

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
AQUICULTURA**

Douglas Ismael Cadorin

**AVALIAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE DE DIETAS CONTENDO
MICROMINERAIS DE FONTE ORGÂNICA E INORGÂNICA
EM TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

Florianópolis
2017

Douglas Ismael Cadorin

**AVALIAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE DE DIETAS CONTENDO
MICROMINERAIS DE FONTE ORGÂNICA E INORGÂNICA
EM TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Curso de Engenharia de
Aquicultura, Departamento de
Aquicultura, Centro de Ciências
Agrárias, da Universidade Federal de
Santa Catarina, como parte dos
requisitos para a obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia de
Aquicultura.

Orientador: Prof^ª. Dra. Débora Machado Fracalossi

Florianópolis
2017

Douglas Ismael Cadorin

**AVALIAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE DE DIETAS CONTENDO
MICROMINERAIS DE FONTE ORGÂNICA E INORGÂNICA
EM TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do grau de **Bacharel em Engenharia de Aquicultura**, e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, novembro de 2017.

Profa. Débora Machado Fracalossi, Dr.
Orientadora

Banca Examinadora:

Engº de Aquicultura Bruno da Silva Pierri, M.Sc.
Universidade Federal de Santa Catarina

Engº de Aquicultura Vitor Augusto Giatti Fernandes, M.Sc.
Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

A utilização de microminerais nas rações de obtidos a partir de fontes orgânicas têm se intensificado nos últimos anos, devido a sua maior biodisponibilidade para os peixes. Os microminerais orgânicos são aqueles associados a biomoléculas, como carboidratos ou mesmo proteínas, o que lhes confere uma conformação que facilita sua absorção no trato digestório dos peixes. No presente trabalho, foi testada a adição na dieta do suplemento mineral orgânico Bioplex-TR-Se-Peixe[®], visando contribuir para a compreensão do efeito da utilização de microminerais na dieta de tilápia do Nilo (peso médio 210g ± 10g). Foram avaliadas três dietas: uma contendo 100% de minerais de fonte orgânica (Bioplex-TR-Se-Peixe[®]), outra contendo 100% de minerais de fonte inorgânica e, a última, sem suplementação mineral (dieta 0%). Realizou-se um estudo de digestibilidade, sendo efetuadas duas coletas de fezes por dia. Após a coleta, as fezes foram centrifugadas e armazenadas a -20°C até o momento da realização das análises. Entretanto, o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína (CDA_p) entre as dietas variou de 87,79% a 90,69%. A digestibilidade proteica não foi significativamente (p>0,05) diferente entre a dieta que continha os minerais orgânicos suplementados via BioPlex-TR-Se PEIXE[®] e aquela que não continha suplementação mineral (zero %), também não houve diferença significativa quando a dieta suplementada com BioPlex-TR-Se PEIXE[®] foi comparada com a dieta que foi suplementada com minerais inorgânicos. Por fim, a dieta que não continha nenhuma suplementação de minerais apresentou diferença significativa (p<0,05) na digestibilidade proteica quando comparada a dieta suplementada com minerais inorgânicos, onde a dieta sem suplementação mineral (zero%) apresentou o maior valor de digestibilidade proteica (90,69%), quando comparada a dieta suplementada com minerais inorgânicos.

Palavras-chave: biodisponibilidade, biomoléculas, aquicultura, nutrição.

LISTA DE FIGURA

Figura 1. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína.....18

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Exigências nutricionais da tilápia, adaptado de NRC 2011...15
Tabela 2. Formulação das dietas experimentais.....16
Tabela 3. Composição proteica das dietas testadas.....16

LISTA DE ABREVIATURAS

CDA – Coeficiente de digestibilidade aparente

CDA_p - Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína

CDA_{ms} – Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca

Cu - Cobre

Fe - Ferro

Mn – Manganês

Ms – Matéria seca

Pb – Proteína bruta

Se - Selênio

Zn - Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1 Objetivo geral	12
1.1.2 Objetivos específicos	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
2 MATERIAIS E MÉTODOS	15
2.1 FORMULAÇÃO DE DIETAS	15
2.2 ENSAIO DE DIGESTIBILIDADE	16
2.3 ANÁLISES REALIZADAS	17
2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	18
3 RESULTADOS.....	18
4 DISCUSSÃO	19
5 REFERÊNCIAS	21

