# UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**ELENICE SOUZA DOS REIS GOES** 

# SUPLEMENTAÇÃO DE SELÊNIO E VITAMINA E EM DIETAS PARA O PACU

(Piaractus mesopotamicus)

# UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

#### **ELENICE SOUZA DOS REIS GOES**

## SUPLEMENTAÇÃO DE SELÊNIO E VITAMINA E EM DIETAS PARA O PACU

(Piaractus mesopotamicus)

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador: Prof. Dr. Aldi Feiden

Co-Orientador: Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo

### Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) (Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

```
Goes, Elenice Souza Dos Reis
G598s
          Suplementação de selênio e vitamina E em dietas para o
        pacu (Piaractus mesopotamicus) / Elenice Souza Dos Reis Goes
         - Marechal Cândido Rondon, 2012.
          56 p.
          Orientador: Prof. Dr. Aldi Feiden
          Co-Orientador: Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo
           Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade
        Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido
        Rondon, 2012.
           1. Pacu - Suplementação de selênio - Dieta. 2. Pacu -
        Vitamina E - Dieta. 3. Pacu - Antioxidantes na dieta. 4. Pacu - Oxidação lipídica. 5. Piaractus mesopotamicus. 6.
        Piscicultura. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
        II. Título.
                                                        CDD 22.ed. 639.31
                                                            CIP-NBR 12899
```

Ficha catalográfica elaborado por Marcia Elisa Sbaraini Leitzke CRB-9/539

# UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

#### **ELENICE SOUZA DOS REIS GOES**

# SUPLEMENTAÇÃO DE SELÊNIO E VITAMINA E EM DIETAS PARA O PACU (Piaractus mesopotamicus)

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal e Forragicultura, para a obtenção do título de "Mestre em Zootecnia".

Marechal Cândido Rondon, 24 de fevereiro de 2012.

#### **BANCA EXAMINADORA**

Aldi Feiden (orientador)	
Altevir Signor	
Rafael Lazzari	

Aos meus pais Nilce (in memorian) e Valdomiro, que nunca mediram esforços para me apoiar em meus estudos. E ao meu marido Marcio, por me ajudar a vencer mais essa etapa.

**Dedico** 

#### **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná e Programa de Pós Graduação em Zootecnia, pela oportunidade oferecida para realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Grupo de Estudos e Manejo em Aquicultura (GEMAq), pela estrutura disponibilizada para realização do experimento.

Ao Instituto Água Viva, pelo auxílio financeiro na compra dos reagentes e logística do experimento.

Ao meu orientador Aldi Feiden, que desde 2004 (quando fui sua PIBIC-Júnior), me incentiva a continuar estudando.

Ao professor e co-orientador Wilson Rogério Boscolo, pelos ensinamentos e dicas no desenvolvimento do trabalho.

Ao professor Altevir Signor, por me ajudar no delineamento do experimento e nas análises estatísticas.

À banca examinadora desta dissertação, pelas correções e dicas para aperfeiçoar este trabalho.

Ao meu esposo Marcio Douglas Goes, pelo auxílio na montagem da estrutura, instalação, condução, finalização do experimento e análises posteriores. Sem seu incentivo e ajuda sempre presente este trabalho não teria acontecido.

Aos colegas que auxiliaram na instalação e término do experimento: Micheli Zaminhan, Joana Karin Finkler, Jakeline Marcela Azambuja de Freitas, Ariane Furtado de Lima, Edionei Maico Fries, Sidnei Klein, Dacley Hertes Neu, Graciela de Souza, Juliana Cristina Veit, Ana Karina Marquioro, Junior Antonio Decarli e Arcângelo Augusto Signor, meu muito obrigada. À Jovana Silva Garbelini, por me ajudar nas análises de oxidação lipídica. Ao Eliézer de Souza dos Reis, pela ajuda nas traduções.

E acima de tudo, agradeço a Deus por tantas coisas boas que Ele faz em minha vida.

#### **RESUMO**

## SUPLEMENTAÇÃO DE SELÊNIO E VITAMINA E EM DIETAS PARA O PACU

(Piaractus mesopotamicus)

Este estudo teve por objetivo avaliar a suplementação de selênio e vitamina E na dieta sobre o desempenho produtivo, rendimentos corporais, composição centesimal e estabilidade lipídica do pacu. Foram utilizados 720 juvenis de pacu (peso inicial 43,52±1,03g), distribuídos em 36 tanques-rede de 1m³ cada, instalados ao acaso em um tanque de alvenaria com 200m². Durante 100 dias, os animais foram alimentados até a saciedade aparente, duas vezes ao dia, com dietas base contendo 26% de proteína bruta e 3000 Kcal de energia digestível/kg. Cada dieta foi suplementada com 4 níveis de selênio (0, 1, 2 e 4 mg/kg de ração) combinados com 3 níveis de vitamina E (0, 100 e 200 mg/kg de ração), em um esquema fatorial 4x3, totalizando assim doze tratamentos, com três repetições para cada nível. Ao final do experimento, os peixes permaneceram em jejum por 24 horas, sendo insensibilizados em benzocaína e feitas as análises de desempenho produtivo (comprimentos total e padrão, ganho de peso, conversão alimentar aparente e sobrevivência) e dos rendimentos corporais (carcaça, tronco limpo, cabeça, gordura visceral e índice hepatossomático). Os troncos limpos foram armazenados sob congelamento para análise da composição centesimal (umidade, proteína, lipídeos e cinzas), e nos dias 60, 90 e 120 foi realizada análise de oxidação lipídica através das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico. Os níveis de selênio (0, 1, 2 e 4 mg/kg de ração) combinados com níveis de vitamina E (0, 100 e 200 mg/kg de ração) não influenciaram (p>0,05) no desempenho produtivo, rendimentos corporais e composição centesimal de juvenis de pacu (P. mesopotamicus). Estes parâmetros variaram de acordo com os encontrados por outros autores para a espécie. A interação entre níveis de selênio e vitamina E não influenciou (p>0,05) na estabilidade lipídica de troncos limpos de pacu; porém avaliando apenas os níveis de vitamina E, o nível de 200 mg de vitamina E/kg de ração diminui a oxidação lipídica em 90 e 120 dias de estocagem. Somente o nível 0 Se + 0 vitamina E/kg de ração foi influenciado pelo tempo de estocagem, sendo que a maior taxa de oxidação lipídica foi verificada com 120 dias de estocagem. Conclui-se que o nível 1 mg selênio + 200 mg vitamina E/kg de ração mantém o desempenho, rendimentos corporais e composição centesimal de juvenis de pacus (*P. mesopotamicus*), além de diminuir a oxidação lipídica após 90 dias de estocagem sob congelamento.

PALAVRAS-CHAVE: espécie nativa; antioxidantes na dieta; oxidação lipídica.

#### **ABSTRACT**

#### SELENIUM AND VITAMIN E SUPPLEMENTATION IN DIETS FOR PACU

(Piaractus mesopotamicus)

This study aimed to evaluate the effect of levels of selenium and vitamin E on the productive performance, body earning and lipid stability of pacu. Were used 720 juvenile pacu (initial weight 43,52±1,03g), distributed in a completely randomized design with 36 cages of 1m<sup>3</sup> each, installed in a masonry tank with 200m<sup>2</sup>. For 100 days, the animals were fed until apparent satiation, twice a day, with based diet containing 26% of crude protein and 3000 Kcal of disgestible energy/kg. Each diet was supplemented with 4 levels of selenium (0, 1, 2 and 4 mg/kg of ration) combined with 3 levels of vitamin E (0, 100 and 200 mg/kg of ration), in a factorial scheme of 4x3, totaling twelve treatments, with three repetitions for each level. At the end of the experimental period, the fish fasted for 24 hours, and then performed the procedures for analysis of productive performance (total and standart lengths, weight gain, feed conversion ratio and survival) and of body earning (carcass, clean torso, head, visceral fat and hepatosomatic index). The clean torsos were stored under freezing for analysis of centesimal composition (humidity, protein, lipid and ash), and on days 60, 90 e 120 was performed analysis of lipid oxidation by thiobarbituric acid reactive substances. The levels of selenium (0, 1, 2 and 4 mg/kg of ration) combined with vitamin E levels (0, 100 and 200 mg/kg of ration) did not influence (p>0,05) on productive performance, body earning, physical and chemical composition of juvenile pacu (P. mesopotamicus). These parameters varied in accordance with the findings of other authors for the species. The interaction between levels of selenium and vitamin E did not influence (p>0,05) the lipid stability of clean torsos of pacu; however, evaluating only levels of vitamin E, the level of 200 mg vitamin E/kg of ration decreases the lipid oxidation in 90 and 120 days of storage. Just the level 0 Se + 0 vitamin E/kg of ration was influenced by storage time, and the highest rate of lipid oxidation was verified with 120 days of storage. The conclusion is that the level of 1 mg selenium + 200 mg vitamin E/kg of ration keeps the performance, body earnings and centesimal composition of juvenile pacu (P. mesopotamicus), besides reducing the lipid oxidation after 90 days of under freezing storage.

**KEY WORDS:** native species, dietary antioxidants, lipid oxidation

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Mecanismo de ação da glutationa peroxidase.	15
Figura 2. Estrutura utilizada para condução do experimento.	26
Figura 3. Variação da temperatura (°C) durante o experimento	30
Figura 4. Relações entre os níveis de vitamina E e a formação de substâncias reativas ao	ácido
tiobarbitúrico nos diferentes tempos de estocagem	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Exigências de selênio para algumas espécies de peixe
Tabela 2. Exigências de vitamina E para algumas espécies de peixe
Tabela 3. Composição percentual e exigências nutricionais da ração basal utilizada27
Tabela 4. Médias de comprimento total (CT em cm), comprimento padrão (CP em cm), ganho
de peso (GP em g) conversão alimentar aparente (CAA) e sobrevivência (SO em %) de pacus
Piaractus mesopotamicus suplementados com diferentes níveis de selênio e vitamina E32
Tabela 5. Rendimento da carcaça (%), rendimento do tronco limpo (%), porcentagem da
cabeça, índice da gordura intraperitoneal (IGI em %) e índice hepatossomático (IHS %) de
pacus Piaractus mesopotamicus alimentados com diferentes níveis de selênio e vitamina E.35
Tabela 6. Níveis de glicose plasmática (mg/dL), proteína total sérica (g/dL) de pacus
Piaractus mesopotamicus alimentados com diferentes níveis de selênio e vitamina E37
Tabela 7. Médias de umidade, proteína, lipídeos e cinzas de troncos limpos de pacus
(Piaractus mesopotamicus) alimentados com diferentes níveis de selênio e vitamina E38
Tabela 8. Valores médios de oxidação lipídica, pela formação de substâncias reativas ao ácido
tiobarbitúrico (mg malonaldeído/kg de tronco limpo) de pacus suplementados com diferentes
inclusões de selênio e vitamina E na dieta, durante a estocagem sob congelamento40

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Pacu (Piaractus mesopotamicus)	12
2.2 Metabolismo oxidativo	13
2.3 Sistema antioxidante	14
2.4 Selênio	16
2.5 Vitamina E	17
2.6 Interações entre selênio e vitamina E	18
2.7 Exigências de selênio e vitamina E para peixes	18
2.8 Deterioração do pescado	20
2.8.1 Oxidação lipídica	21
2.8.1.1 Métodos de análise da oxidação lipídica	
3 SUPLEMENTAÇÃO DE SELÊNIO E VITAMINA E EM DIETA	AS PARA O PACU
(Piaractus mesopotamicus)	24
3.1 Introdução	24
3.2 Materiais e métodos	25
3.2.1 Análises bioquímicas do sangue	28
3.2.2 Desempenho produtivo e parâmetros corporais	28
3.2.3 Análises químicas	29
3.2.4 Análises dos dados	29
3.3 Resultados e discussão	30
3.3.1 Qualidade da água	30
3.3.2 Desempenho produtivo	31
3.3.3 Parâmetros corporais	34
3.3.4 Análises bioquímicas do sangue	36
3.3.5 Composição centesimal	
3.3.6 Oxidação lipídica	
3.4 Conclusão	43
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	<b>4</b> 4
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

## 1 INTRODUÇÃO

O pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) é uma espécie nativa da bacia do Prata, e devido ao seu rápido crescimento, rusticidade durante a engorda e excelente qualidade da carne, é uma espécie alternativa para a aquicultura.

O oxigênio é fundamental para os organismos aeróbios. Porém, seu consumo forma substâncias tóxicas a nível intra e extracelular, chamadas de espécies reativas de oxigênio (EROs), termo que inclui tanto radicais livres como não radicais. Para combater estas EROs, o organismo possui defesas antioxidantes. Estas defesas protegem a estrutura celular de danos oxidativos, e podem ser produzidas pelo próprio organismo ou adquiridos pela alimentação.

Dentre os antioxidantes, o selênio e a vitamina E são conhecidos pela sua atuação sinérgica. O selênio, além de estar envolvido em muitas funções fisiológicas, é parte integrante da enzima glutationa peroxidase (GPx), que atua como antioxidante. A vitamina E protege a membrana celular da oxidação de ácidos graxos e colesterol, diminuindo a produção de radicais livres. Mesmo em quantidades adequadas de vitamina E peróxidos são formados, e a GPx age no combate a estas substâncias. Estruturas com baixa atividade da enzima GPx podem ser protegidos pela vitamina E. A presença do selênio reduz a demanda por vitamina E, ao mesmo tempo em que a vitamina E poupa o selênio, potencializando assim suas ações no organismo.

Como tem função essencial no organismo dos peixes, a suplementação com minerais e vitaminas pode influenciar no desempenho produtivo dos mesmos. Além de ter importantes funções no organismo vivo, os antioxidantes provenientes da dieta podem diminuir a oxidação dos lipídeos no tecido pós-morte. Por exemplo, muitos estudos com a suplementação de vitamina E em dietas para peixes mostraram sua ação antioxidante tanto in vivo quanto na redução da oxidação pós-morte, melhorando a conservação dos peixes durante a estocagem. Contudo, estudos envolvendo a relação entre selênio e vitamina E para o pacu (*P. mesopotamicus*), tanto no desempenho como na oxidação lipídica pós-morte, não foram encontrados na literatura atual.

Assim, este estudo teve por objetivo avaliar os efeitos antioxidantes da suplementação de selênio e vitamina E na dieta sobre o desempenho produtivo, rendimentos corporais, composição centesimal e estabilidade lipídica do pacu.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 Pacu (Piaractus mesopotamicus)

O pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887), pertence à superordem Ostariophysii, ordem Characiformes, família Characidae e subfamília Myleinae. Esta espécie é nativa da bacia do Prata, e apresenta maior distribuição nas planícies alagadas da região Centro-Oeste, no Pantanal do Mato Grosso (Petrere, 1989). Segundo Urbinati e Gonçalves (2005), o pacu é um dos peixes mais estudados no Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil.

