ventilação forçada a 55°C por 48 h. Após a secagem, passaram por uma moagem em moinho de bola, até formar uma granulometria homogênea. No início do experimento, cinquenta peixes foram abtidos para posterior análise de carcaça. Depois do abate, as carcaças foram pesadas em balança de precisão 0,001g com o objetivo de analisar e determinar a composição inicial da carcaça em teor de água, proteína e extrato etéreo.

Para determinação do glicogênio hepático e do músculo da linha dorsal, 10 peixes de cada tratamento dos estoques finais, mantidos em jejum, foram anestesiados e dissecados para retirada dos fígados e músculos. Esses tecidos foram colocados em tubos de Ependorff (1,5mL), congelados imediatamente por imersão em nitrogênio líquido e armazenados em congelador (-80°C) para posterior determinação da quantidade de glicogênio tecidual. Foram coletadas 0,5g de cada tecido e colocados em um tubo contendo KOH a 30% para determinação da concentração de glicogênio, conforme o método da antrona descrito por Carrol et al. (1956).

As análises dos ingredientes utilizados nas dietas e das amostras dos peixes foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia (LNA/DZO) da Foram analisados os parâmetros nutricionais de peso médio final (g) (PMF), ganho de peso (GP) ganho de peso diário (GPD), comprimento total (cm) (CT), comprimento padrão (CP), taxa de eficiência protéica (TEP), taxa de sobrevivência (TS).

Ganho de peso dos peixes (GP) foi calculado pela diferença dos pesos médios da parcela final e inicial

GP = peso final (g) - peso inicial (g)

Conversão alimentar aparente

CAA = alimento ingerido (g)/ GP (g)

Taxa de eficiência protéica

TEP = GP(g)/ proteína ingerida (g)

Foram analisados a composição química da carcaça (extrato etéreo e proteína), a porcentagem de proteína no ganho de peso (%PBG), a porcentagem de gordura no ganho de peso (%GGP), o índice hepatossomático (IHS), o índice viscerossomático (IVS).

Porcentagem de proteína no ganho de peso

%PBG = Proteína corporal final (g) – proteína corporal inicial (g)/ganho de peso (g)

Porcentagem de gordura no ganho de peso

% GGP = gordura corporal final (g) – gordura corporal inicial (g)/ganho de peso (g)

Índice viscerossomático (IVS)

IVS = PV/ PC x 100

PC = peso corporal

PV = peso da víscera

Índice hepatossomático (IHS),

IHS = PF/ PC x 100

PC = peso corporal

PF = peso do fígado

A taxa de crescimento específico foi determinada pela fórmula  $TCE = \frac{(\ln) \text{ peso total final} - (\ln) \text{ peso total inicial}}{\text{tempo de experimento}}$  dividido pelo tempo de experimento. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa SAS. Os efeitos da suplementação de vitamina C foram analisados

Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG - conforme procedimentos descritos por AOAC (1995).

aplicando o teste de Duncan com 5% de probabilidade como teste de médias. Também, foram utilizados modelos de regressão linear, quadrática, com base na significância dos coeficientes de regressão aplicando teste, no coeficiente de determinação, na soma de quadrado dos desvios e nos fenômenos em estudo.

### 5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Valores médios obtidos de temperatura foi de  $28,23 \pm 0,63$ ;  $7,25 \pm 0,58$  para pH;  $5,23 \pm 0,85$  mg L-1 para oxigênio dissolvido, e permaneceram dentro da condições ótimas para o crescimento da espécie de acordo (Castagnolli, 1992).

Os resultados de peso médio final (g) (PMF), ganho de peso (GP) ganho de peso diário (GPD), comprimento total (cm) (CT), comprimento padrão (CP), taxa de eficiência protéica (TEP), taxa de sobrevivência (TS) são apresentados na Tabela 2.

