

ALEX STEVEN VALENCIA ORTIZ

**INCLUSÃO DA FARINHA DE MINHOCA (*Eisenia andrei*) E ZEÓLITA EM DIETAS
DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

RECIFE, 2023

**INCLUSÃO DA FARINHA DE MINHOCA (*Eisenia andrei*) E ZEÓLITA EM DIETAS
DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Zootecnia

Orientador(a): Prof^a. Dra. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke

Coorientadores: Prof. Dr. Luis Otávio Brito Da Silva
Prof^a. Dra. Juliana Ferreira dos Santos

RECIFE, 2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**INCLUSÃO DA FARINHA DE MINHOCA (*Eisenia andrei*) E ZEÓLITA EM
DIETAS DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

Dissertação elaborada por
ALEX STEVEN VALENCIA ORTIZ
Aprovado em 28 /02 /2023

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. Dra. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke
Presidente
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Prof. Dr. Luis Otavio Brito da Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Pesca e Aquicultura

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O77i

Ortiz, Alex Steven

INCLUSÃO DA FARINHA DE MINHOCA (*Eisenia andrei*) E ZEÓLITA EM DIETAS DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) / Alex Steven Ortiz. - 2023.
67 f. : il.

Orientadora: Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke.

Coorientador: Luis Otavio Brito Da Silva, Juliana Ferreira dos Santos.

Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, 2023.

1. Alimentos alternativos. 2. Aquicultura. 3. Desempenho. 4. Digestibilidade. 5. Qualidade da água. I. Ludke, Maria do Carmo Mohaupt Marques, orient. II. Santos, Luis Otavio Brito Da Silva, Juliana Ferreira dos, coorient. III. Título

CDD 636

BIOGRAFIA DO AUTOR

Alex Steven Valencia Ortiz, filho de Blanca Ruth Ortiz Maje e Alex Valencia Sandoval, nasceu em 28 de julho de 1992, na cidade capital de Bogotá, Colômbia, onde cursou a graduação em Zootecnia no primeiro semestre do ano 2008, na Universidade Nacional da Colômbia - UNAL. Estagiou na Piscícola Penjamo LTDA. de fevereiro a julho de 2016. Obteve o título de Zootecnista em agosto do mesmo ano. Em março de 2020, mudou-se para a cidade de Recife-Pernambuco, onde ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) na área de nutrição.

Dedico este trabalho aos meus pais, Alex e Blanca; aos meus irmãos, Cristian e Ximena; à minha namorada, Alix, e a todos que têm fé em mim, por me oferecerem muito amor e apoio em todos os meus sonhos e projetos incondicionalmente.

Agradecimentos

Muitos são os sonhos que nós planejamos e poucos são os que realmente se concretizarão. Um agradecimento total à minha orientadora, Prof^a. Dra. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke, que, com sua sabedoria, soube me guiar, ao longo deste trabalho, em cada etapa e cada desafio apresentado em seu desenvolvimento, com paciência e confiança.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia, que, juntamente com seus professores e funcionários, permitiram a conclusão deste trabalho.

À Organização dos Estados Americanos (OEA) e ao seu programa de Alianças para Educação e Capacitação (PAEC OEA-GCUB), que, através da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), concederam-me a bolsa de estudos.

Aos meus coorientadores, Prof. Dr. Luis Otávio Brito Da Silva e Prof^a. Dra. Juliana Ferreira dos Santos, por cada contribuição de conhecimento e ajuda compartilhada.

Aos meus professores de graduação da Universidade Nacional da Colômbia, Dr. Luis Gabriel Quintero Pinto e Dr. Miguel Angel Landines Parra. A Amanda Reyes e ao Laboratório de Ictiologia Unal, por ser minha segunda casa.

À minha família, que sempre esteve incondicionalmente na minha vida. Ao meu pai, Alex Valencia Sandoval, por sua ideia de ver o mundo, e à minha mãe, Blanca Ruth Ortiz Maje, por sua disciplina e amor. Aos meus irmãos, Cristian Camilo Valencia Ortiz e Ingrid Ximena Valencia Ortiz, por cada conselho dado. À minha namorada, Alix Dahiana Herrera Acosta, por ser um suporte para cada um dos meus sonhos. Ao meu amigo de infância, Julian David Sepulveda Patiño, por ser mais um irmão em minha vida. A todos os colegas que colaboraram nesta experiência de conhecimento e aperfeiçoamento pessoal. Eternamente grato!