1 INTRODUÇÃO

A melhora no desempenho de espécies sujeitas à criação intensiva está entre os maiores desafios da piscicultura (ABDEL-TAWWAB, et al., 2008), sendo que o sucesso da criação depende de dietas de alta qualidade, que contenham, além do adequado teor de nutrientes essenciais, aditivos que auxiliem na manutenção da saúde e favoreçam o crescimento (LARA-FLORES, et al., 2003). Aliado a isto, a indústria mundial da aquicultura está sob crescente pressão em diminuir os custos de produção sem aumentar a carga de efluentes no ambiente (SARDAR et al., 2007). Uma vez que o custo com a alimentação é extremamente elevado em sistemas de produção aquícola, podendo atingir 70% dos custos totais (SILVA et al., 1995), a busca por fontes alternativas na alimentação vem sendo intensificada. Entre os nutrientes estudados para peixes, os minerais recebem pouca atenção, devido às dificuldades inerentes, tais como, parcial absorção dos mesmos pelas brânquias, baixa concentração exigida na dieta, entre outros (WATANABE et al., 1997).

Os minerais são elementos essenciais para os processos vitais de todos os animais, incluindo os peixes, que necessitam os mesmos minerais que os animais terrestres para a formação de tecidos, osmoregulação e outras funções metabólicas (LALL, 2002). Os minerais são classificados de acordo com a quantidade exigida pelo organismo, sendo separados em macro e microminerais. Os macrominerais são exigidos em quantidades relativamente altas no organismo, sendo os principais exemplos deste grupo: cálcio, fósforo, potássio e sódio. Já os microminerais são elementos exigidos relativamente em baixas quantidades pelo animal, tais como: molibdênio, selênio, cobalto, cobre, ferro, zinco e manganês. Porém, existem apenas informações limitadas no que diz respeito à nutrição mineral em peixes (GATLIN III, 2010).

Segundo Watanabe e colaboradores (1997) diferentemente de alguns macrominerais, os microminerais não são bem absorvidos por animais aquáticos a partir da água e, portanto, precisam ser fornecidos na ração para o crescimento adequado. Vários fatores influenciam a biodisponibilidade destes minerais, como por exemplo, sua concentração na dieta e forma como estes elementos estão disponíveis no alimento (WATANABE et al., 1997).

Relações antagonônicas também ocorrem quando elementos com configuração eletrônica semelhante competem por sítios de ligação, por exemplo, zinco e cádmio na síntese da metalotioneína no organismo e,

substituições de magnésio por manganês em sítios ativos de enzimas. As inter-relações complexas entre cobre, zinco, ferro e cálcio, como também entre cobre, molibdênio e enxofre, são de interesse prático (MERTZ, 1986). Além destas interações, existe ainda a interação entre elementos. O selênio tem alta afinidade por certos elementos tóxicos como mercúrio e prata, resultando em diminuição na disponibilidade biológica do selênio, sendo um metal potencialmente tóxico (SILVA; SILVA, 1999).

As interações entre minerais podem ser diretas quando estes competem pelo mesmo sítio de absorção, por possuírem propriedades físicas e químicas semelhantes, e assim, o excesso de um prejudicará a utilização do outro, e, indireta, quando o mineral depende de outro para ser transformado para sua forma ativa, portanto a deficiência deste acarretará num prejuízo de função (COUSINS, 1994). Esta interação pode ocorrer tanto no lúmen intestinal como também dentro do enterócito e mesmo a nível de transporte no sangue e para os tecidos. A interação Fe versus Zn pode ocorrer tanto com o aumento do Fe interferindo na biodisponibilidade de zinco, como em sentido contrário, sendo esta então, uma interação direta. A interação Zn versus Cu é fundamentada na observação de que o excesso de Zn leva ao aumento da síntese de metalotioneína, uma proteína que tem como propriedade se ligar a minerais, protegendo o organismo de possíveis efeitos tóxicos dos mesmos (COUSINS, 1994). Esta proteína tem uma afinidade maior por Cd, Cu e menor para o Zn, e seria um fator regulador da absorção de zinco ao nível do enterócito. O selênio é importante para o metabolismo do iodo, pois para transformar a tiroxina (T4) em triiodotironina (T3), é necessário a presença da enzima selenodependente (deiodinase), sendo esta então uma interação indireta.

Os minerais também interagem com outros nutrientes. Sinergismo entre selênio dietético e vitamina E já foi relatado por Cozzolino (1997). Ainda, zinco é exigido para o adequado metabolismo da vitamina A. O forte potencial redox da vitamina C pode alterar a valência do cobre e ferro e, assim, reduzir ou aumentar sua absorção (HILTON, 1989).

