

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E  
ENGENHARIA DE PESCA**

**CARLA CANZI**

**AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO MEXILHÃO DOURADO  
(*LIMNOPERNA FORTUNEI DUNKER, 1857*) NA ELABORAÇÃO DE  
FARINHA PARA ALIMENTAÇÃO DA TILÁPIA (*OREOCHROMIS  
NILOTICUS LINNAEUS, 1758*)**

Toledo  
2011

CARLA CANZI

**AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO MEXILHÃO DOURADO  
(*LIMNOPERNA FORTUNEI DUNKER, 1857*) NA ELABORAÇÃO DE  
FARINHA PARA ALIMENTAÇÃO DA TILÁPIA (*OREOCHROMIS  
NILOTICUS LINNAEUS, 1758*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo

Toledo  
2011

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária  
UNIOESTE/Campus de Toledo.  
Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB – 9/924

C235a Canzi, Carla  
Avaliação da utilização do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei* Dunker, 1857) na elaboração de farinha para alimentação da tilápia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) / Carla Canzi. -- Toledo, PR : [s. n.], 2011.  
ix ; 53 f. : il., figs., tabs.

Orientador: Drº Wilson Rogério Boscolo  
Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Toledo. Centro de Engenharias e Ciências Exatas.

1. Mexilhão dourado – Composição química 2. Mexilhão dourado como ração 3. Peixes – Alimentação e rações 4. Tilápia - (*Oreochromis niloticus*) - Nutrição. 5. Ração animal – Peixes - Avaliação 6. Digestibilidade e nutrição I. Boscolo, Wilson Rogério, Or. II. T.

CDD 20. ed. 639.3758

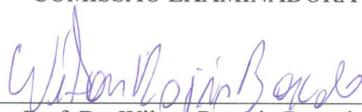
## FOLHA DE APROVAÇÃO

**CARLA CANZI**

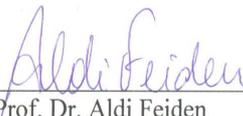
Avaliação da utilização do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei* Dunker, 1875) na elaboração de farinha para alimentação de tilápia (*Oreochromis niloticus*, linnaeus, 1758)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela Comissão Examinadora composta pelos membros:

### COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)



Prof. Dr. Aldi Feiden  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná



Profª Drª Betina Muelbert Esquivel  
Universidade Federal da Fronteira Sul/ *Campus* de Laranjeiras do Sul

Aprovada em: 15 de fevereiro de 2011.

Local de defesa: mini-auditório da Unioeste/*Campus* de Toledo.

Aos meus pais;  
Ao Hugo, companheiro e amigo, presente em  
todas as horas;  
A todos os animais sacrificados em prol da  
ciência.

## AGRADECIMENTO(S)

À energia superior, que alguns chamam de Deus, pela minha existência e por me permitir tantas conquistas.

À Itaipu Binacional e toda a equipe da Divisão de Reservatório pelo apoio.

A toda a equipe do GEMAQ, em especial Jaque, Taty e Deividy, sem os quais o trabalho não seria possível.

A Wilson Boscolo, que foi mais que um orientador, um verdadeiro amigo.

A minha irmã, Claudia Canzi, o ombro amigo sempre presente.

À equipe do Laboratório Ambiental da Itaipu Binacional.

Aos mestres do programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

A todos os animais que foram sacrificados para a realização deste trabalho.

Avaliação da utilização do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei* Dunker, 1857) na elaboração de farinha para alimentação da tilápia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758)

## RESUMO

O Estudo foi realizado com objetivo de conhecer o valor nutricional do molusco invasor *Limnoperna fortunei* e o seu potencial de utilização como alimento na fabricação de rações para peixes. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas. Na primeira foram processados dois tipos de farinha, uma utilizando molusco na forma integral (valvas e conteúdo corporal), denominada FMI, e outra utilizando somente as valvas, denominada FMV. Nos materiais processados foram realizadas análises de proteína bruta (PB), lipídeos, cinza, cálcio (Ca), fósforo (P), sódio (Na), potássio(K), chumbo (Pb), cobalto (Co), cobre (Cu), mercúrio(Hg), zinco(Zn), pH e bacteriologia ((*Salmonella sp*, *bactérias mesófilas*, *enterobacterias* e *E. colli*). Na segunda etapa, o material foi submetido à avaliação da digestibilidade aparente da PB, e disponibilidade do Ca e P, utilizando a espécie Tilápia (*Oreochromis niloticus*). Os resultados obtidos foram: PB(%) 12,95 e 8,64; lipídeos (%) 1,01 e 0,42; cinza (%) 80,53 e 86,43(%), P(%)0,11 e 0,10; Ca(%) 27,27 e 28,70; Na (%) 3,79 e 3,29 e pH 6,7 e 6,9; para FMI e FMV, respectivamente. Os resultados de metais pesados e bacteriologia se mostraram dentro de níveis considerados aceitáveis à utilização em ração animal. Em relação à digestibilidade aparente da PB e disponibilidade aparente de Ca e P, o material não apresentou desempenho satisfatório, não sendo considerado adequado o seu uso para alimentação da espécie tilápia.

**Palavras-Chave:** Mexilhão dourado, composição química, alimento alternativo e molusco.

Evaluation of the use of golden mussel (*Limnoperna fortunei* Dunker, 1857) in preparation of meal to feed tilápia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758).

### ABSTRACT

The study was conducted to know the nutritional value of the invasive mussel *L. fortunei* and its potential use as food in the manufacture of feed for fish. The work was done in two stages. The first step processed two types of meal, using a mussel in its integral form (valves and body content), called the FMI, and the other using only the valves and called FMV. In the processed materials analysis of crude protein (CP) were done, lipids, ash, calcium (Ca), phosphorus (P), Sodium (Na), Potassium (K), Lead (Pb), Cobalt (Co), Copper (Cu), Mercury (Hg), Zinc (Zn), pH and bacteriology (*Salmonella sp*, *bactérias mesófilas*, *enterobacterias e E. colli*). In the second step the material was submitted to evaluate the apparent digestibility of CP, and availability of Ca and P, for Tilápia (*Oreochromis niloticus*). The results were: CP (%) 12.95 and 8.64; Lipids (%) 1.01 and 0.42, Ash (%) 80.53 and 86.43 (%) P (%) 0, 11 and 0.10, Ca (%) 27.27 and 28.70; Na (%) 3.79 e3, 29 and pH 6.7 and 6.9, for FMV and IMF, respectively. The results of heavy metals and bacteriology were considered acceptable for use in animal feed. Regarding the apparent digestibility of crude protein and apparent availability of Ca and P, the material did not show satisfactory performance and is not considered appropriate to use for feeding tilápia .

**Keywords:** Golden Mussel, mussel composition flour, alternative food, apparent digestibility.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1 OBJETIVOS .....	11
1.1.1 Objetivo geral.....	11
1.1.2 Objetivos específicos.....	12
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>13</b>
2.1 ALIMENTOS ALTERNATIVOS .....	13
2.2 DIGESTIBILIDADE .....	14
2.3 ESPÉCIES .....	16
2.3.1 Tilápia.....	16
2.3.2 Mexilhão Dourado .....	18
2.4 BACTERIOLOGIA .....	22
2.5 METAIS PESADOS .....	25
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
3.1 INGREDIENTE TESTE.....	28
3.2 ANÁLISES QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS .....	29
3.3 AVALIAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE.....	30
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
4.1 FARINHA DE MEXILHÃO VALVA (FMV) E FARINHA DE MEXILHÃO INTEGRAL (FMI) .....	34
4.2 AVALIAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE.....	35
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES .....</b>	<b>42</b>
<b>8 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Mexilhão Dourado ( <i>Limnoperna fortunei</i> ) .....	20
FIGURA 2: Remoção de mexilhão dourado de planta hidrelétrica .....	21
FIGURA 3: Operação de limpeza e retirada de mexilhão dourado.....	21
FIGURA 4: Descarte de mexilhão dourado proveniente de operação de limpeza .....	22
FIGURA 5: Etapas do processamento para elaboração de farinhas utilizando mexilhão dourado. ....	29

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Principais exigências nutricionais da espécie <i>oreochromis niloticus</i> em condições de cultivo .....	18
TABELA 2 - Níveis de minerais recomendados (mg/kg de MS) para a espécie <i>Oreochromis niloticus</i> .....	18
TABELA 3- Limites de tolerância ambiental para a espécie <i>Limnoperna fortunei</i> ...21	
TABELA 4- Limites de UFC (unidades formadoras de colônias) considerados bom, aceitável e inaceitável em rações para animais. ....	24
TABELA 5 - Composição percentual da dieta referência e teste, utilizadas para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente das farinhas de mexilhão integral (FMI) e mexilhão valvas (FMV), para tilápia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ). ....	31
TABELA 6 – Composição química das farinhas de mexilhão integral (FMI) e farinha de mexilhão valva(FMV).....	34
TABELA 7 – Resultados das análises bacteriologias realizadas na farinha de mexilhão integral (FMI) e farinha de mexilhão valvas (FMV), expresso em unidades formadora de colônias (UFC). ....	35
TABELA 8- Coeficientes de Digestibilidade Aparente (CDa) e nutrientes digestíveis da Farinha de Mexilhão Integral (FMI) e Farinha de Mexilhão Valvas (FMV) .....	36

TABELA 9- Coeficientes de digestibilidade aparente (CDa) dos nutrientes totais das rações referência e testes contendo farinha de mexilhão integral (RFMI) e farinha de mexilhão valvas (RFMV) para Tilápia do Nilo.....	36
TABELA 10 – Desempenho dos exemplares de tilápia, peso médio inicial(g), peso médio final (g) e taxa de sobrevivência (%) durante o período experimental, alimentados com a ração referência (RR), ração farinha de mexilhão integral (RFMI) e ração farinha de mexilhão valva (RFMV). .....	37

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a aquicultura é o setor de produção de alimentos com a maior taxa de crescimento, contabilizando mais de 50% dos produtos pesqueiros mundiais destinados à alimentação, e ainda assim, nas próximas décadas será preciso incrementar a produção para fazer frente às necessidades da população mundial. Calcula-se que a quantidade total do pescado utilizado para consumo humano no mundo atingiu 142 milhões de toneladas em 2005; mesmo assim, a produção global *per capita* na pesca de captura apresentou uma redução, que foi compensada pelo incremento da produção da aquicultura (FAO, 2006). É preciso salientar que a aquicultura é uma atividade que impulsiona a economia, envolvendo diversos setores na cadeia produtiva, e o seu crescimento ocasiona o aumento da demanda de diversos produtos, destacando-se, entre eles, os alimentos que são a matéria prima para elaboração e produção de rações.

A indústria de alimentação animal estimou a produção de 60,4 milhões de toneladas de ração para 2010, atrelada à perspectiva de incremento da população mundial, e consequentemente aumento do consumo de proteína animal, o setor calcula uma demanda de 80 a 90 milhões de toneladas de ração em 2020 (Sindirações, 2010), o que também acarretará uma maior necessidade de insumos para o processamento de rações. Muitos autores vêm pesquisando o uso de fontes alternativas na formulação de rações, e, segundo Bellaver *et al.* (2004), na avaliação da oportunidade de uso de um ingrediente alternativo, devem ser observados alguns pontos específicos, tais como disponibilidade comercial, quantidade de nutrientes e energia, qualidade dos nutrientes e características físicas dos ingredientes. Generoso *et al.* (2008) considera que a utilização de alimentos alternativos e de subprodutos da indústria é economicamente interessante para a produção animal, todavia, para a formulação de rações nutricionalmente adequadas, é importante conhecer a composição química e a disponibilidade dos nutrientes.

A farinha obtida de processamento de valvas de moluscos pode ser utilizada como matéria prima complementar em diversas áreas de serviços: fabricação de rações, adubos, compostos da indústria de construção, etc. As conchas de bivalves têm sido eventualmente empregadas para elevar o pH dos solos agrícolas, como aditivos em rações, para fornecer cálcio e outros minerais nas dietas. Aproximadamente 65% do peso dos mexilhões e 85% do

das ostras devem-se às conchas, que contêm cerca de 3% a 6% de quitina (Okerman, 1984; Espíndola Filho, 1999).

*Limnoperna fortunei*(Dunker, 1857) molusco bivalve conhecido vulgarmente como mexilhão dourado, é uma espécie exótica invasora no Brasil, e teve o primeiro registro de ocorrência em 1999 na Bacia do Rio Guaíba, Rio Grande do Sul (Mansur *et al.*, 1999). Em 2002 a espécie foi registrada como invasora no reservatório de Itaipu.

Devido à alta proliferação e presença de bisso, o molusco ocasiona diversos problemas ambientais e econômicos nos ambientes que invade. Tais impactos têm sido relatados por vários autores (Pastorino *et al* 1993; Darrigran e Pastorino, 1995; Ricciardi, 1998;Darrigran e Ezcurra de Drago, 2000 ). Como tentativa de controle da espécie em “instalações humanas”, a retirada mecânica dos moluscos nos equipamentos e instalações localadas em corpos d’água tem sido uma das praticas adotada, contudo a destinação dos resíduos proveniente da limpeza tem sido um problema de ordem sanitária (putrefação e exalação de fortes odores).