Com hábito alimentar onívoro, o pacu destaca-se por sua alta taxa de crescimento, fácil adaptação a sistemas de aquicultura e elevada fecundidade (Castagnolli e Zuim, 1985; Sampaio et al., 2008). Aliado a estes fatores está a excelente qualidade da carne do pacu, com boa aceitação pelos consumidores, o que torna esta espécie uma alternativa para a produção aquícola (Jomori et al., 2003).

No Brasil, a produção de tambaqui, tambacu e pacu em 2010 representou 24,6% do total produzido pela aquicultura continental, sendo que o pacu teve sua participação com 21.245,1 toneladas (Ministério da Pesca e Aquicultura, 2012). Percebe-se que a intensificação da produção de peixes redondos é limitada pela presença de espinhas em "Y" na sua musculatura, entretanto, atualmente existem cortes específicos que possibilitam sua retirada, viabilizando os cortes do tipo filé (Bittencourt, 2008).

Em trabalho sobre o processamento do pacu *P. mesopotamicus* cultivado em tanquerede, Bombardelli *et al.* (2007) obtiveram rendimento de carcaça variando entre 81,30 a 84,40%, tronco limpo (parte útil do pescado) entre 56,24 e 58,73% e rendimento do filé de 22,41 a 24,09%. Assim, o alto rendimento do tronco limpo faz com que o pacu possa ser utilizado como matéria-prima para a produção de carne mecanicamente separada (CMS), obtida com o uso de máquinas desossadeiras. A CMS pode ser utilizada como base para a fabricação em larga escala de produtos com alto valor agregado, como *fishburguers*, empanados e embutidos (Sary et al., 2009).

Boscolo et al. (2010), em um manual com diversos trabalhos envolvendo a criação de pacus em tanques-rede para a produção de CMS, demonstraram a sua viabilidade técnica e

econômica, evidenciando assim o potencial do pacu para incrementar a produção aquícola nacional.

#### 2.2 Metabolismo oxidativo

O oxigênio é essencial para os organismos aeróbios, sendo utilizado na produção de energia através da cadeia transportadora de elétrons na mitocôndria dos eucariotos e na membrana celular de muitas bactérias, além de ser necessário e em inúmeras vias metabólicas (Trevisan, 2010). Ao mesmo tempo, o consumo de oxigênio é capaz de formar substâncias tóxicas intra e extracelulares, geradas durante o transporte de elétrons, reações enzimáticas, reações de auto-oxidação, ou ainda, pelo grupo heme de proteínas, e são comumente chamadas de espécies reativas de oxigênio (EROs) (Trevisan, 2010). Este termo inclui radicais livres como: radical hidroxila (OH\*), radical óxido nítrico (N\*O), radical superóxido (O2\*-), radical peroxila (LOO\*) e não radicais como: peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), ácido hipocloroso (HClO), oxigênio "singlet" (¹O<sub>2</sub>) e ozônio (O<sub>3</sub>) (Aruoma, 1993).

Em baixas concentrações, as EROs são benéficas e necessárias para os processos metabólicos normais, bem como nas defesas antimicrobianas, contribuindo com a atividade bactericida fagocítica (Puangkaw et al., 2005). Porém, alta quantidade ou remoção inadequada de EROs resultam no estresse oxidativo, podendo causar severos danos metabólicos (Halliwell e Gutteridge, 2007). Os danos oxidativos causados pelas EROs a biomoléculas podem ser divididos em três tipos: peroxidação lipídica, oxidação de proteínas e oxidação do DNA (Ramakrishnan et al., 2007.

Todos os componentes celulares são suscetíveis à ação das EROs, porém a membrana é um dos mais atingidos em decorrência da peroxidação lipídica, que acarreta alterações em sua estrutura e permeabilidade (Nicolodi, 2008). Esta lipoperoxidação é desencadeada pela reação do radical hidroxil com biomoléculas, onde ocorre a separação de um átomo de hidrogênio. Assim, há perda da seletividade na troca iônica e liberação do conteúdo de organelas, como as enzimas hidrolíticas dos lisossomas, e formação de produtos citotóxicos (malonaldeído), culminando com a morte celular (Hershko, 1989; Ferreira e Matsubara, 1997; Nordberger e Arner, 2001; citados por Nicolodi, 2008).

Existem poucos estudos sobre o metabolismo antioxidante em peixes, principalmente com peixes tropicais (Avilez, 2008). Entretanto, o ambiente aquático recebe diariamente muito poluentes aquáticos que tem potencial para causar estresse oxidativo em organismos aquáticos e disfunções em órgãos (Valavanidis et al, 2006).

#### 2.3 Sistema antioxidante

Para evitar o efeito deletério das EROs geradas no metabolismo aeróbio, a célula possui várias defesas chamadas de defesas antioxidantes, que podem ser produzidas endogenamente ou adquiridas pela alimentação. Estas defesas apresentam três formas de atuação: evitar a formação de EROs, a neutralização destas espécies reativas e a reparação de danos ocasionados por elas (Trevisan, 2010). Desta forma, o termo antioxidante pode ser considerado como qualquer substância que atrase, previna ou remova o dano oxidativo de uma molécula-alvo (Halliwell e Gutteridge, 2007).

As defesas antioxidantes da célula podem ser enzimáticas ou não-enzimáticas. Os antioxidantes enzimáticos são considerados o mecanismo primário de proteção antioxidante, que cataliticamente limpam os intermediários na redução do oxigênio: os caçadores de EROs (Sampaio, 2003). As defesas antioxidantes enzimáticas são: enzimas superóxido dismutase, catalase, glutationa redutase, glutationa peroxidase, tioredoxina redutase, peroxiredoxina e glicose-6 fosfato desidrogenase (Trevisan, 2010).

Destas, destaca-se a glutationa peroxidase (GPx), enzima que possui selênio em seu sítio ativo. O selênio está presente na forma de selenocisteína, uma cisteína com um selênio no lugar do átomo de enxofre, o qual é facilmente ionizável em pH fisiológico (Halliwell e Gutteridge, 2007). Encontrada em tecidos animais e em algumas algas e fungos, a GPx utiliza como substrato o composto tiol glutationa, um tripeptídeo de baixo peso molecular, encontrado em maiores concentrações na sua forma reduzida do que na sua forma oxidada (Sampaio, 2003). A GPx também participa na cadeia de reações que catalizam a formação de prostaglandinas, leucotrienos, prostaciclinas e tromboxanos a partir do acido araquidônico (Stadtman, 1990), e está relacionada com o funcionamento do sistema imunológico (Hurley e Doane, 1989).

O mecanismo de ação da glutationa peroxidase pode ser observado na Figura 1. O selenol, (ESeH) forma reduzida da selenocisteína, é oxidado por peróxidos a ácido selênico (ESeOH). Em sequência, uma glutationa (GSH) reage com o ácido selênico, formando o selenil dissulfeto (ESeSG). Uma segunda molécula de GSH ataca o enxofre dessa molécula, gerando dissulfeto de glutationa (GSSG) e regenerando o selenol, completando o ciclo catalítico (Ren et al., 2001).

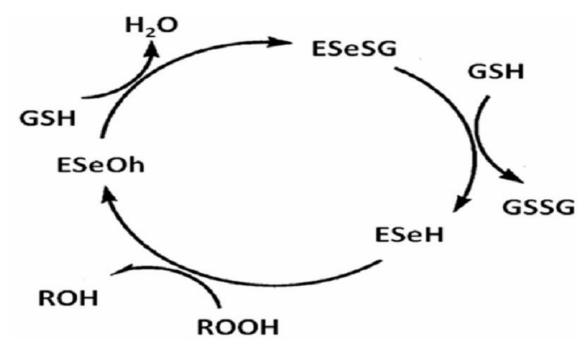


Figura 1. Mecanismo de ação da glutationa peroxidase. (Ren et al., 2001)

Os antioxidantes não-enzimáticos possuem papel importante na proteção de macromoléculas contra possíveis danos oxidativos principalmente no plasma, que possui pouca defesa enzimática (Chan, 1996). Entre as principais defesas não-enzimáticas estão as vitaminas C e E, carotenóides, flavonóides, pigmentos biliares, urato e o tripeptídeo glutationa, todos sendo captadores de radicais (Trevisan, 2010). Destes, a vitamina E possui papel importante na proteção contra processos de peroxidação lipídica (Gonzáles-Flecha et al., 1991).

Assim como os outros vertebrados, os peixes possuem as mesmas defesas antioxidantes, enzimáticas e não-enzimáticas. Estas defesas protegem os animais aquáticos do estresse oxidativo resultante da sua exposição a agentes como xenobióticos, desbalanço nutricional e hipóxia (Chow, 1991; Henrique et al., 1998), já que os peixes estão expostos diariamente a mudanças sazonais de temperatura e oxigênio. Entretanto, em comparação com

outros vertebrados, os peixes parecem exibir atividade mais baixa das enzimas superóxido dismutase e catalase, porém a atividade da glutationa peroxidase é muito mais alta que em outros vertebrados (Valavadinis et al, 2006).

#### 2.4 Selênio

O selênio (Se) é um micronutriente essencial na nutrição humana e animal, incluindo os peixes (Watanabe et al., 1997). Além de ser constituinte de várias selenoproteínas, o selênio é co-fator e parte integrante da enzima glutationa peroxidase (GPx) (Rotruck et al., 1973).

A enzima glutationa peroxidase está relacionada com o combate aos radicais livres, por meio da destruição de hidroperóxidos, antes que haja agressão à integridade das membranas, portanto tem efeito direto na integridade das membranas e na proteção contra degeneração oxidativa dos tecidos (Haddad e Alves, 2006).

O selênio está envolvido em várias funções fisiológicas, possui efeito antioxidante e atua como modulador do sistema imune, incluindo nas barreiras contra infecções e o efeito sobre a ação dos macrófagos (Nicolodi, 2008).

Assim, o selênio desempenha papel importante na defesa antioxidante do organismo. Sua deficiência diminui a atividade da enzima GPx, componente do sistema antioxidante, deixando a células exposta a ação nociva das EROs, o que produz alterações na estrutura de lipídios, proteínas, polissacarídeos, DNA e outras macromoléculas celulares (Miller et al., 1993). Esses fatores podem resultar na redução de crescimento, fertilidade e produção de anticorpos (NRC, 1993).

Estudos mostram que a suplementação com selênio tem efeito positivo sobre o conteúdo plasmático da GPx, indicando que a sua suplementação na dieta pode atuar no combate a EROs e ao estresse oxidativo (Lucena, 2010).

Além dessas funções, segundo Watanabe et al. (1997) o selênio é essencial durante o desenvolvimento embrionário, porque combate os radicais livres que deterioram a membrana do ovo além de participar do desenvolvimento e maturação dos espermatozóides.

O selenito e selenato são fontes inorgânicas de selênio, enquanto que o Se-metionina, o Se-cistina e o Se-cisteína são compostos orgânicos desse mineral (Sampaio et al., 2004).

#### 2.5 Vitamina E

A vitamina E é uma vitamina lipossolúvel, e corresponde a uma série de compostos chamados tocoferóis e tocotrienóis. Na natureza são encontradas oito formas de vitamina E  $(\alpha, \beta, \delta, \gamma)$  tocoferols e tocotrienols), que diferem entre si na localização do grupo metila do anel aromático (Devlin, 1997). A forma biologicamente mais ativa da vitamina E é a  $\alpha$ -tocoferol, que é a mais comumente encontrada nos alimentos (Ferreira et al., 2007), principalmente nos óleos vegetais e sementes oleaginosas (Oliveira et al., 2005). O  $\alpha$ -tocoferol é um potente antioxidante biológico que pode proteger as membranas biológicas e componentes lipídicos contendo ácidos graxos insaturados contra o ataque de radicais livres de oxigênio (Huang e Huang, 2004).

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 (Sampaio et al., 2004). Ela é capaz de quelar formas reativas de oxigênio, diminuindo a formação de peróxidos, já que muitas dessas moléculas são auto-tóxicas, e podem destruir neutrófilos e macrófagos (Nicolodi, 2008). Dessa forma essa vitamina protege a membrana lipídica, receptores e outros componentes celulares envolvidos na modulação da resposta imunológica (Meydani et al., 1997).

Menores quantidades de vitamina E nas dietas levam à diminuição de sua concentração nos músculos e ao aumento da atividade oxidante do organismo, o que resulta em altas concentrações de peróxidos lipídicos (Tocher et al., 2002; Guerra et al. 2004). Muitos fatores como o teor e origem dos lipídeos na dieta, presença de antioxidantes e enzimas antioxidantes no sistema de alimentação podem afetar a exigência dietética de vitamina E dos peixes (Huang e Huang, 2004).

A vitamina E também apresenta sinergismo com a vitamina C, prevenindo a oxidação de lipídeos no organismo. A capacidade redutora da vitamina C recupera as formas intermediárias de α-tocoferol até seu estado inicial, criando um efeito "economizador" de vitamina E para o organismo (Almeida, 2003).

Outros estudos mostram que a deficiência de vitamina E nas dietas de peixes submetidos a estresse provoca uma baixa resistência, elevação de cortisol, alterações

hematológicas e imunológicas e uma diminuição na taxa de crescimento e sobrevivência (Chen et al., 2004; Belo et al., 2005).

#### 2.6 Interações entre selênio e vitamina E

O selênio e a vitamina E atuam em sinergismo, visto que protegem as membranas celulares contra a degeneração oxidativa. O selênio não pode proteger os componentes teciduais ou celulares que apresentem baixa concentração da enzima glutationa peroxidase (Harper, 1973). No entanto, esses podem ser protegidos pela vitamina E, que atua como antioxidante por diferentes mecanismos, o qual não necessita da glutationa peroxidase (Sampaio et al., 2004).

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 (Sampaio et al., 2004). Esses dois nutrientes conjuntamente constituem os principais agentes antioxidantes no organismo (Devlin, 1997).

O selênio poupa a vitamina E de três formas, pois a) mantêm a integridade do pâncreas, permitindo digestão normal de gordura e então absorção normal de vitamina E, b) reduz a quantidade de vitamina E exigida para manter a integridade da membrana via GPx, c) age de algum modo na retenção de vitamina E no plasma sanguíneo. A vitamina E reduz a exigência de selênio em pelo menos duas maneiras: a) mantêm o selênio corporal em sua forma ativa ou previne perdas pelo corpo; b) previne a destruição de lipídeos de membrana, inibindo a produção de cadeias de peróxidos, reduzindo a quantidade de GPx necessária para destruir os peróxidos formados na célula (McDowell, 1989).

#### 2.7 Exigências de selênio e vitamina E para peixes

A exigência mínima de selênio na dieta é amplamente dependente do nível de vitamina E utilizado e, a faixa de variação encontra-se entre 0,20 e 0,50 mg de Se/kg da dieta

(Sampaio, 2003). Lin e Shiau (2005) relatam faixa entre 0,25 e 0,80 mg de Se/kg, de acordo com a espécie estudada. A Tabela 1 mostra exigências de selênio para diversas espécies.

Tabela 1. Exigências de selênio para algumas espécies de peixe.