*“Viver no mundo sem tomar
consciência do significado
do mundo é como vagar por
uma grande biblioteca sem
tocar nos livros”*

(Dan Brown)

INCLUSÃO DA FARINHA DE MINHOCA (*Eisenia andrei*) E ZEÓLITA EM DIETAS DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

RESUMO: O objetivo foi avaliar diferentes níveis de inclusão de farinha de minhoca (*Eisenia*. Sp.) (FM) e o efeito da zeólita (*clinoptilolita*) sobre a qualidade da água, desempenho zootécnico e digestibilidade de nutriente, assim como a viabilidade econômica das dietas formuladas para alevinos de tilápia do Nilo GIFT. Foram utilizadas 40 caixas (50 litros cada), com sete peixes cada (140 tilápia revertidas por m³), peso médio inicial de 2.82±0.09 g. Foram distribuídas em delineamento em cinco blocos, de acordo com o peso inicial e com oito tratamentos. Os tratamentos consideraram um fatorial 4 x 2, sendo quatro níveis de FM (0; 3,5; 7 e 10,5%) e níveis de 0 e 2 % de zeólita. As análises físico-químicas foram: temperatura (T), pH, oxigênio dissolvido (OD), alcalinidade total (ALC), dureza Total (DT), amônia total (AT), amônia tóxica total (NH₃), nitrito total (NITRITO) e nitrato (NITRATO), assim como microbiológicas da água no início e no final do período experimental: coliformes totais (CTA) e fecais (CFA). Os parâmetros produtivos avaliados foram: peso inicial (PI), peso final (PF), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), fator de condição de Fulton (FCF), consumo de ração (CR), conversão alimentar aparente (CAA) e sobrevivência total (ST). Na carcaça, foram avaliados o rendimento, e a composição da carcaça, tais como: matéria seca (MSC), extrato etéreo (EEC), energia bruta (EBC), material mineral (MMC), matéria orgânica (MOC), nitrogênio (NC) e proteína bruta (PBC). E também foram determinados o coeficiente de retenção proteína (CRP) e energia (CRE), índices hepatossomático (IH) e índice viscerossomático (IV). No final do experimento, foram coletadas amostras de fezes pelo método de dissecação para o coeficiente de digestibilidade da matéria seca e do nitrogênio das dietas. Na análise de viabilidade, foram calculados o custo da ração (CTR), custo-benefício (CB), receita bruta (RB), custo de produção (CP), margem bruta (MB), custo da ração consumida (CRC), custo da ração por kg de peso vivo (CMR), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo (IC). Não foi observada interação entre os fatores dos parâmetros avaliados. O efeito positivo da zeólita foi observado na qualidade da água, reduzindo o teor de Nitratos (p=0,0071) e o de CFA (p=0,0078) em relação aos tratamentos sem zeólita. As variáveis de desempenho e carcaça não foram influenciadas pela zeólita, exceto no CRE, que reduziu (p=0,0376) com este aditivo. As dietas com FM não influenciaram significativamente nos parâmetros avaliados, exceto no CRE, que aumentou linearmente ao elevar os níveis de inclusão da FM. Foi apresentado um maior custo das dietas formuladas com FM com o valor de mercado (\$US 25,05/kg). Entretanto, foi determinado que US\$ 1,27/kg seria o preço viável que deveria ter este ingrediente nas condições experimentais, pois observaram efeito não negativo no IEE, IC e CB. A zeólita elevou o custo da ração (P<0,01), mas não afetou significativamente os demais parâmetros econômicos. Conclui-se que a inclusão de farinha de minhoca pode ser adicionada nas dietas para tilápia do Nilo até 10,5%, porém, é viável em relação ao custo quando o produtor não tiver que comprar a farinha de forma industrializada. A zeólita pode ser adicionada em dois por cento, não afetando o custo de produção e melhorando a qualidade microbiológica da água.

Palavras-chaves: Alimentos alternativos, Aquicultura, Desempenho, Digestibilidade, Qualidade da água.

**INCLUSION OF WORM MEAL (*Eisenia andrei*) AND ZEOLITE IN DIETS OF FRYINGLES
OF NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)**

ABSTRACT: The objective was to evaluate different inclusion levels of earthworm meal (*Eisenia*. Sp.) (FM) and the effect of zeolite (clinoptilolite) on water quality, zootechnical performance and nutrient digestibility, as well as the economic viability of the diets formulated for GIFT Nile tilapia fingerlings. Forty boxes (50 liters each) were used, with seven fish each (140 reversed tilapia per m³), initial average weight of 2.82±0.09 g. They were distributed in a five-blocks design, according to the initial weight and with eight treatments. The treatments considered a 4 x 2 factorial, with four levels of FM (0; 3.5; 7 and 10.5%) and levels of 0 and 2% of zeolite. The physicochemical analyzes were: temperature (T), pH, dissolved oxygen (OD), total alkalinity (ALC), Total hardness (DT), total ammonia (AT), total toxic ammonia (NH₃), total nitrite (NITRITE) and nitrate (NITRATE), as well as water microbiology at the beginning and end of the experimental period: total coliforms (CTA) and fecal coliforms (CFA). The productive parameters evaluated were: initial weight (IP), final weight (PF), weight gain (GP), specific growth rate (TCE), Fulton condition factor (FCF), feed intake (CR), conversion apparent food intake (CAA) and total survival (ST). In the carcass, yield and carcass composition were evaluated, such as: dry matter (MSC), ether extract (EEC), gross energy (EBC), mineral material (MMC), organic matter (MOC), nitrogen (NC) and crude protein (PBC). Protein (CRP) and energy retention coefficient (CRE), hepatosomatic index (IH) and viscerosomatic index (IV) were also determined. At the end of the experiment, feces samples were collected by the dissection method for the dry matter and nitrogen digestibility coefficient of the diets. In the feasibility analysis, the cost of feed (CTR), cost-benefit (CB), gross revenue (RB), production cost (CP), gross margin (MB), cost of consumed feed (CRC), cost of feed per kg of live weight (CMR), economic efficiency index (IEE) and cost index (IC). No interaction was observed between the factors of the evaluated parameters. The positive effect of zeolite was observed on water quality, reducing the Nitrate (p=0.0071) and CFA (p=0.0078) content compared to treatments without zeolite. Performance and carcass variables were not influenced by zeolite, except for CRE, which reduced (p=0.0376) with this additive. Diets with FM did not significantly influence the evaluated parameters, except for CRE, which linearly increased when increasing FM inclusion levels. A higher cost of diets formulated with FM was presented at market value (\$US 25.05/kg). However, it was determined that US\$ 1.27/kg would be the viable price that this ingredient should have under the experimental conditions, as they observed a non-negative effect on the IEE, IC and BC. Zeolite increased feed cost (P<0.01), but did not significantly affect other economic parameters. It is concluded that the inclusion of earthworm flour can be added to Nile tilapia diets up to 10.5%, however, it is feasible in terms of cost when the producer does not have to buy the flour industrialized. Zeolite can be added in two percent, not affecting the production cost and improving the microbiological quality of the water.