Apesar dos efeitos deletérios ocasionados pela espécie e a vasta abundância nos ambientes invadidos, até o momento não existem formas do seu aproveitamento como recurso a ser explorado, logo o desenvolvimento de técnicas que visem à utilização do bivalve invasor podem ser uma alternativa para ajudar a reduzir a densidade da espécie no ambiente, promovendo a ciclagem de nutrientes e o uso do recurso.

Almeida *et al.*(2006), em estudo sobre a utilização da espécie para ração animal, considerou viável o aproveitamento, porém, no trabalho foram realizadas análises de proteína, cálcio, pH, coliformes totais, stafilococcus e salmonela, não contemplando análises dos metais pesados e avaliação da digestibilidade do material.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Conhecer o valor nutricional do molusco *Limnoperna fortunei* e o seu potencial de utilização como alimento na fabricação de rações para peixes.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Produzir e determinar a composição química e a bacteriologia de farinhas elaboradas com o mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) integral (valvas e conteúdo corporal) e somente com as valvas.

Determinar a digestibilidade aparente da proteína bruta e a disponibilidade aparente do cálcio e fósforo das farinhas produzidas para a espécie Tilápia (*Oreochromis niloticus*).

Determinar a presença de metais pesados no material produzido.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ALIMENTOS ALTERNATIVOS

As rações fazem parte do sistema produtivo animal e, quando usadas intensivamente, representam cerca de 60% a 80% do custo de produção animal (Campos *et al.*, 2007). Segundo Hizano e Portz (2007), uma maneira viável de reduzir os custos da alimentação seria a integração de um conjunto de medidas que envolvam instituições de pesquisa e extensão, empresas de ração, produtores, e também a utilização de subprodutos e co-produtos da agroindústria na formulação de rações. Tendo em vista tais necessidades de redução de custo, muitos pesquisadores vêm investindo em estudos sobre o uso de fontes alternativas que possam ser utilizadas na formulação de rações para peixes e outros animais, tais como minhocas, insetos, caramujos, moluscos, rã, lagarto, plantas, resíduos florestais, plantas aquáticas, etc. (Bonderi and Shepherd, 1981; Tacon *et al.*, 1983; NRC,1983; Guerrero, 1985; Faturoti and Akinbote, 1986; Gommès *et al.*, 1995; 1998; Akegbejo-Samson, 1999; Ugwumba *et al.*, 2001; Boscolo *et al.*, 2002; Akinwande *et al.*, 2002; Omoyinmi *et al.*, 2005; Sogbesan *et al.*, 2006; Hisano *et al.*, 2008; França, 2008; Melo e Moura, 2009).

Yaakugh *et al.* (1994) apud França(2008) relataram que a pesquisa sobre alimentos alternativos tem se estendido por amplas esferas, envolvendo o uso de subprodutos de moinhos, frigoríficos, produção de leite e ovos, refinaria de açúcar e cervejaria, dentre outros. Rostagno (2008) considera que, no aproveitamento de alimentos alternativos, é necessário primeiramente pesquisar as informações nutricionais dos alimentos (composição química, energia, digestibilidade, restrições, fatores antinutricionais, etc), para que o nutricionista possa incluí-lo no banco de dados e formular rações comerciais de mínimo custo.

Segundo o NRC (1983), a utilização de alimentos não convencionais na alimentação animal pode ser uma forma de otimização da produção de alimentos, o que também possibilita o aproveitamento de recursos e a reciclagem de nutrientes, assumindo assim um papel importante no contexto da sustentabilidade da atividade, porém, para a seleção de um ingrediente, é necessária a avaliação sistematizada do recurso, dados os riscos que podem existir.

## 2.2 DIGESTIBILIDADE

A análise química e os testes alimentares são os primeiros itens a serem avaliados para determinar o valor nutritivo de um ingrediente (Maynard e Loosly, 1979). Como “testes alimentares”, a avaliação da digestibilidade é a ferramenta utilizada para conhecer a qualidade nutricional de um alimento, por meio da quantificação da fração do nutriente ou da energia que é absorvida, não sendo excretados nas fezes, portanto o valor nutricional de um ingrediente está baseado não somente na composição química, mas no que pode ser absorvido e/ou utilizado pelo animal (França, 2008). De acordo com Cho (1987), a determinação da digestibilidade de uma matéria prima é o primeiro cuidado quando se pretende avaliar seu potencial de inclusão numa ração para peixes. O conhecimento dos valores de digestibilidade dos nutrientes permite a elaboração de rações balanceadas para peixes, que melhoram o equilíbrio orgânico animal, aumentam a resistência a doenças e permitem maior produtividade nos sistemas intensivos de criação (Furuya,2010).

O coeficiente de digestibilidade pode ser definido como a taxa que é absorvida de um ingrediente e permite a elaboração de rações que atendam com maior exatidão às exigências nutricionais dos peixes e, conseqüentemente, minimizem as perdas de nutrientes no meio ambiente (Hisano *et al.*, 2007). Desse modo, a digestibilidade pode ser um indicador consistente da disponibilidade do nutriente de um ingrediente específico (Choubert *et al.*, 1987; NRC, 1993;Smith *et al.*, 1995; De Silva e Anderson, 1998). Por meio de estudos de digestibilidade, vários alimentos têm sido viabilizados para utilização em dietas balanceadas para peixes (Biudes *et al.*, 2009; Pezzato *et al.*, 2002; Leonard *et al.*, 1998; Furuya *et al.*, 2001; Boscolo *et al.*, 2002 e Henry-Silva *et al.*, 2006).

Muitos autores afirmam que a digestibilidade de determinado nutriente está relacionada, entre outros fatores, à espécie (Andrigueto ,1982, Hanley,1987; Sadiku e Juancey,1995 e França, 2008), portanto, na piscicultura, para se obter melhor eficiência alimentar, é necessária a integração de vários fatores, como características fisiológicas, hábito alimentar e exigência nutricional da espécie em cultivo, além da composição química e da disponibilidade de nutrientes dos ingredientes selecionados para a confecção da ração completa (Lanna *et al.*, 2004).

Midlen e Redding (1998) consideram que os princípios que devem reger o desenvolvimento de dietas com baixa carga poluente são caracterizados pela digestibilidade elevada dos nutrientes e também por fatores como aceitabilidade da ração pelos organismos criados, pelo balanço adequado dos nutrientes, estabilidade elevada do pélete e pelo tamanho

compatível com a capacidade de ingestão dos organismos aquáticos. Ingredientes com maior digestibilidade possibilitam melhoria nos índices zootécnicos e a diminuição na poluição da água dos viveiros de cultivo, logo, o conhecimento da digestibilidade é também um instrumento para a minimização dos impactos da aquicultura sobre o ecossistema aquático.

A digestibilidade, na teoria, expressa o real aproveitamento do alimento pelo animal, determinando o total do nutriente ou energia ingerida e excretada nas fezes, mas, em virtude das secreções endógenas, como as biliares, enzimáticas e descamação do epitélio, só uma parte dos nutrientes encontrada nas fezes é proveniente do alimento testado; dessa forma, a digestibilidade de um nutriente sem considerar as perdas endógenas é chamado de digestibilidade aparente (Young, 1991).

Existem dois métodos de determinação da digestibilidade: o direto e o indireto (Boscolo, 2002). Silva e Anderson (1995) relatam que o método direto, inicialmente utilizado para avaliar a digestibilidade, envolvia a filtração da água e a quantificação total da excreta e urina. O método indireto, atualmente, é o mais utilizado em peixes (Morales *et al.* 1999 e França, 2008), e consiste na coleta parcial das fezes por meio da utilização de um marcador indigestível na dieta. Segundo Boscolo (2002), é importante considerar que tanto o método direto como o indireto consideram a inclusão de material endógeno na excreta.

Entre os vários tipos de marcadores que podem ser utilizados para estudos de digestibilidade, algumas características consideradas pertinentes aos marcadores ideais foram resumidas por Faichney (1975): não absorvíveis; não deve afetar ou ser afetado pelo trato gastrintestinal ou flora microbiana; ser fisicamente similar ou intimamente associada ao material que será marcado; ser determinado por um método específico e sensível, e não interferir com outras análises. O autor também considera que o importante é selecionar o marcador mais adequado para cada situação, e que não influencie o resultado dos dados.

Os marcadores podem ser internos, inerentes ao próprio alimento como fibra bruta ou cinza insolúvel em ácido (Morales *et al.*, 1999), ou externos, como o óxido crômico (Boscolo *et al.*, 2002). Marcadores externos permitem uma maior facilidade na condução de ensaios, e a taxa de digestibilidade do nutriente pode ser avaliada sem a necessidade de determinação da quantidade de ração consumida e fezes produzidas (Kabir, 1998).

O óxido crômico é o indicador inerte mais utilizado em experimentos de digestibilidade e balanço de nutrientes para animais. É utilizado com sucesso na determinação da digestibilidade aparente em peixes (Smith e Lovell, 1973; NRC, 1993; Bremer Neto *et al.*, 2005), pois é completamente indigestível, não abrasivo, não tem ação farmacológica no

aparelho digestível e passa uniformemente pelo trato digestório (Sullivan,1995 apud Neves, 2008).

Em estudos utilizando óxido crômico como indicador, o nutriente componente da dieta é calculado por meio da taxa do indicador para o nutriente no alimento e nas fezes (Hanley, 1987), ou seja, a taxa determinada do marcador permite estimar o coeficiente de digestibilidade, comparando-o com a taxa do marcador que foi incorporado na ração.

Quando se utiliza o marcador óxido de cromo, a sua determinação, tanto nas fezes como nas rações, é feita por aquecimento lento em blocos digestórios utilizando-se a mistura nítrica-perclórica, e o resultado é quantificado por metodologia colorimétrica.

## 2.3 ESPÉCIES

### 2.3.1 Tilápia

Ordem: Perciformes

Família: Cichlidae

Gênero: *Oreochromis*

Espécies: *Oreochromis niloticus*, (Linnaeus, 1758 )

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é nativa de diversos países africanos (Zimmerman 2000), e a expansão da sua criação para outros países ocorreu mais intensamente nos anos 60 e 80, quando a espécie foi levada para o Japão e posteriormente introduzida na Tailândia e nas Filipinas. A tilápia introduzida no Brasil em 1971 é originária da Costa do Marfim e foi mandada para os Estados Unidos em 1974. Em 1978 foi introduzida na China, país que liderou a produção da espécie, sendo responsável por mais da metade da produção global de 1992 a 2003 (FAO, 2005).

A falta de controle da reprodução nos tanques, desencadeando excessivo recrutamento e alta porcentagem de peixes abaixo do tamanho comercial, foram alguns dos problemas que acarretaram a queda no entusiasmo inicial dos criadores no Brasil. O desenvolvimento das técnicas de reversão hormonal na década de 70 representou o maior avanço no cultivo, pois possibilitou a criação de monosexos machos, uniformizando a produção de peixes de tamanho adequado às exigências de mercado. Em adição, pesquisas em nutrição e em sistemas de criação permitiram avanços, desenvolvendo o mercado e a

expansão da indústria na metade da década de 80. Várias espécies de tilápia são criadas comercialmente, porém a tilápia nilótica é sem dúvida a espécie mais criada.

Embora sendo uma espécie introduzida, é a principal responsável pela expansão da piscicultura industrial em água doce no Brasil, e suas características zootécnicas e a alta qualidade de sua carne tornam-na apta ao processamento industrial e muito bem aceita pelo mercado consumidor. Por ser um peixe tropical, prefere viver em águas rasas. As temperaturas letais para a espécie estão na faixa abaixo de 11-12o C e acima de 42oC, e a temperatura ótima está entre 31-36oC. Em ambiente natural a espécie alimenta-se de fitoplâncton, perifíton, plantas aquáticas, invertebrados, bentos, detritos e bactérias associadas, sendo capaz de fazer filtração aproveitando o material em suspensão. A maturidade sexual é alcançada na idade de 5-6 meses, ocorrendo a desova quando a temperatura alcança 24oC. A tilápia do Nilo pode viver mais de 10 anos e alcançar peso de até 5kg (FAO, 2005).

Criada em diversos sistemas, desde a cultura semi-intensiva em tanques que recebem dejetos animais, como em cultivos intensivos em raceways e tanques rede, a espécie é cultivada em mais de 100 países devido sua rusticidade e rápido crescimento, carne considerada de ótima qualidade (Kubitza, 2000), por apresentar filé sem espinhos em forma de Y e com boas características organolépticas. (Furuya et al., 2005). Apresenta alta resistência a doenças virais, bacterianas e parasitárias, quando comparada a outros peixes cultivados (Popma e Lovshin, 1995).

No Brasil a produção total aquícola em 2006 foi 272 mil toneladas. Nesse total, a tilápia contribuiu com 71.200 toneladas (BRASIL, 2009). É uma das espécies mais pesquisadas em relação aos diversos componentes da sua cadeia produtiva, com destaque para os aspectos de exigências nutricionais (NRC, 1993; Watanabe et al., 1997; Pezzato et al.; 2002, 2003, 2004, 2004b; Furuya et al.;2001; Boscolo et al., 2002; Meurer et al., 2003; Lanna et al., 2004; Fernandes Jr. et al.; 2010; etc) e nos estudos de digestibilidade nas pesquisas de nutrientes de fontes convencionais e alternativas de origem vegetal (Pezzato et al., 2004)

Nas tabelas 1 e 2 estão demonstradas as principais exigências nutricionais da espécie em condições de cultivo.