Exigência	Fonte	
0.15 ma de selenito de sódio/ka	Poston e Combs (1979)	
0,13 mg de selemto de sodio/kg	Toston e Comos (1979)	
0.25 ma de calenite de cádio/ka	Gatlin e Wilson (1984)	
0,23 mg de selemto de sodio/kg		
0,38 mg de selenito de sódio/kg	Hilton et al. (1980)	
0,8 mg de selenometionina/kg	Lin e Shiau (2005).	
	0,15 mg de selenito de sódio/kg 0,25 mg de selenito de sódio/kg 0,38 mg de selenito de sódio/kg	

A exigência de vitamina E também é variável de acordo com a espécie, e algumas exigências podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2. Exigências de vitamina E para algumas espécies de peixe

Espécie	Exigência de vitamina E	Fonte	
	10 mg/kg em dietas com		
Tilánia (Oracalmamia auraus)	3% de lipídios e 25	Poom et al. (1000)	
Tilápia (Oreochromis aureus)	mg/kg com 6% de	Roem et al. (1990)	
	lipídios		
Salmão (Oncorhynchus tshawytscha)	299 mg/kg	Thorarinsson e Landolt	
		(1994)	
Sebastes Schlegeli	45,00 mg/kg	Sungchul e Lee (1998)	
Pacu (P. mesopotamicus)	87,2 mg/kg	Sado (2008)	
Tambacu (Colossoma Macropomum	400 m a /ls a	Consolves at al. (2010)	
X P. mesopotamicus)	400 mg /kg	Gonçalves et al. (2010)	

Vários trabalhos avaliaram a interação entre vitamina E e selênio em dietas para peixes. Bell e Cowey (1985), avaliando a interação entre a vitamina E e o selênio para truta arco íris, observaram que a combinação de 0,90 mg de Se/kg e 41,00 mg de tocoferol/kg da dieta foi suficiente para prevenir sinais de deficiência na espécie.

A mortalidade em alevinos de salmão (*S. salar*) alimentados com dieta deficiente em selênio foi prevenida quando esta continha 0,10 mg de Se/kg e 500,00 mg de vitamina E/kg da dieta (Poston et al., 1976). Na mesma espécie alimentada com uma dieta deficiente em Se por 26 semanas, os sinais da deficiência foram letargia, perda do apetite, redução do tônus muscular e mortalidade, sendo que o melhor crescimento foi com um nível de Se de 0,15 mg/kg (Poston e Combs, 1979)

Avaliando o crescimento e a atividade da glutationa peroxidase em bagre do canal, Gatlin e Wilson (1984) concluíram que, quando utilizaram nível adequado de vitamina E (30,00 mg/kg), a exigência estimada de selênio para a espécie foi de 0,25 mg/kg da dieta.

Para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), Sampaio (2003) indica exigência de 50,00 mg/kg da dieta de vitamina E e 0,25 mg/kg de selênio.

#### 2.8 Deterioração do pescado

A carne do pescado possui, em geral, características extremamente variáveis, contendo entre 60 e 85% de umidade, aproximadamente 20 % de proteína, 1 a 2 % de cinzas, 0,3 a 1 % de carboidratos e 0,6 a 36% de lipídeos (Ogawa e Maia, 1999). Estas características tornam o pescado um alimento muito perecível, quando comparado com outros alimentos *in natura*, pois apresenta uma vida-útil relativamente curta (Prentice e Sainz, 2005). Pescados e seus derivados são altamente suscetíveis à deterioração, devido à alta atividade de água, teor de proteína, pH neutro, presença de enzimas autolíticas e teores de gorduras insaturadas facilmente oxidáveis (Melo Franco e Landgraf, 1996; Liu et al., 2010).

Após a morte do peixe, as alterações se iniciam pela ação autolítica das enzimas musculares que hidrolisam proteínas e gorduras, vindo a seguir a ação dos microrganismos, provocando alterações químicas e físicas profundas no pescado (Kai e Morais, 1988).

No pescado vivo, enquanto as células estão utilizando oxigênio, o seu organismo realiza ao mesmo tempo reações de biossíntese e de decomposição. Entretanto, após a morte (em condições anaeróbias), as reações de decomposição passam a prevalecer (Ogawa e Ogawa, 1999). Os processos deteriorativos envolvem a atividade enzimática, a rancificação de gorduras e a ação de microorganismos presentes em sua superfície, brânquias e trato intestinal (Leitão, 1994).

Porém, os processos de deterioração química mais importantes são as alterações que ocorrem na fração lipídica do peixe (Huss, 1997), envolvendo os lipídeos e o oxigênio (autoxidação).

#### 2.8.1 Oxidação lipídica

Os lipídeos exercem importante papel alimentar como fonte energética, constituintes de membranas celulares, como fonte de nutrientes essenciais, entre outros (Ogawa e Maia, 1999). A fração lipídica do pescado é constituída por ácidos graxos com alto grau de insaturação (Chang et al., 1998). Os ácidos graxos essenciais também funcionam como componentes dos fosfolipídios de todas as membranas, e são responsáveis por várias funções metabólicas (Salem Jr., 1999).

No músculo, a rancificação da gordura é causada por compostos químicos ou espécies reativas ao oxigênio que causam quebra das ligações duplas nas frações fosfolipídicas das membranas celulares (Ruff et al., 2004).

A rancidez pode ser classificada como rancidez hidrolítica e rancidez oxidativa. A rancidez hidrolítica ocorre na presença de umidade devido a ação de enzimas lípases que catalisam a reação de hidrólise, liberando ácidos graxos. Já a rancidez oxidativa ou oxidação lipídica, ocorre devido à ação de enzimas lipoxigenases ou mediante ação não-enzimática, tais como a autoxidação e a fotoxidação (Coltro e Buratin, 2004).

Na autoxidação de lipídeos, são produzidos compostos chamados hidroperóxidos, que não conferem nenhum sabor, mas podem levar ao aparecimento de colorações castanhas ou amarelas no tecido do peixe (Vicente, 2005). Esses peróxidos são degradados a ácidos graxos de baixo peso molecular, aldeídos, cetonas e compostos carboxílicos (Ogawa, 1999), compostos com forte sabor de ranço.

Assim, a oxidação lipídica está na origem do desenvolvimento do ranço, da produção de compostos responsáveis por *off flavors* e *off odors*, da reversão e da ocorrência de um elevado número de reações de polimerização e de cisão (Silva et al., 1999), que diminuem a vida de prateleira e o valor nutritivo do alimento.

A oxidação lipídica envolve uma série de reações químicas entre o oxigênio atmosférico e os ácidos graxos insaturados dos lipídeos, chamada de autoxidação. Esta pode ser dividida em três fases: iniciação, propagação e terminação, conforme descrito a seguir por Ribeiro e Seravalli (2004). A iniciação ocorre quando um átomo de hidrogênio é retirado do

grupo metileno de um ácido graxo insaturado, levando à formação de um radical livre. O oxigênio adiciona-se ao radical livre e forma um radical peróxido, que participa de reações de decomposição e de formação de novos radicais livres. A iniciação pode começar naturalmente no alimento pela presença de íons metálicos, enzimas ou luz ultravioleta, e as características desta fase são a formação de radicais livres, consumo pequeno e lento de oxigênio, baixo nível de peróxidos, aroma e sabor inalterados.

Segundo os autores supracitados, a propagação inicia-se pelo fato de que, uma vez formado o radical livre, este reage com o oxigênio para formar um radical peróxido. Esses radicais são extremamente reativos e podem retirar átomos de hidrogênio de outros lipídios insaturados e, dessa maneira, propagar a reação de oxidação. Essa etapa caracteriza-se pela reação em cadeia de radicais livres, pelo alto consumo de oxigênio, pelo alto teor de peróxidos e pelo inicio de alterações de aroma e sabor (Ribeiro e Seravalli, 2004).

A terminação ocorre quando dois radicais livres interagem entre si, para formar diversas substâncias, terminando assim o papel deles como propagadores da reação. A característica dessa fase é a diminuição do consumo de oxigênio e a redução da concentração de peróxidos (Ribeiro e Seravalli, 2004).

#### 2.8.1.1 Métodos de análise da oxidação lipídica

Existem vários métodos químicos e físicos para quantificar a formação dos compostos resultantes da oxidação lipídica em carnes, como a determinação dos valores de peróxido, dienos conjugados (produzidos nos primeiros estágios da autoxidação), substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), teste de Kreis, HPLC (cromatografia liquida de precisão), entre outros (Jardine et al., 2002). Porém, os mais utilizados são o índice de peróxido e índice de TBARS.

No teste de TBARS, a substância reativa ao ácido tiobarbitúrico presente em maior quantidade é o malonaldeído (MDA) (Kamal-Edin e Appelqvist, 1996), um dialdeído derivado do hidroperóxido. A reação do teste de TBA envolve uma molécula de MDA que reage com duas moléculas de TBA, eliminando mais duas moléculas de água (Fogaça, 2005) formando um pigmento cristalino rosa com absorbância entre 532 a 535 nm (Hoyland e Taylor, 1991). Os valores resultantes do teste TBARS são expressos em mg de MDA/kg de amostra, e esses valores são correlacionados positivamente com o escore de rancificação

avaliado pela análise sensorial, sendo apropriado na determinação do estado de oxidação lipídica em alimentos (Hoyland & Taylor, 1991).

#### 2.9 Uso de antioxidantes na dieta

Os antioxidantes provenientes da dieta (vitaminas C, E e carotenóides) e seus cofatores (cobre, manganês, zinco, selênio, ferro e a riboflavina), podem manter o equilíbrio na produção e controle das espécies reativas ao oxigênio (Hamre et al., 2004), diminuindo o risco do desenvolvimento de doenças associadas ao acúmulo de radicais livres (Pompella, 1997). Os antioxidantes podem ainda aumentar a imunidade pela manutenção da integridade funcional e estrutural de importantes células imune (Nascimento, 2010).

Em peixes, a vitamina E é utilizada na suplementação de dietas com a finalidade de melhorar o crescimento, a resistência ao estresse e o sistema imunológico (Nascimento, 2010). O selênio é utilizado em dietas para peixes com a função de proteger as células contra o processo oxidativo e prevenir a ocorrência de doenças metabólicas e infecciosas, possui importante papel nas selenoenzimas como a glutationa peroxidase (Pereira et al., 2009).

Muitos estudos com a suplementação de vitamina E em dietas para peixes mostraram sua ação antioxidante tanto in vivo quanto na redução da oxidação pós morte, melhorando a conservação dos peixes durante a estocagem (Onibi et al., 1996; Pirini et al. 2000; Sant'Ana e Fernandes, 2000; Shiau e Shiau, 2001; Ruff et al., 2002; Hamre et al., 2004; Fogaça, 2005).

A suplementação na dieta de animais de corte com antioxidantes como vitamina E, vitamina C e ácido lipóico, promove significativa melhora na conservação da carne (Oliveira, 2009), fato observado por vários autores (Rowe et al., 2004; Bekhit et al., 2005; Fogaça e Sant'Ana, 2009).

Assim, a inclusão de antioxidantes na alimentação dos peixes pode melhorar a qualidade da carne, evitando mudanças na cor, textura, aroma e valor nutritivo, provenientes das reações oxidativas (Ruff et al., 2002).

# 3 SUPLEMENTAÇÃO DE SELÊNIO E VITAMINA E EM DIETAS PARA O PACU (Piaractus mesopotamicus)

#### 3.1 Introdução

O pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) é uma espécie nativa da bacia do Prata, e apresenta maior distribuição nas planícies alagadas da região Centro-Oeste, no Pantanal do Mato Grosso (Petrere, 1989). Destaca-se pelo seu rápido crescimento, fácil adaptação à alimentação artificial, rusticidade durante a engorda e elevada fecundidade (Castagnolli e Zuim, 1985). Aliado a estes fatores está a excelente qualidade da carne do pacu, com boa aceitação pelos consumidores, o que torna esta espécie uma alternativa para a produção aquícola (Jomori et al., 2003).

As vitaminas e minerais são exigidos em pequenas quantidades para crescimento normal, reprodução, saúde e metabolismo dos animais (Lovell, 1998). Dentre as vitaminas, 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 (Sampaio et al., 2004). Já o selênio (Se), além de ser constituinte de várias selenoproteínas, é também co-fator e parte integrante da enzima glutationa peroxidase (GPx) (Rotruck et al., 1973), enzima esta relacionada com o combate aos radicais livres, por meio da destruição de hidroperóxidos, antes que haja agressão à integridade das membranas (Haddad e Alves, 2006).

A ação da vitamina E está incluída no sistema antioxidante não enzimático do organismo animal, enquanto o selênio, sendo integrante da GPx, atua como parte do sistema enzimático de proteção antioxidante. O selênio e a vitamina E atuam em sinergismo, pois o selênio não pode proteger os componentes teciduais ou celulares que apresentem baixa concentração da enzima glutationa peroxidase (Harper, 1973). No entanto, esses podem ser protegidos pela vitamina E, que atua como antioxidante por diferentes mecanismos, o qual não necessita da glutationa peroxidase. O selênio e a

vitamina E em conjunto constituem os principais agentes antioxidantes no organismo (Devlin, 1997).

Além de ter importantes funções no organismo vivo, os antioxidantes provenientes da dieta podem diminuir a oxidação dos lipídeos no tecido pós-morte. Por exemplo, muitos estudos com a suplementação de vitamina E em dietas para peixes mostraram sua ação antioxidante tanto in vivo quanto na redução da oxidação pós morte, melhorando a conservação dos peixes durante a estocagem (Onibi et al., 1996; Pirini et al. 2000; Sant'Ana e Fernandes, 2000; Shiau e Shiau, 2001; Ruff et al., 2002; Hamre et al., 2004; Fogaça, 2005).

Contudo, estudos envolvendo a relação entre selênio e vitamina E para o pacu (*P. mesopotamicus*), tanto no desempenho como na oxidação lipídica pós-morte, não foram encontrados na literatura atual. Sendo assim, este estudo teve por objetivo avaliar os efeitos antioxidantes da suplementação de selênio e vitamina E na dieta sobre o desempenho produtivo, rendimentos corporais, composição centesimal e estabilidade lipídica do pacu.

#### 3.2 Materiais e métodos

O experimento foi realizado no Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental (InPAA), da Universidade estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE – *Campus* Toledo, durante 100 dias, de março a julho de 2011. Foram utilizados 720 juvenis de pacu (*P. mesopotamicus*) provenientes de piscicultura comercial (peso médio inicial = 43,52±1,03g, comprimento padrão = 10,42±1,36cm e total = 12,33±1,65cm). Os peixes foram distribuídos em 36 tanques-rede, instalados em um tanque de alvenaria com 200m² (Figura 2). Os tanques-rede foram fabricados de tela de poliéster recoberta com PVC flexível, de malha 5mm, com capacidade para 1m³ cada. A unidade experimental foi composta por um tanque-rede com 20 peixes. Os peixes permaneceram nas estruturas experimentais durante sete dias antes do início do experimento, para adaptação.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 4x3, sendo 4 níveis de inclusão de selênio (0, 1, 2 e 4 mg/kg de ração)

e 3 níveis de inclusão de vitamina E (0, 100 e 200 mg./kg de ração), totalizando assim doze tratamentos, com três repetições para cada nível.