Keywords: Alternative food, Aquaculture, Performance, Digestibility, Water quality.

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1. Parâmetros de qualidade da água ideais para <i>Oreochromis niloticus</i>	4
Tabela 2. Comparativo dos valores nutricionais do farelo de soja e farinha de minhoca com base na porcentagem no ingrediente.....	7
Tabela 3. Valores de aminoácidos totais do farelo de soja e farinha de minhoca de diferentes fontes com exigências nutricionais de tilápia.....	8
Tabela 4. Composição nutricional calculada e analisada das dietas experimentais.....	18
Tabela 5. Preços dos ingredientes utilizados na formulação das rações experimentais.....	22
Tabela 6. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros de qualidade da água durante o período experimental (70 dias) em juvenis de tilápia do Nilo GIFT, alimentada com diferentes níveis de farinha de minhoca e zeólita.....	26
Tabela 7. Valores médios e desvio padrão dos compostos nitrogenados presentes na água durante o período experimental (70 dias) em juvenis de tilápia do Nilo GIFT.....	27
Tabela 8. Valores médios e desvio padrão da contagem de coliformes presentes na água com juvenis de tilápia do Nilo GIFT, alimentada com diferentes níveis de farinha de minhoca e zeólita para um ($p=0,05$).....	28
Tabela 9. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros zootécnicos no experimento de desempenho em juvenis de tilápias do Nilo GIFT, alimentada com diferentes níveis de farinha de minhoca e zeólita e valor para nível de $p=0,005$ (<i>parte a</i>).....	29
Tabela 10. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros zootécnicos no experimento de desempenho em juvenis de tilápias do Nilo GIFT, alimentada com diferentes níveis de farinha de minhoca e zeólita e valor para nível de $p=0,005$ (<i>parte b</i>).....	

Tabela 11. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros de digestibilidade de proteína e matéria seca das dietas experimentais para juvenis de tilápia do Nilo GIFT.....	30
Tabela 12. Valores médios e desvio padrão de composição da carcaça de juvenis de tilápia do Nilo GIFT, alimentada com diferentes níveis de farinha de minhoca e zeólita aos 85 dias.....	31
Tabela 13. Valores médios e desvio padrão dos índices da composição da carcaça em juvenis de tilápia do Nilo GIFT aos 85 dias, alimentada com diferentes níveis de farinha de minhoca e zeólita.....	32
Tabela 14. Análises da viabilidade econômica da inclusão da farinha de minhoca e zeólita nas dietas para juvenis de tilápia do Nilo GIFT (parte a).....	33
Tabela 15. Análises da viabilidade econômica da inclusão da farinha de minhoca e zeólita nas dietas para juvenis de tilápia do Nilo GIFT (parte b).....	34
Tabela 16. Análises de viabilidade econômica com o valor ideal determinado para a farinha de minhoca nas dietas para juvenis de tilápia do Nilo GIFT (parte a).....	35
Tabela 17. Análises de viabilidade econômica com o valor ideal determinado para a farinha de minhoca nas dietas para juvenis de tilápia do Nilo GIFT (parte b).....	35

LISTA DE ABREVIACÕES

% - Porcentagem

°C – Graus celsius

Ag – Prata

AT – Amônia total

BHT – Butilhidroxitolueno

CAA – Conversão alimentar aparente

CB – Custo-benefício

CDA – Coeficiente de digestibilidade aparente

CDMS - Coeficiente de digestibilidade da matéria seca

CDN - Coeficiente de digestibilidade do nitrogênio

CEASA-PE - Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

CEUA – Comitê de ética em uso animal

CFA – Coliformes fecais da água

CMR – Custo da ração por kg de peso vivo

CP – Custo de produção

CR – Consumo de ração

CRa – Custo da ração

CRE – Coeficiente de retenção da energia

CRP – Coeficiente de retenção da proteica

CTA – Coliformes totais da água

Cte = Custo da ração por kg ganho

Cu- Cobre

Cu₂O – Oxido de cobre (I)

