

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**CRESCIMENTO E PERFIL OXIDATIVO DE JUVENIS DE *Rhamdia
quelen* ALIMENTADOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE VITAMINA E
(α -TOCOFEROL) NA DIETA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

JULIANO UCZAY

SANTA MARIA, RS, BRASIL

2013

**CRESCIMENTO E PERFIL OXIDATIVO DE JUVENIS DE *Rhamdia
quelen* ALIMENTADOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE VITAMINA E
(α -TOCOFEROL) NA DIETA**

Juliano Uczay

Dissertação apresentada ao curso de mestrado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal na Subárea de Fisiologia de peixes da Universidade Federal de Santa Maria como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Zootecnia.**

Orientador: Bernardo Baldisserotto

**Santa Maria, RS, Brasil
2013**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Uczay, Juliano

CRESCIMENTO E PERFIL OXIDATIVO DE JUVENIS DE Rhamdia quelen ALIMENTADOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE VITAMINA E (ALFA-TOCOFEROL) NA DIETA / Juliano Uczay.-2013.

51 p.; 30cm

Orientador: Bernardo Baldisserotto

Coorientador: Rafael Lazzari

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, RS, 2013

1. Dano oxidativo. 2. Nutrição 3. Espécies reativas de Oxigênio 4. Hematologia I. Baldisserotto, Bernardo II. Lazzari, Rafael III. Título.

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação Em Zootecnia

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de
Mestrado.

**CRESCIMENTO E PERFIL OXIDATIVO DE JUVENIS DE *Rhamdia*
quelen ALIMENTADOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE VITAMINA E
(α -TOCOFEROL) NA DIETA**

Elaborada por
Juliano Uczay

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

COMISSÃO EXAMINADORA:


Bernardo Baldisserotto, Dsc. (UFSM)
(Presidente/Orientador)


Ricardo Yuji Sado, Dsc. (UFTPR)


Ronaldo Lima de Lima, Dsc. (UFSM)

Santa Maria 04 de dezembro de 2013

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Bernardo Baldisserotto pela orientação e por confiar no trabalho de todos aqui no Campus de Palmeira das Missões, e mesmo com a distância de 230 km, sempre buscou auxiliar da melhor maneira possível.

Agradeço ao Prof. Rafael Lazzari pela co-orientação e por disponibilizar toda a estrutura do Laboratório de piscicultura ao PPGZ.

Aos professores João Radiünz Neto, Silvio T. da Costa, João Pedro Velho e ao Juliano Perottoni pelas contribuições e sugestões dadas na construção deste trabalho.

Aos colegas técnicos administrativos da UFSM-Campus de Palmeira das Missões por todo o apoio.

Aos amigos do Laboratório de Piscicultura da UFSM (campus Sede) em especial a Dirleise Pianesso, Patricia Mombach e Taida Adorian pelo auxílio nas análises.

Aos amigos do Laboratório de Fisiologia de peixes em especial a prof. Maria Amália Pavanato, a Etiane Sacco e, Tanise Pês que participaram ativamente do ensaio e das análises.

À professora Tatiana Emanuelli e a Mestranda Juliana Veit por suas contribuições.

Aos estagiários e grandes amigos Emerson Durigon, Juliano Henriques, Dariane Künz, Rômulo Rodrigues, Samuel Marasca, Jéssica Gonzatto e a prof. Nilce Peixoto, que dedicaram várias horas de seus preciosos finais de semana na condução do experimento.

Aos meus pais Sérgio Uczay e Diolizete Uczay que sempre me apoiaram.

À minha Irmã Mariana por ter me ajudado no decorrer do experimento.

A todos que não foram citados, mas que de alguma forma contribuíram neste trabalho minhas desculpas.

Aos peixes que deram sua curta vida existencial pelo bem da ciência.

*“Peixe não faz cardume sozinho”
(Adaptado da Filosofia campeira seberiense)*

RESUMO

Dissertação de mestrado
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade Federal de Santa Maria

CRESCIMENTO E PERFIL OXIDATIVO DE JUVENIS DE *Rhamdia quelen* ALIMENTADOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE VITAMINA E (α -TOCOFEROL) NA DIETA

AUTOR: JULIANO UCZAY

ORIENTADOR: BERNARDO BALDISSEROTTO

Data e local da defesa: Santa Maria 04 de dezembro de 2013

Os parâmetros de crescimento, bioquímicos, sanguíneos e de estresse oxidativo foram avaliados em juvenis de jundiás alimentados com diferentes níveis de vitamina E (0, 200, 300 e 400 mg kg⁻¹ na dieta) após 60 dias. Ao final do experimento, observaram-se melhoras nas variáveis de crescimento: comprimento total, padrão, taxa de crescimento específico e fator de condição, com a adição de vitamina E na ração. A contagem de eritrócitos foi maior nas dietas contendo vitamina E. O nível 400 mg kg⁻¹ de vitamina E, diminuiu o teor de triglicérides plasmáticos e aumentou a resistência dos eritrócitos. As doses de 300 e 400 mg kg⁻¹, reduziram o estresse oxidativo conforme os biomarcadores oxidativos, avaliados no encéfalo, fígado, brânquias e músculo: substâncias que reagem ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), hidroperóxidos lipídicos (LOOH), superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), glutational-S-transferase (GST) e o conteúdo dos grupos tíóis não proteicos (NPSH). Doses de vitamina E na dieta de juvenis de jundiás acima de 300 mg kg⁻¹ promovem melhoras nos parâmetros de crescimento, sanguíneos e do sistema antioxidante.

Palavras Chave: Dano oxidativo. Nutrição. Espécies reativas de Oxigênio, hematologia.

ABSTRACT

Animal Science Master thesis
Postgraduate Program in Animal Science
Universidade Federal de Santa Maria

GROWTH AND OXIDATIVE PROFILE OF *Rhamdia quelen* JUVENILES FED DIFFERENT LEVELS OF DIETARY VITAMIN E (α -tocopherol)

AUTHOR: JULIANO UCZAY

ADVISER: BERNARDO BALDISSEROTTO

Date and place of defense: Santa Maria, December, 4th, 2013

The growth parameters, biochemical, and blood oxidative stress were evaluated in juvenile jundiás fed different levels of vitamin E (0, 200, 300 and 400 mg kg⁻¹ in diet) after 60 days. At the end of the experiment, we observed improvements in growth variables: total length, standard, specific growth rate and condition factor, with the addition of vitamin E in the diet. The erythrocyte count was higher in diets containing vitamin E. The level of 400 mg kg⁻¹ of vitamin E, decreased plasma triglyceride content and increased resistance of erythrocytes. Doses of 300 and 400 mg kg⁻¹, reduced oxidative stress as oxidative biomarkers evaluated in the brain, liver, gills and muscle substances which thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), lipid hydroperoxides (LOOH), superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione-S- transferase (GST) and the content of non-protein thiol groups (NPSH). Doses of vitamin E in the diet of juvenile catfishes above 300 mg kg⁻¹ promotes improvements in growth parameters , and blood antioxidant system .

Keywords: Oxidative stress. Nutrition. Reactive oxygen species. Hematology.

LISTA DE TABELAS

Revisão Bibliográfica

Tabela 1 - Exigência de vitamina E na ração para algumas espécies de peixes cultivados.... 15

Artigo

Tabela 1 - Composição da dieta utilizada no experimento.....	40
Tabela 2 - Parâmetros e índices de crescimento em jundiás (<i>Rhamdia quelen</i>) alimentados com diferentes níveis de vitamina E na dieta por 60 dias.	41
Tabela 3 - Composição centesimal do peixe inteiro e dos filés.....	42
Tabela 4 - Parâmetros sanguíneos e bioquímicos de jundiás alimentados com diferentes níveis de vitamina E.	43
Tabela 5 – Biomarcadores de estresse oxidativo de jundiás alimentados com diferentes níveis de vitamina E.	44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. ESTUDO BIBLIOGRÁFICO	11
2.1 Mercado de peixes	11
2.2 Jundiá (<i>Rhamdia quelen</i>)	11
2.3 Vitamina E e o estresse oxidativo	13
2.4 Vitamina E em peixes	14
3. OBJETIVOS	18
3.1. Objetivo Geral.....	18
3.2. Objetivos Específicos	18
4. ARTIGO.....	19
4.1 Introdução	19
4.2 Material e métodos.....	21
3.2 Resultados	26
3.1 Discussão	28
5. CONCLUSÕES GERAIS	46
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
7. ANEXOS	50

APRESENTAÇÃO

Esta dissertação está escrita da seguinte forma: primeiramente estão apresentados a **INTRODUÇÃO**, os **OBJETIVOS** e a **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**.

A seguir os resultados são apresentados na forma de **MANUSCRITO**. No final encontra-se o item **CONCLUSÕES GERAIS** sobre o estudo em questão.

1. INTRODUÇÃO

A produção aquícola tem aumentado a uma taxa de crescimento médio anual de 6,3%, passando de 34,6 milhões de toneladas em 2001 a 59,9 milhões de toneladas em 2010. Para o mesmo período a pesca de captura tem mantido um nível em torno de 90 milhões de toneladas (FAO, 2010). Em 2009, o consumo mundial anual de pescado *per capita* foi estimado em 18,4 kg, sendo que o peixe representou 16,5% da ingestão de proteína animal e 6,4% de todas as proteínas consumidas. Em escala mundial, o pescado proporciona a mais de 2900 milhões de pessoas quase 20% do aporte médio de proteína animal *per capita* (FAO, 2010).

Em termos de Brasil, no ano de 2010, a produção aquícola nacional apresentou um incremento de 15,3% em relação a 2009. Comparando-se a produção de 2010 com o montante produzido em 2008, este incremento fica ainda mais evidente, sendo equivalente a 31,2%. A maior parcela da produção aquícola é oriunda da aquicultura continental, na qual se destaca a piscicultura continental, que representou 82,3% da produção total nacional (MPA, 2010). Nos últimos anos houve um aumento na procura por espécies nativas de silurídeos e algumas outras espécies carnívoras, como é o caso dos jundiás, pintados, surubins, dourados e pirarucus. Apesar de alguns destes peixes apresentarem características como carne branca e saborosa, sem espinhos intramusculares (espinhas) aliadas a um porte avantajado, a inexistência de um pacote tecnológico de produção de juvenis destas espécies, aliado ao pouco conhecimento dos aspectos como a biologia, nutrição e manejo correto restringe a expansão do cultivo (ANDRADE; YASUI, 2003).

O jundiá (*Rhamdia quelen*) é uma espécie promissora, principalmente na região sul do Brasil, onde o clima limita o cultivo de muitas espécies. Pertencente à ordem dos Siluriformes, sua distribuição se dá desde a região sudeste do México até a região central da Argentina (BALDISSEROTTO; RADÜNZ-NETO; BARCELLOS, 2010). Dados do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA, 2010) mostram que a produção brasileira de jundiá oriunda da criação em cativeiro cresceu de 911 toneladas em 2008 para 1274,3 toneladas em 2010, o que representa um incremento de quase 40% no cultivo da espécie. Porém, para a espécie em questão ainda não há dados suficientes para o desenvolvimento de um pacote tecnológico envolvendo tabelas com exigências nutricionais, como por exemplo, vitaminas e minerais.

As vitaminas são compostos necessários para o crescimento, reprodução e manutenção da saúde em condições ideais. São classificadas como hidrossolúveis as vitaminas do complexo B e a vitamina C (ácido ascórbico). As vitaminas A, D, E e K são classificadas como lipossolúveis (NRC, 2011). A vitamina E (tocoferol) é conhecida pelo seu efeito antioxidante e como protetor de membranas biológicas. A presença desta vitamina tem proporcionado melhoras nos parâmetros de crescimento de algumas espécies como *Channa punctatus* (ABDEL-HAMEID; ABIDI; KHAN, 2012.), *Huso huso* (AMLASHI et al., 2011) e em híbrido de *Colossoma macropomum* X *Piaractus mesopotamicus* (GONÇALVES et al., 2010).