Figura 2. Estrutura utilizada para condução do experimento.

As dietas continham 26% de proteína bruta e 3000 Kcal de energia digestível/kg, valores estipulados para o pacu (*P. mesopotamicus*) de acordo com Cantelmo (1993) e Klein (2011). A fonte suplementar de vitamina E utilizada foi o DL-α-tocoferol, com atividade de 50% de vitamina E, enquanto para a suplementação de selênio utilizou-se o selenito de sódio, com 45% de disponibilidade de selênio. A formulação basal das dietas experimentais está apresentada na Tabela 3.

Os alimentos para o processamento das rações foram inicialmente moídos em um triturador tipo martelo com peneira de 0,5mm. 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 passaram pelo processo de extrusão através de um equipamento marca EX-MICRO® com capacidade de produção para 10kg/h. As rações foram secas em estufa de ventilação forçada por 12 horas a 55°C, resultando em produto com cerca de 10% de umidade.

Tabela 3. Composição percentual e exigências nutricionais da ração basal utilizada

Composição				
Alimento <sup>1</sup>		Quantidade (%)		
Milho grão		40,59		
Farelo de trigo		20,00		
Farelo de soja		20,00		
Farinha de vísceras de aves		13,10		
Farinha de peixe comercial		5,00		
Suplemento mineral e vítamínico <sup>2</sup>		0,50		
Sal comum		0,30		
DL-Metionina		0,18		
Óleo de Soja		0,17		
Antifúngico (propionato de cálcio)		0,10		
L-Lisina HCL		0,04		
Antioxidante (B H T)		0,02		
	TOTAL	100,00		
Composição calculada		(%)		
Amido		31,24		
Arginina Total		1,79		
Cálcio		0,98		
Energia digestível (Kcal/kg)		3000,00		
Fenilalanina		1,20		
Fibra bruta		3,99		
Fósforo total		0,93		
Gordura		4,40		
Histidina		0,64		
Isoleucina		1,09		
Leucina		2,13		
Ácido linoléico		1,18		
Lisina total		1,43		
Met+Cistina total		1,07		
Metionina total		0,65		
Proteína bruta		26,00		
Treonina total		1,03		
Triptofano total		0,29		
Valina total		1,29		

<sup>1</sup>Nutrientes disponíveis baseados em Abimorad e Carneiro (2004). <sup>2</sup>Níveis de suplementação por kg de ração: vitamina A 12000 UI; vitamina D3 3000 UI; Vitamina K3 MNB 15 mg/kg; vitamina B1 20 mg/kg; vitamina B2 20 mg/kg; vitamina B6 18 mg/kg; vitamina B12 0,04 mg/kg; vitamina C 300 mg/kg; Niacina 100 mg/kg; Pantotenato de Cálcio 50 mg/kg; Biotina 1 mg/kg; Ácido Fólico 6 mg/kg; Inositol 150 mg/kg; Cloreto de Colina 500 mg/kg; Sulfato de Cobre pentahidratado 18 mg/kg; Sulfato de Ferro monohidratado 80 mg/kg; Sulfato de Manganês 50 mg/kg; Sulfato de Zinco 120 mg/kg; Iodato de cálcio 0,8 mg/kg; Sulfato de Cobalto 0,6 mg/kg; 12 combinações de selênio e vitamina E: selênio 0, 1, 2 e 4 mg/kg e vitamina E 0, 100 e 200 mg/kg.

O arraçoamento foi realizado duas vezes ao dia, sendo às 10h e às 17h, até a saciedade aparente dos animais. A quantidade de dieta fornecida foi pesada, para estimativa da conversão alimentar aparente.

A temperatura do tanque foi mensurada diariamente, às 10hs e às 17hs. Os parâmetros físico-químicos da água (pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica), foram medidos uma vez por semana às 6hs e às 16hs, através de medidores portáteis.

Ao final do período experimental, os animais permaneceram em jejum por 24 horas, para esvaziamento do trato digestório.

#### 3.2.1 Análises bioquímicas do sangue

Para a coleta de sangue, dois peixes de cada unidade experimental foram anestesiados com Eugenol® (solução de óleo de cravo na proporção de 60 ml.L<sup>-1</sup>) e em seguida, por punção caudal, foram coletados, com o auxílio de uma seringa descartável contendo heparina, 1,5 mL de sangue de cada animal. Desta alíquota, 0,5ml foram destinados para separação do plasma e 1 ml para separação do soro. O plasma foi colhido com fluoreto e separado por centrifugação. Avaliaram-se os níveis de glicose no plasma e proteína total no soro sanguíneo, utilizando-se testes específicos da marca Gold Analisa®. Estas análises foram feitas no Laboratório de Hematologia e Bioquímica do GEMAq, da UNIOESTE – Campus Toledo.

#### 3.2.2 Desempenho produtivo e parâmetros corporais

Os animais foram retirados das unidades experimentais e insensibilizados em benzocaína na concentração de 250mg/l (eutanásia), acondicionados em gelo dentro de uma caixa térmica e transportados ao Laboratório de Tecnologia do Pescado, da UNIOESTE – *Campus* Toledo-PR.

Foram tomadas medidas individuais de peso final, comprimentos total e padrão, para cálculo do ganho de peso (GP = peso final – peso inicial), conversão alimentar aparente (CAA = consumo de ração/ganho de peso) e sobrevivência dos peixes de cada unidade experimental. Após, os animais foram submetidos à abertura ventral da cavidade abdominal, desde o orifício urogenital até os ossos da mandíbula, seguido de

retirada cuidadosa das vísceras, para evitar a contaminação da carne com o material fecal. Após foi realizada a decapitação, sendo feita a pesagem dos peixes inteiros eviscerados e das cabeças, para cálculo da porcentagem da cabeça [CAB= (peso da cabeça/peso do peixe) x (100)] e rendimento da carcaça [RCAR= (peso do peixe inteiro sem as vísceras/peso do peixe) x (100)]. Os peixes, sem cabeça e sem vísceras, foram lavados em água clorada, retirando-se as nadadeiras e o couro, para assim resultar no tronco limpo, utilizado no cálculo de rendimento do tronco limpo [RTL = (peso do tronco limpo/peso do peixe) x (100)].

Das vísceras, foram separadas manualmente a gordura intraperitoneal e o fígado para pesagem, sendo estes dados utilizados no cálculo do índice hepatossomático [IHS = (peso do fígado/peso do peixe) x (100)] e índice de gordura intraperitoneal [IGI = (peso da gordura visceral/peso do peixe) x (100)].

### 3.2.3 Análises químicas

Os troncos limpos foram acondicionados em embalagem plástica e armazenados sob congelamento (18±2°C) durante 30 dias, quando então foram realizadas análises bromatológicas (umidade, proteína, lipídeos e matéria mineral), segundo metodologia proposta pela AOAC (2005).

Para verificar a estabilidade lipídica da carne, nos dias de estocagem 60, 90 e 120 foram realizadas análise da oxidação lipídica pelo método das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) (Vyncke, 1970), onde a quantidade de malonaldeído (MDA), principal substância formada durante a oxidação e que reage com o ácido tiobarbitúrico, foi calculada pela equação da curva padrão: y = 73,689x + 0,0223 (r²=0,9968). Os resultados foram expressos em mg de MDA por kg de amostra.

As análises de composição centesimal e oxidação lipídica foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Alimentos do GEMAq, da UNIOESTE – *Campus* Toledo.

#### 3.2.4 Análises dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) a 5% de significância para experimento em arranjo fatorial, verificando a interação entre selênio

e vitamina E. Quando observada interação significativa, foi aplicado o Teste de Duncan a 5% de significância para comparações entre médias. Os dados também foram avaliados quanto à homogeneidade das variâncias (teste de Levene). Para realização destas análises utilizou-se o programa estatístico SAEG 9.1 (UFV, 2007).

#### 3.3 Resultados e discussão

#### 3.3.1 Qualidade da água

A temperatura média da água durante o período experimental foi de 20,8±2,62°C. Esse valor se encontra próximo ao limite mínimo para criação do pacu, considerando a faixa de 20 a 32° C (Ostrensky e Boeger 1998). O pacu tem melhor desempenho em temperaturas entre 28 e 32°C (Carneiro, 1983). Houve uma diminuição linear da temperatura conforme se passaram os dias do experimento (Figura 3), visto que o experimento teve início em março e término em julho (período de baixas temperaturas).

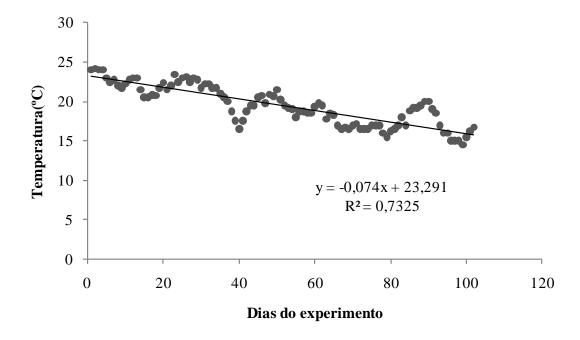


Figura 3. Variação da temperatura (°C) durante o experimento

Os parâmetros físicos e químicos da água do tanque pela manhã (6h) foram de  $2,81\pm0,53~\text{mgO}_2\text{D}\cdot\text{L}^{-1};~6,48\pm0,66~\text{e}~43,42\pm8,64~\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  para oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica respectivamente. À tarde (16h), os parâmetros foram de  $4,67\pm0,75~\text{mgO}_2\text{D}\cdot\text{L}^{-1};~7,26\pm0,64~\text{e}~40,08\pm2,63~\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  para oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica respectivamente. O oxigênio dissolvido e o pH estão intimamente relacionados, variando ciclicamente durante as 24 horas. Durante a noite, com a respiração, o oxigênio dissolvido na água diminui e a concentração de dióxido de carbono aumenta, fazendo com que reduza o pH. Durante o dia ocorre produção de oxigênio através do processo fotossintético (Durigan et al., 1992). Isto foi observado no tanque experimental, visto que pela manhã o oxigênio dissolvido e o pH apresentaram valores mais baixos do que à tarde.

Os valores de parâmetros físicos e químicos da água encontrados neste estudo são considerados adequados para o pacu, já que a espécie tem melhor desempenho em oxigênio dissolvido entre 4 e 6 mg/L e pH de 6 a 8 (Sipaúba-Tavares, 1994). Porém, o valor mínimo de oxigênio dissolvido suportado pelo pacu é de 1,5 mgO<sub>2</sub>D·L<sup>-1</sup>. Para a condutividade elétrica, Sipaúba-Tavares (1994) observou variação entre 23,0 e 71,0 µS·cm<sup>-1</sup> em viveiros de piscicultura, mostrando que os valores encontrados neste experimento estão de acordo para a criação de peixes.

#### 3.3.2 Desempenho produtivo

Os níveis de selênio e vitamina E não influenciaram (p>0,05) nos parâmetros de comprimentos total e padrão, ganho de peso, conversão alimentar aparente e sobrevivência (Tabela 4). Não houve interação significativa (p>0,05) entre selênio e vitamina E sobre os parâmetros avaliados, e tanto o selênio quanto a vitamina E separadamente também não influenciaram no desempenho produtivo.

Resultados semelhantes ao deste estudo foram observados para tilápias (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com diferentes níveis de selênio orgânico (0; 0,25; 0,50; 1,0; e 1,5 mg Se/kg) na dieta, onde não foi encontrada diferença significativa no desempenho (ganho de peso e conversão alimentar aparente) (Gomes, 2008). Além disso, Montero et al. (1999) em estudo com juvenis de *Spaurus aurata* avaliando o efeito da suplementação de 250 mg vitamina E/kg de dieta, em sistema de alta

densidade de estocagem (40 kg/m³), também não observaram efeito (p>0,05) no ganho de peso e sobrevivência. Para o alabote-do-atlântico (*Hippoglossus hippoglossus*), na foi encontrada diferença de crescimento entre os tratamentos com 189 e 613 mg de vitamina E/kg na dieta.

Tabela 4. Médias de comprimento total (CT em cm), comprimento padrão (CP em cm), ganho de peso (GP em g) conversão alimentar aparente (CAA) e sobrevivência (SO em %) de pacus *Piaractus mesopotamicus* suplementados com diferentes níveis de selênio e vitamina E

Selênio <sup>1</sup>	Vitamina E <sup>1</sup>	CT	CP	GP	CAA	SO
	0	$14,07\pm0,18$	$11,63\pm0,08$	$34,15\pm4,85$	$3,30\pm0,60$	$71,67 \pm 14,43$
0	100	$13,80\pm0,10$	$11,40\pm0,21$	$28,31\pm2,02$	$4,17\pm0,39$	$63,33\pm22,55$
	200	$14,17\pm0,22$	$11,69\pm0,20$	38,00±4,21	$2,78\pm0,22$	$83,33\pm7,64$
	0	14,05±0,25	11,61±0,08	31,81±4,18	2,98±0,25	71,67±20,21
1	100	$13,92\pm0,60$	$11,37\pm0,49$	$30,50\pm 8,38$	$3,45\pm0,86$	$80,00 \pm 8,66$
	200	$13,95\pm0,17$	$11,51\pm0,27$	$30,87 \pm 7,78$	$3,71\pm0,63$	$78,33\pm10,41$
	0	14,11±0,28	11,55±0,24	30,18±3,77	$3,79\pm0,62$	80,00±20,00
2	100	$13,88\pm0,51$	$11,53\pm0,44$	$30,86\pm7,42$	$3,91\pm0,64$	$73,33\pm7,64$
	200	14,05±0,25	11,66±0,25	32,94±4,37	3,21±0,48	83,33±5,77
	0	13,83±0,50	11,30±0,33	27,84±7,00	3,56±1,06	86,67±15,28
4	100	$14,12\pm0,58$	$11,67\pm0,50$	$32,57 \pm 8,26$	$3,43\pm1,05$	$76,67 \pm 16,07$
	200	$14,02\pm0,40$	11,66±0,21	$33,54\pm4,78$	$3,34\pm0,51$	$76,67 \pm 10,41$
Selênio	x Vitamina E	ns	ns	ns	ns	ns
Efeit	o selênio <sup>2</sup>	ns	ns	ns	ns	ns
	0	14,01±0,22	11,57±0,20	33,49±5,40	3,42±16,41	72,78±16,41
	1	13,97±0,34	$11,50\pm0,30$	31,06±6,12	$3,38\pm0,63$	$76,67 \pm 12,75$
	2	14,01±0,33	11,58±0,29	31,32±4,86	$3,64\pm0,60$	$78,89 \pm 11,93$
	4	$13,99\pm0,45$	11,54±0,36	31,36±6,49	$3,44\pm0,79$	$80,00\pm13,23$
Efeito	vitamina E <sup>2</sup>	ns	ns	ns	ns	ns
	0	14,01±0,30	11,52±0,23	31,00±4,97	3,41±0,67	77,5±16,45
	100	13,93±0,44	11,49±0,38	30,56±6,20	$3,74\pm0,74$	$73,33\pm14,35$
	200	14,05±0,25	11,63±0,21	33,87±5,41	$3,26\pm0,54$	$80,42\pm8,11$

<sup>1</sup>mg/kg de ração <sup>2</sup>ns= não significativo. Dados expressos em média ± desvio padrão

Este estudo corrobora com os resultados de Sampaio (2003), que avaliou níveis de selênio (0; 0,25; 0,50 e 1,00 mg/kg ração) e vitamina E (0,100, 200 e 300 mg/kg) para a tilápia (*Oreochromis niloticus*). Esta autora também não encontrou efeito da

interação destes nutrientes sobre o ganho de peso, conversão alimentar aparente e taxa de sobrevivência.