Além disso, alguns fatores podem interferir na biodisponibilidade de minerais. A ligação molecular (covalente ou iônica), dependendo da estrutura atômica do mineral, pode influenciar na biodisponibilidade (COZZOLINO, 1997). A quantidade de minerais ingerida visa manter o equilíbrio homeostático no organismo, ou seja, absorve-se mais quando não existe uma reserva e, por outro lado, o excesso de um determinado

mineral pode interferir no aproveitamento do outro. No que diz respeito à absorção e bioconversão, reconhece-se que os fitatos, taninos e oxalatos podem diminuir a absorção de minerais, já os ácidos orgânicos e alguns aminoácidos podem facilitar a absorção e a bioconversão destes elementos (SILVA; SILVA, 1999).

Tradicionalmente, a suplementação de microminerais na dieta é realizada através da inclusão de sais inorgânicos, como carbonatos e sulfatos. Porém, essas fontes possuem uma baixa biodisponibilidade devido a sua estrutura química (APINES-AMAR et al., 2004). Diversos trabalhos (BELL; COWEY, 1989; LE; FOTEDAR, 2014; LIN, 2014; PARIPATANANONT; LOVELL, 1995) relataram que as fontes orgânicas de minerais têm taxas de absorção mais elevadas que as fontes inorgânicas, diminuindo assim a concentração necessária na dieta, sem que o crescimento e a saúde dos animais sejam comprometidos.

Minerais orgânicos, ou quelatos, são minerais associados com biomoléculas, como carboidratos e aminoácidos. Essas biomoléculas tornam-se estruturalmente mais estáveis, o que confere uma maior proteção ao micromineral durante o processo digestivo e sua absorção pelo trato intestinal. Esta conformação limita suas interações com outros componentes da dieta, como inibidores ou outros microminerais, estando desta forma mais disponível e sendo melhor absorvido quando comparado às fontes inorgânicas de minerais (APINES-AMAR et al., 2004). Uma das maneiras de verificar a biodisponibilidade de um nutriente é através de ensaios de digestibilidade. Nutrientes com índices de digestibilidade aparente maiores apresentam uma maior biodisponibilidade para o peixe.

Alguns estudos relatam a maior biodisponibilidade de microminerais orgânicos em peixes.

Bell e Cowey (1989) comprovaram que quando minerais orgânicos substituíram minerais inorgânicos na formulação de dietas para juvenis de salmão (*Salmo salar*), estes apresentaram valores mais elevados de digestibilidade dos minerais. A digestibilidade de microminerais quelatos foi superior a de microminerais inorgânicos para o bagre do canal (*Ictalurus punctatus*), tanto quando suplementados em dietas elaboradas com ingredientes semipurificados, como quando em dietas elaboradas com ingredientes práticos (PARIPATANANONT e LOVELL, 1997). Similarmente, para o olhete, *Seriola lalandi*, o Se suplementado através de fontes orgânicas apresentou melhor digestibilidade e biodisponibilidade quando comparado ao de fontes inorgânicas (LE e FOTEDAR, 2014). Também para a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*)

a digestibilidade de Se foi significativamente maior quando se utilizou fontes orgânicas.

Ensaio de digestibilidade tem como função conhecer a biodisponibilidade dos nutrientes e energia dos ingredientes para os peixes (FRACALOSSO et al., 2013). A determinação da digestibilidade em peixes pode ser realizada por meio de dois métodos: direto e indireto. No método direto ou técnica de coleta total, a digestibilidade do alimento é estimada pela quantidade total de alimento ingerido e fezes produzidas (BELAL, 2005). A utilização do método direto não é recomendada pela dificuldade da coleta total das fezes e do alimento ingerido no meio aquático e por submeter os animais à imobilização e alimentação forçada (NRC, 2011). O método indireto permite a coleta parcial das fezes e a alimentação voluntária do animal. Este método envolve o uso de um marcador inerte na dieta (KITAGIMA; FRACALOSSO, 2010). Assume-se que a quantidade do marcador na dieta e nas fezes permanece constante ao longo do processo de digestão e que, toda quantidade de marcador ingerido, aparecerá nas fezes (NRC, 2011). O indicador é dito interno, quando constitui um componente presente na dieta, como a fibra bruta, ou externo, quando uma substância inerte e indigestível é adicionada à dieta teste em pequenas quantidades, como por exemplo o óxido de ítrio (TACON; RODRIGUES, 1984). Os indicadores não devem afetar a digestão ou a palatabilidade da dieta teste e devem ser facilmente determinados (BELAL, 2005).