CW – Peso da carcaça

EB – Energia bruta

EBC – Energia bruta da carcaça

ED – Energia digestível

EE – Extrato etéreo

EEC- Extrato etéreo da carcaça

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations

FCF – Fator de condição de Fulton

FM – Farinha de minhoca
GIFT – Genetically Improved Farmed Tilapia
GLM – Modelo Linear Generalizado
GP – Ganho de peso
IC – Índice de custo
ID – Indicador na dieta
IEA - Instituto de Economia Agropecuária
IEE – Índice de eficiência econômica
IF – Indicador nas fezes
IHS – Índice hepatosomático
IVS – Índice viscerosomático
 L^3 – Longitude padrão do corpo
 m^3 – Metro cúbico
MB – Margem bruta
Mce - Menor custo da ração por kg ganho
mg/L – Miligramas sobre litro
MMC – Material mineral da carcaça
MOC – Matéria orgânica da carcaça
MS – Matéria seca
MSC – Matéria seca da carcaça
MSD – Matéria seca da dieta
MSF – Matéria seca das fezes
N – Nitrogênio
 Na^+ - Cátion de cálcio
NC – Nitrogênio da carcaça
ND – Nitrogênio na dieta
NF – Nitrogênio das fezes
 NH_3 – Amônia tóxica
 NH_4^+ - Cátion de amônia
NiO - Óxido de níquel (II)
NMP – Número mais provável em 100 ml
NuD – Nutriente na dieta
NuF – Nutriente nas fezes
p – probabilidade

PB – Proteína bruta
PBC – Proteína bruta da carcaça
PF – Peso final
pH – potencial
PI – Peso inicial
PI – Preço ingrediente
ppm – partes por milhão
PR – Preço da ração
PT – Preço da tilápia
QI - Quantidade de ingrediente utilizada nas formulações
RB – Receita bruta
RC – Rendimento de carcaça
ST – Sobrevivência total
TCE – Taxa de crescimento específico
UFRPE – Universidade federal Rural de Pernambuco
US \$ - Dólar norte-americano
W – Peso do corpo depois do abate
Z – Zeólita
ZnO - Óxido de zinco

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Pág.
Figura 1. Ciclo do nitrogênio na piscicultura.....	5
Figura 2. Processo tecnológico para obtenção de farinha de minhoca.....	7
Figura 3. Variação do coeficiente de retenção de proteína (CRE) do alevino de tilápia do Nilo durante 70 dias, de acordo ao nível de farinha de minhoca (FM), nas dietas experimentais.....	33

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Produção de tilápia e importância da qualidade de água.....	3
2.1.1. Qualidade da água e amônia.....	4
2.2. Processamento e caracterização nutricional da farinha de minhoca.....	5
2.3. Utilização da farinha de minhoca em dietas de peixes.....	9
2.4. Importância da qualidade microbiológica farinha de minhoca.....	10
2.5. Utilização da zeólita natural em dietas de não-ruminantes e seu efeito antimicrobiano.....	12
2.6. Hipótese.....	15
2.6.1. Objetivo geral.....	15
2.6.2. Objetivos específicos.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1. Experimento de desempenho.....	16
3.1.1. Localização e duração do experimento.....	16
3.1.2. Animais, delineamento experimental e tratamentos.....	16
3.1.3. Dietas experimentais.....	16
3.1.4. Qualidade da água.....	19
3.1.5. Parâmetros de desempenho.....	19
3.2. Experimento de digestibilidade.....	20
3.3. Parâmetros da carcaça.....	21
3.4. Viabilidade econômica.....	22
3.5. Análises estatísticas.....	25
4. RESULTADOS.....	26
4.1. Experimento de desempenho.....	26
4.1.1. Qualidade da água.....	26
4.1.2. Parâmetros experimentais de desempenho.....	28
4.2. Parâmetros de digestibilidade.....	30
4.3. Parâmetros da carcaça.....	30
4.4. Viabilidade econômica.....	33
5. DISCUSSÃO.....	36
6. CONCLUSÃO.....	40
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

O sucesso das produções piscícolas depende de fatores internos e externos, como clima, parâmetros de qualidade da água, genética, dieta, idade, estado fisiológico, densidade de estocagem, entre outros, sendo os que regulam o crescimento e os processos de expressão reprodutiva e fenotípica. A nutrição é essencial para qualquer estágio de crescimento. O manejo dos alimentos para peixes como estocagem inadequada contribui para uma nutrição deficiente, que leva à presença de altas mortalidades na produção de peixes, principalmente nos primeiros estágios da vida, com mortalidade superior a 50% e desenvolvimento inadequado dos peixes.