A ausência de efeito significativo das dietas sobre o desempenho produtivo difere dos resultados de Piedras et al. (2005), visto que estes autores observaram que a suplementação da dieta de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) com 0,6 mg de selênio orgânico/kg resulta em melhor crescimento em peso e em comprimento e maiores índices de sobrevivência e uniformidade do lote. Já Cavichiolo et al. (2002), avaliando o efeito das vitaminas C e E para larvas de tilápia do Nilo (*O. niloticus*), verificaram que o tratamento com 300mg de vitamina E por kg de ração proporciona aumento no peso e comprimento final das larvas, além de diminuir a ocorrência do ectoparasita *Trichodina* sp em larvas de tilápia. Para híbridos de tilápia (*O. niloticus* X *O. aureus*) alimentados com níveis crescentes de vitamina E, Huang e Huang (2004) encontraram maior ganho de peso em tilápias alimentadas com 62,5 UI de vitamina E/kg de ração. Da mesma forma, Gonçalves et al. (2010) verificaram que a suplementação com 400 mg/kg de vitamina E melhorou o comprimento padrão e ganho de peso de tambacus (*Colossoma macropomum* X *P. mesopotamicus*).

O maior nível de selênio utilizado neste experimento (4mg/kg de dieta) não acarretou em piora no desempenho produtivo. Em estudo com juvenis de *Pogonichthys macrolepidotus* alimentados com níveis de 0,4; 0,7; 1,4; 2,7; 6,6; 12,6; 26,0; e 57,6 mg de selenometionina/kg de dieta, Teh et al. (2004) somente observaram efeito histopatológico quando a concentração foi superior ou igual a 6,6 mg Se/kg de dieta. A intoxicação por selênio ocorre em truta arco-íris e bagre, quando a dieta contém nível de selênio superior a 13 e 15 mg/kg de ração, respectivamente (Hilton et al., 1980; Gatlin e Wilson, 1984). Assim, o nível de 4mg de selênio/kg de dieta para o pacu *P. mesopotamicus* parece não acarretar em intoxicação e piora no desempenho. Entretanto, Lin e Shiau (2005) ressaltam que o nível mínimo exigido de selênio para a dieta dos peixes difere de acordo com a espécie, e se encontra entre 0,25 e 0,80 mg/kg.

Já o nível 0 de selênio na dieta do pacu (*P. mesopotamicus*) provavelmente não acarretou em piora no desempenho, devido ao fato de que os peixes podem absorver selênio da água através das brânquias (Lall, 2002); já que a água doce apresenta de 0,2 a 10µg de Se/litro (National Research Council, 1976). Além disso, os alimentos de origem vegetal utilizados na confecção das dietas também podem conter selênio, mas este teor varia de acordo com a disponibilidade de selênio no solo. Todavia, Monteiro et

al. (2007) observaram que, para o matrinxã (*Brycon cephalus*), a concentração de 1,5 mg de Se/kg de ração melhorou o crescimento e aumentou as defesas antioxidantes (através do aumento da atividade das enzimas glutationa peroxidase e aumento do nível da glutationa reduzida) para esta espécie.

Para o salmão do atlântico (*Salmo salar*), somente após 26 semanas Poston e Combs (1979) observaram sinais de deficiência nos animais alimentados com dieta isenta de selênio. Os autores observaram letargia, perda do apetite, redução do tônus muscular e mortalidade, sendo que o melhor crescimento foi com o nível de Se de 0,15 mg/kg. Sendo assim, outro fator que pode ter influenciado na ausência de diferenças no desempenho dos pacus foi o tempo de experimento, que foi de 100 dias, não possibilitando assim observar pior desempenho ou sinais de deficiência nos peixes alimentados com nível 0 de selênio.

### 3.3.3 Parâmetros corporais

Os parâmetros corporais dos pacus submetidos à alimentação com diferentes níveis de selênio e vitamina E não diferiram significativamente (p>0,05) entre os tratamentos (Tabela 5). Verificou-se também que o selênio e a vitamina E separadamente não influenciaram (p>0,05) nos rendimentos de carcaça, tronco limpo, porcentagem da cabeça, índice de gordura intraperitoneal e índice hepatossomático.

Para o rendimento de carcaça, Signor et al. (2010) encontraram valores em torno de 84% para o pacu (*P. mesopotamicus*) com cerca de 800g, alimentado com diferentes níveis de proteína e energia na dieta. Bombardelli *et al.* (2007), em trabalho sobre o processamento do pacu (*P. mesopotamicus*) cultivado em tanque-rede, obtiveram rendimento de carcaça variando entre 81,30 a 84,40%. Esses valores são similares aos encontrados neste estudo com pacus com cerca de 75g. Entretanto, para o rendimento do tronco limpo, Signor et al. (2010) observaram cerca de 60%, valor superior à média de 50,60% encontrada no presente estudo, o que mostra que, com o aumento do tamanho do peixe, o rendimento do tronco limpo torna-se maior. Klein (2011), em trabalho avaliando níveis de proteína bruta para pacu (*P. mesopotamicus*) com peso entre 396,6 e 429,8g, obteve rendimento do tronco limpo entre 52,71 e 55,53%.

Tabela 5. Rendimento da carcaça (%), rendimento do tronco limpo (%), porcentagem da cabeça, índice da gordura intraperitoneal (IGI em %) e índice hepatossomático (IHS %) de pacus *Piaractus mesopotamicus* alimentados com diferentes níveis de selênio e vitamina E

Rendimentos (%)						
Selênio <sup>1</sup>	Vitamina E <sup>1</sup>	Carcaça	Tronco limpo	Cabeça (%)	IGI	IHS
	0	82,42±0,28	$49,22\pm0,69$	$23,09\pm0,77$	$4,10\pm2,21$	$2,77\pm0,23$
0	100	82,96±0,99	$49,34\pm4,44$	$23,52\pm0,86$	$4,62\pm2,03$	$2,79\pm0,23$
	200	81,40±2,33	46,91±4,96	22,82±1,69	$4,99\pm0,70$	$2,60\pm0,82$
	0	82,48±0,76	51,14±5,49	24,00±1,41	4,46±0,10	2,33±0,26
1	100	$83,39\pm0,88$	$52,82\pm6,16$	$23,96\pm0,86$	$5,84\pm3,30$	$2,85\pm0,53$
	200	83,41±1,19	52,84±2,68	24,18±0,73	$5,58\pm1,42$	$2,90\pm0,23$
	0	$82,18\pm1,65$	46,32±3,40	23,69±1,26	$4,24\pm0,61$	3,34±0,15
2	100	$82,99\pm1,69$	52,30±1,94	$23,50\pm0,78$	$5,31\pm1,47$	$2,96\pm0,59$
	200	$83,19\pm1,13$	52,23±0,98	24,36±0,54	$4,99\pm0,57$	$2,55\pm0,25$
	0	83,08±1,71	52,55±3,94	23,12±0,91	$5,05\pm2,02$	2,46±0,32
4	100	$83,\!18{\pm}1,\!46$	$52,41\pm6,60$	$23,63\pm0,99$	$4,54\pm1,23$	$2,67\pm0,71$
	200	$83,\!27\pm1,\!54$	$49,17\pm0,28$	$24,19\pm1,12$	$5,72\pm1,02$	$2,72\pm0,12$
Selênio x	Vitamina E <sup>2</sup>	ns	ns	ns	ns	ns
Efeite	o selênio <sup>2</sup>	ns	ns	ns	ns	ns
	0	$82,\!26\pm1,\!34$	$48,49\pm3,55$	$23,14\pm1,07$	$4,57\pm1,59$	$2,72\pm0,45$
	1	$83,09\pm0,94$	$52,27\pm4,42$	$24,05\pm0,91$	$5,29\pm1,91$	$2,69\pm0,42$
	2	$82,\!78{\scriptstyle\pm1,\!38}$	$50,28\pm3,59$	$23,85 \pm 0,88$	$4,85\pm0,97$	$2,95\pm0,47$
	4	83,17±1,41	51,38±4,19	$23,65\pm0,99$	$5,10\pm1,39$	2,62±0,41
Efeito v	vitamina E <sup>2</sup>	ns	ns	ns	ns	ns
	0	82,54±1,25	$49,81 \pm 4,05$	$23,48\pm1,04$	$4,46\pm1,35$	$2,72\pm0,46$
	100	$83,13\pm1,11$	$51,72\pm4,60$	$23,66 \pm 0,77$	$5,08\pm1,93$	$2,82\pm0,48$
	200	82,82±1,40	$50,28\pm3,50$	$23,89\pm1,15$	$5,32\pm0,91$	$2,69\pm0,41$

<sup>1</sup>mg/kg de ração; <sup>2</sup>ns= não significativo. Dados expressos em média ± desvio padrão

A porcentagem da cabeça encontrado neste trabalho foi superior ao encontrado por Signor et al. (2010) e Bittencourt et al. (2010), que encontraram 15,08% e 13,87% respectivamente, para pacus com peso entre 800g e 1kg. Porém, isto é explicado pelo fato de que, com o aumento do tamanho do peixe, ocorre uma diminuição da porcentagem da cabeça. Esta observação foi feita por Vilas Boas (2001) para o matrinchã (*Brycon cephalus*), em que, com o aumento da classe de peso, há uma redução no tamanho da cabeça.

Em relação ao índice de gordura intraperitoneal, este foi inferior ao encontrado por Bittencourt et al. (2010) e Signor et al. (2010), porém foi similar ao observado por

Hilbig (2010) para o pacu (*P. mesopotamicus*). A alteração do índice de gordura intraperitoneal ocorreria caso os peixes necessitassem mobilizar gorduras para a obtenção de energia, fato que ocorre no jejum prolongado (Hilbig, 2010). Entretanto, como neste experimento o fornecimento de ração foi à vontade, os peixes provavelmente não tiveram a necessidade de mobilizar os lipídeos para produção de energia.

Apesar da ausência de diferença significativa (p>0,05) no índice hepatossomático dos pacus alimentados com diferentes níveis de selênio e vitamina E, peixes com acúmulo de selênio nos tecidos tendem a apresentar alto índice hepatossomático (Pyle et al. 2005). Entretanto, isto não foi observado no presente experimento, já que o índice hepatossomático foi igual tanto para o nível mínimo de selênio, quanto para a maior inclusão de selênio na dieta. Esta verificação foi feita também por Gomes (2008) que, avaliando níveis de selênio orgânico (0; 0,25; 0,50; 1,0; e 1,5 mg Se/kg) na dieta de tilápias (*O. niloticus*), não encontrou diferença significativa no índice hepatossomático. Para o pacu *P. mesopotamicus* com peso médio de 377g, Hilbig (2010) encontrou índice hepatossomático médio de 0,77%, valor inferior ao encontrado no presente trabalho, que foi de 2,75% em média.

#### 3.3.4 Análises bioquímicas do sangue

Os parâmetros bioquímicos do sangue de pacus alimentados com níveis de selênio e vitamina E podem ser observados na Tabela 6, que apresenta as médias de glicose plasmática e proteína total sérica.

A concentração de glicose no plasma dos peixes pode variar muito, dependendo do estado fisiológico (Mommsen et al., 1999). Neste trabalho não foram observados diferenças significativas (p>0,05) entre os tratamentos avaliados, para o nível de glicose no plasma. Resultado semelhante foi observado por Belo et al. (2005), que avaliaram a suplementação de vitamina E (0, 100 e 450 mg/kg) e diferentes densidades de estocagem (5 kg/m³ e 20 kg/m³) para o pacu (*P. mesopotamicus*). Segundo estes autores, a glicose sanguínea não foi afetada pelos diferentes níveis de vitamina E oferecidos na dieta nem pela densidade de estocagem, com valores variando entre 60 e 75 mg/dL. A ausência de diferença significativa na concentração de glicose observada neste trabalho indica que as instalações experimentais e manejo dos peixes foram

adequados, visto que o nível de glicose no sangue é um indicador secundário do estresse (Tejpal et al., 2009). Esta mesma observação foi feita por Sado (2008) para o pacu alimentado com níveis crescentes de vitamina E.

Tabela 6. Níveis de glicose plasmática (mg/dL), proteína total sérica (g/dL) de pacus *Piaractus mesopotamicus* alimentados com diferentes níveis de selênio e vitamina E

		Parâmetros		
Selênio <sup>1</sup>	Vitamina E <sup>1</sup>	Glicose	Proteína	
	0	81,83±15,14	$4,27\pm0,08$	
	100	$81,46\pm10,87$	$3,84 \pm 0,15$	
0	200	67,82±5,13	$3,84\pm0,44$	
	0	81,13±23,68	$3,90\pm0,64$	
	100	$74,93 \pm 14,42$	$4,01\pm0,23$	
1	200	73,61±10,99	$4,19\pm0,42$	
	0	91,62±27,58	3,84±0,40	
	100	$73,78\pm6,93$	$4,13\pm0,14$	
2	200	$81,18\pm13,30$	$4,02\pm0,11$	
	0	$77,35\pm17,84$	4,24±0,01	
	100	$78,63\pm24,56$	$4,00\pm0,36$	
4	200	$77,52\pm11,17$	$4,39\pm0,27$	
Selênio x	Selênio x Vitamina E <sup>2</sup>		ns	
Efeito selênio <sup>2</sup>		ns	ns	
0		77,04±11,89	3,98±0,32	
1		76,56±15,31	$4,03\pm0,44$	
2		$82,19\pm17,51$	$4,00\pm0,25$	
4		$77,83\pm16,18$	$4,21\pm0,28$	
Efeito vitamina E <sup>2</sup>		ns	ns	
0		82,98±19,24	4,06±0,38	
100		$77,2\pm13,70$	$3,99\pm0,23$	
	200	$75,03\pm10,41$	$4,11\pm0,36$	

<sup>1</sup>mg/kg de ração; <sup>2</sup>ns= não significativo. Dados expressos em média ± desvio padrão

O nível de proteína no sangue não diferiu entre os tratamentos avaliados (p>0,05), corroborando estudo feito por Sampaio (2003), que avaliou níveis de selênio (0; 0,25; 0,50 e 1,00 mg/kg ração) e vitamina E (0,100, 200 e 300 mg/kg) para a tilápia (*O. niloticus*), não encontrando diferenças entre os tratamentos para o nível de proteína plasmática total, com valores variando entre 3,62 e 4,02 mg/dL, valores similares aos encontrados neste experimento. No entanto, Sado (2008) avaliou níveis crescentes de vitamina E para o pacu (*P. mesopotamicus*) e percebeu que, na dieta isenta de vitamina

E, o nível de proteína plasmática total foi maior (5,5 g/dL). O autor atribui este resultado devido à liberação de proteína celular proveniente da hemólise dos eritrócitos (Sado, 2008), já que a concentração de proteína total plasmática está estreitamente relacionada com o metabolismo protéico e condição nutricional (Coles, 1984). Sado (2008) verificou que pacus (*P. mesopotamicus*) suplementados com 87,2 mg/kg de vitamina E na dieta apresentaram melhor crescimento e nenhum distúrbio hematológico.