Neste contexto, testou-se o aditivo BioPlex-TR-Se PEIXE® produzido pela empresa Alltech (EUA), sendo este um premix micromineral comercial, indicado para uso na alimentação de peixes. Esse aditivo possui em sua composição os microminerais: ferro, zinco, cobre, manganês e selênio associados a biomoléculas, transformando-o em um premix mineral de fonte orgânica. A base de sua composição são proteínatos e leveduras enriquecidos com os microminerais.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Contribuir para a compreensão da digestibilidade proteica de dietas suplementadas com diferentes fontes de microminerais em tilápia do Nilo.

1.1.2 Objetivos específicos

- Formular e fabricar três diferentes dietas contendo marcador inerte.
- Coletar fezes de tilápias do Nilo alimentadas com três diferentes dietas, contendo diferentes fontes de microminerais.

1.2 JUSTIFICATIVA

Apesar de representarem uma pequena porção de todos os nutrientes de uma dieta balanceada, os microminerais são elementos essenciais, exigidos em diversas rotas metabólicas nos peixes, participando principalmente na formação do esqueleto, hormônios e como agentes cofatores de diversas enzimas (WATANABE et al., 1997). Além disso, a deficiência de minerais pode causar patologias funcionais, estruturais e bioquímicas. Por outro lado, o excesso de minerais pode causar toxicidade aos animais.

Diversos autores (PARIPATANANONT; LOVELL, 1995; HILL et al., 1986; WEDEKIND; BAKER, 1990; WEDEKIND et al., 1992; PUCHALA et al., 1999; TAN; MAI, 2001; APINES-AMAR et al., 2004) constataram melhores índices zootécnicos ao alimentarem diferentes espécies de peixes com microminerais quelatos quando comparados com animais alimentados com microminerais inorgânicos.

Considerando que a tilápia-do-Nilo é a espécie mais criada no Brasil (IBGE,2017), torna-se necessário um maior entendimento sobre a utilização dos microminerais quelatos quanto sua absorção e melhor aproveitamento para otimizar o crescimento e saúde dos animais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido no Laboratório de Nutrição de Espécies Aquícolas (LABNUTRI) e Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce (LAPAD), ambos vinculados ao Departamento de Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Santa Catarina.

2.1 FORMULAÇÃO DE DIETAS

As dietas foram formuladas para que todas as exigências nutricionais da tilápia fossem atendidas (Tabela 1); todas as dietas continham 0,1% de óxido de ítrio, usado como marcador inerte (Tabela 2).

Um ensaio de digestibilidade aparente foi conduzido para a compreensão do efeito da utilização de minerais orgânicos contidos no aditivo BioPlex-TR-Se PEIXE® (Se, Mn, Cu, Zn e Fe) na alimentação de tilápia do Nilo.

Tabela 1. Exigências nutricionais da tilápia, adaptado de NRC 2011.

Exigência nutricional *Oreochromis spp.*

Proteína (%)	29
Macrominerais (%)	
Cálcio	0,7
Cloro	0,15
Magnésio	0,06
Fósforo	0,4
Potássio	0,25
Sódio	0,15
Microminerais (mg/kg)	
Cobre	5
Ferro	85
Manganês	7
Zinco	20

Tabela 2. Formulação das dietas experimentais.

Ingredientes	Suplementação na dieta		
	0%	100% orgânicos	100% inorgânicos
Quirera de arroz	58,91	58,91	58,91
Caseína	28,00	28,00	28,00
Gelatina	3,00	3,00	3,00
Premix macromineral	2,70	2,70	2,70
Ácido fosfórico PA	1,99	1,99	1,99
Óleo de fígado de bacalhau	1,50	1,50	1,50
Óleo de soja	1,90	1,90	1,90
Celulose	0,9	0,5	0,5
Premix vitamínico deficiente*	1,00	1,00	1,00
BioPlex-TR-Se PEIXE®	0,00	0,40	0,00
Minerais inorgânicos	0,00	0,00	0,40
Óxido de ítrio	0,1	0,1	0,1

* Sem a presença de Fe, Zn, Cu, Mn e Se.

Tabela 3. Composição proteica das dietas testadas.

Rações	Zero %	100% orgânicos	100% inorgânicos
Proteína Bruta (%)	37,76	38,22	38,65

A dieta 100% inorgânica foi formulada simulando a quantidade de minerais utilizadas pela indústria. Além de que, a dieta 0%, mesmo não tendo sido suplementada, também atendia a exigência nutricional de minerais exigida pela espécie estudada.