TABELA 1 – Principais exigências nutricionais da espécie *Oreochromis niloticus* em condições de cultivo

Nutriente	Exigência (% da dieta)
Arginina	1,34 (%)
Cálcio	Até 1,5 (%)
EDTilápia	2900 a 3000 Kcal/kg
Fenilalanina	155 (%)
Fósforo Total	0,80 a 1,00 (%)
Gordura	< 10 (%)
Histidina	0,55 (%)
Isoleucina	1,00 (%)
Leucina	1,08 (%)
Linoleico	0,50 (%)
Lisina	1,64 (%)
Met+Cistina	1,03 (%)
Metionina	0,770 (%)
Proteína Bruta	28-32,0 (%)
Treonina	1,20 (%)
Triptofano	0,32 (%)
Valina	0,90 (%)

Fonte: NRC, (1993).

TABELA 2 - Níveis de minerais recomendados (mg/kg de MS) para a espécie *Oreochromis niloticus*.

Microminerais	Exigência
Ferro	30 – 170
Cobre	1 – 5
Manganês	2 – 20
Zinco	15 – 40
Cobalto	0,05 – 0,50
Selênio	0,15 – 0,50
Iodo	1 – 4
Macrominerais	Exigência
Cálcio	3000 – 4500
Fósforo	4500 – 9000
Magnésio	400 – 750

Fonte: Watanabe *et al.*, (1997) e Jobling, (1994) apud Pezzato, (1997).

### 2.3.2 Mexilhão Dourado

Os moluscos da classe bivalve são animais simétricos comprimidos nas laterais e possuem uma concha composta por duas valvas, encaixadas em dobradiças dorsalmente, unidas internamente por um ou dois fortes músculos que envolvem todo o corpo.

A grande maioria dos bivalves é de lamelibrânquios, alimenta-se por filtração de material em suspensão na água (Ruppert e Barner, 1996; Mallmann, 2000) e obtém seu alimento pelo batimento ciliar branquial, criando correntes de água para seu interior. Utilizam principalmente fitoplâncton, zooplâncton e matéria orgânica particulada em suspensão (Moreira,1995). Nas brânquias, os cílios criam uma corrente de água através do tubo inalante do sifão, e as partículas aderem às margens dos cílios e vão cair na boca (Oliveira e Almeida, 2000). São animais dióicos, sem dimorfismo sexual externo, e a emissão de gametas geralmente ocorre em decorrência de um estresse ambiental, como aumento da temperatura, assim como pela presença de material gamético na água, eliminado por outros indivíduos da população (Magalhães, 1985). Basicamente a valva dos moluscos bivalves é formada por conchiolina, que é um material orgânico de cor marrom, mole, formado por proteínas e polissacarídeos, carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>), que é um sal em forma de cristais de calcita e aragonita. Este material é disposto em três camadas: o perióstraco (a camada externa proteica) e duas internas (CaCO<sub>3</sub>). O primeiro tem formato trigonal, polimorfo da aragonita em cor variável, transparente e semitransparente. O segundo apresenta uma forma ortorrômbica, polimorfo de calcita, que é mais dura e mais ou menos densa (Oliveira e Almeida , 2000).

Na parte interna, o corpo é achatado transversalmente com um tronco dorsal, onde ficam os órgãos internos, recobertos pelo manto ou lóbulos paleais, que, além de secretar a concha, delimitam a cavidade paleal e pode, mais ou menos, unir seus bordos. Com uma expansão ventral ímpar, o pé musculoso e achatado pode ou não ser provido de glândulas de bissus. Possuem duas brânquias, gônadas, tubo digestivo longo com circunvoluções completas e sangue incolor, sistema nervoso ganglionar, um par de rins, órgãos sensoriais formando um par de estatocistos e ostrádios. Devido ao hábito filtrador, os bivalves podem se contaminar com poluentes, sendo que a concentração de metais em bivalves é, em geral, algumas ordens de grandeza superiores à observada na água (Bendati, 1997).

Filo: Mollusca

Classe: Bivalvia

Ordem: Mytiloida

Família: Mytilidae

Gênero: *Limnoperna*

Espécie: *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857)

*Limnoperna fortunei* (figura 1), conhecido vulgarmente como mexilhão dourado, é um molusco bivalve da família Mytilidae, a mesma dos mexilhões marinhos. Sua distribuição geográfica restringia-se ao sudeste asiático, contudo, a partir de 1966, a espécie foi relatada

como invasora em Hong Kong e, em 1991, houve seu registro no Japão e na América do Sul (Darrigran e Ezcurra de Drago 2000, Pastorino et al., 1993). No Brasil, a espécie é considerada exótica e invasora (Silva, 2006), e há registros da presença do molusco desde 1999 na Bacia do Guaíba, Rio Grande do Sul (Dreher-Mansur et al., 1999). Em 2002, a espécie foi registrada no reservatório de Itaipu (Itaipu Binacional, 2002).

A velocidade de expansão da espécie na América do Sul está estimada em 240km/ano (Darrigran e Ezcurra de Drago, 2000), e Segundo Sylvester et al., (2005). A colonização da bacia Paraná - Uruguay pelo molusco é irreversível, sendo a proliferação para outras bacias apenas questão de tempo.

FIGURA 1: Mexilhão Dourado (*Limnoperna fortunei*)



Fonte: Canzi (2011)  
Foto adaptada pelo autor

A espécie apresenta taxas de filtração em torno 133 ml/individuo/h (Von Rückert et al., 2004) e alta taxa de fecundidade, sendo capaz de colonizar uma grande variedade de habitats; suas colônias podem atingir densidades de mais de 150.000 organismos por metro quadrado (Cataldo et al., 2005). Devido à presença de cordões bissais (estrutura extra-organísmica resultado de secreção protéica resistente e com propriedades adesivas, produzida por glândulas situadas no pé do animal), o molusco é capaz de se fixar a diversos substratos, inclusive sobre a fauna bentônica e malacofauna nativa, e pode alterar a dinâmica de nutrientes (Porta, 2001), portanto mudanças na ecologia das áreas invadidas são esperadas.

Além dos impactos ambientais sobre a biodiversidade nos ecossistemas, a espécie também acarreta impactos em diversas atividades humanas, tais como: obstrução de tubulações e drenos em estações de saneamento, sistemas de captação em reservatórios, barragens, hidrelétricas, embarcações, etc. (Darrigran e Pastorino, 1995; Ricciardi, 1998; Darrigran e Ezcurra de Drago, 2000). Também há relato sobre impactos na aquicultura, principalmente nos cultivos em tanques-rede (FUEM, 2005). Conforme demonstrado na tabela

3, a espécie apresenta grande tolerância a diversas condições ambientais (Darrigran, 2002). Tal fato, associado a sua alta capacidade de proliferação, faz com que o seu controle e remoção em ambientes humanos tornem-se difíceis e onerosos, além de não existirem protocolos estabelecidos para a melhor destinação dos resíduos (figuras 2,3 e 4).

TABELA 3- Limites de tolerância ambiental para a espécie *Limnoperna fortunei*

Parâmetro	Limites
Salinidade	0-12%
Cálcio	3.96 mg/L
pH	6,2-7,4
Temperatura desenvolvimento larval	16 -28 °C
Temperatura sobrevivência do adulto	8 -35 °C
Oxigênio	> 1,0 mg/L
Exposição ao ar	Até 7 dias

Fonte: Darrigran, (2002).

FIGURA 2: Remoção de mexilhão dourado de planta hidrelétrica



Fonte: Hidrelétrica (2011)  
Foto adaptada pelo autor

FIGURA 3: Operação de limpeza e retirada de mexilhão dourado



Fonte: Cesp (2011)  
Foto adaptada pelo autor

FIGURA 4: Descarte de mexilhão dourado proveniente de operação de limpeza



Fonte: Cesp (2011)  
Foto adaptada pelo autor

## 2.4 BACTERIOLOGIA

A lei nº 6.198, de 26 de dezembro de 1974, e o decreto 76.986, de 1976, estabelecem as normas gerais sobre inspeção e fiscalização da produção, do comércio e do uso de produtos destinados à alimentação animal, introduzindo o conceito de “boas práticas de fabricação”, o qual diz respeito aos procedimentos higiênicos, sanitários e operacionais aplicados em todo o fluxo de produção, desde a obtenção dos ingredientes e matérias-primas até a distribuição do produto final, com o objetivo de garantir a qualidade, conformidade e segurança dos produtos destinados à alimentação animal. A legislação existente, que num primeiro momento se preocupava mais com a qualidade nutricional dos produtos para alimentação animal, hoje se estende para controles relativos à inocuidade e segurança alimentar.

Petri (2002) define a qualidade das rações em quatro grandes aspectos: nutricional, técnico, segurança para os animais, ambiente e consumidores e finalmente a qualidade emocional. Por qualidade nutricional das rações e ingredientes entende-se a composição de proteína e aminoácidos, ácidos graxos, minerais, vitaminas e a energia digestível dos componentes e da ração. A qualidade tecnológica implica nas características físicas dos ingredientes e rações, bem como aquelas relacionadas com o processo de fabricação. A qualidade do ponto de vista de segurança envolve a ausência de substâncias e microrganismos nocivos à saúde dos animais, do ambiente e dos consumidores.

A contaminação microbiológica é conhecida como uma ameaça à saúde e à conservação dos alimentos, contudo, segundo Barendsz (1998), a contaminação microbiológica pode ser controlada pelas boas práticas de higiene, durante o manuseio e o processamento dos alimentos, enquanto a contaminação química é em geral bastante difícil de ser controlada.

Produtos de origem animal estão sujeitos a contaminação microbiana a partir de várias fontes – o próprio animal contribui com organismos patogênicos e deteriorantes. Outras fontes de contaminação podem ser a água, instalações, equipamentos e manipuladores. É necessário conhecimento das prováveis fontes de contaminação e dos diferentes meios de difusão para que possa haver o controle e os microorganismos patogênicos sejam excluídos (Riedel, 1992, Franco e Landgraf, 1996).

Segundo Roitman et al. (1992), bactérias são microorganismos capazes de alterar e/ou deteriorar produtos; por sua atividade metabólica degradam os componentes do alimento produzindo gases, ácidos, liberando pigmentos, alterando cor, sabor, textura, qualidade nutritiva, e conferindo odores.

Soares et al.(1992) destacam que a maioria das bactérias, entre outros microorganismos, cresce em pH superior a 4,5 e classifica os alimentos em pouco ácidos ( $\text{pH} > 4,5$ ), ácidos ( $\text{pH} 4,5-4,0$ ) e muito ácidos ( $\text{pH} < 4,0$ ). A tendência à neutralidade tornam os alimentos um excelente meio de cultivo (Silva Junior, 1995).

Os grupos de bactérias mesófilos e psicrótróficos são utilizados para avaliar bacteriológicamente o alimento, possibilitando estimar sua qualidade higiênico-sanitária, estabelecer uma conformidade das condições sanitárias do processamento, transporte e armazenamento; estipular o provável prazo comercial do produto; estipular se houve falhas na manutenção de temperaturas de refrigeração e prováveis fontes de contaminação durante o processamento, verificar a eficiência do sistema de limpeza e desinfecção, entre outros parâmetros. As bactérias aeróbias mesófilas são constituídas por espécies de Enterobacteriaceae, Bacillus, Clostridium, Corynebacterium e Streptococcus (Cardoso et al., 1985). O gênero Escherichia, juntamente com os gêneros Enterobacter, Citrobacter e Klebsiella, formam o grupo denominado coliforme (Frazier, 1976; Silva & Junqueira, 1995). O habitat das bactérias que pertencem ao grupo coliforme é o trato intestinal do homem e de outros animais (Pardi et al., 1995; Vanderzant & Splittstoesser, 1996), entretanto, espécies do gênero Enterobacter, Citrobacter e Klebsiella podem persistir por longos períodos e se multiplicar em ambientes não fecais. O índice de coliformes totais é utilizado para avaliar as condições higiênicas (Delazari, 1998), sendo que altas contagens significam contaminação

pós-processamento, limpezas e sanificações deficientes, tratamentos térmicos ineficientes ou multiplicação durante o processamento ou estocagem dos alimentos. Em geral as bactérias do grupo coliformes são prejudiciais aos alimentos, onde sua presença determina inutilidade dos mesmos (Frazier, 1976).

Santos (2000) relata que, em relação aos microorganismos mais indicativos ou representativos da qualidade sanitária, destacam-se o grupo coliforme fecal e, no caso de rações, a presença de salmonelas.

O método conhecido como “Pour- Plate” é utilizado para estimar o número de células viáveis contido em um alimento. Esse método baseia-se na premissa de que cada célula viável, isolada e homogeneizada, em meio sólido (Agar) dará origem a uma colônia. Os resultados das contagens são expressos em unidades formadoras de colônia (UFC) por milímetros ou grama (UFC/ml ou g) de diferentes microorganismos que crescem em diferentes temperaturas (Morton, 2001). A contagem padrão em placa tem sido usada como indicador da qualidade higiênica dos alimentos, fornecendo também idéia sobre seu tempo útil de conservação, e a sua presença em grande número de colônias indica matéria-prima excessivamente contaminada (Silva et al., 1997 apud Cardoso 1985).