A acessibilidade a matérias-primas é fundamental no adequado desenvolvimento da produção de tilápia do pequeno e médio produtor. O aumento no preço do dólar e, por consequência, do preço do farelo de soja gera acréscimos no custo para o produtor. Sendo o farelo de soja um commodity usado no consumo humano e animal, é dependente da oferta e procura internacional apresentando um preço flutuante (FAO, 2019; CHIA et al., 2019). Dessa forma, uma alternativa para o pequeno produtor de peixes é a fabricação na sua propriedade de farinha de minhoca (50 a 60% de PB) como fonte de proteína comparada ao farelo de soja (37 a 48% PB) na formulação de dietas (FAO, 2019).

Atualmente, tem-se estudos sobre o uso da farinha de minhoca na formulação de dietas de tilápia com resultados positivos em níveis de inclusão de até 5% de substituição parcial da fonte de proteína de origem animal (BITTARELLO et al., 2013), mas poucos são os que avaliaram a viabilidade econômica da matéria-prima quando adicionada em dietas para tilápia. Além disso, a produção de farinha artesanal deve estar acompanhada de adequadas práticas de armazenamento para garantir a estabilidade das rações quando são incluídas fontes de proteína animal, como a minhoca (ZAPATA et al., 2017). Segundo os autores, os microrganismos encontrados nos ingredientes e nas rações podem ser saprofíticos, condicionalmente patogênicos e tóxicos. O seu crescimento e proliferação são dependentes de inúmeros fatores, tais como umidade, temperatura, substrato, condições aeróbias ou anaeróbias, propriedades físico-químicas dos ingredientes, pH do substrato, presença de insumos tecnológicos, duração e condições de armazenagem e tipo de produtos de decomposição formados (CABARKAPA et al., 2009).

Um fator a considerar para a manutenção da qualidade das rações é a sua estabilidade, mantendo a integridade física e nutricional, que vai desde a elaboração, durante o

33 armazenamento, até o momento do uso para compor as rações. Os ingredientes utilizados para
34 integrar, de forma homogênea, os concentrados interagem entre si durante o período de
35 armazenagem e sofrem influência da umidade relativa do ar e da temperatura à qual são
36 submetidos, principalmente quando são ingredientes de origem animal. Além da estabilidade
37 física dos ingredientes e da mistura, os fatores relevantes para a qualidade nutricional das rações
38 são o controle do desenvolvimento de microrganismos (LONGO et al., 2010), controle da
39 oxidação dos lipídeos (GABBI et al., 2011) e uniformidade de mistura (MCCOY et al., 1994).

40 Por esta razão, o uso de aditivos é fundamental e a zeólita (*clinoptilolita*) é um
41 adsorvente com diversos estudos que ressaltam seu uso na formulação, desde a melhora da
42 qualidade da água, indiretamente pela menor excreção de amônia pelos animais e ação na
43 redução microbiana, até na diminuição de micotoxinas nas rações e absorção de metais pesados
44 tem melhoras no desempenho zootécnico (MARIN et al., 2020; ÇOĞUN; REYHAN, 2016).

45 Levando-se em consideração que o crescimento da flora bacteriana é substrato
46 dependente e baseando-se na capacidade que a *clinoptilolita* possui, através de uma
47 propriedade, de fixar a amônia em sua estrutura, não a disponibilizando, pode-se presumir que,
48 ao ocorrer um efeito de ligação da amônia, assim como em outros compostos tóxicos pela
49 zeólita (PAPAIIOANNOU et al., 2005), proporciona-se a diminuição na quantidade de substrato
50 para as bactérias, atenuando a proliferação das mesmas e a competitividade pela utilização de
51 nutrientes da dieta, acarretando benefícios para a estabilidade da microbiota do intestino, para
52 o crescimento e a produtividade dos animais. Valpotic et al. (2016) observaram uma maior
53 eliminação de *E. Coli* com zeólita (*clinoptilolita*) e menor contagem de colônias bacterianas no
54 jejuno de porcos alimentados por 35 dias com dietas contendo 0,5% deste mineral.

55 A utilização de alimentos de origem animal na formulação de dietas para peixes não
56 está livre de susceptibilidade aos microrganismos, principalmente no armazenamento. A zeólita
57 é uma alternativa para ser utilizada nestas dietas, podendo reduzir este efeito da ação bacteriana
58 prejudicial sobre o trato gastrointestinal de tilápias, favorecendo a sua digestibilidade, a
59 estabilidade das rações e, conseqüentemente, a qualidade da água.

60 Com isso, este trabalho tem como finalidade avaliar o efeito da adição de farinha de
61 minhoca em dietas sem e com zeólita natural (*clinoptilolita*) para alevinos de tilápia em
62 características físicas e químicas da água, parâmetros de desempenho, digestibilidade e
63 viabilidade econômica destas dietas.