2.2 ENSAIO DE DIGESTIBILIDADE

Foram utilizados 12 tanques cilíndricos com 120 L cada, contendo a densidade de 2,5 kg de peixe. Estes tanques estavam acoplados a um sistema fechado de recirculação de água, que contava com zeolita como um dos meios filtrantes, com o objetivo de reduzir a concentração de minerais da água. Os tanques foram distribuídos, segundo o delineamento inteiramente ao acaso. Foram testadas três dietas: uma contendo 100% de

minerais de fonte orgânica (BioPlex-TR-Se-Peixe®), outra contendo 100% de minerais de fonte inorgânica e, a última, sem suplementação mineral (dieta 0%), tendo sido utilizadas quatro repetições por tratamento. Um marcador inerte foi acrescentado nessas dietas (0,1% de óxido de ítrio) para possibilitar o cálculo da digestibilidade dos nutrientes. A alimentação era fornecida até a saciedade aparente, duas vezes ao dia (08:00h e 15:00h). Depois de cada alimentação, os tanques eram limpos, objetivando a retirada de excessos de ração, bem como outras possíveis contaminações. Além de que, todos os dias, às 07:00h era realizada uma limpeza em cada tanque. A coleta de fezes foi efetuada após sedimentação das mesmas em um tubo falcon de 50 ml, acoplado ao fundo de um tanque cilíndrico cônico. Os tubos eram acoplados nos tanques após a alimentação, sendo imersos em recipientes isotérmicos com gelo, visando a redução da atividade microbiana. As fezes eram coletadas 2 h após a inserção dos tubos de coleta nos tanques, sendo posteriormente centrifugadas por 5 min e armazenadas a -20°C, até a realização das análises. Este método tem como vantagem não estressar o peixe, além de poder ser utilizado em peixes de qualquer tamanho ou idade (HARDY, 1997). Mesmo havendo a lixiviação dos nutrientes, Cho e colaboradores (1985) afirmam que a lixiviação dos nutrientes neste método de coleta é mínima, além deste ser um método bastante prático.

Foram estimados a digestibilidade aparente da proteína bruta (PB) e da matéria seca das fezes coletadas. A digestibilidade dos microminerais contidos no referido suplemento não pode ser avaliada até o presente, devido a discrepâncias nos resultados das análises dos microminerais. A alimentação dos peixes ocorreu até que fossem coletados 5 g de fezes (peso seco), necessária para a realização dos métodos analíticos. O período de coleta teve duração de 15 dias. Para calcular a digestibilidade aparente da proteína e matéria seca, utilizou-se a seguinte fórmula (CHO; SLINGER, 1979):

$$\text{CDA (\%)} = 100 - \left[100 * \left(\frac{\% \text{ indicador dieta}}{\% \text{ indicador fezes}} * \frac{N \text{ fezes}}{N \text{ dieta}} \right) \right]$$

Onde a letra N simboliza o nutriente que terá seu coeficiente de digestibilidade aparente calculado.

2.3 ANÁLISES REALIZADAS

A análise de proteína total nas fezes e nas rações seguiu protocolo proposto pela AOAC – Association of Official Analytical Chemists

(1999), pelo método de Kjeldahl, o qual fornece o teor de nitrogênio total presente na amostra.

A análise de matéria seca foi realizada com o auxílio de uma estufa a 105°C, onde as amostras foram incluídas, até atingirem peso constante. Desta forma, elimina-se a água presente na amostra, restando apenas sua matéria seca.

Todas as análises de concentrações dos minerais e ítrio foram realizadas em laboratório parceiro (Laboratório de Espectrometria de Absorção e Massa – LEMA/QMC/UFSC) e foram realizadas por meio da técnica de espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS).

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de digestibilidade aparente foram analisados por ANOVA, seguido pelo teste de Tukey, quando necessário. O nível de significância de 5% foi adotado em todas as análises.

3 RESULTADOS

Os coeficientes de digestibilidade aparente de proteína (CDA_p) são apresentados na Figura 1.