# 3.3.5 Composição centesimal

Os teores de umidade, proteína, lipídeos e cinzas de pacus alimentados com diferentes níveis de selênio e vitamina E podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7. Médias de umidade, proteína, lipídeos e cinzas de troncos limpos de pacus *Piaractus mesopotamicus* alimentados com diferentes níveis de selênio e vitamina E

Selênio <sup>1</sup>	Vitamina E <sup>1</sup>	Umidade (%)	Proteína (%)	Lipídeos (%)	Cinzas (%)
0	0	52,38±20,91	$33,41\pm13,90$	$12,23\pm5,56$	$4,22\pm1,68$
	100	$58,89 \pm 15,45$	$28,86\pm9,84$	$10,56\pm4,73$	$3,71\pm1,29$
	200	$53,42\pm17,91$	$32,71\pm12,47$	12,32±4,73	3,80±1,21
1	0	61,36±12,59	27,46±7,97	10,10±4,04	3,60±0,89
	100	$66,22 \pm 12,51$	$22,62\pm8,02$	$9,43\pm3,01$	$2,91\pm1,26$
	200	59,91±15,53	$28,97 \pm 10,82$	9,18±4,73	3,70±1,33
2	0	$63,16\pm18,71$	$26,75\pm12,61$	$10,89\pm5,09$	$3,20\pm1,46$
	100	$66,54 \pm 16,17$	$24,31\pm10,31$	$8,24\pm4,11$	$2,93\pm1,20$
	200	$68,91 \pm 8,97$	21,96±6,95	$7,86\pm2,04$	$2,71\pm0,82$
4	0	$56,19\pm19,16$	$30,78\pm13,17$	$10,58\pm4,84$	$4,13\pm1,85$
	100	$66,19\pm13,86$	24,81±11,37	$8,15\pm2,84$	$3,09\pm1,66$
	200	$62,57\pm12,81$	$27,84\pm8,76$	$8,08\pm3,63$	$3,55\pm1,18$
Selênio x Vitamina E <sup>2</sup>		ns	ns	ns	ns
Efeito selênio <sup>2</sup>		ns	ns	ns	ns
0		$54,9 \pm 16,08$	31,66±10,76	11,71±4,43	3,91±1,24
1		$62,50\pm12,14$	$26,35\pm 8,34$	$9,57\pm3,48$	$3,40\pm1,08$
2		$66,20 \pm 13,39$	24,34±9,09	$9,00\pm3,71$	$2,94\pm1,05$
4		$61,65\pm14,14$	$27,81\pm10,08$	$8,94\pm3,56$	$3,59\pm1,45$
Efeito vitamina E <sup>2</sup>		ns	ns	ns	ns
0		58,27±16,08	29,60±10,72	10,95±4,27	3,79±1,36
100		$64,46 \pm 12,87$	$25,15\pm8,82$	$9,10\pm3,36$	$3,16\pm1,21$
200		$61,20 \pm 13,43$	27,87±9,41	9,36±3,84	3,44±1,08

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>mg/kg de ração; <sup>2</sup>ns= não significativo. Dados expressos em média ± desvio padrão.

Não foi encontrada diferença significativa (p>0,05) na composição centesimal para os diferentes tratamentos, e também não se verificou diferença quando avaliados separadamente os teores de selênio e vitamina E. Esses resultados corroboram os de Otani (2009), que também não encontrou diferença significativa nos teores de umidade, proteína e cinzas no filé de tilápias alimentadas com 0 e 100 mg de α-tocoferol /kg de ração. Entretanto, esta autora verificou aumento no teor de lipídeos nestes filés, em relação à dieta sem adição de antioxidante, indicando que a utilização de antioxidantes na ração pode proteger os lipídeos dos filés da oxidação lipídica, durante o congelamento.

Em estudo avaliando a suplementação com selênio orgânico (0,0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,0 mg/kg de ração) na dieta de matrizes de tilápia do Nilo, Pereira et al. (2009) não observaram diferenças significativas nos teores de umidade, proteína e lipídeos dos peixes alimentados com os diferentes níveis de selênio, resultados estes que corroboram aos encontrados no presente estudo.

No presente estudo não foi observada diferença na composição centesimal dos pacus para os diferentes níveis de vitamina E. Porém, Sau et al. (2004) obtiveram diferenças significativas (p<0,05) na proteína da carcaça de rohu (*Labeo rohita*), de acordo com o nível de suplementação de vitamina E das dietas. Nesse trabalho, as carcaças do grupo que recebeu rações com 200 mg/kg apresentaram menor porcentagem média de proteína bruta (57,17%) em relação aos grupos com 100mg/kg (58,34%) e 0mg/kg (58,34%).

Em trutas arco-íris alimentadas com níveis de 300 e 1500 mg de vitamina E/kg de ração, Chaiyapechara et al. (2003) não observaram diferenças na composição centesimal, com médias de 70,9 e 71,2% de umidade, 9,7 e 9,5% de lipídios, 18,4% de proteína bruta e 1,5% de cinzas para os grupos de 300 e 1500 mg/kg, respectivamente.

Para a carcaça de pacu (*P. mesopotamicus*), Bittencourt et al. (2010) encontrou valores de 19,05% e 18,91% para proteína e lipídeos, respectivamente. Estes valores diferem da média observada neste trabalho, que para proteínas foi de 27,54% e lipídeos 9,80%. Tais diferenças devem-se à matéria-prima utilizada para as análises, já que no presente estudo foi utilizado o tronco limpo do pacu para determinação da composição centesimal. Para a carne mecanicamente separada do pacu, Goes (2010) encontrou 66,68% para umidade, 17,22% para proteína, 14,78% para lipídeos e 1,64% para cinzas.

## 3.3.6 Oxidação lipídica

Os resultados de oxidação lipídica dos troncos limpos de pacus alimentados com diferentes teores de selênio e vitamina E estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Valores médios de oxidação lipídica, pela formação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (mg malonaldeído/kg de tronco limpo) de pacus suplementados com diferentes inclusões de selênio e vitamina E na dieta, durante a estocagem sob congelamento

		Tempo (dias)			_
Selênio <sup>1</sup>	Vitamina E <sup>1</sup>	60	90	120	Efeito tempo
0	0	$0,31\pm0,10^{b}$	$0,\!48\pm0,\!16^{\mathrm{b}}$	1,19±0,59 <sup>a</sup>	p<0,05 <sup>†</sup>
	100	$0,28\pm0,02$	$0,67 \pm 0,27$	$1,00\pm0,58$	ns
	200	$0,23\pm0,08$	$0,34\pm0,16$	$0,54\pm0,24$	ns
1	0	$0,37\pm0,12$	$0,72\pm0,53$	$0,89\pm0,69$	ns
	100	$0,37\pm0,26$	$0,52\pm0,42$	$0,88 \pm 0,62$	ns
	200	$0,25\pm0,05$	$0,34\pm0,09$	0,51±0,21	ns
2	0	$0,61\pm0,32$	$0,75\pm0,28$	$0,94\pm0,29$	ns
	100	$0,38\pm0,15$	$0,63\pm0,16$	$0,93\pm0,40$	ns
	200	$0,34\pm0,31$	$0,40\pm0,35$	$0,47\pm0,35$	ns
4	0	$0,39\pm0,03$	$0,55\pm0,28$	$0,88\pm0,64$	ns
	100	$0,26\pm0,21$	$0,67\pm0,39$	$0,98\pm0,45$	ns
	200	$0,20\pm0,08$	$0,31\pm0,11$	$0,52\pm0,32$	ns
Selênio x	Vitamina E <sup>2</sup>	ns	ns	ns	
Efeito	selênio <sup>2</sup>	ns	ns	ns	
	0	$0,\!27\pm0,\!07^{\ b}$	$0,49\pm0,23^{\ b}$	$0,91\pm0,52^{a}$	p<0,05†
1		$0,33\pm0,16$	$0,53\pm0,38$	$0,76\pm0,51$	ns
2		$0,44\pm0,25$	$0,59\pm0,23$	$0,78\pm0,32$	ns
4		$0,28\pm0,20^{\ b}$	$0,51\pm0,33$ ab	$0,79\pm0,51^{a}$	p<0,05†
Efeito v	vitamina E	ns	p<0,05 <sup>††</sup>	p<0,05 <sup>††</sup>	
0		$0,42\pm0,21^{\ b}$	$0,63\pm0,32^{\ bA}$	$0,98\pm0,50^{\mathrm{aA}}$	p<0,05†
100		$0,32\pm0,17^{\text{ c}}$	$0,62\pm0,29$ bA	$0,95\pm0,45$ cA	p<0,05 <sup>†</sup>
200		$0,26\pm0,16^{\ b}$	$0,35\pm0,18$ abB	$0,51\pm0,25$ aB	p<0,05†

¹mg/kg de ração; ²ns= não significativo. †Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (p<0,05) entre os diferentes tempos de estocagem; ††Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (p<0,05) entre os diferentes níveis de vitamina E. Dados expressos em média ± desvio padrão.

Em relação à oxidação lipídica nos diferentes tempos de avaliação, somente o nível 0 Se + 0 vit. E/kg de ração foi influenciado pelo tempo de estocagem, sendo que a maior taxa de oxidação foi verificada nos 120 dias. Entretanto, quando avaliados os níveis de selênio separadamente, observou-se que os níveis 0 e 4 de Se/kg de ração foram influenciados significativamente pelo tempo de estocagem, sendo que em 120 dias a oxidação lipídica foi maior (p<0,05) em relação à 60 e 90 dias. As suplementações de vitamina E (0, 100 e 200 mg de vit. E/kg de dieta) também foram afetadas pelos diferentes tempos de estocagem, observando-se aumento significativo (p<0,05) das TBARS com passar do tempo, como pode ser visto na Tabela 8. Esta observação também foi feita por Otani (2009) para filés de tilápia e por Weber et al. (2008) para filés de jundiás. Isto ocorre devido ao aumento das substâncias formadas pela oxidação lipídica que reagem com o ácido tiobarbitúrico, aumentando assim os valores de TBARS. Entretanto, esses valores tendem a diminuir com o passar do tempo, pois ocorre uma redução dos substratos que reagem com o ácido tiobarbitúrico, como observado por Otani (2009).

As combinações de selênio e vitamina E não influenciaram (p>0,05) na oxidação lipídica dos filés, e os níveis de selênio separadamente também não afetaram esse parâmetro. Porém, avaliando-se os teores de vitamina E separadamente (Figura 4), percebe-se que nos 90 e 120 dias de estocagem, os níveis de vitamina E influenciaram na oxidação lipídica, sendo que o nível de 200 mg de vitamina E/kg de ração resultou em menor valor (p<0,05). Esta verificação mostra o efeito antioxidante pós-morte da adição de vitamina E na dieta do pacu (*P. mesopotamicus*). Cheah et al. (1995) afirmam que a vitamina E é eficiente na conservação do pescado durante o processamento e estocagem, inibindo a degradação dos lipídios pela oxidação.

Esta ação antioxidante da vitamina E também foi observada por Huang e Huang (2004), que verificaram que a suplementação dietética de vitamina E para tilápia híbrida (*O. niloticus X O. aureus*) diminui a peroxidação lipídica do tecido pós-morte, sendo que o aumento de vitamina E na dieta faz com que se diminuam as TBARS no músculo. Estes autores observaram que tilápias alimentadas com 300 U.I. de vitamina E/kg de ração tiveram o menor índice de TBARS no músculo, sendo de 1,47 nmol MDA/mg. Além disso, Huang e Huang (2004) também perceberam que a suplementação de vitamina E aumentou o nível da enzima glutationa no fígado.

Isso acontece provavelmente devido ao conteúdo de vitamina E armazenado no músculo ser maior em peixes alimentados com doses superiores de vitamina E, e sendo esta vitamina um potente antioxidante biológico, alto teor dela no tecido inibe a peroxidação lipídica. Essa tendência também foi observada para o salmão do Atlântico (Onibi et al., 1996) e para o robalo (Gatta et al., 2000).

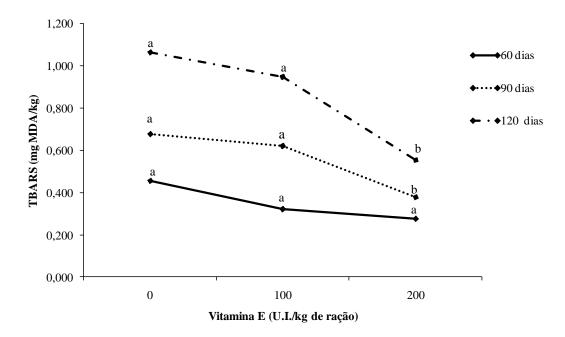


Figura 4. Relações entre os níveis de vitamina E e a formação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico nos diferentes tempos de estocagem.

Letras distintas indicam diferença significativa (p<0,05) entre os diferentes níveis de vitamina E.

Resultados semelhantes ao do presente trabalho foram obtidos por Fogaça e Sant'Ana (2007) com tilápias alimentadas com 0, 100 e 200 mg vit.E/kg de dieta e após 63 dias processadas em hambúrgueres. Os autores observaram que os hambúrgueres do grupo controle (sem adição de vitamina E) apresentaram valores maiores de TBARS do que os tratamentos com suplementação de vitamina E, e 200 mg vit.E/kg foram ideais para diminuir a oxidação lipídica, indicando ação antioxidante da vitamina E.

Assim, a incorporação de 200 mg de vitamina E/kg de dieta em pacus é ideal para diminuir a oxidação lipídica em 90 e 120 dias de estocagem sob congelamento. Isso se deve ao fato de que a suplementação de vitamina E na ração faz com que esta seja incorporada nas membranas lipídicas, protegendo o tecido da oxidação pós-morte. Buckley e Morrisey (1992) afirmam que a adição do α-tocoferol no músculo pós-morte

não o torna parte integral da membrana, e consequentemente não é tão efetivo quanto o α-tocoferol incorporado nas membranas celulares por meio da dieta.

#### 3.4 Conclusão

Conclui-se que o nível 1 mg selênio + 200 mg vitamina E/kg na dieta de juvenis de pacus (*P. mesopotamicus*) diminui a oxidação lipídica da carne após 90 dias de estocagem sob congelamento, além de manter o desempenho, rendimentos corporais e composição centesimal.