A regulamentação brasileira (Portaria no. 7 de 9/11/19880) sobre padrões de qualidade dos subprodutos de origem animal, em adição à composição bromatológica e digestibilidade em pepsina, apenas requer a ausência de microrganismos patogênicos, e A INSTRUÇÃO NORMATIVA nº 40, DE 12/12/2005, é restritiva quanto à presença de *Salmonella* sp em rações animal.

Andriguetto et al.(1990) apud santos et al.( 2000) utilizaram como referência as normas microbiológicas para rações animais padronizadas na Holanda, conforme demonstrado na tabela 4.

TABELA 4- Limites de UFC (unidades formadoras de colônias) considerados bom, aceitável e inaceitável em rações para animais

<b>Indicativo</b>	<b>Bom</b>	<b>Aceitável</b>	<b>Inaceitável</b>
Contagem mesófilos	< 10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	> 10 <sup>8</sup>
Enterobactérias/g	< 10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> a 10 <sup>5</sup>	> 10 <sup>6</sup>
Fungos/g	< 10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> a 10 <sup>5</sup>	>10 <sup>6</sup>
<i>E. coli</i> em 0,1 g	Ausente	Presente	Presente
<i>Salmonella</i> em 25g	Ausente	Ausente	Presente

Fonte: Andriguetto et al., (1990).

## 2.5 METAIS PESADOS

O termo “metal pesado” é freqüentemente utilizado com o significado de metal tóxico, embora por definição corresponda a um elemento químico metálico com peso atômico entre 63,546 e 200,590, e uma densidade maior que 4.0 (Bird,1995). Os metais pesados estão entre os poluentes que mais comprometem os ecossistemas devido ao seu potencial de bioacumulação e biomagnificação, além de causar efeitos deletérios nos organismos (Greco et al., 2001). Esses elementos tendem a se acumular na biota aquática, ao longo da cadeia alimentar, de tal forma que os predadores apresentam as maiores concentrações. Os moluscos filtradores, dado o seu hábito alimentar, tornam-se suscetíveis a incorporação de contaminantes e tendem a acumular metais pesados, tanto pelo que o animal ingere, como pela fração solúvel na água (Rainbow,2002), mas a incorporação só ocorrerá se o elemento estiver disponível no ambiente, pois os bivalves filtradores podem acumular contaminantes nos seus tecidos em concentrações de 1.000 a 10.000 vezes superior às verificadas na fonte de exposição (UNEP, 2004 apud Galvão et al., 2009).

Segundo Magalhães (1985) o processo de bioacumulação de diferentes metais está intimamente relacionado com especificidades da espécie em questão, e Zhou et al. (2008), consideram que os níveis de acumulação de metais pesados no meio aquático podem ser influenciados pelas diferentes espécies, pelo tamanho dos organismos e também pelos sítios específicos de ligação de metais encontrados em diferentes órgãos.

Os metais pesados poluentes mais comuns são o mercúrio (Hg), cádmio (Cd), arsénico (As), cobre (Cu), chumbo (Pb), zinco (Zn), crómio (Cr), níquel (Ni), ferro (Fe), e selénio (Se). Embora alguns elementos, como Zn, Fe, Cu e Se, sejam requeridos em pequenas quantidades por muitos organismos (essenciais em concentrações reduzidas), todos os metais são tóxicos se estiverem presentes em quantidades excessivas ( Laws, 1993).

Francis (1994) apud Martins (2004) classificou os metais em categorias, estabelecendo aqueles que são elementos essenciais (sódio, potássio, cálcio, ferro, zinco, cobre, níquel e magnésio), micro-contaminantes ambientais (arsénico, chumbo, cádmio, mercúrio, alumínio, titânio, estanho e tungstênio) e aqueles que são simultaneamente micro-contaminantes e elementos essenciais (crómio, zinco, ferro, cobalto, manganês e níquel).

Os metais pesados existem nas águas superficiais nas fases coloidal, em suspensão e dissolvidos, mas a concentração dos dissolvidos é geralmente baixa (Kennish, 1992). Os metais em suspensão ou na forma coloidal podem apresentar-se como hidróxidos, óxidos, silicatos, ou sulfuretos; ou adsorvidos em argila, sílica, ou matéria orgânica.

Muitas são as fontes de contaminação por metais pesados decorrente de atividades antropogênicas. Kennish (1992) destaca a exploração e o processamento de minérios, indústrias de galvanização, manufatura de tintas e têxteis, descargas de resíduos produzidos em embarcações, esgotos e entulhos de dragagens .

O chumbo não é essencial para as plantas ou animais, e no ambiente encontra-se principalmente sob a forma particulada com relativamente baixa mobilidade e disponibilidade para ser utilizado. Está presente na água devido às descargas de efluentes industriais como, por exemplo, os efluentes das indústrias de baterias, uso indevido de tintas, tubulações e acessórios à base de chumbo. Em geral, não é bioacumulável, na grande maioria dos organismos, e não há um aumento da sua concentração nas cadeias alimentares, mas pode acumular-se em partículas que alimentam, por exemplo, mexilhões e larvas (Martins, 2004).

Os compostos de chumbo dividem-se em dois grupos, orgânicos e inorgânicos, sendo que os primeiros são consideravelmente mais tóxicos (Mance, 1990 apud Martins 2004). Este elemento é também considerado um dos maiores poluentes ambientais, e o valor máximo na dieta tolerado pela maioria das espécies está na faixa de 30 ppm, contudo pode ocorrer aumento da concentração em alguns tecidos (NRC, 1980). A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA,1998) estabelece que o valor máximo permitido para os níveis chumbo, em carne de peixes é de 2 mg/kg.

O Cu e Zn são conhecidos como essenciais, pois desempenham papel fundamental em várias etapas do metabolismo e do crescimento de muitos seres vivos, entretanto, as concentrações ótimas encontram-se numa faixa estreita, a partir da qual se pode observar um aumento significativo da mortalidade devido à deficiência nutricional, em caso de níveis baixos de metais no meio, ou por toxicidade associada ao excesso dessas substâncias no ambiente (Azevedo, 2003). Os peixes são mais tolerantes ao cobre presente na dieta do que ao cobre dissolvido na água; Sulfato de cobre em concentrações de 0,8 - 1,0 mg/l é tóxico para muitas espécies (NRC, 1993). Ferrari et al. (2004), apud Furuya (2010), considera que o zinco e o cobre desempenham importantes funções no organismo dos peixes, e que a deficiência ou o excesso de cobre (320mg/kg) não promovem alterações no desempenho produtivo e hematologia das tilápias, mas a concentração elevada do cobre na dieta induz alterações hepáticas e o tempo é fator determinante da ação detrimental do cobre para respostas fisiológicas do peixe.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária estabelece que os níveis aceitáveis de cobre em alimentos para o consumo humano variam de 0,4-30mg/kg (ANVISA, 1998).

O zinco participa como cofator para importantes sistemas enzimáticos. Siqueira e Braga (2000) consideram que a bioacumulação de zinco em organismos aquáticos depende dos níveis tróficos que estes ocupam na cadeia alimentar aquática, sendo que a bioacumulação é maior nos organismos bentônicos que em organismos pelágicos.

Segundo o NRC (1980), para a maioria das espécies os efeitos tóxicos de zinco aparecem quando os níveis deste mineral estão em torno de 1.000 ppm, na dieta, e dependendo da espécie, os níveis máximos toleráveis variarão de 300-1.000ppm. Segundo Sá et al.(2005), a exigência em zinco para ganho de peso da tilápia do Nilo foi estimada em 79,5mg/kg.

Os efeitos do mercúrio sobre os ecossistemas aquáticos são sérios. Este elemento chega ao meio aquático proveniente de garimpos e também é usado em células eletrolíticas para a produção de cloro e soda e em certos praguicidas ditos mercuriais. Pode ainda ser usado em indústrias de produtos medicinais, desinfetantes e pigmentos. A Agencia Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA,1998) estabelece que em produtos da pesca o valor máximo aceitável de mercúrio é 0,5mg/kg.

O cobalto é usado industrialmente em ligas de aço, e em animais o cobalto faz parte do centro ativo da molécula de vitamina B12, a qual se apresenta estocada no fígado (Ortolani, 2002). O cobalto é um elemento importante para algumas espécies animais, e os níveis tóxicos estão na faixa de quantidades 300 vezes superiores ao requerimento nutricional (NRC,1980).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 INGREDIENTE TESTE

O material testado foi o molusco mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*), o qual foi processado em dois tipos de farinha: farinha de mexilhão integral (FMI) utilizando exemplares do mexilhão dourado integrais (valva, parte do bisso remanescente e conteúdo corporal), e farinha de mexilhão valva (FMV), produzida utilizando apenas as valvas secas. Os moluscos utilizados no processamento de ambas as farinhas foram coletados nas telas de tanques-rede locados no reservatório de Itaipu, área do Refugio Biológico Bela Vista, município de Foz do Iguaçu - PR.

Para confecção da farinha utilizando somente as valvas (FMV) foi realizado um processo de desconchamento dos mexilhões, no qual os animais foram deixados secando a meia sombra, ao ar livre, por um período de aproximadamente 3 meses, e posteriormente foram lavados e acondicionados em sacos plásticos para processamento.

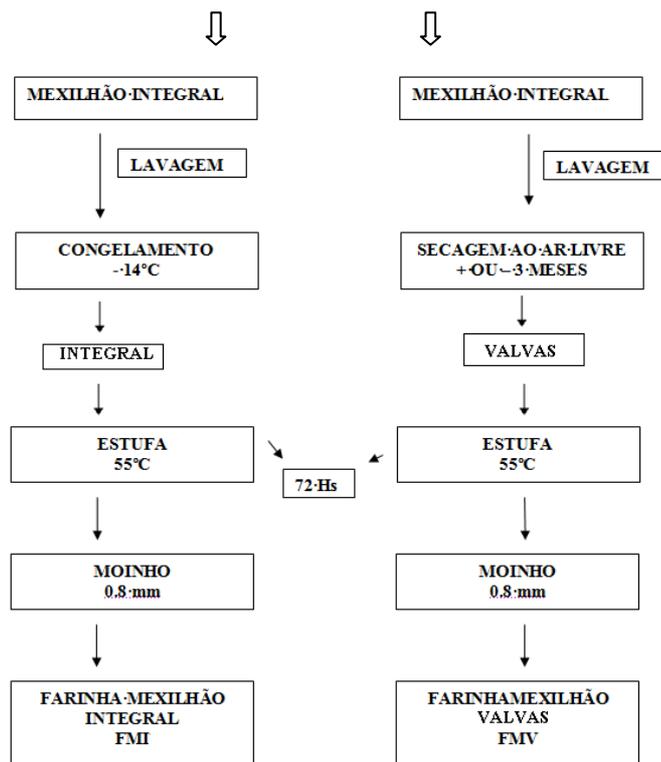
Na produção da farinha de molusco integral (FMI), os animais imediatamente após a coleta foram lavados para eliminação do material agregado (fauna acompanhante) e congelados em freezer (-18° C).

O preparo das farinhas foi realizado no laboratório de Tecnologia do Pescado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná / Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura (Unioeste/Gemaq), onde os materiais foram secos em estufa com ventilação forçada a 55°C por um período de 72 horas. Após a secagem cada material foi passado separadamente em moinho tipo martelo, com peneira com diâmetro de 0,8 mm, sendo imediatamente embalado, identificado, e retiradas amostras para as análises químicas e bacteriológicas. As etapas do processo de processamento das farinhas estão demonstradas na figura 5.

FIGURA 5: Etapas do processamento para elaboração de farinhas utilizando mexilhão dourado



Fonte: Cesp (2011)  
Foto adaptada pelo autor



### 3.2 ANÁLISES QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS

A análise dos teores de umidade, proteína bruta(PB), matéria mineral (MM), extrato etéreo(EE) foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade da Unioeste – GEMaQ, dos minerais fósforo(P), cálcio(Ca), sódio (Na g/kg), dos metais pesados chumbo(Pb g/kg) e cobalto(Co mg/kg), no laboratório de Análises de Solos do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá .Os metais pesados, cobre (Cu mg/kg), zinco (Zn mg/kg) e mercúrio (Hg mg/kg) foram determinados no laboratório Eurofins em São Paulo. As análises

bacteriológicas foram realizadas no laboratório Ambiental da Itaipu Binacional em Foz do Iguaçu, PR.

O teor de proteína bruta foi determinado pelo método de Kjeldahl, e a conversão em proteína multiplicando o valor obtido pelo fator 6,25. A gordura foi determinada por extração com éter de petróleo, pelo método de Soxhlet, e o teor de cinza pelo método gravimétrico, seguido de calcinação em mufla a 550 °C, segundo AOAC (2005). O fósforo, cálcio, sódio, chumbo e cobalto foram determinados através da espectrofotometria de absorção atômica no cobre, zinco e mercúrio foram determinados pela metodologia “inductively coupled plasma optical emission spectrometry” (ICP-OES).