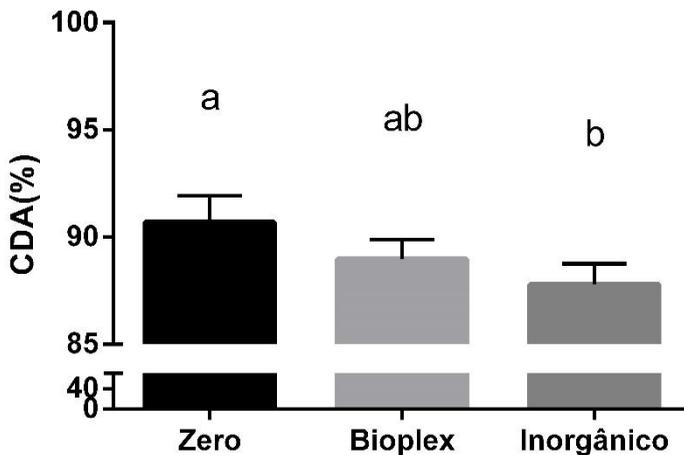


Figura 2. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína para as diferentes dietas experimentais.

O coeficiente de digestibilidade aparente para proteína no grupo tratado com a ração sem a adição de microminerais resultou em uma média de $90,69\% \pm 1,24$ e o grupo tratado com a ração suplementada com BioPlex-TR-Se-Peixe[®] resultou em uma digestibilidade proteica de $88,98\% \pm 0,92$. Já o grupo tratado com a dieta contendo suplementação de minerais inorgânicos, similar ao utilizado em rações comerciais, gerou um coeficiente de digestibilidade aparente de $87,79\% \pm 0,97$.

A digestibilidade proteica não foi significativamente ($p>0,05$) diferente entre a dieta que continha os minerais orgânicos suplementados via BioPlex-TR-Se PEIXE[®] e aquela que não continha suplementação mineral (zero %), também não houve diferença significativa quando a dieta suplementada com BioPlex-TR-Se PEIXE[®] foi comparada com a dieta que foi suplementada com minerais inorgânicos. Por fim, a dieta que não continha nenhuma suplementação de minerais apresentou diferença significativa ($p<0,05$) na digestibilidade proteica quando comparada a dieta suplementada com minerais inorgânicos, onde a dieta sem suplementação mineral (zero%) apresentou o maior valor de digestibilidade proteica.

Os coeficientes de digestibilidade aparente para matéria seca (CDA_{ms}) foram de 99,89%, 99,67% e 99,72%, para as dietas sem suplementação de minerais, com suplementação de minerais orgânicos e suplementação com minerais inorgânicos, respectivamente. Não houve diferença estatística entre os tratamentos.

4 DISCUSSÃO

Acredita-se que o erro encontrado no coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDA_{ms}) esteja relacionado com o excesso de água das amostras, sendo este excesso água proveniente dos tanques, não das próprias fezes coletadas. Sugere-se, portanto, uma segunda centrifugação após a retirada de água contida nos tubos falcon, bem como uma secagem prévia ao congelamento.

Em dietas comerciais, os microminerais são incluídos na forma inorgânica, o que aumenta os custos de produção da ração. Além da importância econômica, a adição em excesso de minerais pode causar toxicidade aos animais, sendo que o grau de severidade da toxicidade será

correspondente à efetiva concentração do mineral na dieta (WATANABE et al., 1997; FRACALOSSO et al., 2013).

Conforme Lanno e colaboradores (1985), quantidades elevadas de cobre reduziram o crescimento e diminuíram a atratividade dos peixes pela dieta fornecida. Além disso, o excesso de cobre pode causar danos às brânquias, necrose no fígado e rins, em truta arco-íris. Murai e colaboradores (1974) concluíram que altos níveis de cobre na dieta reduziram o crescimento, além de piorar a conversão alimentar em bagre do canal.

Já Watanabe e colaboradores (1997) relataram que as suplementações de manganês em quantidades inadequadas em dietas para bagre do canal normalmente resultam em redução no crescimento. Além disso, altas concentrações de cálcio e fósforo reduzem consideravelmente a absorção de manganês a colisa (*Colisa fasciata*) (SRIVASTAVA e AGRAWAL, 1983). Similarmente, elevadas concentrações de cobalto na dieta são tóxicas para truta arco-íris, causando hemorragia no trato digestório, além de alterações nas células brancas sanguíneas (SABALINA, 1968). Estudos também indicam que altas concentrações de selênio na dieta possuem efeitos tóxicos, reduzindo o crescimento dos peixes, aumentando a conversão alimentar e também a mortalidade (HILTON et al., 1980; GATLIN e WILSON, 1984). Exemplares de truta arco-íris que receberam mais do que 10 mg Se kg⁻¹ desenvolveram calculos renais (HILTON e HODSON, 1983).