Observou-se efeito significativo ( $p < 0,05$ ) no peso final, ganho de peso e ganho de peso diário para tilápia revertida alimentada com 50, 100 e 200 mg de vitamina C por kg de ração (Tabela 2). Esses resultados sugerem que a vitamina C age na formação do colágeno melhorando assim o desempenho zootécnico. Segundo Rotta, (2003), o ácido ascórbico influencia diretamente o crescimento dos peixes, pois tem função importante na formação do colágeno, que é o principal componente do esqueleto. Entretanto, outros estudos como o de Mello et al. (1999) não observaram diferenças significativas no ganho de peso e na taxa de sobrevivência de alevinos de piauçu para suplementação de vitamina C, de 50 mg a 850 mg/kg. Mesmo resultado foi relatado por Almeida, (2003) não observou diferença significativa no desempenho de pacu alimentado com suplementação de vitamina C.

Tabela 2 - Peso final (g) (PF), ganho de peso (GP) ganho de peso diário (GPD), comprimento total (cm) (CT), comprimento padrão (CP), taxa de eficiência protéica (TEP), taxa de sobrevivência (TS) de alevinos de tilápia alimentados com dietas com suplementação de vitamina C na ração.

|         | Vitamina C mg/kg |                |              |                |              | C.V.  |
|---------|------------------|----------------|--------------|----------------|--------------|-------|
|         | 0                | 50             | 100          | 150            | 200          |       |
| PMF (g) | 51,30±11,9c      | 56,81±11,62 ab | 58,09±11,27a | 53,49 ±11,53bc | 57,5±11,21ab | 20,79 |
| GP (g)  | 49,62±11,99c     | 55,1 ±11,62ab  | 56,38±11,26a | 51,78 ±11,54bc | 55,8±11,21ab | 21,44 |
| GPD     | 0,51±0,12c       | 0,56±0,12ab    | 0,58±0,11a   | 0,53±0,11bc    | 0,57±0,11ab  | 21,47 |
| CT      | 13,95±0,98b      | 14,36±1,0a     | 14,39±0,86a  | 14,2±1,0ab     | 14,36±1,0a   | 6,98  |
| CP      | 10,41±0,82b      | 10,82±0,76a    | 10,84±0,67a  | 10,65±0,79ab   | 10,94±0,74a  | 7,09  |
| TEP     | 1,37±0,33c       | 1,53±0,32bc    | 1,56±0,31b   | 1,80±0,29a     | 1,55±0,31bc  | 29,29 |
| TS*     | 90,0± 1,41d      | 98,33±0,47a    | 95,00±0,70b  | 98,33±0,47a    | 96,67±0,23c  | 80,00 |

Letras distintas indicam na mesma linha diferença significativa ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Duncan.

Valores em média ± erro padrão - C.V = coeficiente de variação

\*Efeito quadrático

TS -  $Y = 91,990429 + 0,095683x - 0,000362x^2$   $R^2 = 60\%$

A suplementação dietária de ácido ascórbico implica, também, no incremento de ganho de peso, de melhor taxa de conversão alimentar e de maiores taxas de sobrevivência, como relatado com *Clarias gariepinus* e *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (híbridos de tilápia) (Shiau e Hsu, 1999; Adham et al., 2000). Em alevinos de piauçu, a suplementação de vitamina C, com doses entre 50 e 850 mg/kg de ração, não apresentou influência significativa no ganho de peso e na taxa de sobrevivência (Mello et al., 1999). No estudo de Toyama (1999) com suplementação de vitamina C para tilápia na reversão sexual, encontrou-se melhor desempenho para valores de 859,5 mg e 765,0 mg de vitamina C/kg da dieta, respectivamente para ganho de peso e de comprimento.

O aumento da suplementação de vitamina C influenciou significativamente ( $P < 0,05$ ) o comprimento total e comprimento padrão dos peixes alimentados com 50 mg, 100 mg e 200 mg de vitamina C por kg de ração (tabela 2). Já Wang et al. (2003), trabalhando com (*Oplegnathus fasciatus*), com seis níveis de vitamina C: 0, 60, 120, 240, 480 e 2000 mg L-ácido ascórbico (AA) por kg de dieta, observaram que o nível de 118 mg/ kg de dieta obteve mais crescimento.