Em algumas espécies de peixes alimentadas com vitamina E, foram observados aumento no hematócrito e na contagem de eritrócitos (ABDEL-HAMEID; ABIDI; KHAN, 2012). Peixes alimentados com dietas contendo vitamina E apresentam, também, uma menor fragilidade eritrocitária (AMLASHI et al., 2011). Estes resultados nos parâmetros da série vermelha sanguínea, demonstram que a vitamina E atua prevenindo a anemia em peixes, devido a uma maior proteção do eritrócito, por conta de um aumento na estabilidade oxidativa das membranas dessas células (SANTOS; OBA, 2009; NRC, 2011). A ausência de níveis ideais de vitamina E em dietas para peixes pode reduzir o hematócrito, gerar distrofia muscular, degeneração de gorduras do fígado, anemia, hemólise eritrocitária, hemorragias e despigmentação (SANTOS; OBA, 2005; NRC, 2011).

Em filés a vitamina E reduz os níveis de lipoperoxidação (LPO) e diminui a formação de “off-flavors” (CHAIYAPECHARA et al., 2003). Filés de *Sparus macrocephalus* alimentados com vitamina E aumentaram a atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) e reduziram a LPO, mas não houve nenhum efeito sobre a enzima glutathione peroxidase (GPx) (ZANG et al., 2007). A diminuição da LPO é resultante do funcionamento do sistema de defesa antioxidante, e isto pode ser adquirido com a ingestão de níveis corretos de vitamina E (ABDEL-HAMEID; ABIDI; KHAN, 2012) ou outros compostos com a mesma propriedade como, por exemplo, a própolis (DENG et al., 2011), vitamina A (FONTAGNÉ et al., 2006) e extratos vegetais (ZHENG et al., 2009).

Assim, levando em consideração o contexto abordado, e de forma também a explorar o potencial do jundiá, visando um maior avanço na pesquisa de espécies nativas da região sul do Brasil, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inclusão de vitamina E (α -tocoferol) em dietas para juvenis de jundiás em parâmetros de crescimento, hematológicos e de estresse oxidativo.

2. ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

2.1. Mercado de peixes

Em 2010, a produção aquícola nacional foi de 479.399 t, representando um incremento de 15,3% em relação à produção de 2009. Comparando-se a produção atual com o montante produzido em 2008 (365.366 t), fica evidente o crescimento do setor no país, com um incremento de 31,2% na produção durante o triênio 2008-2010 (MPA, 2010).

As espécies mais criadas no Brasil são as carpas e as tilápias, tendo uma produção de 94.579,0 e 155.450,8 toneladas respectivamente (MPA, 2010). Ambas são espécies exóticas, e por serem amplamente estudadas em outros países, já possuem um pacote tecnológico que envolve o conhecimento de suas exigências nutricionais, técnicas de manejo e condições de qualidade da água ideais, com isso há uma maior facilidade da criação.

Porém, se tratando de espécies nativas, ainda há pouco conhecimento sobre os aspectos biológicos, nutricionais e fisiológicos, o que acaba dificultando a criação em sistemas de cultivo. Além disso, de maneira geral a tendência na criação de peixes é a intensificação do cultivo, com o uso cada vez maior de tecnologia e aumento da densidade de estocagem. Paralelo a isso, há também o aumento de doenças e parasitas que podem vir a infectar principalmente juvenis, que são mais suscetíveis a moléstias (TACON; FOSTER, 2003; CYRINO et al., 2010;).

Para tanto, estudos nas linhas de nutrição e de saúde de peixes nativos são considerados o ponto fundamental para o desenvolvimento da piscicultura nacional. Dados gerados com estes trabalhos proporcionam subsídios para a exploração de forma racional das espécies brasileiras, contribuindo assim para o fortalecimento desta atividade no país.

2.2. Jundiá (*Rhamdia quelen*)

O jundiá (*Rhamdia quelen*) é um peixe que apresenta grande aceitação pelo mercado consumidor devido à sua carne saborosa e ausência de espinhas intramusculares. Os adultos

desta espécie são onívoros no ambiente natural, tendo preferência por peixes, crustáceos, insetos, restos vegetais e detritos orgânicos (BALDISSEROTTO; RADÜNZ-NETO; BARCELLOS, 2010).

Alguns trabalhos sobre nutrição do jundiá foram feitos utilizando fontes alimentares tradicionais como farinhas de origem animal e farelo de soja e também com fontes alternativas como as leveduras (COLDEBELLA; RADÜNZ NETO, 2002; LAZZARI et al., 2008). A utilização de prébióticos, um deles derivado de flavonoide e outro de uma combinação de ácidos orgânicos e parede celular de levedura, adicionados na dieta para jundiá, mostraram não ter efeito sobre o ganho de peso, porém melhoraram a taxa de sobrevivência dos juvenis (HERNÁNDEZ et al., 2012). Há poucos trabalhos envolvendo produtos antioxidantes para jundiás, sendo que a maioria está relacionada com a adição destes compostos na água para o transporte (CUNHA et al., 2010; AZAMBUJA et al., 2011; VEECK et al., 2013). Em adição, na literatura consultada encontrou-se apenas um trabalho envolvendo a adição de vitaminas em dietas para o jundiá. Foi utilizada vitamina C nas doses de 148, 252, 580 e 1233 mg kg⁻¹, sendo que essas não influenciaram o crescimento, sobrevivência e grau de infestação por ictio (*Ichthyophthyrus multifiliis*) (BORBA et al., 2007).

2.3. Vitamina E e o estresse oxidativo

A vitamina E é um termo genérico utilizado para um grupo de moléculas lipossolúveis, os tocoferóis e tocotrienóis, que têm uma função importante na proteção dos organismos contra a LPO e que também podem ter outras funções biológicas específicas. Em peixes, como em outros vertebrados, o α -tocoferol (TOH) é preferencialmente retido no corpo em comparação com outros tocoferóis, provavelmente por causa da presença da proteína de transferência de α -tocoferol (TTP) no fígado. Esta proteína tem diferentes afinidades com os tocoferóis e os que possuem ligações fracas com a TTP são em maior parte excretados na bile (HAMRE, 2011). Além das funções de proteção do organismo contra a LPO, a vitamina E pode afetar o metabolismo lipídico, como por exemplo os processos de dessaturação e/ou alongamento dos ácidos graxos (MOURETE, 2007).

O oxigênio é bastante tóxico devido à sua natureza química, sendo um bom agente oxidante, que se reduz ao receber elétrons. Através de reduções parciais do oxigênio são formados intermediários reativos também conhecidos como espécies reativas de oxigênio (EROs) tais como o ânion superóxido (O_2^-), o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), o radical hidroxil (OH^-) e o oxigênio singlete (1O_2). Alguns desses intermediários são radicais livres, definidos por Halliwell; Gutteridge (1999), como sendo qualquer espécie química capaz de existir de forma independente, apresentando elétrons desemparelhados. Estes radicais são formados pela perda ou ganho de um elétron de um não-radical.

Altas concentrações das EROs devem ser evitadas pelo organismo, uma vez que a reatividade destes compostos traz consequências celulares deletérias. Esses compostos podem provocar a oxidação de biomoléculas como proteínas e lipídios, levando à lipoperoxidação (LPO), que ocasiona alterações na estrutura e permeabilidade da membrana celular; danos no DNA, ocasionando mutações; e o rompimento da homeostase celular (SIES, 1991). Quando há um desequilíbrio entre a concentração das EROs e a geração do sistema de defesa antioxidante, o quadro é reconhecido como estresse oxidativo, podendo levar a injúrias e até mesmo à morte celular (MARTÍNEZ-ALVARÉZ et al., 2005; PAVANATO; LLESUY, 2008).

O estresse oxidativo tem seus danos minimizados pelo sistema de defesa enzimático, representado principalmente pelas enzimas SOD, CAT, GPx e glutathione-redutase (GR) (BONNEFOY et al., 2002). Há ainda o sistema de defesa não enzimático representado pelas vitaminas (A, C e E), os compostos polifenólicos (como a própolis) e os compostos de baixo peso molecular (como os carotenoides). Eles atuam como varredores de radicais livres, quelantes de minerais e bloqueadores de EROs (SPADA; SILVA, 2004).

2.4. Vitamina E em peixes

Para algumas espécies de peixes a exigência de vitamina E já foi determinada e os trabalhos mais recentes são apresentados na Tabela 1. Maiores níveis de vitamina E (120, 165 e 216 mg kg⁻¹) conferiram uma menor fragilidade osmótica eritrocitária (PAUL et al., 2004). De uma forma geral em peixes, quando ocorre redução na ingestão de vitamina E, há redução

no hematócrito e aumento da fragilidade dos eritrócitos, com isto há perda da estabilidade das membranas devido à ação dos radicais livres sobre as mesmas (SANTOS; OBA, 2009).

Tabela 1 - Exigência de vitamina E para algumas espécies de peixes cultivados.

Espécie	Recomendação	Referência
Tilápia nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>)	110-140 mg kg ⁻¹	(NAVARRO et al., 2010)
Tilápia híbrida (<i>O. niloticus x O. aureus</i>)	60-67 mg kg ⁻¹	(SHIAU; HSU, 2002)
Bagre indiano (<i>Channa punctatus</i>)	140-169 mg kg ⁻¹	(ABDEL-HAMEID; ABIDI; KHAN, 2012)
Red drum (<i>Sciaenops ocellatus</i>)	31 mg kg ⁻¹	(PENG; GATLIN, 2009)
Mrigal (<i>Cirrhinus mrigala</i>)	99 mg kg ⁻¹	(PAUL et al., 2004)
Rohu (<i>Labeo rohita</i>)	131,91 mg kg ⁻¹	(SAU et al., 2004)
Garoupa (<i>Epinephelus malabaricus</i>)	104-115 mg kg ⁻¹	(LIM; SHIAU, 2005)
Tambacu (<i>Colossoma macropomum x Piaractus mesopotamicus</i>)	400 mg kg ⁻¹	(GONÇALVES et al., 2010)
Pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>)	150 mg kg ⁻¹	(SADO; BICUDO; CYRINO, 2013)

A adição de vitamina E até 31 mg kg⁻¹ em dietas para o red drum (*Sciaenops ocellatus*) promoveu uma redução nos níveis de LPO medida através das substâncias que reagem ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). Além disso, os peixes alimentados com uma dieta sem a adição de vitamina E, obtiveram menor índice de ácido ascórbico plasmático e apresentaram edema no coração (PENG; GATLIN, 2009).

Os níveis ótimos de vitamina E para o garoupa (*Epinephelus malabaricus*) variaram conforme o nível de lipídios, sendo 61–68 mg kg⁻¹ em dietas com 4% de lipídios e 104–115 mg kg⁻¹ em dietas com 9% de lipídios (LIN; SHIAU, 2005). Nestes níveis os peixes tiveram o melhor ganho de peso e diminuição da LPO medida através do TBARS. Esta técnica mede a quantidade de malondialdeído (composto presente em tecidos biológicos oxidados) e devido a sua facilidade de mensuração é comumente analisada em trabalhos envolvendo o uso de antioxidantes. Em trabalhos com inclusão de vitamina E em dietas para peixes verificou-se a redução da LPO para *Channa punctatus* (ABDEL-HAMEID; ABIDI; KHAN, 2012).

O teor de 400 mg kg⁻¹ de vitamina E favoreceu o peso final, comprimento padrão, ganho de peso e a conversão alimentar aparente de juvenis de tambacu, com maior aproveitamento da dieta e melhor rendimento produtivo dos peixes. Os autores não verificaram alterações na enzima glutathione peroxidase (GPx), concluindo que esta não é influenciada pela adição de vitamina E na dieta (GONÇALVES et al., 2010).

Para juvenis de tilápia nilótica infectados com a bactéria *Streptococcus iniae* a vitamina E proporcionou um bom crescimento e eficiência alimentar com a quantidade presente na dieta basal (23,1 mg kg⁻¹), sendo que esses parâmetros não foram influenciados em doses maiores (50 e 500 mg kg⁻¹). Porém, para aumentar a sobrevivência foi necessária a adição de 50 mg kg⁻¹ de vitamina E (LIM et al., 2010).

Além de benefícios no crescimento e no sistema de defesa antioxidante dos peixes, a vitamina E também proporciona melhoras em parâmetros sanguíneos e bioquímicos. Os níveis de triglicerídeos foram maiores em dietas com alta quantidade de óleo e sem adição de vitamina E para juvenis de *Pagrus major* (GAO et al., 2012). O aumento nos níveis de hemoglobina, hematócrito e do número de eritrócitos foi verificado no sangue de *Channa punctatus* quando alimentados com 140 mg kg⁻¹ da vitamina E na dieta (ABDEL-HAMEID; ABIDI; KHAN, 2012). Maior fragilidade eritrocitária é verificada em dietas sem a inclusão de vitamina E (ABDEL-HAMEID; ABIDI; KHAN, 2012), sendo que isto é decorrente de uma maior perda da estabilidade das membranas por conta da ação dos radicais livres sobre as mesmas (SANTOS; OBA, 2009).