64

652. REVISÃO DE LITERATURA

66

67 2.1. Produção de tilápia e importância da qualidade de água

68

69 A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma das várias espécies disponíveis no
70 mercado e é oriunda da África, no rio Nilo, podendo ser encontrada em rios próximos a
71 Israel, Senegal, Lago Chade e o próprio rio Nilo. Atualmente a espécie é distribuída em
72 várias partes do mundo, sendo produzida para consumo humano. E a tilápia foi introduzida
73 no Brasil em 1971 (MOREIRA, 1999).

74 Descrita por Smith em 1840, a tilápia é uma espécie rústica por sua adaptabilidade
75 a diferentes ambientes, com mais de 32 espécies de hábito onívoro baseado em zooplâncton,
76 fitoplâncton, plantas aquáticas, detritos bentônicos, perifíton, fauna bentônica, pequenos
77 invertebrados e filmes bacterianos (EL-SAYED, 2020). Segundo o autor, a temperatura de
78 cultivo pode atingir um máximo de 32°C e um mínimo de 20°C, sendo a temperatura da
79 água ideal entre 25°C e 30°C.

80 A produção mundial de tilápia é de 4.407 mil toneladas (FAO, 2022). Os Estados
81 Unidos são um dos principais importadores, com cifras de 124 mil toneladas de tilápia
82 congelada no valor de US \$ 439,4 milhões, de janeiro a setembro de 2019, mas o conflito
83 atual entre China e Estados Unidos levou a uma queda nas importações de tilápia chinesa
84 em 10,3% do volume, o que permite o crescimento do mercado de exportações do Brasil
85 (FAO, 2019).

86 Com a finalidade de controlar e aperfeiçoar a produção de tilápia do pequeno
87 produtor no mercado brasileiro, fatores como melhora tecnológica nos alimentos, meio de
88 cultivo e autossuficiência permitem o aumento da rentabilidade (FAO, 2019). Além disso,
89 a qualidade da água desempenha um papel importante no desenvolvimento dos peixes,
90 melhorando a conversão alimentar, diminuindo a mortalidade e aumentando o volume,
91 enquanto os parâmetros de qualidade da água são monitorados e corrigidos dentro das faixas
92 de produção ideais (Tabela 1).

93

94

95 **TABELA 1.** Parâmetros de qualidade da água ideais para *Oreochromis niloticus* (EL- SAYED, 2020)
 96

Parâmetro	Faixa	Ótimo
Temperatura	20 - 35 °C	25-30 °C
pH	3,7-11	5,5-9,0
Amônia total*	<7,4	<1,0
Amônia tóxica*	<1,0	0
Nitritos*	<44,76	0
Nitratos*	<80	0-40
Alcalinidade	15,5-56,8	32,6
Dureza total*	80-110	80-110
Oxigênio dissolvido*	> 0,5 ppm	> 5,5 ppm

°C=Centígrados, (*) =ppm

97

98 **2.1.1 Qualidade da água e amônia**

99

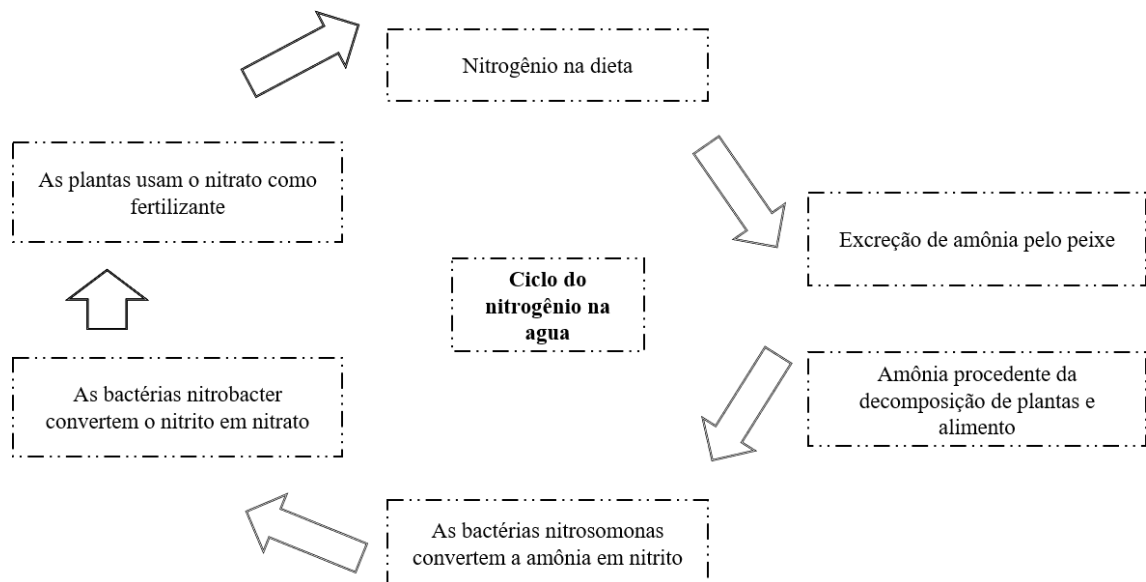
100 Os peixes ósseos teleósteos, ou actinoptérigeos, são amoniotélicos, ou seja, um de
 101 seus principais compostos excretados pelo metabolismo do nitrogênio é a amônia (NH₃),
 102 produzida no fígado ou no hepatopâncreas por processos de desaminação direta,
 103 transaminação de aminoácidos e ciclo das purinas nucleotídeos. Esta amônia é excretada
 104 através do epitélio branquial por difusão passiva de NH³, difusão passiva de íons NH₄⁺, ou
 105 troca de Na⁺, e eliminação de NH₄⁺ (KAUSHIK, 2000).