Verificou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) na taxa de eficiência protéica com suplementação de 150 mg/kg de vitamina C. Com base nos dados obtidos neste estudo, pode-se inferir que a suplementação de 150 mg/kg de vitamina C na ração estaria mais ajustada às exigências dos animais, proporcionando maior eficiência na

utilização da proteína. A taxa de sobrevivência do presente estudo, aumentou de forma quadrática até a suplementação de 132 mg de vitamina C por kg de ração (tabela 2). Entretanto, Mello et al. (1999) não observou influência da vitamina C na taxa de sobrevivência de alevinos de piauçu. Para Rotta, (2003) o ácido ascórbico é importante na manutenção do tecido conectivo normal e na cicatrização, em que o tecido conectivo é o primeiro a proliferar, atuando, portanto, na síntese protéica.

Os resultados de matéria seca (MS), de proteína bruta (PB%), de extrato etéreo (EE%), de porcentagem de proteína no ganho de peso (PBG%), de taxa de gordura no ganho de peso (GGP%), de índice viscerossomático (IVS), de índice hepatossomático (IHS) de alevinos de tilápia alimentados com dietas com suplementação de vitamina C na ração são apresentados na Tabela 3.

A suplementação de vitamina C não influenciou ( $p > 0,05$ ) a porcentagem de MS na carcaça (tabela 3). No entanto, houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) do tratamento com 0, 50, 200 mg/kg de vitamina C para PB da carcaça em relação a outros tratamentos, resultados também observados para porcentagem de proteína no ganho de peso (tabela 3). Esse efeito significativo da porcentagem de proteína pode ser explicado pela função da vitamina C de participar da síntese de colágeno. Não foi observada diferença significativa ( $p > 0,05$ ) dos tratamentos para extrato etéreo, porcentagem de gordura no ganho de peso, no entanto a

porcentagem de extrato etéreo diminuiu com aumento da suplementação de vitamina C, provavelmente devido à função da vitamina C de participar da biossíntese de carnitina como

relatado por Rotta (2003). Não foi observada diferença significativa para índice viscerossomático e índice hepatossomático (tabela 3).

Tabela 3 - Matéria seca (MS), proteína bruta (PB%), extrato etéreo (EE%) porcentagem de proteína no ganho de peso (%PBG), porcentagem de gordura no ganho de peso (%GGP), índice viscerossomático (IVS), índice hepatossomático (IHS) de alevinos de tilápia alimentados com dietas com suplementação de vitamina C na ração.

|       | Vitamina C mg/kg |             |              |             |              | C.V.  |
|-------|------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------|
|       | 0                | 50          | 100          | 150         | 200          |       |
| MS%   | 26,18±0,28       | 25,79±0,14  | 25,57±0,49   | 25,81±1,18  | 25,92±3,21   | 2,47  |
| PB%   | 57,02±1,09ab     | 59,07±0,81a | 56,77±1,62ab | 55,96±2,41b | 56,26±1,43ab | 2,69  |
| EE%   | 20,75±2,0        | 21,06±4,2   | 20,01±2,71   | 19,47±0,86  | 19,17±1,82   | 12,57 |
| PBGP% | 55,73±0,96ab     | 57,92±0,77a | 55,59±1,67ab | 54,72±2,32b | 55,12±1,40ab | 2,69  |
| GGP%  | 19,47±2,0        | 19,91±4,28  | 18,89±2,71   | 18,24±0,86  | 18,04±1,82   | 12,57 |
| IVS   | 10,34±1,66       | 10,70±0,99  | 10,30±2,02   | 10,34±1,31  | 10,57±1,79   | 20,80 |
| IHS   | 1,68±0,72        | 1,65±0,73   | 1,70±0,78    | 1,46±0,69   | 1,51±1,45    | 50,44 |