A vitamina E também influencia na manutenção da estabilidade de filés de peixes durante o armazenamento dos mesmos. Em juvenis de truta arco-íris a vitamina E diminuiu a quantidade de malondialdeído dos filés, e também o “*off-flavor*” (CHAIYAPECHARA et al., 2003). A dieta suplementada com vitamina E não influenciou o desempenho de tilápia do Nilo, porém os autores recomendam uma dose entre 110 mg kg⁻¹ a 140 mg kg⁻¹ para uma melhora no perfil de ácidos graxos essenciais da carcaça (NAVARRO et al., 2010)

Percebe-se então a importância da inclusão de vitamina E em dietas para peixes, visando à manutenção da saúde e conseqüentemente favorecendo o crescimento dos mesmos. Porém, para que esta vitamina tenha a máxima eficiência, torna-se necessário verificar para cada espécie de peixe qual o nível de inclusão ideal na dieta, o que é a proposta deste trabalho para a espécie *Rhamdia quelen*.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Avaliar o efeito da inclusão de vitamina E (α -tocoferol) em dietas para juvenis de jundiá em parâmetros de crescimento, hematológicos e de estresse oxidativo.

3.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a inclusão de vitamina E na dieta de jundiás na fase de recria sobre os parâmetros de crescimento e bromatológicos.
- Verificar as alterações no balanço de óxido-redução ocasionadas pela alimentação dos jundiás com dieta contendo diferentes níveis de vitamina E.
- Observar se a inclusão de diferentes níveis de vitamina E em dietas para o jundiá causa alterações nos parâmetros hematológicos e bioquímicos.

4. ARTIGO

CRESCIMENTO E PERFIL OXIDATIVO DE JUVENIS DE *Rhamdia quelen* ALIMENTADOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE VITAMINA E (α -TOCOFEROL) NA DIETA

Juliano Uczay¹, Etiane M. H. Saccol², Tanise S. Pês², Emerson G. Durigon³, Rafael Lazzari⁴,
Nilce Peixoto⁴, Maria A. Pavanato⁵, Bernardo Baldisserotto⁵.

¹Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM, Santa Maria, RS.
uczay@ufsm.br

²Programa de Pós-Graduação em Farmacologia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM.

³Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Palmeira das Missões.

⁴Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Palmeira das Missões.
rlazzari@ufsm.br.

⁵Departamento de Fisiologia e Farmacologia, Universidade Federal de Santa Maria/UFSM.

Aprovado no Comitê de Ética em Experimentação Animal da UFSM com parecer: n°
025/2013.

CRESCIMENTO E PERFIL OXIDATIVO DE JUVENIS DE *Rhamdia quelen* ALIMENTADOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE VITAMINA E (α -TOCOFEROL) NA DIETA.

Resumo: Os parâmetros de crescimento, bioquímicos, sanguíneos e de estresse oxidativo foram avaliados em juvenis de jundiás alimentados com diferentes níveis de vitamina E (0, 200, 300 e 400 mg kg⁻¹ na dieta) após 60 dias. Ao final do experimento, observaram-se melhoras nas variáveis de crescimento: comprimento total, padrão, taxa de crescimento específico e fator de condição, com a adição de vitamina E na ração. A contagem de eritrócitos foi maior nas dietas contendo vitamina E. O nível 400 mg kg⁻¹ de vitamina E, diminuiu o teor de triglicerídeos plasmáticos e aumentou a resistência dos eritrócitos. As doses de 300 e 400 mg kg⁻¹, reduziram o estresse oxidativo conforme os biomarcadores oxidativos, avaliados no encéfalo, fígado, brânquias e músculos: substâncias que reagem ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), hidroperóxidos lipídicos (LOOH), superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione-S-transferase (GST) e o conteúdo dos grupos tióis não proteicos (NPSH). Doses de vitamina E na dieta de juvenis de jundiás acima de 300 mg kg⁻¹ promovem melhoras nos parâmetros de crescimento, sanguíneos e do sistema antioxidante.

Palavras Chave: Dano oxidativo. Nutrição. Espécies reativas de Oxigênio, Hematologia.

4.1. Introdução

Em sistemas de cultivo intensivo o objetivo é otimizar o crescimento e a produção de peixes de alta qualidade. No entanto como em todo o cultivo intensivo, há uma grande preocupação com surto de doenças, o que faz com que piscicultores busquem alternativas sustentáveis para evitar o aparecimento de moléstias, que venham a comprometer os sistemas de produção de peixes (AMLASHI et al., 2011). Atualmente o conceito de alimentos funcionais tem sido aplicado na indústria de alimentos para peixes, onde busca-se não apenas atender às exigências nutricionais, mas que essas dietas também melhorem a condição de saúde (IBRAHEM et al., 2010).

A inclusão de níveis adequados de vitaminas em dietas para peixes podem trazer melhoras na saúde. Em tilápias a vitamina A é necessária para um ótimo ganho de peso (HU

et al., 2006). Deficiências de vitamina D podem causar atraso na maturação do sistema digestório, dificuldades na absorção de Ca, resultando em aparecimento de deformidades esqueléticas (DARIAS et al., 2011). A vitamina C traz benefícios à atividade de macrófagos em pacus (BELO et al., 2012), linguados alimentados com dieta isenta de vitamina C apresentaram deficiências como escoliose, anorexia e hemorragia, além de um menor ganho de peso (WANG; KIM; BAI, 2002). Dietas isentas de vitamina C também mostraram casos de escoliose, lordose, erosão das nadadeiras e alta mortalidade para o *Japanese seabass* (Ai et al., 2004) A vitamina E fornecida via dieta é essencial para a manutenção do metabolismo e a sua deficiência leva ao aumento da atividade oxidante no organismo, produzindo altos níveis de peróxidos (NRC, 2011; TOCHER et al., 2002). Em peixes o nível mínimo de vitamina E de adição em dietas é de 50 mg kg⁻¹ (NRC, 2011)

A vitamina E é um poderoso antioxidante, que constituído por quatro tocoferóis e quatro isômeros de tocotrienol α , β , γ e δ , respectivamente, e possuem propriedades que melhoram a estabilidade oxidativa em peixes (HUANG; APPEL, 2003). O α -tocoferol é o representante mais importante do grupo de substâncias com atividade de vitamina E, por apresentar maior índice de absorção intestinal, maior deposição nos tecidos, menor excreção fecal e ser oxidado mais lentamente (SAMPAIO et al., 2004). A vitamina E tem uma importante atividade antioxidante sobre as macromoléculas celulares como DNA, proteínas e ácidos graxos contra a ação de radicais livres (SADO; BICUDO; CYRINO, 2013).

Em outras espécies de peixes, inclusões de vitamina E resultaram em benefícios nos parâmetros de crescimento (CHEN et al., 2013; LIM et al., 2010; NAVARRO et al., 2010; KIRON et al., 2004; TRUSHENSKI; KOHLER 2007; HUANG et al., 2004; ZANG et al., 2007), melhoras no desenvolvimento embrionário (MILLER et al., 2012), diminuição da lipoperoxidação (LPO) dos tecidos (SAU et al., 2004; PENG; GATLIN III, 2009; ABDEL-HAMEID; ABIDI; KHAN, 2012; LIM; SHIAU, 2005; GAO et al., 2012), melhoras no sistema de defesa oxidante não-enzimático (TOCHER et al., 2002; LIU et al., 2007; LEE; SHIAU, 2004; ZANG et al., 2007; HUANG et al., 2004) e aumento da estabilidade dos filés (CHAIYAPECHARA et al., 2003), da quantidade de eritrócitos (ABDEL-HAMEID; ABIDI; KHAN, 2012; LI et al., 2013), da estabilidade da membrana eritrocitária (SAU et al., 2004; PAUL et al., 2004; ABDEL-HAMEID; ABIDI; KHAN, 2012), além de diminuir os níveis de triglicerídeos e colesterol (GAO, et al., 2012).

A deficiência de vitamina E causa distrofia muscular, diátese exudativa, anemia, eritropoiese deficitária e fragilidade eritrocitária (MOURENTE; BELL; TOCHER, 2007).

Uma de suas principais funções é remover radicais livres e desempenhar um papel importante na prevenção do estresse oxidativo em tecidos biológicos, o qual que pode ser agravado quando há desequilíbrio vitamínico na formulação de dietas (ABDEL-HAMEID; ABIDI; KHAN, 2012). Portanto, a vitamina E é essencial tanto para o bom crescimento e manutenção da saúde de peixes cultivados, bem como para a qualidade do produto final como postas e filés.

O jundiá (*Rhamdia quelen*) (Quoy; Gaimard, 1824, Heptapteridae, Siluriformes) ocorre principalmente no Brasil, e esta espécie nativa foi a mais cultivada do sul do Brasil, em 2001 - 2005 (BALDISSEROTTO, 2009). Estudos com essa espécie envolvem principalmente a utilização de fontes regionais em substituição a ingredientes tradicionais em dietas (LAZZARI et al., 2008; PEDRON et al., 2008). Há ainda trabalhos utilizando extratos vegetais como agentes antioxidantes na dieta (SACCOL et al., 2013) e no transporte (AZAMBUJA et al., 2011) e a utilização de vitamina C na prevenção do *Ichthyophthirius multifiliis* (BORBA et al., 2007). Porém, não há estudos envolvendo a adição de vitamina E em dietas para juvenis de jundiá, e a ação desta sobre parâmetros de crescimento, bioquímicos e de estresse oxidativo.

Neste contexto o objetivo deste trabalho foi avaliar níveis de vitamina E para juvenis de jundiá, verificando possíveis alterações nos parâmetros de crescimento, bioquímicos, sanguíneo e de estresse oxidativo.

4.2. Material e métodos

Peixes e condições experimentais

O experimento foi conduzido em um sistema de recirculação de água localizado no Laboratório de Piscicultura da Universidade Federal de Santa Maria - Campus de Palmeira das Missões (UFSM-PM), Rio Grande do Sul (RS), Brasil. O sistema era composto por 16 tanques de polipropileno (0,90 m X 0,62 m X 0,67 m) com capacidade de 250 L cada, com filtragem biológica, resistências e termostatos para o controle da temperatura da água (26,31±1,02). Juvenis de jundiás (55,57 ± 25,7g) foram obtidos em uma piscicultura

comercial (Paz Peixe Ltda., Cruz Alta, RS, Brasil) e aclimatados no laboratório por duas semanas. Durante esse período os peixes receberam um tratamento profilático com cloreto de sódio (4g L^{-1} de água). Após a adaptação os peixes foram distribuídos em 16 tanques totalizando 25 peixes por unidade experimental. O ensaio experimental foi aprovado no comitê de ética e uso de animais da UFSM de acordo com o parecer 025/2013.

Preparação das dietas e níveis de vitamina E utilizados

Foram testados 3 níveis de vitamina E: 200, 300 e 400 mg kg^{-1} . Uma quarta dieta foi formulada sem a inclusão de vitamina E (controle). A fonte suplementar de vitamina E utilizada foi o DL - α -tocoferol (Puro Trato Nutrição Animal Ltda., Santo Augusto, RS, Brasil), com 50% de pureza. Os ingredientes utilizados para a fabricação da dieta (Tabela 1) foram inicialmente moídos em um triturador tipo martelo com peneira de 0,5 mm. Após a moagem, os ingredientes foram pesados e misturados, acrescentando-se os diferentes suplementos minerais e vitamínicos. As misturas foram umedecidas (28% de água) e submetidas ao processo de extrusão através de uma extrusora (EX-MICRO[®]) com capacidade de produção para 10 kg h^{-1} . As rações foram secas em estufa com ventilação forçada por 12 horas a $55\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Metodologia de fornecimento de ração

Nos primeiros 21 dias de experimento os peixes receberam 3% peso vivo/dia, e após 2% peso vivo/dia. Em ambos os períodos o fornecimento foi dividido em 2 refeições (09:00 e 16:30 h). Antes de cada alimentação eram retirados todos os resíduos através de sifonagem. A quantidade de ração a ser fornecida por unidade experimental foi aferida semanalmente, através da pesagem de todos os peixes de cada unidade experimental.