106 O nitrogênio amoniacal total (NAT) é uma das substâncias constantemente
 107 monitoradas nas produções, indicador da qualidade da água de produção e resultado do
 108 metabolismo dos peixes. A produção de amônia não ionizada representa a maior forma de
 109 excreção de nitrogênio e, por ser uma molécula bastante tóxica, deve ser rapidamente
 110 eliminada do organismo pelas brânquias por meio de difusão passiva (ROMBOUGH,
 111 2011). Em sistemas de produção fechados, a concentração dessa substância aumenta,
 112 sendo necessário reduzir suas proporções por meio de trocas hídricas, ou ação microbiana.
 113 O aumento dos níveis desta molécula deve-se a diversos fatores, como alimentação, níveis
 114 de proteína na dieta, temperatura, oxigênio dissolvido, biomassa, densidade de estocagem,
 115 entre outros fatores que afetam a sobrevivência e a saúde geral dos peixes (MESA et al.,
 116 2015). A amônia total faz parte do ciclo do nitrogênio (Figura 1). As bactérias nitrificantes

117 primárias são as *Nitrosomonas*, que transformam a amônia em nitrito, seguidas pelas
 118 bactérias nitrificantes secundárias, ou *Nitrobacter*, que convertem o nitrito em nitrato em
 119 um processo conhecido como nitrificação (VIEIRA, 2017).

120 **FIGURA 1.** Ciclo do nitrogênio na piscicultura (adaptada de VIEIRA, 2017).

121



122

123 Dessa forma, a melhora na tecnologia dos alimentos na produção de tilápia,
 124 adjacente ao uso de alimentos com maior digestibilidade que proporcionam menores
 125 excreções de compostos nitrogenados no ambiente aquático, é primordial na produtividade
 126 dos peixes. E a produção de tilápia é um setor que incentiva o aumento de tecnologias e a
 127 implementação de novas alternativas alimentares e nutricionais a fim de alcançar sistemas
 128 eficientes (FAO, 2019).

129

130 **2.2. Processamento e caracterização nutricional da farinha de minhoca**

131 A minhoca é um anelídeo que pode ser encontrado em quase todos os solos do
 132 planeta, principalmente naqueles com alta umidade (>80%), temperatura ambiental de mais
 133 de 20 graus Celsius e com presença de matéria orgânica (KOLESNYK et al., 2018). Estes
 134 anelídeos não possuem estrutura bucal dentada, portanto, exigem que seus alimentos
 135 estejam em estado líquido procedente de estrumes e resíduos agrícolas, consumam o
 136 equivalente ao seu peso vivo diário e excretem 60% desse valor na forma de humus
 137 (MOYA, 2011).

138 As minhocas vermelhas da Califórnia são uma espécie adaptável a diferentes tipos
139 de substratos e com uma alta reprodução (BITARELLO et al., 2013) e não toleram
140 condições de seca, geada ou acidez abrupta. São animais hermafroditos, cada um com
141 aparelhos sexuais totalmente funcionais que permitem que os dois indivíduos sejam
142 fertilizados em uma cópula, dando origem a estruturas chamadas casulos, que abrigam entre
143 5 e 20 indivíduos, que atingem a maturidade reprodutiva em 21 dias. O acasalamento ocorre
144 a cada sete dias, se as condições ambientais forem adequadas (KOLESNYK et al., 2018).

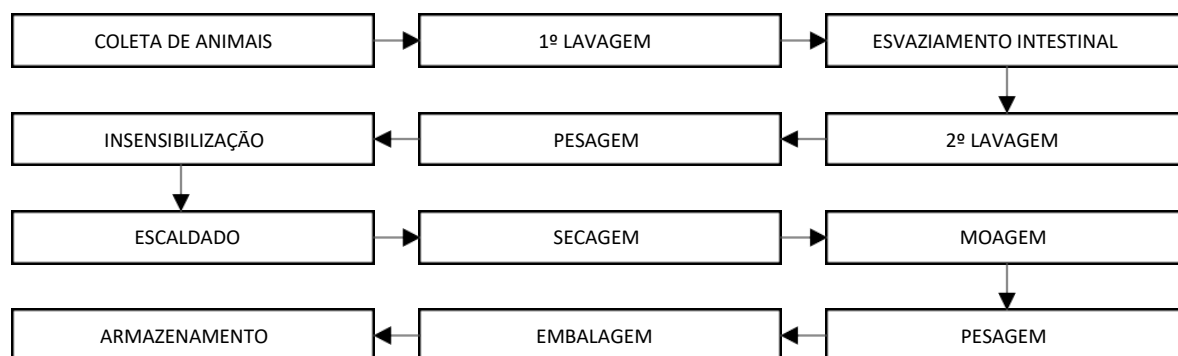
145 A farinha de minhoca é obtida por meio da secagem do animal. O processo de
146 fabricação começa com o recolhimento manual das minhocas, colocando-as em uma
147 peneira para separar do substrato. Os animais descem pela peneira devido ao
148 comportamento fotofóbico, facilitando a separação do substrato e, com abundante água
149 durante 15 a 20 min, são lavadas para retirar partículas estranhas (BOULOGNE et al.,
150 2008).