# 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suplementação com vitaminas e minerais é essencial na dieta de peixes, influenciando no crescimento, metabolismo, reprodução e saúde. Muitos estudos vêm sendo desenvolvidos no sentido de determinar as exigências destes nutrientes para diferentes espécies. Além de serem essenciais, as vitaminas e minerais são capazes de maximizar o desempenho produtivo dos peixes, já que podem melhorar o metabolismo e imunidade dos peixes.

A vitamina E, em especial, é reconhecida por sua ação antioxidante tanto no organismo vivo como durante o armazenamento de diversas carnes. Esta observação foi feita também para o pacu (*P. mesopotamicus*), já que a suplementação *in vivo* com 200 mg de vitamina E/kg de ração diminuiu a oxidação lipídica de troncos limpos armazenados sob congelamento.

A ausência de resultados significativos na suplementação com selênio e vitamina E sobre os parâmetros de desempenho produtivo observada no presente estudo, pode ser explicada devido à estrutura utilizada para montagem do experimento, já que os tanques-rede foram dispostos em um tanque escavado e a água de cultivo pode ter suprido a exigência de selênio do pacu. Além disso, não se pode afirmar que a dieta isenta de suplementação com selênio e vitamina E realmente não continha estes nutrientes, já que os ingredientes utilizados na ração poderiam contê-los.

Dados não mostrados neste trabalho, apontaram que o nível 0 mg de selênio + 0 mg de vitamina E acarretou em maior nível (p<0,05) de triglicerídeos no sangue de pacus, enquanto o nível 1 mg de selênio + 100 mg de vitamina E demonstrou menor (p<0,05) teor deste parâmetro bioquímico. Quando avaliada a vitamina E separadamente, o nível 100 mg apresentou menor (p<0,05) teor de colesterol total sérico. Entretanto, não existem trabalhos na literatura que relacionem o selênio e a vitamina E com o nível de triglicerídeos e colesterol sanguíneos, motivo pelo qual tais dados não foram apresentados. Assim, sugerem-se estudos para avaliar a influência do selênio e da vitamina E sobre estes parâmetros. Sugerem-se também novos estudos sobre a influência do selênio e da vitamina E para o pacu, com estrutura experimental em laboratório, e utilizando níveis menores de selênio. Uma maior suplementação de vitamina E também poderia diminuir a oxidação lipídica do pacu, visto que o maior

nível utilizado neste experimento (200 mg de vitamina E/kg de ração) ocasionou menor teor de TBARS.

Considerando o potencial da vitamina E como antioxidante tanto *in vivo* quanto na qualidade da carne, indica-se a utilização de 1mg de selênio e 200 mg de vitamina E/kg de ração, para manter o desempenho e diminuir a oxidação lipídica de pacus (*P. mesopotamicus*).

# 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) Holmberg, 1887. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 5, p. 1101-1109, 2004.
- ALMEIDA, G. S. C. Suplementação dietética de vitamina C, desenvolvimento e sanidade do pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887). Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003. 47p.
- AOAC ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 18. Ed. Gaithersburg, M.D, USA, 2005.
- ARUOMA, O. I. Free radicals and food. Chemistry in Britain, v.29, n.3, p.210-214, 1993.
- AVILEZ, I. M. Metabolismo antioxidativo, biotransformação hepática e alterações histológicas de matrinxã (*Brycon amazonicus*, SPIX & AGASSIZ, 1829, CHARACIDAE) exposto ao fenol. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2008. 155 p.
- BELL, J. G.; COWEY, C. B. Roles of vitamin E and selenium in the prevention of pathologies related to fatty acid oxidation in salmonids. **Nutrition Feed Fish,** p. 333-347, 1985.
- BELO, M. A. A.; SCHALCH, S. H. C.; MORAES, F. R.; SOARES, V. E.; OTOBONI, A. M. M. B.; MORAES, J. E. R. Effect of Dietary Supplementation with Vitamin E and Stocking Density on Macrophage Recruitment and Giant Cell Formation in the Teleost Fish, *Piaractus mesopotamicus*. **Journal of Comparative Pathology**. v.133, p.146–154, 2005.
- BEKHIT, A. E. D.; ILIAN, M. A.; MORTON, J. D.; VANHANAN, L.; SEDCOLE J. R.; BICKERSTAFFE, R. Effect of calcium chloride, zinc chloride, and water infusion on metmyoglobin reducing activity and fresh lamb color. **American Society of Animal Science**, v. 83, p. 2189-2204, 2005.
- BITTENCOURT, F. Cultivo de pacu *Piaractus mesopotamicus* sob diferentes densidades em tanque-rede no Reservatório de Itaipu. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, 2008. 46 p.
- BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A. A.; BOSCOLO, W. R.; MALUF, M. L. F. M. Densidade de estocagem e parâmetros eritrocitários de pacus criados em tanquesrede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.11, p.2323-2329, 2010.

- BOMBARDELLI, R. A.; BENCKE, B. C.; SANCHES, E. A. S. Processamento da carne do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) cultivado em tanques-rede no reservatório de Itaipu. **Acta Scientiarum Animal Science**. Maringá, v. 29, n. 4, p. 457-463, 2007.
- BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A.; BITTENCOURT, F.; CANZI, C. Manual Técnico: Criação de pacu em tanque-rede para produção de carne mecanicamente separada (CMS). Convênio de Cooperação Técnico-Financeira para o Desenvolvimento de Pesquisas Relacionadas à Produção de Peixes em Sistema de Tanques-rede no Reservatório de Itaipu. GEMAq/UNIOESTE/ITAIPU BINACIONAL. 50p. 2010,
- BUCKLEY, D. J.; MORRISSEY, P. A. Vitamin E and meat quality. In: HOFFMANN, F. La Roche: vitamins and fine chemicals. Irlanda, 1992.
- CANTELMO, O. A. **Níveis de proteína e energia em dietas para o crescimento do pacu** *Piaractus mesopotamicus* (**Holmberg, 1887**). Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 1993. 55p.
- CARNEIRO D. J. **Níveis de proteína e energia na alimentação do Pacu, Colossoma mitrei (Berg, 1895**). Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 1983. 56p.
- CASTAGNOLLI, N.; ZUIM, S. M. F. Consolidação do conhecimento adquirido sobre o pacu *Colossoma mitrei* (BERG,1895). Jaboticabal: FCAV/Unesp, 1985.
- CAVICHIOLO, F.; RIBEIRO, R. P.; MOREIRA, H. L. M.; LOURES, B. R. R.; MAEHANA, K.; POVH, J. A.; LEONARDO, J. M. L. O. Efeito da suplementação de vitamina C e vitamina E na dieta, sobre a ocorrência de ectoparasitas, desempenho e sobrevivência em larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) durante a reversão sexual. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 4, p. 943-948, 2002.
- CHAIYAPECHARA, 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.
- CHAN, S. S. Estudo morfofuncional de leucócitos polimorfonucleares sanguíneos como parâmetro de estresse oxidativo. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo. 1996. 238p.
- CHANG, K. L. B.; CHANG, J.; SHIAU, C.; PAN, B. S. Biochemical, microbiological, and sensory changes of sea bass (*Lateolabrax japonicus*) under partial freezing and refrigerated storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 682-686, 1998.
- CHEAH, K. S.; CHEAH, A. M.; KRAUSGRILL, D. I. Effect of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. **Meat Science**, v. 39, p. 255-264, 1995.
- CHEN, R.; LOCHMANN, R.; 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.
- CHOW, C. K. Vitamin-E and oxydative stress. **Free Radical. Biol. Med.,** Elmsford, v. 11, p. 215-232, 1991.
- COLES, E. H. Função hepática. In: COLES, E. H. (Ed.). **Patologia clínica veterinária**. 3. ed. São Paulo: Manole, 1984. cap 7, p.185-219.
- COLTRO, L.; BURATIN, A. E. P. Garrafas de PET para Óleo Comestível Avaliação da Barreira à Luz. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 14, n. 3, p. 206-211, 2004
- DEVLIN, T. M. **Manual de bioquímica com correlações clínicas.** 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997. 1007 p.
- DURIGAN, J. G.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; OLIVEIRA, D.B.S. Estudo limnológico em tanques de piscicultura. Parte I: Variação nictemeral de fatores físicos, químicos e biológicos. **Acta Limnologica Brasiliense**, v. 4; p.211-223, 1992.
- FERREIRA, A. L. A.; MATSUBARA L. S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Revista da Associação médica brasileira**, v.43, n.1, p.61-68, 1997.
- FERREIRA, A. M. S. C.; COSTA, J. N.; PEIXOTO, A. P. C.; BRITO, O. S.; CASSETARI, M. L.; NETO, A. O. C. Suplementação com vitamina E (acetato de DL-alfa-tocoferol) e a ocorrência de mastites em vacas da raça Jersey. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.8, n.2, p.71-86, 2007.
- FOGAÇA, F. H. S.; SANT'ANA, L. S. Tocopherol in the lipid stabilitity of tilápia (*Oreochromis niloticus*) hamburgers. **Food Chemistry**, v. 105, p. 1214-1218, 2007.
- FOGAÇA, F. H. S. **Efeito do tocoferol no desempenho e na estabilidade lipídica da Tilápia nilótica** (*Oreochromis niloticus*). Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal SP, 2005. 79p.
- FOGAÇA, F. H. S.; SANT'ANA, L. S. Oxidação lipídica em peixes: mecanismo de ação e prevenção. **Archives of Veterinary Science,** v.14, n.2, p.117-127, 2009.
- GATLIN, D. M.; WILSON, R. P. Dietary selenium requirement of fingerling catfish. **J. Nutr.**, v. 114, p. 627-633, 1984.
- GATTA, P.P., PIRINI, M., TESTI, S., VIGNOLA, G., MONETTI, P.G. The influence of different levels of dietary vitamin E on sea bass, *Dicentrarchus labrax* flesh quality. **Aquaculture Nutrition**, v. 6, p.47–52, 2000.
- GOES, E. S. R. Elaboração de biscoitos tipo "cookies" com inclusão de peixe. Monografia (Graduação). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2010. 72p.

- GOMES, G. R. Suplementação com selênio orgânico nas dietas de tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*). Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Centro de Aqüicultura, 2008. 48p.
- 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.
- GONZÁLES-FLECHA, B. S.; REPETTO M.; EVELSON P.; BOVERIS A. Inhibition of microsomal lipid peroxidation by α-tocopherol acetate. **Xenobiotica**, v. 21, p. 1013-1022, 1991.
- GUERRA, M. M. P.; EVANS, G.; MAXWELL, W. M. C. Papel de oxidantes e antioxidantes na andrologia: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.28, p.187-195, 2004.
- HADDAD, C. M.; ALVES, F. V. Novos conceitos e tecnologias na suplementação mineral de bovinos. Congresso Latino Americano de Nutrição Animal. 2ed. 10-13 jun. 2006. **Anais eletrônicos**...[on line]. Disponível em: http://www.unb.br/posgraduacao/stricto\_sensu/editais/12008/artigos\_cienciasanimais\_1 \_2008/Novos%20Conceitos%20e%20Tecnologias%20na.pdf. Acesso em 05 ago 2010.
- HALLIWELL, B; GUTTERIDGE, J. **Free Radical in Biology and Medicine**. 4. ed. Oxford: Oxford University Press, 2007. 704p.
- HAMRE, K.; CHRISTIANSEN, R.; WAAGBO, R.; MAAGE, A.; TORSTENSEN, B.E.; LYGREN, B.; LIE, O.; WATHNE, E.; ALBREKTSEN, S. Antioxidant vitamins, minerals and lipid levels in diets for Atlantic Salmon (*Salmo salar*, L.): effects on growth performance and fillet quality. **Aquaculture Nutrition**, v.10, p.113-123, 2004
- HARPER, H. A. **Review of physiological chemistry**. 15ed. Los Altos: Lange Medical Publications, 1973.
- HENRIQUE, M. M. F.; GOMES, A. E. F.; GOUILLOU-COUSTANS, M. F.; OLIVA-TELES, A.; DAVIES, S. J. Influence of practical diets with vitamin C on growth and response to hypoxic-stress of Seabream, (*Spaurus aurata*). **Aquaculture**, v. 161, p. 415-426, 1998.
- HERSHKO C. Mechanism of iron toxicity and its possible role in red cell membrane damage. **Semin Hematol**, v.26, p.277-285, 1989.
- HILBIG, C. C. Taxa de arraçoamento para o Pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) criado em tanques-rede no Reservatório de Itaipu. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2010. 44p.
- HILTON, J. W.; HODSON, P. V.; SLINGER, S. J. The requirement and toxicity of selenium in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Journal of Nutrition**, v. 110, p. 2527-2535, 1980.

- HOYLAND, D. V.; TAYLOR, A. J. A Review of the methodology of the 2-thiobarbituric acid test. **Food Chemistry**, v. 40, p. 271-291, 1991
- HUANG, C. H.; HUANG, S. L. Effect of dietary vitamin E on growth, tissue lipid peroxidation, and liver glutathione level of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*, fed oxidized oil. **Aquaculture**, v.237, p.381–389, 2004.
- HURLEY, W. L.; DOANE, R. M. Recent developments in the roles of vitamins and minerals in reproduction. **Journal of Dairy Science**, v.72, n.3, p.784-804, 1989.
- HUSS, H. H. **Garantia da qualidade dos produtos da pesca**. FAO Documento Técnico sobre as Pescas N°334. Roma, Itália, FAO, 176p. 1997.
- JARDINE, D.; ANTOLOVICH, M.; PRENZLER, P. D.; ROBARDS, K. Liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS) investigation of the thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) reaction. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.50, p.1720-1724, 2002.
- JOMORI, R.; CARNEIRO, D. J.; PORTELLA, M. C. Growth and survival of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) juveniles reared in ponds or at different initial larviculture periods indoors. **Aquaculture**, v. 221, n. 1-4, p. 277-287, 2003.
- KAI, M.; MORAIS, C. Vias de deterioração do pescado. In: KAI, M., RUIVO, U. E. Controle de qualidade do pescado. Santos: Leopoldianump. p.13-20, 1988.
- KAMAL-ELDIN, A.; APPELQVIST, L. A. The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols. **Lipids**, v. 31, n. 7, p. 671-701, 1996.
- KLEIN, S. **Níveis de proteína bruta em dietas para o pacu** (*Piaractus mesopotamicus*) **cultivado em tanques rede.** Dissertação (Mestrado). Pós Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2011. 44p.
- LALL, S. P. The minerals. IN: HALVER, J.E. (Ed.) **Fish nutrition**. New York: Elsevier Science, p.259-308, 2002.
- LEITÃO, M. F. F. Microbiologia e deterioração do pescado fresco e refrigerado de origem fluvial ou marinha. In: **Simpósio sobre controle de qualidade microbiológico, químico, físico e organoléptico de pescado e derivado,** 1994, Campinas. Anais... Campinas: ITAL, 1994. p.11-26.
- LIN, Y.H.; SHIAU, S.Y. Dietary selenium requirements of juvenile grouper, *Epinephelus malabaricus*. **Aquaculture**, v.250, p.356-363, 2005.
- LIU, S.; FAN, W.; ZHONG, S.; MA, C.; LI, P.; ZHOU, K.; PENG, Z.; ZHU, M. Quality evaluation of tray-packed tilapia fillets stored at 0° C based on sensory, microbiological, biochemical and physical attributes. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n.5 p. 692-701, 2010.