Análise bromatológica

A umidade foi determinada pela perda de peso após 4h a 60°C em estufa com circulação forçada de ar, seguida de 8h a 105°C. O conteúdo de matéria mineral foi determinado a 550°C (método 923.03) de acordo com AOAC (1995). A proteína bruta (N x 6,25) foi determinada pelo método de micro Kjeldahl (método 960.52) da AOAC (1995). Os lipídios foram quantificados seguindo o método de Bligh; Dyer (1959).

Os teores de vitamina E (Tabela 1) foram mensurados por meio de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) conforme Nelis; D'Haese; Vermis (2000). As análises foram realizadas na CBO Análises Laboratoriais (Campinas, SP, Brasil). Os níveis de aminoácidos foram determinados no laboratório de análises de micotoxinas (Lamic-UFSM)

Controle e análise dos parâmetros físico-químicos da água

O controle da qualidade da água do sistema de criação foi realizado através de limpezas periódicas dos encanamentos que compõem o sistema, sifonagem diária dos resíduos de cada tanque e controle dos parâmetros físico-químicos da água.

Foram analisadas as seguintes características físicas e químicas da água: temperatura e oxigênio dissolvido (diariamente); amônia total e nitrito (a cada 3 dias); alcalinidade, pH e dureza (1 vez por semana). Para a aferição da temperatura, utilizou-se um termômetro com bulbo de mercúrio; para o oxigênio, um oxímetro digital (YSI ProDO[®]); para o pH, um pHmetro digital (YSI F1100[®]). Para as demais análises, utilizou-se um kit colorimétrico (Alfa-Tecnoquímica[®]). A água que foi utilizada para a realização das análises era sempre coletada na entrada do primeiro filtro biológico, sempre antes da sifonagem diária.

Os dados de qualidade de água obtidos ao longo do experimento mostraram as seguintes médias: pH (7,3±0,2); temperatura pela manhã (25,9±1,3°C); temperatura pela tarde (26,7±1,1°C); oxigênio dissolvido (5,01±0,68 mg L⁻¹); amônia (2,38±0,76 mg L⁻¹); nitrito (0,16±0,05 mg L⁻¹); alcalinidade (58,0±13,4 mg CaCO₃ L⁻¹) e dureza (92,7±30,7 mg CaCO₃ L⁻¹).

Parâmetros de desempenho zootécnicos avaliados

Aos 30 e 60 dias foram tomadas as medidas de peso, comprimento total (CT), comprimento padrão (CP) de cada juvenil de jundiá. As demais medidas para o cálculo dos índices foram feitas ao final do experimento. Os seguintes parâmetros de desempenho foram determinados:

$$\text{Taxa de crescimento específico} = \frac{\log_{10}(\text{peso final}) - \log_{10}(\text{peso inicial})}{\text{tempo}} \times 100$$

$$\text{Fator de Condição} = \frac{\text{Peso corporal (g)}}{\text{Comprimento total}^3 \text{ (cm)}}$$

$$\text{Índice Hepatosomático} = \frac{\text{Peso do fígado (g)}}{\text{Peso do peixe inteiro (g)}} \times 100$$

$$\text{Rendimento de filé (\%)} = \frac{(\text{Peso do filé})}{(\text{Peso do peixe inteiro})} \times 100$$

$$\text{Índice digestivo – somático (\%)} = \frac{\text{Peso do trato gastrintestinal}}{\text{Peso do peixe}} \times 100$$

Após os 60 dias de alimentação, os peixes foram eutanasiados por meio da secção da medula espinhal, para amostragem dos seguintes órgãos: encéfalo, brânquias, fígado, rim e músculo. Estes órgãos foram armazenados individualmente em tubos plásticos esterilizados, congelados em nitrogênio líquido e estocados à -70°C, para posterior homogeneização e avaliação dos parâmetros oxidativos.

Parâmetros hematológicos

A coleta de sangue foi realizada ao final do experimento, sendo amostrados 6 peixes, aleatoriamente, por tratamento. Cinco minutos antes da coleta de sangue os animais foram retirados do tanque, anestesiados com benzocaína. A coleta foi realizada por punção vaso

caudal com auxílio de seringas (3 mL) e agulhas (25 x 0,7 mm) descartáveis contendo heparina.

O sangue foi diluído em formol citrato e a contagem total de eritrócitos foi realizada no microscópio óptico (Bioval[®]) em câmara de Neubauer (Loptik Labor[®]). A fragilidade eritrocitária foi analisada conforme Ezell; Sulya; Dodgen (1969). Os demais parâmetros mensurados (triglicerídeos, colesterol, albumina, proteínas totais, glicose e hemoglobina) foram determinados por meio de kits bioquímicos (Doles[®]) e com auxílio de espectrofotômetro (Bioespectro[®]).

Determinação dos biomarcadores de estresse oxidativo

Antes das análises cada tecido foi homogeneizado conforme descrito por Azambuja et al. (2011). O teor de proteína foi medido usando o método de Lowry et al. (1951) e albumina de soro bovino como um padrão. Os resultados estão apresentados em mg mL⁻¹. A lipoperoxidação (LPO) foi estimada utilizando a substância reativa ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) (BUEGE; AUST, 1978). Os resultados são reportados em nmol mg proteína⁻¹. LPO foi também medida por meio da determinação de hidroperóxidos de lipídeos (LOOH) utilizando o método de Södergren et al. (1998). As leituras foram feitas usando um espectrofotômetro a 560 nm e os resultados estão expressos em nmol mg proteína⁻¹.

A superóxido-dismutase total (SOD), expressa em unidades mg proteína SOD, foi determinada baseando-se no índice de inibição da geração de adrenalina autocatalítica a 480 nm (MISRA; FRIDOVICH, 1972). A atividade de catalase (CAT) foi avaliada seguindo o decréscimo na absorção de 240 nm, de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e foi expressa como pmol mg proteína⁻¹ (BOVERIS; CHANCE, 1973). A atividade de glutathione-S-transferase (GST), expressa em nmol min⁻¹ mg proteína⁻¹, foi medida seguindo a taxa de formação de dinitrofenil-S-glutathione a 340 nm (HABIG et al., 1974).

O conteúdo de tióis não proteicos (NPSH), uma medida indireta da GSH, foi avaliada a 412 nm, após reação com o ácido 5,5'-ditiobis-(ácido 2-nitrobenzóico). As proteínas foram eliminadas por meio da adição de 0,5 M de ácido perclórico (ELLMAN, 1959). O conteúdo de NPSH conteúdo é apresentado em nmol mg proteína⁻¹.

Análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com 4 tratamentos e 4 repetições (16 unidades experimentais). Inicialmente, realizou-se análise de detecção das observações aberrantes (outliers) em todos os dados, sendo excluídas as observações maiores ou menores que a média $\pm 2x$ desvio-padrão. Após, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade dos dados (homogeneidade de variâncias). Para as variáveis que apresentaram distribuição normal, realizou-se estudo de regressão polinomial. Se nenhum modelo ajustou-se à distribuição dos dados, foi realizada ANOVA de uma via e posterior comparação de médias pelo teste de Dunnett. As variáveis que não apresentaram distribuição normal foram submetidas à ANOVA de Kruskal-Wallis e quando apresentaram $p < 0,05$ as médias foram comparadas pelos escores de Wilcoxon. As variáveis peso, taxa de crescimento específico e fator de condição foram submetidos à análise de co-variância, utilizando o peso inicial como co-variável e as médias ajustadas posteriormente foram comparadas pelo teste de PDIFF. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do pacote estatístico Statistical Analysis System[®].

3.2 Resultados

Desempenho zootécnico

O CT e o CP foram maiores em dietas contendo vitamina E. A TCE e o FC foram maiores com a inclusão de 400 mg kg⁻¹ de vitamina E. O IHS aumentou linearmente ($r^2 = 0,79$; $p = 0,0168$). O peso final, RF e IDS não foram influenciados pelas dietas (Tabela 2). A inclusão de 300 mg kg⁻¹ de vitamina E reduziu a quantidade de lipídios no filé de jundiás em relação ao controle ($p = 0,02$). Os demais parâmetros (MS, MM e PB) não foram influenciados pelas dietas (Tabela 3).

Parâmetros sanguíneos e bioquímicos

A inclusão de 400 mg kg⁻¹ diminuiu a quantidade de triglicerídeos no plasma (p=0,02) e a fragilidade eritrocitária (p=0,05) em relação à dieta controle. A quantidade de eritrócitos aumentou nos jundiás alimentados com as dietas contendo vitamina E (p=0,02). Os demais parâmetros analisados (glicose, hemoglobina, albumina, colesterol e proteínas plasmáticas) não foram influenciadas pela vitamina E na dieta (Tabela 4).

Biomarcadores de estresse oxidativo

No encéfalo houve um menor nível de LPO (p=0,0284) tanto avaliado pelo TBARS nos peixes alimentados com 300 mg kg⁻¹ de vitamina E como por LOOH (também nos alimentados com 400 mg kg⁻¹ de vitamina E). O conteúdo de NPSH foi maior no encéfalo de peixes alimentados com 400 mg kg⁻¹ de vitamina E (p=0,047). Os demais biomarcadores oxidativos avaliados (SOD, GST e CAT) não foram influenciados pelas diferentes doses de vitamina E (Tabela 5).

Nas brânquias os níveis de LPO, medido através dos LOOH, foram menores em todas as dietas contendo vitamina E (p=0,0008). A atividade da CAT foi menor nas dietas contendo 300 e 400 mg kg⁻¹ de vitamina E (p=0,0036). O conteúdo de NPSH foi maior no brânquias de peixes alimentados com 300 e 400 mg kg⁻¹ de vitamina E (p=0,0006). Os demais biomarcadores oxidativos avaliados (TBARS, SOD e GST) não foram influenciados pelas diferentes doses da vitamina E (Tabela 5).

No fígado os níveis de NPSH foram maiores nas dietas com a inclusão de vitamina E (p<0,0383). Os demais biomarcadores oxidativos avaliados (TBARS, LOOH, SOD, CAT e GST) não foram influenciados pelas diferentes doses de vitamina E (Tabela 5).

No rim os níveis de LPO, medida através dos LOOH, foram menores nos jundiás que receberam as dietas contendo vitamina E (p=0,0009). A atividade da CAT foi menor nos jundiás alimentados com as dietas contendo vitamina E (p=0,002). Os demais biomarcadores oxidativos avaliados (TBARS, SOD, GST e NPSH) não foram influenciados pelas diferentes doses de vitamina E (Tabela 5).

No músculo os níveis de LPO (p=0,0284) medidos pelo TBARS foram menores nos jundiás que receberam as dietas contendo vitamina E (p=0,0001). A atividade da CAT foi menor nos jundiás alimentados com as dietas contendo 300 e 400 mg kg⁻¹ de vitamina E

($p=0,0042$). A atividade da SOD aumentou no músculo dos peixes alimentados com dietas contendo 400 mg kg^{-1} de vitamina E. Os demais biomarcadores oxidativos avaliados (LOOH, GST e NPSH) não foram influenciados pelas diferentes doses de vitamina E. A dieta não alterou significativamente o conteúdo de proteína de nenhum dos tecidos analisados (Tabela 5).

3.1 Discussão

Parâmetros de crescimento

Os efeitos da vitamina E sobre os parâmetros de crescimento em peixes ainda têm dados controversos (SADO; BICUDO; CYRINO, 2013). Autores não relataram efeitos da suplementação de vitamina E sobre o crescimento, em algumas espécies, tais como o “golden shiner”, *Notemigonus crysoleucas* (CHEN et al., 2004), a tilápia do Nilo (LIM et al., 2010; NAVARRO et al., 2010), a truta-arco-íris (KIRON et al., 2004), e o híbrido de “striped bass” (TRUSHENSKI; KOHLER, 2007) *Oncorhynchus kisutch* (HUANG et al., 2004), *Sparus macrocephalus* (ZANG et al., 2007).

Da mesma forma que ocorreu no presente estudo, dietas contendo 20 mg kg^{-1} ou mais de vitamina E melhoraram o crescimento no bagre indiano (*Channa punctatus*) (ABDEL-HAMEID; ABIDI; KHAN, 2012). O FC e a TCE mostraram aumento quando 25 mg kg^{-1} ou mais de vitamina E foram adicionados na dieta de juvenis de beluga (*Huso huso*) (AMLASHI et al., 2011). Para a carpa “mrigal” a adição de 120 mg kg^{-1} vitamina E melhorou a TCE e índice de conversão alimentar aparente, sendo que a exigência foi definida em 99 mg kg^{-1} por análise de regressão polinomial e baseado no ganho de peso máximo (PAUL et al., 2004).