Para as análises bacteriológicas, cada uma das amostras, separadamente, foi inoculada no meio de cultura agar infusão de cérebro e coração (BHI) e incubados em estufa bacteriológica a 35-37° C por 24h. Após a turvação o material foi submetido aos meios de cultura para crescimento específico, para bactérias aeróbias mesófilas (UFC/g), *Salmonella* sp (25g), enterobactérias (UFC/g) e *Escherichia coli* (UFC/0,1g), segundo metodologia recomendada pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 2003).

A determinação do pH nas amostras foi realizada por meio do método potenciômetro (LANARA-Brasil,1981), no qual a extremidade do eletrodo foi imersa em 10 ml da solução de água deionizada com 50g da amostra homogenizada.

### 3.3 AVALIAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE

Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CD), proteína bruta (PB), cálcio (Ca) e fósforo (P), para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), foi utilizada a metodologia indireta, na qual é incorporado o indicador externo inerte, óxido de cromo (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) conforme preconizado pelo NRC,1993.

A ração de referência (RR) foi balanceada com base nas exigências da espécie, e para avaliação dos ingredientes teste (farinha de molusco integral -FMI - e farinha de molusco valvas -FMV), substituiu-se 20% da ração referência pela FMI, obtendo-se a ração farinha de mexilhão integral (RFMI), e 20% da ração referência pela FMV, obtendo-se a ração farinha de mexilhão valvas (RFMV). Em todas as rações foi acrescentado 0,1% de óxido de cromo, para avaliação da digestibilidade.

Para o preparo das rações experimentais, após a mistura e homogeneização dos ingredientes, a massa foi submetida à extrusão em uma extrusora marca EXTRUTEK com

capacidade de 10 kg/h. Após a extrusão as rações foram secas em estufa de ventilação forçada em 55°C por 12 horas. Na tabela 5 se encontra demonstrada a composição das rações.

TABELA 5 - Composição percentual da dieta referência e teste, utilizadas para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente das farinhas de mexilhão integral (FMI) e mexilhão valvas (FMV), para tilápia (*Oreochromis niloticus*)

Ingredientes (%)	Tipo de ração		
	Referência	FMI	FMV
Arroz quirera	15,80	12,60	12,60
Antioxidante (BHT)	0,02	0,02	0,02
Fosfato bicálcico	2,09	1,67	1,67
Farelo soja	37,69	30,00	30,00
Farinha Peixe	5,00	4,00	4,00
Farinha Vísceras de aves	5,00	4,00	4,00
Trigo integral	15,00	12,00	12,00
Milho	17,00	13,51	13,51
Oxido de cromo	0,10	0,10	0,10
Óleo soja	1,00	0,80	0,80
Suplemento min. + vit. <sup>1</sup>	1,00	1,00	1,00
Sal comum	0,30	0,30	0,30
FMI	0,00	20,00	0,00
FMV	0,00	0,00	20,00
TOTAL	100,09	100,09	100,09

<sup>1</sup>Níveis de garantia por quilograma do produto (Rovimix peixes): Vit. A, 500.000UI; Vit. D<sub>3</sub>, 200.000UI; Vit. E, 5.000mg; Vit. K<sub>3</sub>, 1.000mg; Vit. B<sub>1</sub>, 1.500mg; Vit. B<sub>2</sub>, 1.500mg; Vit. B<sub>6</sub>, 1.500mg; Vit. B<sub>12</sub>, 4.000mg; Ác. Fólico, 500mg; Pantotenato Ca, 4.000mg; Vit. C, 15.000mg; Biotina, 50mg; Inositol, 10.000; Nicotinamida, 7.000; Colina, 40.000mg; Co, 10mg; Cu, 500mg; Fe, 5.000mg; I, 50mg; Mn, 1500mg; Se, 10mg; Zn, 5.000mg.

O experimento para avaliação da digestibilidade foi realizado no Laboratório de Aqüicultura do Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura Oeste da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Toledo.

Foram utilizados 12 tanques afunilados, com aeração constante, providos de copo coletor na parte inferior, sendo 6 com capacidade para 180 litros e seis com capacidade para 90l, nos quais foram estocados 100 e 50 exemplares da espécie *Oreochromis niloticus* (tilápia)/tanque, respectivamente, totalizando 900 peixes.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, constituído de 3 tratamentos (tratamento RF, tratamento RFMI e tratamento RFMV) com quatro repetições, 60 peixes/tratamento. O peso médio inicial dos peixes foi de 16g + 0,28.

Os animais foram submetidos à metodologia de coleta de fezes por sedimentação nos tanques afunilados. A coleta de fezes foi iniciada após o período de adaptação ao ambiente e às dietas testes de 15 dias.

O período de coleta de fezes foi de quinze dias para as rações referência e ração teste com inclusão da FMI e FMV. As fezes coletadas em cada dia foram congeladas (-

18°. C) para posteriores análises. O arrazoamento durante o período de adaptação e de coleta foi realizado à vontade, cinco vezes ao dia, duas no período da manhã e três à tarde. As fezes foram coletadas na manhã seguinte às 07:00h, segundo metodologia proposta por Boscolo et al. (2002).

Após o descongelamento, as fezes foram secas em estufa de circulação forçada à 55°C por 24 horas, peneiradas para a retirada das escamas e moídas para a realização da análise dos nutrientes e do óxido de cromo.

Nas rações elaboradas (RR, RFMI e RFMV), foram realizadas análises dos seguintes nutrientes: proteína bruta (PB), cálcio (Ca) e fósforo (P), no Laboratório de Tecnologia do Pescado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Gemaq. O teor de óxido de cromo, nas fezes e nas rações teste, foi determinado pelo método de digestão com ácido nítrico e perclórico, com leitura em espectrofotômetro, realizadas no Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá.

O cálculo dos CD da PB, e disponibilidade de Ca e P da foram realizados de acordo com as equações abaixo (NRC, 1993):

$$Dtd = 100 - 100 \left( \frac{\% Id}{\% If} \right)$$

$$Dand = 100 - 100 \left( \frac{\% Id}{\% If} \times \frac{\% Nf}{\% Nd} \right) \quad Dams = \frac{100}{\% ing} \left( Ddtes - \frac{\% dref}{100} \times Ddref \right)$$

$$Daning = \frac{100}{\% ing} \left( Dandtes - \frac{\% dref}{100} \times Dandref \right)$$

Onde:

Dtd é a digestibilidade total da dieta-referência e da dieta teste (%);

Dand é a digestibilidade aparente dos nutrientes nas dietas-referências e teste (%);

Id é o indicador na dieta;

If é o indicador nas fezes;

Nf é o nutriente nas fezes;

Nd é o nutriente na dieta;

Dams é a digestibilidade aparente da matéria seca do ingrediente;

Ddtes a digestibilidade total da dieta-teste; dref é a dieta-referência;

Ddref é a digestibilidade total da dieta-referência;

Daning é a digestibilidade aparente do nutriente do ingrediente;

Dandtes é a digestibilidade do nutriente da dieta-teste;

Dandref é a digestibilidade do nutriente da dieta-referência

Os valores de digestibilidade aparente dos nutrientes dos ingredientes estudados foram determinados através da metodologia descrita por Cho et al. (1982), baseada na proporção de 80 : 20 de mistura da dieta referência e ingrediente teste,

segundo a fórmula:

$CDAI (\%) = [(100 / 20) \times [\text{teste} - (80 / 100) \times \text{referência}]]$ , em que:

CDAI = coeficiente de digestibilidade aparente dos ingredientes;

Teste = resultado de digestibilidade do nutriente na dieta teste;

Referência = valor de digestibilidade do nutriente da dieta referência

Após o período de coleta de fezes os animais foram alimentados por mais 60 dias à vontade com as diferentes rações experimentais. Após este período foram pesados para avaliação de ganho de peso e sobrevivência.

As variáveis químicas da água (pH, e oxigênio dissolvido) foram monitoradas a cada três dias às 7h30, e a temperatura medida diariamente, às 7h30min e 16h30min.

Ao final do experimento os dados obtidos foram submetidos à análise de variância a nível de 5% de probabilidade e em caso de diferenças, aplicado teste de Tukey, através do programa estatístico S.A.E.G (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas-UFV, 1997).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 FARINHA DE MEXILHÃO VALVA (FMV) E FARINHA DE MEXILHÃO INTEGRAL (FMI)

Na tabela 6 estão demonstrados os valores médios da composição química das farinhas de mexilhão integral (FMI) e farinha de mexilhão valvas (FMV).

TABELA 6 – Composição química das farinhas de mexilhão integral (FMI) e farinha de mexilhão valva(FMV).

Composição	Farinha de mexilhão integral (FMI) $\pm$ DP	Farinha de mexilhão valvas (FMV) $\pm$ DP
Proteína Bruta (%)	12,95 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>	8,64 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>
Lipídeos (%)	1,01 $\pm$ 0,66 <sup>a</sup>	0,42 $\pm$ 0,41 <sup>b</sup>
Cinzas%	80,53 $\pm$ 1,37 <sup>a</sup>	86,43 $\pm$ 0,63 <sup>a</sup>
Fósforo %	0,11 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	0,10 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>
Cálcio (%)	27,27 $\pm$ 2,15 <sup>a</sup>	28,70 $\pm$ 2,17 <sup>a</sup>
Sódio(%)	3,79 $\pm$ 0,37 <sup>a</sup>	3,29 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>
Potássio (g/Kg)	1,73 $\pm$ 1,94 <sup>a</sup>	1,83 $\pm$ 1,80 <sup>a</sup>
Chumbo(mg/Kg)	1,73 $\pm$ 9,35 <sup>a</sup>	2,48 $\pm$ 8,73 <sup>a</sup>
Cobalto (mg/Kg)	14,47 $\pm$ 2,72 <sup>a</sup>	16,47 $\pm$ 4,74 <sup>a</sup>
Cobre (mg/kg)	6,2 $\pm$ 3,71 <sup>a</sup>	9,3 $\pm$ 2,12 <sup>a</sup>
Mercúrio (mg/kg)	<0,005	<0,005
Zinco (mg/kg)	15 $\pm$ 1,87 <sup>a</sup>	20 $\pm$ 2,98 <sup>b</sup>
pH	6,7	6,9

Médias na mesma linha seguidas de letras distintas diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey

Como demonstrado na tabela 8, em relação à proteína bruta (PB) a farinha de mexilhão integral apresentou 33,3% mais proteína, do que a farinha de valva (8,64% de PB).

O teor de gordura observado para FMV (0,426%) e FMI (1,01%) , pode ser considerado baixo, e foram bastante diferenciados entre si, FMI apresentou um teor de gordura 63% superior a FMV.

A fração de cinza foi 80,53% e 86,43% para a FMI e FMV, respectivamente, considerando que o teor de cinza em alimentos está relacionado aos resíduos inorgânicos remanescentes da queima da matéria orgânica, os resultados demonstram que os produtos apresentaram alto teor de minerais. O teor de fósforo observado para as duas farinhas foi pouco variável, 0,11% (FMI) e 0,10% (FMV), sugerindo que a ocorrência deste mineral está quase restrito às valvas, assim como o cálcio, o qual apresentou os valores de 27,27% (FMI) e 28,70% (FMV), taxas que podem ser consideradas altas. O teor de sódio foi 0,38% para FMI e 0,33% para FMV e o de potássio 0,17% e 0,18% para FMI e FMV.

Neste trabalho foram observados níveis de cobre de 6,2mg/kg para FMI e 9,3mg/kg para FMV, e o teor de Zinco foi de 15mg/kg para FMI e 20mg/kg para FMV. As concentrações de mercúrio em ambas as farinhas apresentaram valores menores que o mínimo detectado pelo método analítico utilizado para a leitura de mercúrio (0,005mg/kg).

Os níveis de chumbo observados foram 1,73 e 2,48 mg/kg para FMI e FMV, respectivamente. Os níveis de cobalto para a FMI foi de 14,47mg/kg e 16,47 para FMV. As taxas de proteína bruta (%PB) e de lipídeos (%), apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre FMI e FMV, para os minerais diferença significativa foi observada apenas para o zinco.

A farinha de mexilhão integral e a farinha de mexilhão valva apresentaram pH 6,7 e 6,9, respectivamente, estando na faixa de neutralidade.

Na Tabela 7 estão demonstrados os resultados das análises bacteriológicas realizadas nas farinhas FMI e FMV.

TABELA 7 – Resultados das análises bacteriológicas realizadas na farinha de mexilhão integral (FMI) e farinha de mexilhão valvas (FMV), expresso em unidades formadora de colônias (UFC)

Microorganismos	Farinha de mexilhão integral (FMI)	farinha de mexilhão valvas (FMV)
<i>Bactérias mesófilas</i> (UFC/g)	2,4x 10 <sup>6</sup>	1,2 x10 <sup>6</sup>
<i>Salmonella sp</i> (UFC/25g)	Ausência	Ausência
<i>Enterobacterias</i> (UFC/g)	<1,0	<1,0
<i>Escherichia coli</i> (UFC/0,1g)	Ausência	Ausência

FMI apresentou maior ocorrência de UFC de bactérias mesófilas, e os demais microorganismos analisados foram similares quanto à ocorrência.

#### 4.2 AVALIAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE

As unidades experimentais, nas quais foi realizado o ensaio de digestibilidade aparente, foram mantidas sob aeração com sopradores monitorados de maneira que os níveis de oxigênio dissolvido se mantivessem acima de 4mg/L. As médias de temperatura e pH da água das unidades experimentais foram  $27,8 \pm 1,26^{\circ}\text{C}$  e  $6,7 \pm 0,6$ , respectivamente.