Letras distintas indicam na mesma linha diferença significativa ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Duncan. Valores em média ± erro padrão - C.V = coeficiente de variação

Os resultados da concentração de glicogênio do fígado e concentração de glicogênio do músculo

de alevinos de tilápia alimentados com dietas com suplementação de vitamina C na ração são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Concentração de glicogênio do fígado (mg de glicogênio/100 mg de fígado), concentração de glicogênio do músculo (mg de glicogênio/100 mg de músculo) de alevinos de tilápia alimentados com dietas com suplementação de vitamina C na ração.

|         | Vitamina C mg/kg |             |            |             |             | C.V.  |
|---------|------------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------|
|         | 0                | 50          | 100        | 150         | 200         |       |
| Fígado  | 8,25±0,05        | 7,11±0,08   | 8,31±0,07  | 5,04±0,03   | 5,70±0,04   | 14,06 |
| Músculo | 0,048±0,02b      | 0,11±0,01ab | 0,13±0,01a | 0,05±0,03ab | 0,10±0,01ab | 4,39  |

Letras distintas indicam na mesma linha diferença significativa ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Duncan. Valores em média ± erro padrão - C.V = coeficiente de variação

A suplementação de vitamina C influenciou significativamente ( $p < 0,05$ ) a concentração de glicogênio do músculo sendo que a maior concentração com a dosagem de 100 mg/kg de vitamina C (tabela 4). Os resultados observados, no presente experimento, talvez possam ser explicados pela constatação de Rotta (2003) em que a vitamina C atua na formação do colágeno estimulando a síntese protéica, provavelmente aumentando a reserva de glicogênio.

Alterações da concentração de glicogênio têm sido relacionadas em diferentes tecidos com o modo de vida do animal, estágio de desenvolvimento gonadal, estação do ano e sexo (Oliveira et al., 1997). A maior quantidade no músculo vermelho, quando comparado ao músculo branco, parece ser resultante da atividade de cada um deles; o músculo vermelho responde pelo esforço da natação em condições normais perdendo menos energia, enquanto o

músculo branco responsável pela atividade mais vigorosa, tais como captura de presas apresenta maior desgaste energético (Herpher, 1988, Oliveira et al., 1997)

Não foi observada diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para glicogênio do fígado (tabela 4). Alguns autores observaram que a suplementação de vitamina C em peixes reduz a glicemia em situações de stress (Henrique et al., 1998 e Okamura et al., 2007).

#### 5.4. CONCLUSÃO

A suplementação com vitamina C (monofosfato de ácido ascórbico L) é indispensável em dietas para tilápias revertidas, e a dose mínima recomendada na ração é de 50 mg/kg. A suplementação de vitamina C na dieta da tilápia proporciona melhor ganho de peso e taxa de sobrevivência.