A melhora dos parâmetros de crescimento proporcionado pela inclusão de vitamina E em dietas está relacionada principalmente com a sua função de proteção de membranas biológicas e lipoproteínas contra a oxidação, trazendo assim benefícios ao sistema de defesa antioxidante, como a redução do malondialdeído (SAU et al., 2004; PENG; GATLIN III, 2009; ABDEL-HAMEID; ABIDI; KHAN, 2012), aumento da atividade de enzimas antioxidantes (TOCHER et al., 2002; LEE; SHIAU, 2004; LIU et al., 2007; ZANG et al.,

2007). e compostos antioxidantes não-enzimáticos (HUANG et al., 2004). O aumento da suplementação de vitamina E (6000 para 10000 mg kg⁻¹) evita deformidades na coluna vertebral e em células neurais de larvas de *Sparus aurata*, proporcionando melhor desenvolvimento para as mesmas (IZQUIERDO et al., 2012).

O IHS teve um aumento quando houve a inclusão de vitamina E em dietas para o jundiá. Devido à falta de vitamina E na dieta controle (0 mg kg⁻¹), houve uma maior quebra da gordura hepática para a liberação dessa vitamina no organismo, com isso houve uma diminuição do IHS dos jundiás. A redução do IHS também foi observada em juvenis de beluga (*Huso huso*) alimentados com doses mais baixas de vitamina E (AMLASHI et al., 2011).

Parâmetros de composição corporal

O nível de 300 mg kg⁻¹ de inclusão de vitamina E diminuiu o teor de lipídios nos filés de jundiás. Para juvenis de black sea bream (*Acanthopagrus schlegeli*) houve um menor acúmulo de gordura corporal nos peixes alimentados com dietas contendo óleo oxidado e pelo menos 150 mg kg⁻¹ de vitamina E (PENG et al., 2009). Os autores explicam que a maior concentração de vitamina E nos tecidos, protege os ácidos graxos essenciais, promovendo uma maior assimilação e transporte de lipídios pelo organismo do peixe e diminuindo o armazenamento na forma de adipócitos.

Parâmetros bioquímicos e sanguíneos

Sugere-se que o menor nível de triglicerídeos plasmáticos encontrado em jundiás alimentados com 400 mg kg⁻¹ vitamina E seja em decorrência de um efeito protetor dessa vitamina prevenindo a oxidação da Lipoproteína de baixa densidade (LDL). A LDL atua no transporte da vitamina E do fígado aos tecidos periféricos, já a Lipoproteína de Alta densidade (HDL) realiza o inverso (HAMRE, 2011). A vitamina E quando presente na dieta evita a oxidação da LDL (NIKI, 2011). O aumento das EROs eleva a quantidade de LDL e diminui

os níveis de HDL no plasma. O HDL tem como função transportar o colesterol e triglicerídeos até o fígado, remover os lipídeos oxidados da LDL, inibir a fixação de moléculas de adesão e monócitos ao endotélio e estimular a liberação de óxido nítrico, protegendo contra a aterogênese (LIMA; COUTO, 2006). Sob essas circunstâncias o processo de remoção dos triglicerídeos oriundos da dieta pode torna-se prejudicado, resultando assim em um acúmulo no plasma sanguíneo em níveis mais baixos de vitamina E na dieta, conforme foi verificado neste estudo. Em juvenis de *Pagrus major* os níveis de triglicerídeos foram maiores em dietas com alta quantidade de óleo e sem adição de vitamina E (GAO et al., 2012).

Neste trabalho, os jundiás alimentados com 400 mg kg⁻¹ de vitamina E na dieta apresentaram uma menor fragilidade eritrocitária e maior número de eritrócitos. Um dos sinais clínicos da deficiência de vitamina E em peixes é a anemia (MOURETE 2007; HAMRE, 2011; NRC, 2011). Os peixes alimentados com dietas isentas de vitamina E e altas quantidades de ácidos graxos altamente insaturados (HUFAs) apresentaram anemia como consequência de uma diminuição do hematócrito, hemoglobina, contagem de células vermelhas (RBC), volume corpuscular médio (VCM) e concentração corpuscular média de hemoglobina (HCM) (TRENZADO et al., 2009). A vitamina E contribui para manter a estabilidade das membranas das células sanguíneas e, com isto, diminui a fragilidade eritrocitária no sangue de peixes (AI et al., 2008). Esse efeito de proteção foi verificado também em juvenis de *Labeo rohita* (SAU et al., 2004) *Cirrhinus mrigala* (PAUL et al., 2004) e *Channa punctatus* (ABDEL-HAMEID; ABIDI; KHAN, 2012).

O aumento nos níveis de hemoglobina, hematócrito e do número de eritrócitos foi verificado no sangue de *Channa punctatus* quando alimentados com 140 mg kg⁻¹ de vitamina E na dieta (ABDEL-HAMEID; ABIDI; KHAN, 2012). Para *Pelteobagrus vachelli* alimentados com 200 e 400 mg kg⁻¹ de vitamina E os níveis de hematócrito e contagem de eritrócito também foram maiores que na dose 50 mg kg⁻¹ (LI et al., 2013). Em juvenis de pacu a deficiência de vitamina E aumentou o número de eritroblastos, sendo que isto é explicado como um efeito compensatório, que ocorreu por conta de um menor tempo de vida dos eritrócitos (SADO; BICUDO; CYRINO, 2013). Portanto, a vitamina E é um nutriente essencial para a proteção e estabilidade dos eritrócitos contra a ação das EROs, evitando assim a anemia e mantendo o bom funcionamento do sistema circulatório dos peixes de cultivo.

Biomarcadores oxidativos

Estudos recentes têm mostrado que a adição de vitamina E na dieta de peixes cultivados melhora a estabilidade oxidativa, protege as membranas biológicas das células e, conseqüentemente, proporciona ganhos no desempenho e melhoras na condição de saúde dos peixes (AI et al., 2008; GAO et al., 2012; LI et al., 2013).

A LPO medida por LOOH foi menor nas brânquias e no rim quando adicionou-se a vitamina E na dieta. A LPO medida por TBARS nas brânquias e no músculo teve menores valores quando os peixes foram alimentados com 200, 300 e 400 mg kg⁻¹ de vitamina E. No encéfalo foi menor apenas no nível 300 mg kg⁻¹. Isso indica que essas dosagens de vitamina E na dieta contribuem para evitar danos nos tecidos pela ação das EROs para juvenis de jundiá.

A análise de TBARS é uma das técnicas mais utilizadas para a determinação de LPO em tecidos, onde é verificada a quantidade de malondialdeído presente no tecido. Em juvenis de rohu (*Labeo rohita*), houve diminuição de TBARS no músculo indicando que o alto conteúdo de α -tocoferol na carcaça contribuiu para isso (SAU et al., 2004). Em juvenis de red drum (*Sciaenops ocellatus*), os níveis de TBARS diminuíram linearmente com a inclusão de vitamina E na dieta, sendo que o nível mínimo estimado para diminuir a LPO é de 30 mg kg⁻¹ (PENG; GATLIN III, 2009). Em outras espécies como o *Channa punctatus* (ABDEL-HAMEID; ABIDI; KHAN, 2012), *Epinephelus malabaricus* (LIM et al., 2005) e *Pagrus major* (GAO et al., 2012), também observou-se diminuição nos níveis de malondialdeído com a adição de vitamina E em dietas. Como já era esperado, neste ensaio, a vitamina E teve uma ação benéfica contra as EROs, evitando a formação de malondialdeído que é um produto resultante da LPO das membranas biológicas.

Nos níveis de 300 e 400 mg kg⁻¹ de vitamina E a atividade da CAT diminuiu no rim, brânquias e músculo. Por conta de seu papel como um antioxidante não enzimático, a vitamina E pode ter sido a causa da diminuição do conteúdo de CAT, visto que reduziu o substrato para esses antioxidantes enzimáticos e conseqüentemente a sua atividade (ELIA et al., 2006). No rim de truta arco-íris a atividade de CAT foi menor nos peixes alimentados com 100 mg kg⁻¹ vitamina E que nos sem adição ou com 1000 mg kg⁻¹ (PUANGKAEW et al., 2005).

Os níveis de NPSH aumentaram no fígado dos jundiás alimentados com 300 e 400 mg kg⁻¹ de vitamina E. No encéfalo, os maiores valores foram no nível 400 mg kg⁻¹. Os NPSH

são compostos antioxidantes não enzimáticos, essenciais para a integridade estrutural e metabólica das células. O maior conteúdo dos NSPH pode ser devido ao aumento da biossíntese, devido a uma maior disponibilidade da cisteína. A vitamina E age sinergicamente com o enxofre contido no aminoácido e pode dispensar a função da cisteína, o principal aminoácido que compõe os NPSH (DANDAPAT et al., 2000). O conteúdo de NPSH do fígado foi maior em tilápias alimentadas com vitamina E, onde os autores atribuem esse aumento a um efeito poupador de vitamina (HUANG et al., 2004).

A atividade da SOD aumentou no músculo de jundiás alimentados com 400 mg kg⁻¹ de vitamina E. Resultados semelhantes foram encontrados para *Scophthalmus maximus*, halibut (*Hippoglossus hippoglossus*), sea bream (*Sparus aurata*), *Litopenaeus vannamei* (TOCHER et al., 2002; LIU et al., 2007) e *Penaes monodon* (LEE; SHIAU, 2004). Filés de *Sparus macrocephalus* tiveram aumento na atividade de SOD e redução da LPO, mas nenhum efeito sobre a enzima GPx (ZANG et al., 2007). Esses autores relatam que a vitamina E em dietas pode ter efeitos diferentes sobre cada uma das enzimas que compõe o sistema enzimático. A mesma divergência de resultados ocorreu nesse estudo, onde a CAT teve uma redução e a SOD sofreu um aumento, com a adição de vitamina E na dieta.

Estudos têm mostrado que é difícil determinar uma quantidade correta de vitamina E na dieta, pois ela é dependente de muitos fatores que afetam a exigência em peixes de cultivo como a quantidade de ácidos graxos polinsaturados (LIN; SHIAU 2005; HAMRE, 2011), lipídios oxidados (KIRON et al, 2004) e a presença de outros nutrientes que tem papel no sistema de defesa antioxidante como o selênio e a vitamina C (SEALEY; GATLIN 2002; HAMRE, 2011). Ainda, a exigência de vitamina E pode ser afetada por fatores do ambiente em que o animal se encontra, como por exemplo, oxigênio (RITOLA et al., 2002) densidade de estocagem (MONTERO et al., 1998) e poluição ambiental (MARCOGLIESE et al., 2005). Cabe ressaltar que tanto a deficiência como o excesso de vitamina E pode ocasionar aumento da atividade oxidante (TANG et al., 2013)

Dessa forma, a adição de vitamina E em doses acima de 300 mg kg⁻¹ para juvenis de jundiás é necessária para favorecer parâmetros de crescimento, sanguíneos e do sistema de defesa antioxidante. Trabalhos precisam ser realizados futuramente, buscando relacionar a adição de vitamina E com outros fatores que afetam a sua exigência, como por exemplo, nível de selênio e quantidade de ácidos graxos insaturados presentes na dieta.

Agradecimentos

À Doles[®] pela doação dos kits de análises bioquímicas. À Puro Trato[®] pela doação do complexo vitamínico mineral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdel-Hameid, N.H.; Abidi, S.F.; Khan, M.A. Dietary vitamin E requirement for maximizing the growth, conversion efficiency, biochemical composition and haematological status of fingerling *Channa punctatus*, **Aquaculture Research**, n. 43, p. 226–238, 2012.

Ai, C.X.; Chen, L.Q.; Liu, X.L.; Gao, L.J.; Wen, X.B. Effect of dietary vitamin E on the PO, Ua and UL activities of Chinese mitten-handed crab, *Eriocheir sinensis*. **Oceanologia et Limnologia Sinica**, v. 39, p. 119–123, 2008.

Ai, Q.; Mai K.; Zhang, C.; Xu W.; Duan, Q.; Tan, B.; Liufu, Z. Effects of dietary vitamin C on growth and immune response of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. **Aquaculture**, v. 242, p. 489–500, 2004.