Na tabela 8 se encontram os resultados referentes à digestibilidade dos nutrientes das farinhas.

TABELA 8- Coeficientes de Digestibilidade Aparente (CDa) e nutrientes digestíveis da Farinha de Mexilhão Integral (FMI) e Farinha de Mexilhão Valvas (FMV)

Variáveis (%)	Tratamentos		CV (%)
	FMI	FMV	
CDa da Proteína Bruta	80,15 a	57,79b	14,97*
CDa do Fósforo Total	-22,6 a	-110,98b	101,49*
CDa do Cálcio Total	-115,25 a	-234,63b	61,41*
Proteína Digestível	10,4 a	4,99b	14,58*
Fósforo Disponível	-0,2 a	-0,12b	106,36*
Cálcio Disponível	-32,35 <sup>a</sup>	-67,39b	61,60*

\*Médias na mesma linha seguidas de letras distintas diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

O coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta, da farinha de mexilhão integral, foi superior ao da farinha de mexilhão valva, e diferiram significativamente ( $P < 0,05$ ), assim como também o CDa do fósforo total e do cálcio total.

Uma vez que os valores observados para o CDa Cálcio e CDa Fósforo das farinhas foram negativos, estes tiveram um reflexo sobre os valores da disponibilidade dos nutrientes Ca e P, acarretando a mesma tendência. Conforme pode ser observado na tabela 9, o coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes (Ca e P) das dietas teste (RFMI e RFMV), quando comparados com a dieta referência (RR), diferiram significativamente, demonstrando que o resultado foi influenciado pela presença das farinhas.

TABELA 9- Coeficientes de digestibilidade aparente (CDa) dos nutrientes totais das rações referência e testes contendo farinha de mexilhão integral (RFMI) e farinha de mexilhão valvas (RFMV) para Tilápia do Nilo

Variáveis (%)	Rações experimentais		
	Referência	RFMI	RFMV
CDa do Fósforo da Dieta	65,92 a	41,90b	33,21b
CDa do Cálcio da Dieta	56,22 a	15,33b	3,88b
CDa da Proteína da Dieta	92,52 a	88,44b	86,32b

\*Médias na mesma linha seguidas de letras distintas diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

Análise estatística revelou que os coeficientes de digestibilidade aparente da PB, Ca e P, das RFMI e RFMV, não diferiram significativamente entre si, porém em relação à ração

referência apresentaram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ), em relação aos nutrientes analisados. Os resultados demonstrados confirmam a influência da inclusão das farinhas sobre as taxas de digestibilidade avaliadas, ainda que com menor efeito sobre a proteína.

O desempenho dos peixes também foi afetado pela inclusão das farinhas, conforme demonstrado na tabela 10.

TABELA 10 – Desempenho dos exemplares de tilápia, peso médio inicial(g), peso médio final (g) e taxa de sobrevivência (%) durante o período experimental, alimentados com a ração referência (RR), ração farinha de mexilhão integral (RFMI) e ração farinha de mexilhão valva (RFMV).

	Ração referência (RR)	Ração farinha de mexilhão Integral ( RFMI)	Ração farinha de mexilhão valva (RFMV)	Coefficiente Variação %
Peso médio inicial (g)	16,24 <sup>a</sup>	16,80 <sup>a</sup>	16,42 <sup>a</sup>	10,01
Peso médio final(g)	70,86 <sup>b</sup>	59,16 <sup>a</sup>	50,47 <sup>a</sup>	30,42
Sobrevivência (%)	81 <sup>a</sup>	78 <sup>a</sup>	75 <sup>a</sup>	11,66

Médias na mesma linha seguidas de letras distintas diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

Em relação ao peso médio final, os peixes que foram alimentados com as rações nas quais houve a inclusão de farinha de mexilhão integral (RFMI) e farinha do mexilhão valva (RFMV) não apresentaram diferenças significativas entre si, mas diferiram significativamente ( $P < 0,05$ ) daqueles que receberam apenas a ração referência, sendo o peso médio final dos peixes que receberam a ração referência aproximadamente 16% e 28% superior ao peso médio final daqueles que foram alimentados com RFMI e RFMV, respectivamente.

## 5 DISCUSSÃO

A maior taxa de PB observada para FMI em relação à FMV é justificada pela presença do conteúdo corporal em FMI, como os músculos, vísceras e manto, pois estas estruturas são compostas por tecido conjuntivo e colágeno (Coan et al., 2000). Também contribuiu para este aumento a presença do bisso remanescente, já que na maioria dos bivalves este acessório é composto essencialmente por ácidos mucopolissacarídeos, proteína adesiva, proteína fibrosa e enzima oxidativa (White, 1983). Em FMV, além de não haver a massa corporal interna, também não foi agregada a estrutura do bisso, já que no seu processo de secagem ocorreu a deterioração dos bissos remanescentes.

Almeida et al. (2006), em trabalho com esta espécie na forma integral, observou o valor de 73,83g/kg de proteína, abaixo do observado neste trabalho FMI (12,95%) e mesmo para FMV (8,40). Furlan et al.(2007), em trabalho com a mesma família de molusco, observou valores de PB próximos ao encontrado neste trabalho, mas concluiu que o teor proteico pode variar de acordo com o local de coleta. Magalhães (1985), em estudos com o gênero perna, concluiu que são grandes as dificuldades para se comparar resultados de teor proteico, mesmo entre animais da mesma espécie, pois há influência das distintas regiões de coleta e dos diferentes estádios do ciclo reprodutivo.

Comparando o valor da PB entre as farinhas, podemos constatar que a valva é responsável por cerca de 68% da proteína bruta total, mas pelos resultados observados a digestibilidade desta proteína está em torno de 58%, e o maior valor da digestibilidade da FMI é decorrente da PB corporal que foi incorporada. Em comparação com outros alimentos de origem animal podemos considerar que a FMV apresentou baixa digestibilidade, o que pode ser decorrente da maior presença de nitrogênio não protéico, já que o método utilizado (Kjeldahl) mede o nitrogênio orgânico total e não apenas o nitrogênio de proteína. Outra possível explicação seria pela incapacidade da espécie (tilápia) em aproveitar proteínas complexadas, pois, segundo Marigomez et al.(2002), uma estratégia dos bivalves para a estocagem e/ou detoxificação de metais é a complexação com metaloproteínas, que diferem das proteínas ligadas a metais porque nas primeiras há uma alta afinidade da interação metal-proteína, formando uma ligação que não é facilmente quebrada, e possuem estabilidade frente ao calor.

Em geral, o teor de gordura nas farinhas de origem animal situa-se entre 8-16%, apesar de o material em estudo ser de origem animal, os valores observados de lipídeos foram

baixos (1,01% FMI e 0,42%FMV). A diferença significativa observada entre as duas farinhas em relação a este nutriente também está relacionada aos tecidos viscerais e musculares presente na FMI, os quais evidentemente contribuíram para o resultado encontrado. Ainda que baixo comparativamente, as valvas apresentaram alta ocorrência de lipídeos, demonstrando a capacidade dos lipídeos de se distribuírem em todos os tecidos. Furlan (2007) e Ackman (1999) relataram valores de gordura de 0,61-2,0% para moluscos, e justificam o reduzido conteúdo em lipídeos pela estratégia da espécie em armazenar seus excedentes ou reserva de energia na forma de glicogênio e não como gordura. Vale ressaltar que nos trabalhos citados as análises foram restritas às partes comestíveis.

A alta taxa de cinza observada em ambos os materiais (FMI 80,53% e FMV 86,43%) caracteriza a presença de grande quantidade de minerais. Angelucci et al. (1987) considera que o perfil de cinza pode ser considerado medida geral de qualidade, e frequentemente é utilizado como critério na identificação dos alimentos. Com base nesse pressuposto, o alimento pode ser considerado uma fonte de minerais, os quais serão discutidos na sequência.

O cálcio apresentou valores relativamente altos (27,27% e 28,70%, para FMI e FMV respectivamente), o que é justificado, pois o carbonato de cálcio é o principal constituinte das conchas dos moluscos bivalves (Oliveira, 2000), e este elemento apresentou a sua concentração totalmente restrita às valvas. Apesar de altos, comparativamente com a farinha de ostras, um produto de mesma natureza, os valores obtidos neste estudo estão abaixo dos valores mínimos de cálcio estabelecidos pela portaria que regulamenta a farinha de ostras. Segundo a norma, os teores de Ca devem estar entre 36-35% para os tipos de farinha de ostra I e II, respectivamente (Brasil, 1988). Em relação à digestibilidade aparente deste mineral, ainda que as diferenças entre FMI e FMV tenham sido significativas, ambas as farinhas, apresentaram valores negativos, o que refletiu em taxas de disponibilidade deste nutriente também negativa. A disponibilidade negativa do cálcio também foi relatada por Beiudes et al. (2009). Trabalhando com a tilápia, o autor atribuiu o fato à presença de cálcio na água dos aquários de digestibilidade, pois o cálcio presente na água é assimilado pela tilápia-do Nilo, mesmo quando presente na ração. Lovell (1989) também relata a eficiência da espécie em retirar este mineral da água. Gonçalves et al. (2005), estudando alimentos para tilápia-do-Nilo, também obtiveram disponibilidade do cálcio negativa para o milho, milho extrusado, sorgo, glúten de milho e farelos de arroz, trigo, soja, algodão e girassol. Em analogia às citações, e analisando o coeficiente de digestibilidade do cálcio das farinhas (FMI e FMV), observamos significativa redução em relação à ração referência, o que nos permite concluir

que o cálcio presente nas farinhas de mexilhão não foi utilizado, e ainda por alguma característica inerente à espécie, o alimento nas taxas em que foi inserido na dieta teste (20%) provocou algum tipo de disfunção digestiva que interferiu na absorção do Ca presente nos demais alimentos que compuseram a ração teste.

Apesar de o material apresentar alta taxa de cinza, os valores de fósforo, tanto em FMI quanto FMV, são baixos para o atendimento das necessidades deste mineral em dietas para a tilápia, pois, de acordo com alguns autores (NRC 1993, Watanabe et al. 1997 e Jobling 1994, apud Pezzato, 1997), a exigência nutricional em fósforo está em torno de 0,25%- 1,0 % da dieta, o que nos permite concluir que o alimento em questão não se apresenta como uma boa fonte quantitativa do mineral. A disponibilidade aparente do fósforo também foi negativa, e, a exemplo do Ca, o mesmo processo foi observado, ainda que em menores proporções, mas com efeito significativo em relação à ração referência.

A relação cálcio: fósforo das farinhas também se mostrou inadequada - está em torno de 200:1, o que dificultaria o balanceamento em rações para peixes, pois, segundo Porn-Ngam et al. (1993), à medida que a relação cálcio: fósforo total da dieta se afasta de 1:1, há aumento dos efeitos inibitórios do cálcio e/ou fósforo sobre a absorção do zinco. Neste trabalho não foi avaliada a digestibilidade do zinco, análise que poderia corroborar com a elucidação dos processos constatados no aproveitamento do material testado.

Os peixes submetidos às rações com adição das farinhas (RFMI e RFMV) apresentaram o peso médio final significativamente menor do que aqueles alimentados com a ração referência (RR), justificável pela redução do aproveitamento do cálcio e fósforo. Segundo Pezzato (2006), o fósforo é um mineral essencial para o crescimento, e a sua deficiência resulta em redução do ganho de peso.

Os teores de sódio e de potássio presentes nas farinhas se encontram dentro das faixas consideradas adequadas para o atendimento das exigências da espécie (NRC, 1980), porém, apesar de serem importantes nos processos vitais como componentes de hormônios e enzimas, não são relevantes para peixes, pois também podem ser absorvidos do ambiente .

O monitoramento ambiental e da qualidade de água, realizado no local de coleta dos moluscos utilizados no processamento das farinhas, não aponta níveis de metais pesados considerados fora dos padrões estabelecidos pela legislação que regulamenta a matéria (IAP/Itaipu Binacional, 2010), porém, considerando que bivalves podem acumular contaminantes nos seus tecidos em concentrações de 1.000 a 10.000 vezes superior às verificadas na fonte de exposição (UNEP, 2004 apud Galvão et al., 2009), a presença de alguns metais pesados considerados relevantes foi avaliada.

Os níveis de cobre encontrados foram de 6,2 mg/kg para FMI e 9,3 mg/kg para FMV, e, apesar de não existir referência específica para o nível de cobre permitido neste tipo de alimento, tomando por base o estabelecido para o consumo humano, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária estabelece que os níveis aceitáveis de cobre em alimentos podem variar de 0,4-30 mg/kg (ANVISA, 1998).

Segundo os dados do NRC (1980), para a maioria das espécies animais os efeitos tóxicos de zinco aparecem quando os níveis deste mineral estão em torno de 1000ppm, e, dependendo da espécie, os níveis máximos toleráveis variarão de 300-1000ppm. Nas farinhas, o teor de zinco observado foi de 15mg/kg para FMI e 20mg/kg para FMV. Tais valores estão dentro de níveis considerados aceitáveis na alimentação animal.

As concentrações de mercúrio em ambas as farinhas apresentaram valores abaixo do regulamentado para produtos da pesca, no qual o valor máximo aceitável de mercúrio é 0,5mg/kg (ANVISA, 1998).