## 5.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adham, K. G.; Hashem, H. O.; Abu-Shabana, M. B.; Kamel, A. H. Vitamin C deficiency in the catfish *Clarias gariepinus*. *Aquaculture Nutrition*, v. 6, p. 129-139. 2000.
- Almeida, G.S. C. Suplementação dietética de vitamina C, desenvolvimento e sanidade do Pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887) 2003. 47 p. (Dissertação de mestrado), Piracicaba.
- Aoac (Official Methods of Analysis of AOAC International). P. Cunniff (ed) 16th ed. Arlington. 1995, vol. I e II.
- Carrol, N.V.; Longley, W.; Roe, J.H. The determination of glycogen in liver and muscle by use of anthrone reagent. *J. Biol. Chem.*, 220: 583-593. 1956.
- Castagnolli N. Piscicultura de água doce. Jaboticabal: Funep. 1992, 189p.
- Cyrino J.E.P., L. Portz Y R. Martino. Retenção de proteína e energia em juvenis de "Black Bass" *Micropterus salmoides*. *Scientia Agricola*, 57(4): 609-616. 2000.
- Henrique, M.M.F.; Gomes, A.E.F.; Gouillou-Coustans, M. F. Influence of supplementation of practical diets with vitamin C on growth and response to hypoxic stress of seabream, *Sparus aurata*. *Aquaculture*, v.161, p.415-426. 1998.
- Hepher, B. 1988. Nutrition of pond fisher. Cambridge: Cambridge University, 387p.
- Lee, K-J., Bai, S.C. 1998. Different dietary levels of L-ascorbic acid affect growth and vitamin E status of juvenile Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*, *Aquaculture* 161 475-477.
- Matty, A.J. Nutrition and aquaculture, *Outlook on Agriculture*, vol. 14, n 1, pag 14 – 20. 1985.
- Mello, R. F.; Moura, M. A. M.; Vieira, I; Cyrino, J E P. Suplementação da dieta de alevinos de piauçu (*Ieporinus obtusidens*) com vitamina C. *Scientia Agricola*, v.56, n.4, p.1223-1231. 1999.
- Merchie, G., Lavens, P., Verreth, J., Ollevier, F., Nelis, H., De Leenheer, A., Storch, V., Sorgeloos, P. The effect of supplemental ascorbic acid in enriched live food for *Clarias gariepinus* larvae at startfeeding. *Aquaculture*, 151, pg 245 – 258. 1997.
- Miranda, E. C., Pinto, L. G. Q., Furuya, W. M., Pezzato, L. E., Barros, M.M., Pezzato, A.C., 2002. Ganho de peso e taxa de sobrevivência de pós larvas de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de vitamina C, In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, Goiânia – GO, Anais.... p. 121.
- NUTRIENT requirement of Fish 2 ed. Washington D.C. National Academy Press, 114p. 1993.
- Navarro, R. D., Silva, R. F; Ribeiro Filho O. P, Calado, L. L. Rezende, F. P., Silva, C. S. Santos L.C., Comparação morfométrica e índices somáticos de machos e fêmeas do lambari prata (*Astyanax scabripinnis* Jereynyns, 1842) em diferente sistema de cultivo. *Zootecnia Tropical*, V. 24, n 2, 165-176. 2006.
- Okamura, D.; Araújo, F.G.; Logato, P.V.R.; Murgas, L.D.S.; Freitas, R.T.F.; Araújo, R.V. Efeito da vitamina C sobre o hematócrito e glicemia de alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) em transporte simulado. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* vol.59 n.4. Pag.883-888. 2007.
- Oliveira, E.G.; Urbinati, E. C.; Souza, V.L.; Roviero, D.P. Concentrações de glicogênio em diferentes tecidos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*, H.1887) *Boletim do Instituto de pesca*, v.24, p. 89-95. 1997.
- Pezzato, L.E.; Alimentação de peixes -relação custo e benefício, Anais da XXXVI REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, *Anais...*Porto alegre p. 109 – 118. 1999.
- Rostagno, H.S., *Composição de alimentos e exigência nutricional de aves e suínos* (Tabela Brasileira). Viçosa-MG: UFV, Impr. Univ 2000, 141p.

Rotta, M. A, *Utilização do ácido ascórbico (vitamina C) pelos peixes.* - Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003.54 p.

Sas User's guide: version 6.0 4<sup>0</sup> edition, North Caroline, SAS, institute, INC, 1997, 1686 pg.

Shiau, S. Y.; Hsu, T. S. Quantification of vitamin C requirement for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*, with L-ascorbyl-2- monophosphate- na and L-ascorbyl-2-monophosphate-Mg. *Aquaculture*, Baton Rouge, v. 175, p. 317-326, 1999.

Toyama, G.N., Suplementação de vitamina C na reversão sexual de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), Anais do III SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, *Anais.....* Campinas.. pag 101 a 110. 1999.

Wang, X.; Kang-Woong, K.; Sungchul C.; Bai Min-Do, H.; Byong-Youl, C. Effects of the different levels of dietary vitamin C on growth and tissue ascorbic acid changes in parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*), *Aquaculture*, 215, pg. 203 - 211. 2003.