Amlashi, A. S.; Falahatkar, B.; Sattari, M.; Gilani, M. H. T. Effect of dietary vitamin E on growth, muscle composition, hematological and immunological parameters of sub-yearling beluga *Huso huso* L. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 30, p. 807–814, 2011.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis of AOAC**, Washington: Editora Patricia Cunniff, 1995, 1141p.

Azambuja, C. R.; Mattiazzi, J.; Riffel, A. P. K.; Finamor, I. A.; Garcia, L. O.; Heldwein, C.G.; Heinzmann, B. M.; Baldisserotto, B.; Pavanato, M. A.; Llesuy, S. F. Effect of the essential oil of *Lippia alba* on oxidative stress parameters in silver catfish (*Rhamdia quelen*) subjected to transport. **Aquaculture**, v. 319, p. 156-161, 2011.

Baldisserotto, B. Piscicultura continental no Rio Grande do Sul: situação atual, problemas e perspectivas para o futuro. **Ciência Rural**, v. 39, n.1, 2009.

Belo, M. A. A.; Moraes, J. R. E. M.; Soares, V. E.; Martins M. L.; Brum C. D.; Moraes F. R. Vitamin C and endogenous cortisol in foreign-body inflammatory response in pacus. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 47, n. 7, p. 1015-1021, 2012.

Bligh, E. G.; Dyer, W. J. A. rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Physiology and Biochemistry**, v. 37, p. 911-917, 1959.

Borba, M. R.; Fracalossi, D. M.; Freitas, F. A. Efeito da suplementação de vitamina C na dieta sobre a susceptibilidade de alevinos de jundiá, *Rhamdia quelen*, ao *Ichthyophthirius multifiliis*, **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 29, n. 1, p. 93-99, 2007.

Boveris, A.; Chance, B. The mitochondrial generation of hydrogen peroxide. **Biochemistry Journal**, v. 134, p. 707-716, 1973.

Buege, J. A.; Aust, S. D. Microsomal lipid peroxidation. **Methods in Enzymology**, v.52, n. 531, p. 302-310, 1978.

Chayapechara, S.; Casten, M. T.; Hardy, R. W.; Dong, F. M. Fish performance, fillet characteristics, and health assessment index of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets containing adequate and high concentrations of lipid and vitamin E. **Aquaculture**, v. 219, p. 715–738, 2003.

Chen R.; Rebecca Lochmann R.; Andrew Goodwin A.; Praveen K.; Dabrowski K.; Lee K. J. Effects of dietary vitamins C and E on alternative complement activity, hematology, tissue composition, vitamin concentrations and response to heat stress in juvenile golden shiner (*Notemigonus crysoleucas*). **Aquaculture**, v. 242, p. 553–569, 2004.

Chen, Y. J.; Liu, Y. J.; Tian, L. X.; Niu, J.; Liang, G. Y.; Yang, H. J.; Yuan, Y.; Zhang, Y. Q. Effect of dietary vitamin E and selenium supplementation on growth, body composition, and antioxidant defense mechanism in juvenile largemouth bass (*Micropterus salmoide*) fed oxidized fish oil. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 39, p.593–604, 2013.

Dandapat, J.; Chainy, G. B. N.; Rao, K. J. Dietary vitamin-E modulates antioxidant defence system in giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C**, v.127, p.101–115, 2000.

Darias M. J.; Mazurais D.; Koumoundouros G.; Cahu C. L.; Zambonino-Infante J. L. Overview of vitamin D and C requirements in fish and their influence on the skeletal system. **Aquaculture**, v. 315, p. 49–60, 2011.

Elia, A. C.; Anastasi, V.; Dörr, A. J. M. Hepatic antioxidant enzymes and total glutathione of *Cyprinus carpio* exposed to three disinfectants, chlorine dioxide, sodium hypochlorite and peracetic acid for superficial water potabilization. **Chemosphere**, v. 64, p. 1633-1641, 2006.

Ellman, G. L. Tissue sulphhydryl groups. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 82, p. 70-77, 1959.

Ezell G. H.; Sulya L. L.; Dodgen C. L. The osmotic fragility of some fish erythrocytes in hypotonic saline. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 28, p. 409-415, 1969.

Gao, J.; Koshio, S.; Ishikawa, M.; Yokoyama, S.; Mamauag, R. E. P.; Han, Y. Effects of dietary oxidized fish oil with vitamin E supplementation on growth performance and reduction of lipid peroxidation in tissues and blood of red se bream *Pagrus major* **Aquaculture**, v. 356-357, p. 73–79, 2012.

Habig, W. H.; Pabts, M. J.; Jakoby, W. B. Glutathione-S-transferases. The first enzymatic step in mercapturic acid formation. **Journal of Biological Chemistry**, v. 249, n. 22, p. 7130-7139, 1974.

Hamre, K., Metabolism interactions requirements and functions of vitamin E in Fish. **Aquaculture Nutrition**, v.17, p. 98–115, 2011.

Hu C. J.; Chen S. M.; Pan C. H.; Huang C. H. Effects of dietary vitamin A or β -carotene concentrations on growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* \times *O. aureus*, **Aquaculture**, v. 253, p. 602–607, 2006.

Huang H. Y.; Appel, L. J. Supplementation of diets with α -tocopherol reduces serum concentrations of γ - and δ -tocopherol in humans. **Journal of Nutrition**, v. 133, n. 3137-3140, 2003.

Huang, C. H.; Higgs, D. A.; Balfry, S. K.; Devlin, R. H. Effect of dietary vitamin E level on growth, tissue lipid peroxidation, and erythrocyte fragility of transgenic coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A**, v. 139, p. 199–204, 2004.

Ibrahim, M. D.; Fathi, M.; Mesalhy, S.; Abd El-Aty, A. M. Effect of dietary supplementation of inulin and vitamin C on the growth, hematology, innate immunity, and resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 29, p. 241-246, 2010.

Izquierdo, M. S.; Scolamacchia, M.; Betancor, M.; Roo, J.; M. J.; Caballero, M.J.; G. Terova, G.; Witten, P.E. Effects of dietary DHA and α -tocopherol on bone development, early mineralization and oxidative stress in *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) larvae. **British Journal of Nutrition**, v. 109, p. 1796–1805, 2012.

Kiron, V.; Puangkaew, J.; Ishizaka, K.; Satoh, S.; Watanbe, T. Antioxidant status and nonspecific immune responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed two levels of vitamin E along with three lipid sources. **Aquaculture**, v. 234, p.361–379, 2004.

Lazzari, R.; Radünz Neto, J.; Pedron, F.A.; Veiverberg, C.A.; Bergamin, G.T.; Lima, R.L.; Emanuelli T.; Steffens. C. Desempenho e composição dos filés de jundiás (*Rhamdia quelen*) submetidos a diferentes dietas na fase de recria. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 2, p. 477-484, 2008.

Lee, M. H.; Shiau, S. Y. Vitamin E requirements of juvenile grass shrimp, *Penaeus monodon*, and effects on non-specific immune responses. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 16, p. 475-485, 2004.

Li, M.; Chen, L.; Qin, J.G.; Li, E.; Yu, N.; Du, Z. Growth performance, antioxidant status and immune response in darkbarbel catfish *Pelteobagrus vachelli* fed different PUFA/vitamin E dietary levels and exposed to high or low ammonia. **Aquaculture**, n. 406–407, p. 18–27, 2013.

Lim, C.; Yildirim-Aksoy, M.; Welker, T.; Klesius, P. H.; Growth performance, immune response, and resistance to *Streptococcus iniae* of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed diets containing various levels of vitamins C and E. **Journal of The World Aquaculture Society**, v. 41, n. 1, 2010.

Lim, Y. H.; Shiau, S. H. Dietary vitamin E requirement of grouper, *Epinephelus malabaricus*, at two lipid levels, and their effects on immune responses. **Aquaculture**, v. 248, p. 235– 244, 2005.

Lim, Y. H.; Shiau, S. H. Dietary vitamin E requirement of grouper, *Epinephelus malabaricus*, at two lipid levels, and their effects on immune responses. **Aquaculture**, v. 248, p. 235– 244, 2005.

Lima, E. S.; Couto R. D. Estrutura, metabolismo e funções fisiológicas da lipoproteína de alta densidade. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 42, n. 3, p. 169-178, 2006.

Liu Y.; Wang W. N.; Wang, A. L.; Wang J. M.; Sun R. Y. Effects of dietary vitamin E supplementation on antioxidant enzyme activities in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) exposed to acute salinity changes. **Aquaculture**, v. 265, p. 351–358, 2007.

Lowry, O.H.; Rosebrough, N.J.; Farrar, L.; Randall, R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent. **Journal of Biological Chemistry**, v. 193, p. 265-275, 1951.

Marcogliese, D. J.; Brambilla, L. G.; Gagné, F.; Gendron, A. D. Joint effects of parasitism and pollution on oxidative stress biomarkers in yellow perch *Perca flavescens*. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 63, p. 77–84, 2005.

Miller G. W.; Labut E. M.; Lebold K. M.; Floeter A.; Tanguay, R. L.; Traber, M. G. Zebrafish (*Danio rerio*) fed vitamin E-deficient diets produce embryos with increased morphologic abnormalities and mortality. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 23, p. 478–486, 2012.

Misra, H. P.; Fridovich, I. The role of superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and a simple assay for superoxide dismutase. **Journal of Biological Chemistry**, v. 247, p. 3170-3175, 1972.

Montero, D.; Tort, L.; Izquierdo, M. S.; Robaina, L.; Vergara, J. M. Depletion of serum alternative complement pathway activity in gilthead seabream caused by α -tocopherol and n-3 HUFA dietary deficiencies. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 18, p. 399–407, 1998.

Mourente, G., Bell, J. G., Tocher, D. R., Does dietary tocopherol level affect fatty acid metabolism in fish? **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 33: p. 269–280, 2007.

Navarro, R. D.; Ferreira, W. M.; Ribeiro Filho, O. P.; Veloso, D. P.; Fontes, D. O.; Silva, R. F. Desempenho de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) suplementada com vitamina E, **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 226, p. 185-194, 2010.

Nelis H. J.; D'Haese E.; Vermis, K. Vitamin E. In: Lambert W. E., De Leenheer A. P., Bocklaer J. F. V. **Modern Chromatographic Analysis of Vitamins**, CRC Press, 2000.

Niki, E. Do free radicals play causal role in atherosclerosis? Low density lipoprotein oxidation and vitamin E revisited. **Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition**, v. 4, n. 3–7, 2011.

National Research Council (NRC). **Nutrient requirements of fish and shrimp**. The National Academies Press. Washington, 2011, 376 p.

Paul, B. N.; Sarkar, S.; Mohanty, S. N. Dietary vitamin E requirement of mrigal, *Cirrhinus mrigala* fry, **Aquaculture**, v. 242, p. 529–536, 2004.

Peng, L. I.; Gatlin, D. M. Dietary Vitamin E requirement of the red drum *Sciaenops ocellatus*, **Aquaculture Nutrition**, v. 15, p. 313–319, 2009.

Puangkaew, J.; Kiron T. V.; Satoh, S.; Watanabe T. Antioxidant defense of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to dietary n-3 highly unsaturated fatty acids and vitamin E contents. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C**, v. 140, p. 187–196, 2005.

Ritola, O.; Livingstone, O. R.; Peters, L. D.; Lindström-Seppä, P. Antioxidant processes are affected in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) exposed to ozone and oxygen supersaturated water. **Aquaculture**, v. 210, p. 1–19, 2002.

Saccol E. M. H.; Uczay J.; Pês T. S.; Finamor I. A.; Ourique G.M.; Riffel A. P.K.; Schmidt D.; Caron B. O.; Heinzmann B. M.; Llesuy S. F.; Lazzari R.; Baldisserotto B.; Pavanato M. A. Addition of *Lippia alba* (Mill) N. 1 E. Brown essential oil to the silver catfish's diet: analysis of growth, metabolic and blood parameters and antioxidant response. **Aquaculture**, v. 416–417, p. 244–254, 2013.

Sado, R. Y.; Bicudo, A. J. A.; Cyrino, J. E. P. Growth and hematology of juvenile pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887) fed within creasing levels of vitamin E (DL- α -tocopheryl acetate). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85 n. 1, p. 385-393, 2013.

Sampaio, F. G.; Kleemann, G. K.; Sá, M. V. C.; Pereira, A. S.; Barros, M. M.; Pezatto, L. E. Níveis de vitamina E e de selênio para pós-larvas de *Macrobrachium amazonicum*. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, v. 26, n. 1, p. 129-135, 2004.