O chumbo não é considerado essencial para os animais, e o valor máximo na dieta tolerado pela maioria das espécies está na faixa de 30 ppm, contudo pode ocorrer aumento da concentração em alguns tecidos (NRC, 1980). Considerando os valores observados nas farinhas, a utilização do produto ficaria condicionada a pesquisas de avaliação da deposição do elemento nos tecidos.

Os níveis tóxicos do cobalto estão na faixa de quantidades 300 vezes superiores ao requerimento nutricional (NRC,1980), e os níveis de cobalto registrados para a FMI e FMV não limitam a sua utilização para tilápia, porém a utilização para outras espécies de peixes estaria condicionado às exigências nutricionais da espécie.

Em relação ao pH do material, segundo a classificação proposta por Soares et al.(1992), ambas as farinhas analisadas podem ser consideradas pouco ácidas, e esta característica favorece o desenvolvimento de microorganismos (Silva Junior, 1995), logo o cuidado com a higiene é essencial no processamento do material, pois a maioria das bactérias, dos fungos filamentosos e das leveduras cresce em pH superior a 4,5 (Soares et al.,1992).

Apesar de os critérios propostos por Andriguetto et al. (1990) não serem regulamentados, por serem mais abrangentes que o usual, adotamos este padrão para a avaliação. Portanto, com base neles consideramos que as farinhas do ponto de vista sanitário se enquadram na classificação de “bom”, demonstrando que mesmo suscetíveis a contaminação microbiológica, a adoção de boas práticas de higiene durante o processamento resguardam o produto de contaminação.

## **6 CONCLUSÃO**

Com base nos parâmetros analisados, podemos concluir que os materiais processados a partir do mexilhão dourado, tanto integral quanto valva, apresentaram baixa taxa de proteína e de gordura, e também demonstraram sérias limitações quanto ao seu aproveitamento como fonte de minerais, portanto o seu processamento para utilização na alimentação da espécie estudada, na proporção de inclusão utilizada (20%), não é recomendado nutricionalmente.

## **7 CONSIDERAÇÕES**

Vale ressaltar que, segundo os parâmetros nutricionais discutidos neste trabalho, calculados com base na matéria seca, podemos considerar que o mexilhão dourado também apresenta baixo valor nutricional in natura, e o seu consumo em excesso pode acarretar comprometimentos no atendimento das exigências nutricionais das espécies de peixes do ambiente natural que possuem processos digestórios similares ao da tilápia, e que estão utilizando o molusco como item alimentar preferencial in natura.

## 8 REFERÊNCIAS

ACKMAN, R. G. **Composición y valor nutritivo de los lípidios del pescado y del marisco.** In: RUITER, A. El pescado y los productos derivados de la pesca: composición, propiedades nutritivas y estabilidad. Zaragoza: Acríbia, AG. Seminarion. 30. Embrapa Suínos e Aves. Concórdia, SC: 2002. 1999. p. 81-121

AKEGBOJO, Samson Y. **Growth response and Nutrient Digestibility by *Clarias gariepinus* fed vary level of Dietary Periwinkle flesh as replacement for fishmeal in low-cost diet.** Appl Trop: Agric. 4 ed., 1999.p.37-43

AKINWANDE A. A.; UGWUMBA A. A. A.; UGWUMBA O. A. Effects of replacement of fish meal with maggot meal in the diet of *Clarias gariepinus* (Burchell: 1822) fingerlings. **The Zoologist** v1n.2, 2002.41-46.

ALMEIDA, H C. et al. Estudo do *Limnoperna fortunei* (mexilhão dourado) como ingrediente na ração animal, através das características físico-químicas, microbiológicas e presença de mercúrio. **Hig. Alimento**: 2006.

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I. A. **As bases e os fundamentos da nutrição animal.** São Paulo: Nobel. 1982.

ANGELUCCI, E.; CARVALHO, L. R.; CARVALHO. **Análise química de alimentos.** Campinas :Manual Técnico 1987. 123p.

ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária Brasil. **Portaria nº 695 de 1998** da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF: 30 mar.1998.

AOAC. **ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS** Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. 18 ed. Gaithersburg: Maryland, 2005.

AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A.M.M. **As bases toxicológicas da ecotoxicologia.** São Paulo: Intertox, n.17, 2003. p. 1-30.

BARENDZ, A.W. **“Food safety and total quality management.”***Food Control*, vol. 9, nº2-3, 1998.

BELLAVER, C. LUDKE, J. V. **Considerações sobre os alimentos alternativos para dietas de suínos.** Resumo da palestra apresentada no ENIPEC. Cuiabá, MT:2004.

BENDATI, M. M. A. **Avaliação das concentrações de Cd, Cr, Pb, Cu e Zn em amostras de água, sedimento e Neocorbicula limosa(Matton, 1811) (Mollusca: Bivalvia) no Guaíba, RS.** Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

BIRD, C. **Environmental Chemistry.**Freeman, NY, 1995. 484p.

BIUDES, J.F.V.; PEZZATO, L.E.; CAMARGO, A.F.M. **Digestibilidade aparente da farinha de aguapé em tilápias-do-nilo.**Revista Brasileira de Zootecnia, v. 38 , n.11, p.2079-2085, 2009.

BONDERI K, SHEPHERD D.C. Soldier fly larvae as feed in Commercial fish production. **Aquaculture**, 1981. p.24, 103-109

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). **R. Bras. Zootec.**, v.31, n.2, 2002. p. 539-545

BOYD, C. E. **Water quality management in ponds for fish culture.** New York: Elsevier Scientific Publishing Company, 1990.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal. **Associação Nacional dos fabricantes de Rações.** São Paulo/ Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. **Compêndio brasileiro de alimentação animal.** ANFAR/CBNA/SDR, 1998.

BREMER NETO, H.; GRANER, C. A. F.; PEZZATO, L. E. et al. Determinação de rotina do cromo em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 691-697, 2005.

CAMPOS, C. M. et al. Avaliação econômica da criação de tilápia sem tanque-rede. Zacarias, SP: **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 33, n. 2, 2007. p. 265-271

CARDOSO, V.M.; SILVA, G.G.; CANO, V. **Contagem de microorganismos.** In: **Análise Microbiológica de Alimentos.** Rio de Janeiro, 1985.p. 20-27

CATALDO, D; BOLTOVSKOY, D.3, HERMOSA, J. L. AND CANZI, C. Temperature-dependent rates of larval development in *Limnoperna fortunei*, bivalvia: mytilidae. **J. Moll. Stud.** 2005. 71: p. 41–46 .

CHO, C. Y. **La energía en la nutrición de los peces.** In: ESPINOSA, J. M.; LABARTA, U. Nutrición en acuicultura II. Madrid: Madrid-España, 1987. p. 197-237.

CHUBERT, G.; DE LA NOÛE, J.; LUQUET, P. Digestibility in fish: improved dexte for the automic collection of feces. **Aquaculture**, v.29, 1982. p.185-189

COAN, E. V., VALENTICH-SCOTT, P., BERNARD, F. R. Introduction. In: **Bivalve Seashells of Western North America. Marine Bivalve Mollusks from Arctic Alaska to Baja California.** Santa Barbara Museum of Natural History & Sadeghian, P. S. 2000. p. 9-40

DARRIGRAN, G. Potential impacto ffilter. Feeding invaders on temperate inland fresh wateren vironments. **Biological Invasions**: 2002. 145,156p.

DARRIGRAN, G.; DRAGO, E. I. Invasion of theexotic fresh water mussel *Limnoperna fortunei* in South América. **Nautilus, Melbocerne**, n. 114, 2000. p. 69-73

DARRIGRAN, G.; PASTORINO, G. The recent introduction of asiatic bivalve, *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) into South America. **The Veliger**, 1995. p. 171, 175

DELAZARI, I.; **Aspectos microbiológicos ligados a segurança e qualidade da carcaça de aves.** In: Semana Acadêmica Veterinária. São Paulo: Anais, 1998. p.71-77.

ESPÍNDOLA FILHO, A. et al. Processamento agroindustrial de resíduos de peixes, camarões, mexilhões e ostras pelo sistema cooperativado. **Rev. Educ.Contin. CRMV**, São Paulo, v. 4, n. 1, nov. 2001. p. 52-61

FAICHNEY, G. J. **The use of marker partition digestion within the gastro intestinal tract.** In: Digestion and metabolism in the ruminant. Armidale: University of New England Publishing Unit, 1975. p. 277-291.

FAO. **Cultured Aquatic Species Information Programme. Oreochromis niloticus. Culture d'Aquatic Species Information Programm.** In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 18 February, 2005-2010.

FATUROTI E. O.; AKINBOTE O. A. Growth response and nutrient utilization in *Oreochromis niloticus* fed varying levels of dietary cassava peel. **Nig. J. Appl. Fish. Hydrobiol**, 1986. p.1: 47-50.

FERNANDES JUNIOR A. C., BARROS, M.M., PEZZATO et al. Desempenho produtivo de tilápia do Nilo alimentada com níveis de colina na dieta **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 2, 2010. p. 163-167

FRANÇA, L. F. S. **Digestibilidade aparente de nutrientes e da energia de alimentos alternativos para tilápia (*oreochromis niloticus*)**. Dissertação apresentada como requisito ao curso mestre em Ciência Animal. UFPI/PI Teresina, 2008.

FRANCO, B.G.M.F; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996.

FRAZIER, N.C. **Microbiologia de los alimentos**. Zaragoza:Acribia. 1976. 512p. FUEM.

FURLAN, E.F.et al. Estabilidade físico-química e mercado do mexilhão (Perna perna) cultivado em Ubatuba. **Ciênc. Tecnol**. Campinas:jul.-set. Aliment, 2007. p.516-523

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E.C. et al. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes do farelo de canola pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **R. Bras. Zootec.**, v.30, n.3, 2001. p. 611-616

FURUYA, W.M. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápia**. Toledo: GFM, 21 ed. 2010.

FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G. et al. Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **R. Brasi. de Zootc.**, v.34, n.5, 2005. p.1433-1441

GALVÃO, P. M. A. et al. Bioacumulação de metais em moluscos bivalves: Aspectos evolutivos e ecológicos a serem considerados para a biomonitoração de ambientes marinhos. **Brazilian, Journal of Aquatic Science and Technology**, Vol. 13, No 2, 2009.

GALVÃO, P.; REBELO, M.; TORRES, J.; GUIMARÃES, J. et al. Bioacumulação de metais pesados em moluscos bivalves: aspectos evolutivos e ecológicos a serem considerados para a biomonitoração de ambientes marinhos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, América do Norte, fev. 2010. p.13-18

GENEROSO, R.A.R.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Composição química e energética de alguns alimentos para aves em duas idades. **R. Bras. Zootec.**, v.37, n.7, 2008. p.1251-1256.

GOMMES EF, REMA P, KAUSHIK SJ. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Onchorynchus myskiss*): digestibility and growth preference. **Aquaculture**, v. 130, 1995. p. 177-180

GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E; BARROS, M.M. et al. Efeitos da suplementação de fitase sobre a disponibilidade aparente de Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe em alimentos vegetais para a tilápia do-Nilo. **R. Bras. Zootec.**, v.34, n. 6, 2005 p.2155-2163.

GRECO, L.S., SANCHES, M.V.; NICOLOSO, G.L. et al. Toxicity of cadmium and copper on larval in juvenile stage soft stuarine crab *Chasma gnathus granulate* (Brachyura, Grapsidae). Arch. Environmental. Contam. **Toxicol**, v. 41, 2001.p. 333-338.

GUERRERO, R.D. The culture and use of *Perionyx cavatus* as a protein source in Phillipines: **In Earth worm Ecology**. London: Chapman and Hall, 1985. p 309-313

HANLEY, F. The digestibility of foods and the effects of feeding selectivity determinations in Tilápia (*Oreochromis niloticus* L). **Aquaculture**, v.66, n.2, 1987. p.163-179

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M.; PEZZATO, L.E. Digestibilidade aparente de macrófitas aquáticas pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade da água em relação às concentrações de nutrientes. **R. Bras. de Zootec.**, v.35, n.3, 2006. p. 641-647

HISANO, H. et al. Composição nutricional e digestibilidade aparente da levedura íntegra, da levedura autolisada e da parede celular pela Tilápia do Nilo. **Ciência Animal Brasileira**, v.9, n.1, jan./mar. 2007. p.43-49

ITAIPU BINACIONAL. **Reservatório de Itaipu: Estatística de rendimento pesqueiro**. V, 2. Maringá, PR. 2005.

KABIR, N.M.J; WEE, K.L; MAGUIRE, G. Estimation of apparent digestibility coefficients in rainbow trout (*O. mykiss*) using different markers. **Aquaculture**, n.167, 1998. p 259-272

KENNISH, M. J. **Ecology of Estuaries: Anthropogenic Effects**. CRC Press, Boca Raton. 1992.

KUBITZA, F. **Tilápia tecnologia e planejamento na produção comercial**. 1ª ed. 2000. p.289

LANARA - BRASIL. Ministério da Agricultura. Laboratório Nacional de Referência Animal. In: Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes. **Pescado Fresco**. Brasília: Ministério da Agricultura, v.2, 1981.