Conclui-se que o excesso de mineral além de ser possivelmente tóxico aos peixes, reduziu a digestibilidade da proteína, o macronutriente mais caro e mais importante na formulação de dietas comerciais. O tratamento que não recebeu suplementação mineral, continha na formulação da dieta quantidade superior ao exigido pela espécie estudada e apresentou o melhor resultado de digestibilidade, quando comparada a dieta com suplementação inorgânica. O fato da dieta com suplementação de minerais na forma inorgânica ter apresentado a menor digestibilidade proteica pode ser justificado pelo excesso de minerais presente na dieta, ou pela forma na qual o mineral foi incluído na dieta, a interação entre os fatores também é uma possibilidade de justificativa para o resultado obtido. Por outro lado, conclui-se que a dieta suplementada com BioPlex-TR-Se PEIXE® não interferiu na digestibilidade proteica. Ainda, a dieta suplementada com minerais inorgânicos, apresentou uma menor digestibilidade aparente. Sugere-se que, devido ao fato da forma de inclusão e quantidade de minerais na dieta com suplementação mineral inorgânica na dieta experimental ser equivalente ao adicionado nas rações

comerciais, estes nutrientes podem estar reduzindo a digestibilidade proteica nas rações comerciais.

5 REFERÊNCIAS

ABDEL-TAWWAB, M.; ABDEL-TAWWAB, A. M.; ISMAEL, N. E. M. Evaluation of commercial live baker's yeast, *Saccharomyces cerevisiae* as a growth and immunity promoter for fry Nile tilapia *Oreochromis niloticus* challenged in situ with *Aeromonas hydrophila*. **Aquaculture**, v. 280, p. 185-189, 2008.

APINES-AMAR, M. J. S. et al. Amino acid-chelate: a better source of Zn, Mn and Cu for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v. 240, p. 345-358, 2004.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL. **Official Methods of Analysis**. 16^a ed. AOAC. Washington: DC. 1999.

BELAL, I. E. H. A review of some fish nutrition methodologies. **Bioresource Technology**, v. 96, n. 4, p.395-402, 2005.

BELL, J. G.; COWEY, C. B. Digestibility and bioavailability of dietary selenium from fishmeal, selenite, selenomethionine and selenocystine in atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 81, p. 61–68, 1989.

CHO, C.Y.; SLINGER, S.J. **Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout**. Proceedings of the world symposium on finfish nutrition and fishfeed technology, Berlim, 1979.

CHO, C.Y.; COWEY; C.B. WATANABE, T. **Finfish nutrition on Asia: Methodological approaches to research and development**. Ottawa: International development research center, 1985.

COUSINS, R.J. Metal elements and gene expression. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v.14, p.449-469, 1994.

COZZOLINO, S M F. Biodisponibilidade de minerais. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 10, n. 10, p.87-98, jun. 1997.

FRACALOSSI, D. M. et al. Técnicas experimentais em nutrição de peixes. In: FRACALOSSI; CYRINO,(Ed.). **Nutriaqua: nutrição e**

alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis: Copiart, 2013. Cap. 3. p. 55-58.

GATLIN III, D. M. Principles of fish nutrition. **Southern Regional Aquaculture Center**, v. 5003, p. 1-8, 2010.

GATLIN, III, D.M.; WILSON, R.P.. Zinc supplementation of practical channel catfish diets. **Aquaculture**, 41: 31-36,1984.

HARDY, R.W. Understanding and using apparent digestibility coefficients in fish nutrition. **Aquaculture magazine**. V. 516, p. 84-89, 1997.

HILL, D. A. et al. Zinc-Amino Acid Complexes for Swine. **Journal Of Animal Science**, v. 63, n. 1, p.121-130, 1986.

HILTON, J.W. The interaction of vitamins, minerals and diet composition in the diet of fish. **Aquaculture**, 79: 223-244,1989.

HILTON, J.W., HODSON, P.V. AND SLINGER, S.J. The requirement and toxicity of selenium in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **J. Nutr.**, 110: 2527-2535, 1980.

HILTON, J.W.; HODSON, P.V. Effect of increased dietary carbohydrate on selenium metabolism and toxicity in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **J. Nutr.**, 113: 1241-1248,1983.

IBGE. Produção da pecuária municipal 2015-2016. Brasília.

Disponível em:

<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/a5bf983fc879908c3a2adf1bbfe8e243.pdf> Acesso em: 23/11/2017.

KITAGIMA, R.E.; FRACALOSSO, D.M. Validation of a methodology for measuring nutrient digestibility and evaluation of commercial feeds for channel catfish. **Scientia Agricola**, v. 67, p. 611-615, 2010.