Sau, S. K.; Paul, B. N.; Mohanta, K. N.; Mohanty, S. N. Dietary vitamin E requirement, fish performance and carcass composition of rohu (*Labeo rohita*) fry. **Aquaculture**, v. 240, p. 359–368, 2004.

Sealey, W. M.; Gatlin III, D. M. Dietary vitamin C and E interact to influence growth and Tissue composition of juvenile hybrid strip bass (*Morone chrysops* X *M saxatilis*) but have limited effects on immune responses. **Journal of Nutrition**, v. 132, p. 748-755, 2002.

Södergren, E.; Nourooz-Zadeh, J.; Berglund, L.; Vessby B. Re-evaluation of the ferrous oxidation in xylenol orange assay for the measurement of plasma lipid hydroperoxides. **Journal of Biochemical and Biophysical Methods**, v. 7, p. 137-146, 1998.

Tang, X. L.; Xu M. J.; Li Z. H.; Pan Q.; Fu J. H. Effects of vitamin E on expressions of eight microRNAs in the liver of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 34, p. 1470-1475, 2013.

Tocher, D. R.; Mourente, G.; Van der Eecken, A.; Eyjemo, J. O.; Diaz, E.; Bell, J.G.; Geurden, I.; Lavens, P.; Olsen, Y. Effects of dietary vitamin E on antioxidant defense 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.

Trenzado, C. E.; Morales A. E.; Palma, J. M.; Higuera, M. L. Blood antioxidant defenses and hematological adjustments in crowded/uncrowded rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed on diets with different levels of antioxidant vitamins and HUFA. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part C**, v. 149, p. 440–447, 2009.

Trunshenski, J.; Kohler, C. Influence of stress and dietary natural-source vitamin e on nonspecific immunocompetence, tissue tocopherol composition, and postslaughter fillet oxidative stability in sunshine bass North American. **Journal of Aquaculture**, v. 69, p. 330–339, 2007.

Wang, X.; Kim, K.; Baí S. C. Effects of different dietary levels of L-ascorbyl 2-polyphosphate on growth and tissue vitamin C concentrations in juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). **Aquaculture Research**, v. 33, p. 261-267, 2002.

Zhang, X. D.; Wu, T. X.; Cai, L. S.; Zhu, Y. F. Effects of α -tocopheryl acetate supplementation in preslaughter diet on antioxidant enzyme activities and fillet quality of commercial-size *Sparus macrocephalus*. **Journal of Zhejiang University SCIENCE B**, v. 8, n. 9, p. 680-685, 2007.

Tabela 1 - Composição da dieta utilizada no experimento

Ingrediente	% dieta
Farelo de soja	34
Farinha de carne e ossos	33
Farelo de trigo	10
Milho moído (grãos)	17
Óleo de soja	3
Vitaminas e minerais** + vitamina E livre*** (%)	1
Fosfato bicálcico	1
Sal comum	1
Composição centesimal	
Matéria seca (%)	95,36
Proteína (%)	35,96
Gordura (%)	9,84
Matéria mineral (%)	14,29
Aminoácidos****	
Lisina	1,10
Fenilalanina	1,20
Leucina	2,16
Isoleucina	1,14
Metionina	0,46
Valina	1,48
Tirosina	0,71
Treonina	0,80
Arginina	1,97
Histidina	0,97
Serina	1,69
Ácido glutâmico	5,82
Ácido aspártico	3,05
Cistina	0,31
Prolina	2,10
Glicina	2,22

*Determinado por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC), conforme NELIS; D'HAESE; VERMIS, (2000); **Mistura vitamínica e mineral (níveis de garantia por 100 g do produto) – Ácido fólico 8 mg; Ácido nicotínico 160mg; Ácido pantotênico 80 mg; Cobalto 0,06 mg; Cobre 20 mg; Biotina 0,32 mg; Ferro 333 mg; Iodo 0,66 mg; Manganês 133 mg; Selênio 0,66 mg; Vitamina A 2,4 mg; Vitamina D3 0,03 mg; Vitamina B1 320 mg; Vitamina B2 320 mg; Vitamina B6 320 mg; Vitamina B12 32 µg; Vitamina C 320 mg; Vitamina K3 16 mg; Zinco 20 mg.

***A quantidade de vitamina E presente nas dietas suplementadas (200, 300 e 400 mg kg⁻¹) foi de 158, 234 e 339 mg, respectivamente. Não foi possível determinar o valor na dieta basal por estar abaixo do limite de detecção analítica era de 2,00 mg kg⁻¹.

****Determinados por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

Tabela 2 - Parâmetros e índices de crescimento em jundiás (*Rhamdia quelen*) alimentados com diferentes níveis de vitamina E na dieta por 60 dias.

Parâmetro	Níveis de Vitamina E (mg kg ⁻¹)				p
	0	200	300	400	
PF	78,33±2,68	81,31±2,56	79,71±2,92	80,53±2,61	0,88
CT	19,93±0,71	21,01±2,39*	20,30±2,86*	21,25±3,20*	0,0001
CP	16,61±0,66	17,86±2,01*	17,17±2,34*	18,09±2,75*	0,0001
TCE	0,72±0,39	0,96±0,51	0,99±0,08	1,17±0,84*	0,02
FC	0,83±0,04	0,94±0,11*	0,88±0,08	0,93±0,06*	0,01
RF	24,22±0,99	26,65±1,11	24,34±1,39	25,12±1,83	0,58
IHS [#]	1,10±0,03	1,16± 0,17	1,29±0,13	1,34±0,03	0,53
IDS	2,28±0,17	1,85±0,32	2,15±0,12	2,66±0,32	0,22

PF = Peso final; CT = Comprimento total; CP = Comprimento padrão; TCE= Taxa de crescimento específico (%/dia); FC = Fator de condição; RF = Rendimento de filé (%); IHS = Índice hepato-somático (%); IDS = Índice digestivo-somático (%); Os valores de peso, TCE e FC foram submetidos à análise de co-variância, utilizando o peso inicial como co-variável. As médias ajustadas foram comparadas pelo teste de PDIFF. [#] Efeito linear ($y = 1,10 + 0,00142x$; $r^2 = 0,79$; $p < 0,0168$), onde $y = e$ e $x = *$ significativamente diferente da dieta com 0 mg kg⁻¹.

Tabela 3 - Composição centesimal do peixe inteiro e dos filés de jundiás (*Rhamdia quelen*) alimentados com diferentes níveis de vitamina E na dieta por 60 dias

	Níveis de vitamina E (mg kg ⁻¹)				p
	0	200	300	400	
Peixe inteiro					
Matéria seca (%)	27,04±0,94	27,46±73	25,51±0,14	26,67±0,32	0,08
Matéria mineral (%)	3,47±0,50	2,85±0,17	2,89±0,24	2,97±0,17	0,48
Lipídios (%)	4,6±0,35	5,98±0,27	5,39±0,46	6,08±0,55	0,14
Proteína Bruta (%) [#]	16,46±0,68	16,99±0,05	18,17±1,67	17,79±0,11	0,2250
Filé					
Matéria seca (%)	23,27±0,38	23,63±0,27	22,50±0,16	22,74±0,10	0,059
Matéria mineral (%)	1,21±0,11	1,53±0,13	1,33±0,0	1,19±0,08	0,1792
Lipídios (%) [#]	2,11±0,27	2,19±0,42	1,02±0,09*	1,39±0,10	0,0215
Proteína Bruta (%)	18,82±0,08	19,55±0,76	19,55±0,57	20,69±0,05	0,2406

[#]Anova de Kruskall-Wallis.

Tabela 4 - Parâmetros sanguíneos e bioquímicos de jundiás alimentados com diferentes níveis de vitamina E na dieta por 60 dias.

Parâmetro	Níveis de vitamina E (mg kg ⁻¹)				p
	0	200	300	400	
Glicose (mg dL ⁻¹)	78,79±13,35	77,19±7,69	61,70±8,00	54,32±7,81	0,18
Hemoglobina (g dL ⁻¹)	7,62±1,63	7,35±0,84	7,25±1,26	5,69±0,63	0,48
Triglicerídeos (mg dL ⁻¹)	644,96±142,65	724,06±97,69	426,46±48,01	315,07±64,51*	0,03
Albumina (g dL ⁻¹)	0,57±0,04	0,59±0,02	0,59±0,02	0,60±0,04	0,91
Colesterol (g dL ⁻¹)	162,33±14,16	171,34±7,47	157,09±12,75	156,34±14,35	0,80
Proteínas plasmáticas (g dL ⁻¹)	3,90±0,12	4,27±0,12	3,80±0,20	4,01±0,21	0,28
Eritrócitos (10 ⁶ µL ⁻¹)	2,26±0,13	3,17±0,26*	3,14±0,28*	3,11±0,21*	0,02
Fragilidade eritrocitária (0,20% sal) [#]	94,23±7,59	89,22±7,81	92,22±3,88	79,20±2,48*	0,05

Médias com desvio padrão assinaladas por * indicam diferença pelo teste de Dunnett em relação à dose 0 mg/kg.

[#]Percentual de salinidade utilizado para a determinação do da fragilidade do eritrócito.

Tabela 5 – Biomarcadores de estresse oxidativo de jundiás alimentados com diferentes níveis de vitamina E na dieta por 60 dias.

Parâmetros	Níveis de vitamina E (mg kg ⁻¹)				p
	0	200	300	400	
Encéfalo					
Proteína ^a	11,61±0,26	12,35±0,33	12,47±0,88	12,39±0,33	0,5790
TBARS ^b	0,71±0,04	0,56±0,07	0,45±0,03*	0,64±0,06	0,0284
LOOH ^c	12,45±0,69	10,50±0,74	10,07±0,41*	9,49±0,49*	0,0008
SOD ^d	1,12±0,05	1,26±0,08	1,25±0,11	1,25±0,07	0,5900
CAT ^e #	0,14±0,02	0,17±0,05	0,17±0,04	0,18±0,04	0,0927
GST ^f	1,18±0,21	1,35±0,08	1,57±0,13	1,64±0,06	0,0924
NPSH ^g	5,80±0,12	6,42±0,43	5,87±0,52	7,05±0,07*	0,047
Brânquia					
Proteína ^a	8,81±0,76	10,63±0,72	9,52±0,46	10,30±0,23	0,1373
TBARS ^{b#}	0,49±0,04	0,31±0,03 [§]	0,31±0,02 [§]	0,33±0,05 [§]	0,0113
LOOH ^c	11,29±0,38	8,34±0,61*	9,07±0,55*	7,99±0,57*	0,0008
SOD ^d	0,31±0,05	0,31±0,04	0,39±0,04	0,45±0,05	0,1141
CAT ^e	0,34±0,02	0,29±0,02	0,24±0,02*	0,23±0,02*	0,0036
GST ^f	1,04±0,31	1,08±0,38	1,32±0,30	1,28±0,38	0,1884
NPSH ^g	0,26±0,04	0,33±0,04	0,44±0,03*	0,49±0,05*	0,0006
Fígado					
Proteína ^a	10,05±0,99	10,41±0,68	9,57±0,77	9,10±0,76	0,6878
TBARS ^{b#}	0,35±0,03	0,33±0,01	0,34±0,02	0,33±0,02	0,1113
LOOH ^{c#}	11,47±0,99	9,03±0,69	11,50±0,65	11,25±0,87	0,1359
SOD ^d	1,47±0,10	1,61±0,13	1,70±0,66	1,66±0,11	0,4983
CAT ^e	6,03±0,66	6,87±0,53	5,88±0,64	6,88±0,84	0,6322
GST ^{f#}	2,56±0,47	3,87±1,48	3,50±1,42	2,67±1,26	0,0730
NPSH ^{g#}	7,56±0,76	6,63±0,55	9,61±1,47 [§]	10,77±1,14 [§]	0,0383
Rim					
Proteína ^a	16,14±0,71	20,66±1,09	18,81±2,11	18,90±2,28	0,2873
TBARS ^{b#}	1,48±0,21	0,59±0,18	0,56±0,36	0,69±0,41	0,1106
LOOH ^{c#}	6,84±0,25	3,07±0,51 [§]	4,10±0,35 [§]	4,22±0,24 [§]	0,0001
CAT ^e	1,32±0,21	0,93±0,19*	0,99±0,30*	0,93±0,24*	0,002
GST ^f	1,12±0,16	1,08±0,15	1,20±0,17	1,27±0,15	0,8569
NPSH ^g	7,06±0,66	5,22±0,57	6,38±1,94	5,40±0,78	0,1853
Músculo					
Proteína ^a	6,34±0,32	6,77±0,37	7,35±0,04	7,08±0,29	0,1414
TBARS ^{b#}	0,57±0,03	0,35±0,03 [§]	0,34±0,01 [§]	0,27±0,02 [§]	0,0001
LOOH ^c	15,45±0,60	14,85±1,07	14,59±0,58	13,58±0,92	0,4414
SOD ^d	0,96±0,10	1,19±0,11	1,22±0,10	1,37±0,09*	0,0403
CAT ^e	0,11±0,01	0,10±0,003	0,08±0,003*	0,08±0,007*	0,0042
GST ^{f#}	0,49±0,05	0,37±0,05	0,55±0,11	0,69±0,03	0,0715
NPSH ^g	11,19±0,39	12,37±0,76	11,17±0,28	10,83±0,53	0,2060