LANNA, E.A.T.; PEZZATO, L.E.; CECON, P.R. et al. Digestibilidade aparente e trânsito gastrintestinal em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em função da fibra bruta da dieta. **R. Bras. Zootec.**, v.33, n.6, 2004. p. 2186-2192

LAWS, E.A. **“Aquatic Pollution”**, An Introductory. New York: Text, 2 ed. 1993.

LEONARD, V.; BREYNE, C.; MICHA, J-C. Digestibility and transit time of *Azolla filiculoides* Lamarck in *Oreochromis aureus* (Steindachner). **Aquaculture Research**, v.29, 1998. p.159-165

LOVELL, R.T. **Nutrition and feeding of fish**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989. 260p.

MAGALHÃES, A. R. M. **Teor de proteína do mexilhão *Perna perna* (Linné, 1957) (*Molusca Bivalvia*) em função do ciclo sexual**. Tese (Mestrado em Ciências) Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.

MALLMAM, M. L. W. **Moluscos Marinhos de Interesse na Etnomedicina Alagoana**. UFPE, 2000. 65p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – UFPE/PE, Recife. 2000.

MANSUR, M. C. D. et al. *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857), molusco bivalve invasor na Bacia do Guaíba Rio Grande do Sul: Brasil. **Biociências**, vol.69: 1999.

MARIGOMEZ, I. et al. Cellular and subcellular distribution of metals in molluscs. **Micros Res Techniq**, 2002. p. 56, 358-392.

MARTINS, R.J.E. **Acumulação e Libertação de Metais Pesados por Briófitas Aquáticas**. Dissertação (Doutor em Engenharia Química). Departamento de Engenharia Química Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2004. p. 611

MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F. et al. **Animal nutrition**. 7.ed. New York: McGraw-Hill, 1979. p. 44-46

MELO, T.V. E A. M. A. MOURA. Utilização Da Farinha De Algas Calcáreas Na Alimentação Animal. **Archivos de zootecnia** vol. 58(R), 2009. p. 101.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Digestibilidade aparente de alguns alimentos proteicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **R. Bras. Zootec.**, v.32, n.6, 2003b. p.1801-1809

MIDLEN, A.; REDDING, T. **Environmental management for aquaculture**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1998. p. 223

MORALES, A.E.; CARDENETE, G.; SANZ, A.; et al. Re-avaluation of crude fiber and acid-insolubleash as intermarkers, alternative tochromic oxide, in digestibility studies with rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.179, 1999. p.71-79

MORTON R.D et al. **Aerobic platecount**. In: Compendium of Methods for the Microbiological Examinations of Foods. Washington: American Public Health Association, 2001. p. 63-67.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Mineral tolerance of domestic animals**. National Academy of Sciences, D.C.:Washington, 1980.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – Underutilized Resources as Animal Feeds tuffs Subcommittee on Underutilized Resources as Animal Feedstuffs, Committee on Animal Nutrition, National Research Council 1983 NATIONAL ACADEMY PRESS Washington, D.C. 1983.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Subcommitteeon Mineral Toxicity in Animals**. National Academy of Sciences. D.C.: Washington, 1992.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – **Nutrient requirements of fish** National Research Council NATIONAL ACADEMY PRESS Washington, D.C. 1993.

NEVES, R.C.F. **Desenvolvimento de Metodologias Analíticas para avaliar a digestibilidade de nutrientes metálicos utilizados na nutrição de peixes**. Dissertação (Mestrado em zootecnia) -UEPJM/SP, Botucatu, 2008.

OCKERMAN, H.W.; HANSEN, C. L. **Industrialización de Subproductos de origen animal**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1994. 387p.

OLIVEIRA, M. P.; ALMEIDA, M. N. **Malacologia**. Juiz de Fora-MG: Editar Editora Associada, 2000.

OMOYINMI, G.A.K.; FAGADE, S.O.; ADEBISI, A. A. Nutritive value invertebrate escultured under laboratory conditions. **The Zoologist**, 2005, p. 3:33-39.

ORTOLANI, E.L et al. **Macro e microelementos**. In: Farmacologia aplicada à Medicina Veterinária, 2002. p.641-651

PARDI, M.C.; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R.; PARDI, H.S. Ciência, higiene e tecnologia da carne: Riscos microbiológicos da carne, Goiânia: UFG, v.1, 1995. p.294-308

PASTORINO, G. et al. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) nuevo bivalvo invasor em águas del Rio de Plata. **Neotropica**, v.39, 1993. p.101-102.

PETRI, A. **Aspects of Quality Assurance in European Feed Production , Aspects of Quality Assurance in European Feed Production**. Degussa AG. Seminário no. 30 realizado em 03/12/2002 In: Relatório PAT 2002.

PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M. et al. Digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta e a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum**, v.26, n.3, 2003. p. 329-337

PEZZATO, L. E. O estabelecimento das exigências nutricionais das espécies de peixes cultivadas. In: **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES**, 3., 1997, Piracicaba, Anais. Piracicaba: USP, 1997. p. 45-62.

PEZZATO, L. E.; MIRANDA E. C.; BARROS, M. M. et al. Digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína e, a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Maringá, **Acta Scientiarum**, v. 26, n. 3, 2004. p. 329-338.

PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FRACALOSSO, D.M. et al. **Nutrição de Peixes**. In: CYRINO, J.E.P. et al. (Eds.) Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. São Paulo: Aquabil, 2004. p.75-170.

PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **R. Bras. Zootec.**, v.31, n.4, 2002. p.1595-1604

POPMA, T. e LOVSHIN, L. Aspectos relevantes da biologia e do cultivo das tilápias. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 5 n.27, 1995. p.8-13.

PORN-NGAM, N (org); Effect of the ratio of phosphorus Total and zinc availability to rainbow trout in high phosphorus diet. **Nippon Suisan Gakk.**, Tokyo, v. 59, 1993. p. 2065-2070

PORTA, A. Biomarkers of contamination in coastal aquatic organisms of Rio de la Plata. **Acta bioquím. clín. latinoam.** 2001. p. 261-271

RAINBOW, P. S. Trace metals concentrations in aquatic invertebrates: why and so what?, **Environ Pollut**, 2002.

RICCIARDI, A. Global range expansion of the Asian mussel *Limnoperna fortunei* (Mytilidae): another fouling threat to fresh water systems. **Biofouling**. 1998.

RIEDEL, G. **Controle sanitário de alimentos**. São Paulo: 2. ed. Atheneu, 1992. 320 p.

ROITMAN, L; TRAVASSOS, L.R. & AZEVEDO, J.L. **Tratado de Microbiologia**. São Paulo: 3ª ed., Manole, 1992.

ROSTAGNO. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos composição de alimentos e exigências nutricionais**. UFV DZO. 2008. Disponível em: <<http://www.lisina.com.br/arquivos/Geral%20Portugu%C3%AAs.pdf>> Acesso em: 10 de Nov. 2010.

RUPPERT, EDWARD E.; BARNER, ROBERT D. **Zoologia dos Invertebrados**, 6ª ed., São Paulo. Roca, 1996.

SÁ, M. V. C; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; PADILHA, P. M. Relative bioavailability of zinc in supplemental inorganic and organic sources for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fingerlings. **Aquaculture Nutrition**, v. 11, 2005. p. 273-281

SADIKU, S.O.E.; JUANCEY, K. Digestibility, apparent amino acid availability and waste generation potential of soybean flour: poultry meat meal blend based diets for tilapia, *Oreochromis niloticus*(L.), fingerlings. **Aquaculture Research**, v.26, 1995. p.651-657

SANTO, E. J. et al. Qualidade microbiológica de farinhas de carne e ossos produzidas no Estado de Minas Gerais para produção de ração animal. **Ciênc. agrotec.**, v.24, n.2, abr./jun., 2000. p.425-433

SILVA JUNIOR, E. A. **Manual de Controle higiênico-Sanitário em Alimentos**. São Paulo: 1ª ed. Varela, 1995. p.387

SILVA, D. P. **Aspectos Bioecológicos do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei***. Tese (Doutor em Engenharia Florestal) UFPR/PR, Curitiba, 2006.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A. **Métodos de análise microbiológica de alimentos**. Campinas: ITAL, 1995. 228p.

SILVA, S.S. de; ANDERSON, T.A. **Fish nutrition in aquaculture**. London: Chapman & Hall.

SINDIRAÇÕES. **Anuário do Milho 2010**. Disponível em: <<http://www.sindiracoes.org.br>>. Acesso em 11 nov. 2010.

SIQUEIRA, G.W.; BRAGA, E.S.. Avaliação da dinâmica e da biodisponibilidade de Zn, Ni, Co e Pb para a biota a partir de sedimentos da plataforma continental do Amapá, Nordeste da Amazônia. *Ecotoxicologia. Perspectivas para o século XXI*. Rima, São Carlos, São Paulo, Brasil. 2000. p. 241-265

SMITH, R. R. et al. Apparent digestion coefficients and metabolizable energy feeding ingredients for Rainbowtrout *Oncorhynchus mykiss*. **Journal World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v.26, n.4, 1973. p.432-437

SOARES, A. G.; FREIRE-JÚNIOR, R. S. 1992. **Curso de higiene e sanificação na indústria de alimentos**. Rio de Janeiro, Embrapa, CTAA. p.97

SOGBESAN, O. A., UGWUMBA A. A. A. MADU C. T. Nutritive potentials and utilization of gardens nail (*Limnocolaria aurora*) meat meal in the diet of Clarias African. **Journal of Biotechnology**, Vol. 5 (20), 16 October 2006. p. 1999-2003

SOGBESAN, O. A.; UGWUMBA A. A. A.; ANDMADU C. T. Nutritive potentials and utilization of gardens nail (aurora) meat meal in the diet of Clarias gariepinus fingerlings. **African Journal of Biotechnology** Vol. 5 (20), 16 October 2006. p. 1999-2003

SULLIVAN, J.A.; REICH, R. O. Apparent Digestibility of select edfeedstuffs in diet for hybrid striped bass. **Aquaculture**, 1995. p 313-322

SYLVESTER, F et al. **Filtration rates of the invasive pest bivalve *Limnoperna fortunei* as a function of size and temperature** *Hydrobiologia*. 2005. p. 534: 71-80

TACON A.G.J.; JAUNCEY K.; FALAYE A. E. et al. **The use of meat and bone meal, hydrolysed feat her meal and soybean in practical fry and fingerling diet for *Oreochromis niloticus***. In FISHELSON, L. (ed) Proceeding sof International Symposium on tilápia in Aquaculture, Nazareth, Israel, 8-13 May, 1983, p. 356-365.

TOYAMA, G.N.; CORRENTE, J.E.; CYRINO, J.E.P. Suplementação de vitamina C em rações para reversão sexual da tilápia do Nilo. **Sci. Agric.**, v.57, 2000. p.221-228

UGWUMBA A. A. A., UGWUMBA O.A., OKUNOLA A. O. Utilization of live maggot as supplementary feed on the growthof *Clariasgariepinus*. (Burchell) fingerlings. **Nig. J. Sc.** 35(1): 2001. p.1-7.

VANDERZANT, C. & SPLITTSTOESSER, D.F. **Compendium of methods for microbiologica lexamination of foods**. 3.ed. Washington: American Public Health Association, 1996. 873p.

VON RÜCKERT, G; CAMPOS, M.C.S.; ROLLA, M. E. Alimentação de *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857): taxas de filtração com ênfase ao uso de Cyanobacteria. **Acta Scientiarum Biological Sciences** v.26, n.4, 2004. p.421-429

YOUNG, L.G.; LOW, A.G; COLOSE, W,H. **Digestion and metabolism techiniques in pigs in: Suine nutrition**. Stoneham: Bufterworth, Heinemam, 1991.

ZHOU, Q.; ZHANG, J.; FU, J.; SHI, J.; JIANG, G. Biomonitoring: Anappealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. **Analytica Chimica Acta**, v. 606, 2008. p. 135- 150

ZIMMERMANN, S. **Observações no crescimento de tilápias nilóticas (*Oreochromis niloticus*) da linhagem Chitralada em dois sistemas de cultivo e três temperaturas**. In: INTERNATIONAL SIMPOSIUMON TILÁPIA AQUACULTURE, 5, 3-7 sept., 2000, Rio de Janeiro. Proceedings. Rio de Janeiro: AMERICAN TILÁPIA ASSOCIATION, ICLARM, 2000 p.323-327

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária  
UNIOESTE/Campus de Toledo.  
Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB – 9/924

C235a Canzi, Carla  
Avaliação da utilização do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei Dunker, 1857*)  
na elaboração de farinha para alimentação da tilápia (*Oreochromis niloticus Linnaeus,*  
1758) / Carla Canzi. -- Toledo, PR : [s. n.], 2011.  
ix ; 53 f. : il., figs., tabs.

Orientador: Drº Wilson Rogério Boscolo  
Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) -  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Toledo. Centro de Engenharias  
e Ciências Exatas.

1. Mexilhão dourado – Composição química 2. Mexilhão dourado como ração 3.  
Peixes – Alimentação e rações 4. Tilápia - (*Oreochromis niloticus*) - Nutrição. 5.  
Ração animal – Peixes - Avaliação 6. Digestibilidade e nutrição I. Boscolo, Wilson  
Rogério, Or. II. T.

CDD 20. ed. 639.3758