LALL, S. P. The minerals. In: **Fish Nutrition**. J.E. Halver and R.W. Hardy (eds.), 3rd edition. London: Academic Press. p. 259-308, 2002.

LANNO, R.P.; SLINGER, S.J.; Hilton, J.W. Maximum tolerable and toxicity levels of dietary copper in rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). **Aquaculture**, 49: 257-268,1985.

LARA-FLORES,M.; OLVEA-NOVOA, M.A.; GUZMAN-MENDEZ, B.E. Use of bactéria *Streptococcus faecium* and *Lactobacillus acidophilus*, and the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as growth

promoters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.216, n.1-4, p. 193-201, 2003.

LE, K. T.; FOTEDAR, R. Bioavailability of selenium from different dietary sources in yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). **Aquaculture**, v. 420-421, p. 57–62, 2014.

LIN, Y. H. Effects of dietary organic and inorganic selenium on the growth, selenium concentration and meat quality of juvenile grouper *Epinephelus malabaricus*. **Aquaculture**, v. 430, p. 114–119, 2014.

MERTZ, W. **Trace elements in human nutrition**. 5 ed. vol.1. Orlando: Academic Press, Orlando, 1986.

MURAI, T; ANDREWS, J.W. Interactions of dietary or-tocopherol oxidized menhaden oil and ethoxyquin on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **J. Nutr.**, 104, 1974.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL [NRC]. **Nutrient requirements of fishes**. Washington: The national academy press, p. 392, 2011.

PARIPATANANONT, T.; LOVELL, R T. Chelated zinc reduces the dietary zinc requirement of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture**, v. 133, p. 73–82, 1995.

PARIPATANANONT, T.; LOVELL, R. T. Comparative net absorption of chelated and inorganic trace minerals in channel catfish *Ictalurus punctatus* Diets. **Journal Of The World Aquaculture Society**, [s.l.], v. 28, n. 1, p.62-67, mar. 1997.

PUCHALA, R; SAHLU, T; DAVIS, J.j. Effects of zinc-methionine on performance of Angora goats. **Small Ruminant Research**, v. 33, n. 1, p.1-8, jun. 1999.

SABALINA, A.A. Dejstvie chloristogo kobal'ta na fiziologičeskie pokazateli raduinoj foreli (*Salmo irideus* Gibbons). **Vopr. Ictiol.**, 8: 931-938, 1968.

SARDAR, P. et al. Effect of dietary microbial phytase supplementation on growth performance, nutrient utilization, body composition and haemato-biochemical profiles of *Cyprinus carpio* (L.) fingerlings fed soyprotein-based diet. **Aquaculture Nutrition**, v. 13, p. 444-456, 2007.

SILVA, S. S. de; ANDERSON, T. **Fish Nutrition in Aquaculture**. Londres: Chapman & Hall, p. 320, 1995.

SILVA, M.R.; SILVA, M.A.A.P. da. ASPECTOS NUTRICIONAIS DE FITATOS E TANINOS. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 1, n. 12, p.21-32, abr. 1999. Disponível em:

<<http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/44243/1/S1415-52731999000100002.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

SRIVASTAVA, A. K.; AGRAWAL, S. J. Changes induced by manganese in fish testis. **Experientia**, [s.l.], v. 39, n. 11, p.1309-1310, nov. 1983.

TACON, A.G.J.; RODRIGUES, A.M.P. Comparison of chromic oxide, crude fibre, polyethylene and acid-insoluble ash as dietary markers for the estimation of apparent digestibility coefficients in rainbow trout. **Aquaculture**, v. 43, p. 391-399, 1984.

TAN, B., MAI, K., 2001. Zinc methionine and zinc sulfate as sources of dietary zinc for juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. **Aquaculture**, v.192, p. 67–84.

WATANABE, T.; KIRON, V.; SATOH, S. Trace minerals in fish nutrition. **Aquaculture** v. 151, p. 185–207, 1997.

WEDEKIND, K J; BAKER, D H. Zinc bioavailability in feed-grade sources of zinc. **Journal Of Animal Science**, v. 68, n. 3, p.684-689, 1990.

WEDEKIND, K J; HORTIN, A e; BAKER, D H. Methodology for assessing zinc bioavailability: efficacy estimates for zinc-methionine, zinc sulfate, and zinc oxide.. **Journal Of Animal Science**, v. 70, n. 1, p.178-187, 1992.