- LOVELL, R. T. **Nutrition and feeding of fish.** 2. ed. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 1998. 267 p.
- LUCENA, C. F. Antioxidantes em exercícios aeróbios: papel do selênio e glutationa peroxidase. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v. 9, n.1, p.54-61, 2010.
- MCDOWELL, L. R. **Vitamins in animal nutrition**. San Diego: Academic Press, 1989. 486 p.
- MELO FRANCO, B. D. G.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo Atheneu, 1996. 182p.
- MEYDANI, S.N.; MEYDANI, M.; BLUMBERG, J. B.; LEKA, L. S.; SIBER, G.; LOSZEWSKI, R.; THOMPSON, C.; PEDROSA, M. C.; DIAMOND, R. D.; STOLLAR, B. D. Vitamin E supplementation and in vivo immune response in healthy elderly subjects: a randomized controlled trial. **JAMA**. v. 277, n.7, p.1380-6, 1997.
- MILLER, J.K.; BRZEZINSKA-SLEBODZINSKA, E., MADESEN, F.C. Oxidative stress, antioxidants, and animal function. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.2812-2823, 1993.
- MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura: Brasil 2010**. Brasília, 2012. Disponível em <a href="http://www.mpa.gov.br/index.php/topicos/300-boletim-estatistico-da-pesca-e-aquicultura-2010">http://www.mpa.gov.br/index.php/topicos/300-boletim-estatistico-da-pesca-e-aquicultura-2010</a>> Acesso em 09 mar 2012.
- MOMMSEN, T. P.; VIJAYAN, M. M.; MOON, T. W. Cortisol in teleosts: dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v.9, p.211–268, 1999.
- MONTERO, D.; MARRERO, M.; IZQUIERDO, M. S.; ROBAINA, L.; VERGARA, J. M.; TORT, L. Effect of vitamin E and C dietary supplementation on some immune parameters of gilthead seabream (*Spartus aurata*) juveniles subjected to crowding stress. **Aquaculture**, v. 171, p. 269-278, 1999.
- MONTEIRO, D. A.; RANTIN, F. T.; KALININ, A. L. Uso do selênio na dieta de matrinxã, *Brycon cephalus*. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.8, n.1, p. 32-47, 2007.
- NASCIMENTO, T. S. R. **Vitamina E em dietas para reprodutoras de tilápia-do-nilo.** Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010. 82p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Medical and Biological Effects of Environmental Pollutants—Selenium.** National Academy Press, Washington, DC. 1976.
- NICOLODI, R. R. S. J. **Efeito do selênio e vitamina E sobre o hemograma, proteínograma e metabolismo oxidativo de cordeiros infectados experimentalmente pelo** *Haemonchus contortus***. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria. 2008. 72p.**

- NORDBERGER, J.; ARNÉR, E. S. J. Reactive oxygen species, antioxidants and the mammalian thioredoxin system. **Free Radical Biology & Medicine**, v.31, n. 11, p. 1287-1312, 2001.
- NRC (National Research Council). **1.Fishes Nutrition Requirements. 2. Fishes Feedings andfeeds.** Washington: National Academy of Sciences. 114p. 1983.
- OGAWA, M.; Alterações da carne de pescado por processamento e estocagem. In: OGAWA, M.; MAIA, E. L. (Ed). **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado.** São Paulo: Livraria Vilela, v. 1, p. 221-249, 1999.
- OGAWA, M.; OGAWA, N. B. P. Alterações do pescado pós-morte. In: OGAWA, M.; MAIA, E. L. (Ed). **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado.** São Paulo: Livraria Vilela, v. 1, p. 111-137, 1999.
- OGAWA, M.; MAIA, E.L. **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo: Livraria Varela. 1999. 430p.
- OLIVEIRA, A. C.; REIS, S. M. P. M.; MORAES, C. M. B. O uso do destilado da desodorização do óleo de soja como fonte alternativa de vitamina E reduziu a evolução ponderal em ratos. **Revista de nutrição**, v.18 n.5, p.693-697, 2005.
- OLIVEIRA, P. J. M. G. Licopeno no bem-estar de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): efeito sobre desempenho e parâmetros bioquímicos. Tese (Doutorado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos Universidade de São Paulo. 2009. 103 p.
- ONIBI G. E.; SCAIFE J. R.; FLETCHER T. C. Influence of α-tocopherol acetate in high lipid diets on quality of refrigerated Atlantic Salmon (*Salmo salar*) fillets. **Refrigeration and Aquaculture**, v. 33, p. 145-152, 1996.
- OSTRENSKY, A.; BOEGER, W. **Piscicultura: fundamentos e técnicas de manejo**. Guaíba: Agropecuária, 1998. 211p.
- OTANI, F. S. Influência da adição in vivo de vitamina E e de métodos de abate nos atributos de qualidade de filés de tilápia. Dissertação (Mestrado). Centro de Aquicultura da Unesp Universidade Estadual Paulista. 2009. 60p.
- PEREIRA, T. S.; FABREGAT, T. E. H. P.; FERNANDES, J. B. K.; BOSCOLO, C. N.; CASTILLO, J. D. A.; KOBERSTEIN, T. C. R. D. Selênio orgânico na alimentação de matrizes de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 31, n. 4, p. 433-437, 2009.
- PETRERE Jr, M. River fisheries in Brazil: a review. **Regulated Rivers: Research and Management**, v. 4, p. 1-16, 1989.
- PIEDRAS, S. R. N.; MORAE, P. R. R.; ISOLDI, L. A.; POUEY, J. L. O. F.; RUTZ, F. Comparação entre o selênio orgânico e o inorgânico empregados na dieta de alevinos de

- jundiá (*Rhamdia quelen*). **Boletim do Instituto da Pesca**, v. 31, n. 2, p. 171 174, 2005.
- PIRINI M. ET AL. GATTA, P.P., TESTI, S., TRIGARI, G., MONETTI, P.G. Effect of refrigerated storage on muscle lipid quality of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed on diets containing different levels of vitamin E. **Food Chemistry**, v. 68, p. 289-293, 2000.
- POMPELLA, A. Biochemistry and histochemistry of oxidant stress and lipid peroxidation. **International Journal of Vitamin and Nutrition Research**, v.67, n.5, p.289-297, 1997.
- POSTON, H. A.; COMBS G. F. JR.; LEIBOVITZ L. Vitamin E and selenium interrelations in the diet of Atlantic salmon (*Salmo solar*): Gross, histological and biochemical deficiency sings. **Journal of Nutrition**, v. 106, p. 892-904, 1976.
- POSTON, H.A.; COMBS, G.F. Interrelationships between requirements for dietary selenium, vitamin E, and L-ascorbic acid by Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed a semipurified diet. **Fish Health News**, v.8, n.4, 1979.
- PRENTICE, C.; SAINZ, R. L. Cinética de deterioração apresentada por filés de carpacapim (*Ctenopharyngodon idella*) embalados a vácuo sob diferentes condições de refrigeração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.1, p.127-131, 2005.
- PUANGKAW, J.; KIRON 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. **Compendium of Biochemistry and Physiology**, v.140, p.187-196, 2005.
- PYLE, G.G.; RAJOTTE, J.W.; COUTURE, P. Effects of industrial metals on wild fish populations along a metal contamination gradient. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 61, p. 287-312, 2005.
- RAMAKRISHNAN, S; RAJESH, M; SULOCHANA, KN. Eales' disease: oxidant stress and weak antioxidant defence. **Indian Journal of Ophthalmology**, v.55, p. 95-102, 2007.
- REN, XJ; GAO, SJ; YOU, DL; HUANG, HL; LIU, Z; MU, Y; LIU, JQ; ZHANG, Y; YAN, GL; LUO, GM; YANG, TS; SHEN, JC. Cloning and expression of a single-chain catalytic antibody that acts as a glutathione peroxidase mimic with high catalytic efficiency. **Biochemical Journal**, v.359, p. 369-374, 2001.
- RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher: Instituto Mauá de Tecnologia, 2004. 184p.
- ROEM, A. J.; KOHLER, C. C.; STICKNEY, R. R. Vitamin E requirements of the blue tilápia *Oreochromis aureus* (Steindachner), in relation to dietary lipid levels. **Aquaculture,** v. 87, p. 155-164, 1990.

- ROTRUCK, J.T.; POPE, A.L.; GANTHER, H.E.; SWANSON, A.B.; HAFEMAN, D.G.; HOEKSTRA, W.G. Selenium: biochemical role as a component of glutathione peroxidase. **Science**, v. 179, p. 588-90, 1973.
- ROWE, L. J.; MADDOCK, K. R.; LONERGAN, S. M.; HUFF/LONERGAN, E. Influence of early postmortem protein oxidation on beef quality. **American Society of Animal Science**, v. 82, p. 785-793, 2004.
- RUFF, N.; FITZGERALD R. D., CROSS T. F., TEURTRIE G., KERRY J. P. Slaughtering method and dietary tocopherol acetate supplementation affect rigor mortis and fillet shelf-life of turbot (*Scophthalmus maximus*). **Aquaculture Research**, v.33, n.9, p.703-714, 2002.
- RUFF, N.; FITZGERALD, R. D.; CROSS, T. F.; LYNCH, A.; KERRY, J. P. Distribution of α-tocopherol in fillets of turbot (*Scophthalmus maximus*) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*), following dietary α-tocopheryl acetate supplementation. **Aquaculture Nutrition**, v.10, p.75-81, 2004.
- SADO, R. Y. Imunoestimulantes dietéticos e respostas biológicas, bioquímicas e hematológicas de juvenis de *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008. 136p.
- SALEM JR., N. Introduction to polyunsaturated fatty acids. **Backgrounder**, v. 3, n. 1, p. 1-8, 1999.
- SAMPAIO, F. G. **Selênio e vitamina E em dietas para tilápia do Nilo** (*Oreochromis niloticus*). Dissertação (Mestrado). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP. 2003.
- SAMPAIO, F. G. KLEEMANN, G. K.; SÁ, M. V. C.; PEREIRA, A. S. P.; BARROS, M. M.; PEZZATO, 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.
- SAMPAIO, F. G.; BOIJINK, C. L.; OBA, E. T.; SANTOS, L. R. B.; KALININ, A. L.; RANTIN, F. T. Antioxidant defenses and biochemical changes in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) in response to single and combined copper and hypoxia exposure. **Comparative Biochemistry and Physiology: Part C**, v. 147, p. 43-51, 2008.
- SANT'ANA, L. S.; FERNANDES, J. B. Efeito do armazenamento na composição em ácidos graxos de filés de peixes da espécie pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000, Fortaleza. Anais... Fortaleza: SBCTA, 2000. v. 4, p. 5-272.
- 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.

- SIGNOR, A. A.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A.; BITTENCOURT, F.; COLDEBELLA, A. REIDEL, A. Proteína e energia na alimentação de pacus criados em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p.2336-2341, 2010
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. **Limnologia aplicada à aqüicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 70p.
- SARY, C.; FRANCISCO, J. G. P.; DALLABONA, B. F.; MACEDO, R. E. F.; GANECO, L. N.; KIRSCHNIK, P. G. Influência da lavagem da carne mecanicamente separada de tilápia sobre a composição e aceitação de seus produtos. **Revista Acadêmica de Ciência Agrária e Ambiental**, v. 7, n. 4, p. 423-432. 2009.
- SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v.22, n.1 1999.
- SHIAU, S. Y.; SHIAU, L. F. Re-evaluation of the vitamin E requirement of juvenile Tilapia (*Oreochromis niloticus x O. aureus*). **Animal Science**, v. 72, p. 529-534, 2001.
- STADTMAN, E. R. Metal ion-catalized oxidation of proteins: biochemical machanism and biological consequences. **Free Radical Biology & Medicine**, v.9, p.315-325, 1990.
- SUNGCHUL, C. B.; LEE, K. J. Different levels of dietary DL-α-tocopheryl acetate affect the vitamin E status of juvenile korean rockfish, (*Sebastes schlegeli*). **Aquaculture,** v. 161, p. 405-414, 1998.
- TEJPAL, C. S.; PAL, A. K.; SAHU, N. P.; KUMAR, J. A.; MUTHAPPA, N. A.; VIDYA, S.; RAJAN, M. G. Dietary supplementation of L-tryptophan mitigates crowding stress and augments the growth in *Cirrhinus mrigala* fingerlings. **Aquaculture**, v.293, p.272–277, 2009.
- TEH, S. J.; DENG, X.; DENG, D. F.; TEH, F. C.; HUNG, S. S. O.; FAN, T. W. M.; LIU, J.; HIGASHI, R. M. Chronic effects of dietary selenium on juvenile Sacramento split-tail (*Pogonichthys macrolepidotus*). **Environmental Science and Technology**, v. 38, p. 6085–6093, 2004.
- THORARINSSON, R.; LANDOLT, M. L. Effect of dietary vitamin E and selenium on growth, survival and the prevalence of *Renibacterium salmoninarum* infection in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). **Aquaculture**, v. 121, p. 343-358, 1994.
- TOCHER, D. R.; MOURENTE, G.; VAN DER EECKEN, A.; EVJEMO, 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.
- TREVISAN, R. **Defesas celulares e sistema antioxidante em bivalves marinhos** (*Mytilus edulis* e *Perna perna*) expostos a metais. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2010. 92p.

- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. SAEG 9.1 Sistema para analises estatísticas genéticas, Viçosa: MG, 2007.
- URBINATI, E.C.; GONÇALVES, F.D. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: BALDISSEROTO, B; GOMES, L.C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Editora UFSM, 2005. 470p.
- VALAVADINIS, A.; VLAHOGIANNI, T., DASSENAKIS, M., SCOULLOS, M. Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 64, p. 178-189, 2006.
- VICENTE, C. P. Avaliação da qualidade do pescado fresco comercializado no comércio varejista no município de São Gonçalo RJ. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005. 66p.
- VILAS BOAS, G. C. Morfometria, rendimento do processamento e composição química do filé de matrinchã *Brycon cephalus* (GÜNTHER, 1869). Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001. 59p.
- VYNCKE, W. Direct determination of the TBA value in trichloroacetic acid extract of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette-Sceifen Anstrichmittel**, v. 72, p. 1084 -1087, 1970.
- WATANABE, T.; KIRON, V.; DATOH, S. Trace minerals in fish nutrition. **Aquaculture**, v. 151, p. 185-207, 1997.
- WEBER, J.; BOCHI, V. C.; RIBEIRO, C. P.; VICTÓRIO, A. M.; EMANUELLI, T. Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. **Food Chemistry**, v. 106, n. 1, p. 140-146, 2008.