^aProteína = Conteúdo de proteína tecidual (mg/mL); ^bTBARS = substâncias que reagem ao ácido tiobarbitúrico (nmoles por mg de proteína); ^cLOOH = concentração de hidroperóxido lipídico (nmoles por mg de proteína); ^dSOD = Superóxido Dismutase (unidades SOD/mg proteína); ^eCAT = Catalase (µmoles por mg de proteína); ^fGST = Glutathione-S-Transferase (µmol/mg de proteína); ^gNPSH = Tióis não proteicos (µmol/mg de proteína); [#]Dados não paramétricos, utilizou-se a Anova de Kruskal-Wallis; [§] indica diferença pelo teste de Wilcoxon em relação à dose 0 mg kg⁻¹. Médias com desvio padrão assinaladas por * indica diferença pelo teste de Dunnett em relação à dose 0 mg kg⁻¹.

5. CONCLUSÕES GERAIS

- A vitamina E em doses a partir de 300 mg kg^{-1} tem efeito positivo sobre o crescimento de peixes.
- Doses a partir de 400 mg kg^{-1} diminuem a quantidade de triglicerídeos no plasma de jundiás.
- Doses de vitamina E a partir de 300 mg kg^{-1} mantêm a estabilidade da membrana e aumentam a quantidade eritrócitos no sangue de jundiás.
- Doses a partir de 300 mg kg^{-1} aumentam a eficiência do sistema de defesa antioxidante enzimático e não enzimático e com isso, contribuem no combate das EROs.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdel-Hameid, N. H.; Abidi, S. F.; Khan, M. A. Dietary vitamin E requirement for maximizing the growth, conversion efficiency, biochemical composition and haematological status of fingerling *Channa punctatus*. **Aquaculture Research**, n. 43, p. 226–238, 2012

Amlashi, A. S.; Falahatkar, B.; Sattari, M.; Gilani, M. H. T. Effect of dietary vitamin E on growth, muscle composition, hematological and immunological parameters of sub-yearling beluga *Huso huso* L. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 30, p. 807 – 814, 2011.

Andrade, D. R.; Yasui, G. S. O manejo da reprodução natural e artificial e sua importância na produção de peixes no Brasil. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 27, n. 2, p. 166-172, 2003.

Azambuja, C. R.; Mattiazzi, J.; Riffel, A. P. K.; Finamor, I. A.; Garcia, L. O.; Heldwein, C. G.; Heinzmann, B. M.; Baldisserotto, B.; Pavanato, M. A.; Llesuy, S. F. Effect of the essential oil of *Lippia alba* on oxidative stress parameters in silver catfish (*Rhamdia quelen*) subjected to transport. **Aquaculture**, v. 319, p. 156-161, 2011.

Baldisserotto, B.; Radünz-Neto J.; Barcellos L. G.; Jundiá (*Rhamdia* sp) In: Baldisserotto B.; Gomes L. C. (Org.) **Espécies nativas para a piscicultura no Brasil**, Santa Maria: UFSM, 2010, 608 p.

Bonnefoy, M.; Drai, J.; Kostka, T. Antioxidants to slow aging, facts and perspectives. **Presse Medicale**, v. 31, n. 25, p. 1174-1184, 2002.

Borba, M. R.; Fracalossi, D. M.; Freitas, F. A. Efeito da suplementação de vitamina C na dieta sobre a susceptibilidade de alevinos de jundiá, *Rhamdia quelen*, ao *Ichthyophthirius multifiliis*, **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 29, n. 1, p. 93-99, 2007.

Chayapechara, S.; Casten, M. T.; Hardy, R. W.; Dong, F. M. Fish performance, fillet characteristics, and health assessment index of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets containing adequate and high concentrations of lipid and vitamin E, **Aquaculture**, v. 219 p. 715–738, 2003.

Coldebella, I.; Radünz Neto, J. Farelo de soja na alimentação de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, v. 32, p. 499-503, 2002.

Cunha, M. A.; Barros, F. M. C.; Garcia, L. O.; Veeck, A. P. L.; Heinzmann, B. M.; Loro, V. L.; Emanuelli, T.; Baldisserotto, B. Essential oil of *Lippia alba*: a new anesthetic for silver catfish, *Rhamdia quelen*. **Aquaculture**, v. 306, p. 403-406, 2010.

Cyrino, J. E.; Bicudo A. J. A.; Sado R.Y.; Borghesi R.; Dairiki J. K. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.68-87, 2010.

Deng, J.; An, Q.; Bi, B.; Wang, Q.; Kong, L.; Tao, L.; Zhang, X. Effect of ethanolic extract of propolis on growth performance and plasma biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 37, p. 959–967, 2011.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), **Fishery and Aquaculture Statistics**, 2010.

Fontagné, S.; Bazin, D.; Brèque, J.; Vachot, C.; Bernarde, C.; Roualt, T.; Bergot, P. Effects of dietary oxidized lipid and vitamin A on the early development and antioxidant status of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) larvae, **Aquaculture**, v. 257, p. 400–411, 2006.

Gao, J.; Koshio, S.; Ishikawa, M.; Yokoyama, S.; Mamauag, R. E. P.; Han, Y. Effects of dietary oxidized fish oil with vitamin E supplementation on growth performance and reduction of lipid peroxidation in tissues and blood of red se bream *Pagrus major* **Aquaculture**, v. 356-357, p.73–79, 2012.

Gonçalves, A. C. S.; Murgas, L. D. S.; Rosa, P. V.; Navarro, R. D.; Costa, D. V.; Teixeira, E. A., Desempenho produtivo de tambacus alimentados com dietas suplementadas com vitamina E. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 9, p. 1005-1011, 2010.

Halliwell, B.; Gutteridge, J. M. C. Free radicals in biology and medicine. **International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, v. 31, p. 1454-1468, 1999.

Hamre, K. Metabolism interactions requirements and functions of vitamin E in Fish, **Aquaculture Nutrition**, v.17, p. 98–115, 2011.

Hernández D. R.; Santinón J. J.; Sánchez S.; Domitrovic H. A. Effects of prebiotics on growth and survival of silver catfish (*Rhamdia quelen*) juveniles. **Interciência**, v. 37, n. 8, 2012.

Lazzari, R.; Radünz Neto, J.; Pedron, F.A.; Veiverberg, C.A.; Bergamin, G.T.; Lima, R.L.; Emanuelli T.; Steffens. C. Desempenho e composição dos filés de jundiás (*Rhamdia quelen*) submetidos a diferentes dietas na fase de recria. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 2, p. 477-484, 2008.

Lim, C.; Yildirim-Aksoy, M.; Welker, T.; Klesius, P. H. Growth performance, immune response, and resistance to *Streptococcus iniae* of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed diets containing various levels of vitamins C and E. **Journal Of The World Aquaculture Society**, v. 41, n. 1, p. 35-48, 2010.

Lim, Y. H.; Shiau, S. H. Dietary vitamin E requirement of grouper, *Epinephelus malabaricus*, at two lipid levels, and their effects on immune responses. **Aquaculture**, v. 248, p. 235– 244, 2005.

Martínez-Álvarez, R. M.; Morales, A. E.; Sanz, A. Defenses in fish: Biotic and abiotic factors. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v.15, p. 75–88, 2005.

Mourente, G.; Bell, J. G.; Tocher, D. R. Does dietary tocopherol level affect fatty acid metabolism in fish? **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 33, p. 269–280, 2007.

Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA). **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura (Brasil 2010)**. Brasília, 2012. 129 p.

Navarro, R. D.; Ferreira, W. M.; Ribeiro Filho, O. P.; Veloso, D. P.; Fontes, D. O.; Silva, R. F. Desempenho de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) suplementada com vitamina E, **Archivos de Zootecnia**. v. 59, n. 226, p. 185-194, 2010.

National Research Council (NRC). **Nutrient requirements of fish and shrimp**. The National Academies Press. Washington, 2011, 376 p.

Paul, B. N.; Sarkar, S.; Mohanty, S. N.; Dietary vitamin E requirement of mrigal, *Cirrhinus mrigala fry*, **Aquaculture**, v.242, p. 529–536, 2004.

Pavanato, M.A.; Llesuy, S.F. Espécies ativas de oxigênio e de nitrogênio. In: Marroni, N. P. (org). **Estresse oxidativo e inflamação: dos modelos experimentais à clínica**. Canoas: ULBRA, p. 12-24, 2008.

Peng, L. I.; Gatlin, D. M.; Dietary Vitamin E requirement of the red drum *Sciaenops ocellatus*, **Aquaculture Nutrition**, v. 15, p. 313–319, 2009.

Sado, R. Y.; Bicudo, A. J. A.; Cyrino, J. E. P. Growth and hematology of juvenile pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887) fed within creasing levels of vitamin E (DL- α -tocopherylacetate). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, n.1, p. 385-393, 2013.

Santos, L. R. B.; Oba, E. T. Dieta: ferramenta importante para o manejo dos peixes no cultivo. In: Tavares-Dias, M. (org). **Manejo e Sanidade de peixes em cultivo**. Embrapa Amapá, Macapá, 2009.

Sau, S. K.; Paul, B. N.; Mohanta, K. N.; Mohanty, S. N. Dietary vitamin E requirement, fish performance and carcass composition of rohu (*Labeo rohita*) fry. **Aquaculture**, v. 240, p. 359–368, 2004.

Shiau, S.Y.; Hsu, C. Y. Vitamin E sparing effect by dietary vitamin C in juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 210, p. 335–342, 2002.

Sies, H. Oxidative stress: from basic research to clinical application. **American Journal of Medicine**, v. 91, n. 3, p. 31-37, 1991.

Spada, P.K.W.D.S.; Silva, C.O. Antioxidantes não enzimáticos. In: Salvador M.; Henriques J.A. **Radicais livres e a resposta ao estresse oxidativo**. Canoas: Ulbra, 2004, 204p.

Tacon, A. G. J.; Forster, I.P. Aquafeeds and the environment: policy implications. **Aquaculture**, v. 226, p. 181-189, 2003.

Veeck, A.P.L.; Klein, B.; Ferreira, L.F.; Becker, A.G.; Heldwein, C.G.; Heinzmann, B. M.; Baldisserotto, B.; Emanuelli, T. Lipid stability during the frozen storage of fillets from silver catfish exposed in vivo to the essential oil of *Lippia alba* (Mill.) NE Brown. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, p. 955-960, 2013.

Zhang, X. D.; Wu, T. X.; Cai, L. S.; Zhu, Y. F.; Effects of α -tocopheryl acetate supplementation in preslaughter diet on antioxidant enzyme activities and fillet quality of commercial-size *Sparus macrocephalus* **Journal of Zhejiang University, SCIENCE B**, v 8, n. 9, p. 680-685, 2007.

Zheng, Z. L.; Tan, J. Y. W.; Liu, H. Y.; Zhou, X. H.; Xiang, X.; Wang, K. Y. Evaluation of oregano essential oil (*Origanum heracleoticum* L.) on growth, antioxidant, effect and resistance against *Aeromonas hydrophila* in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**, v. 292, p. 214-218, 2009.

7. ANEXOS

ANEXO A - Imagem do sistema de recirculação de água do laboratório de piscicultura da UFSM (Campus de Palmeira das Missões).



Anexo B - Imagem de um exemplar de juvenil de jundiá utilizado durante o ensaio no laboratório de piscicultura da UFSM (Campus de Palmeira das Missões).