151 Os autores Zapata et al. (2017) mencionam que as minhocas devem ser alimentadas
152 com farelo de trigo úmido por 24 horas para o esvaziamento intestinal. Passado o tempo, os
153 autores lavam as minhocas com abundante água para eliminar o substrato de limpeza
154 intestinal, depois são pesadas e insensibilizadas com uma solução salina de 10 a 15% de
155 saturação por cinco minutos, gerando um choque osmótico. Posteriormente, passam por um
156 processo de escaldado (colocadas com líquido quente) a uma temperatura de 100°C
157 (BOULOGNE et al., 2008) por três a cinco minutos (ZAPATA et al., 2017), inabilitando as
158 enzimas hemolíticas, proteolíticas e citotóxicas no líquido do celoma (MUSYOKA et al.,
159 2019), que diminuem a palatabilidade da FM (BITTARELLO et al., 2013). A secagem pode
160 ser feita por meio de forno micro-ondas, túnel de vento, forno ou solar (SUAREZ et al.,
161 2015), em temperatura de 60°C (BOULOGNE et al., 2008). Finalmente, a matéria-prima é
162 moída, pesada, embalada e armazenada (ZAPATA et al., 2017). O processo é resumido na
163 figura a seguir (Figura 2):

164

165 **FIGURA 2.** Processo tecnológico para obtenção de farinha de minhoca (modificada ZAPATA et al., 2017).

166



167

168

169

170 As propriedades nutricionais da minhoca vermelha californiana, apoiadas por
 171 análises bromatológicas, permitem concluir que o teor de proteína é semelhante às do farelo
 172 de soja, que apresenta de 50 a 64 % PB (Tabela 2).

173 **TABELA 2.** Comparativo dos valores nutricionais do farelo de soja e farinha de minhoca com base na
 174 porcentagem no ingrediente.

175

Componente	Farelo de soja			Farinha de minhoca		
	FEDNA 2010	ROTTA 2003	HEUZÉ 2020a	DAVILA 1996	ROTTA 2003	HEUZÉ 2020b
Umidade, %	12	10	12	12 a 16	7,51	8,4
Proteína Bruta, %	45,5	47,4	55,2	50 a 60	64	58
Energia digestível (peixes) (kcal/kg)	-	3010	-	-	4060	-
Extrato etéreo, %	1,9	-	1,7	10 a 12	-	8,1
Fibra bruta, %	5,7	-	4,4	0,98 a 1,31	-	2,6
FDN, %	10,9	-	10,5	NC	-	13,4
FDA, %	6,3	-	5,7	NC	-	1,7
Amido, %	0,5	-	1,1*	0	-	0
Cálcio, %	0,29	0,4	0,39	0,32 a 0,52	0,31	0,12
Fósforo total, %	0,61	0,57	0,71	0,63 a 1,2	0,25	0,97
Fósforo Disponível, %	0,19	-	-	-	-	-

176

*Enzimática ** Lanna et al., 2004; *** Animais < 146g; (-) = Não reporta

177

178 O perfil de aminoácidos do farelo de soja e a farinha de minhoca são apresentados na
 179 Tabela 3, que mostra uma variação devido a vários fatores, como o processo de secagem, a
 180 origem da matéria-prima e o processo de medição. No caso da farinha de minhoca, a variação
 181 desta se deve, principalmente, ao uso de diferentes substratos alimentícios fornecidos, como o
 182 tipo de estrume e o tipo de secagem como, por exemplo, liofilizado, ou em estufa (RONDON
 183 et al., 2003; VALENTE et al., 2016).

184

185 **TABELA 3.** Valores de aminoácidos totais do farelo de soja e farinha de minhoca de diferentes fontes
 186 com exigências nutricionais de tilápia.

187

VALORES DE AMINOÁCIDOS TOTAIS				
Ingrediente	FARELO DE SOJA		FARINHA DE MINHOCA	
	FRIKHA 2012	YAMAMOTO 1997	RONDON 2003*	DYNES 2003
Proteína Bruta (PB), %	55,4	44,5	62,8/61,81	55
Aminoácidos (g/ 100g da PB)				
Treonina	3,9	3,8	3,6/3,2	5,2
Histidina	2,7	1,8	2,5/2,3	2,6
Arginina	7,5	7,2	-	6,0
Tirosina	3,6	3,5	0,92/0,5	3,3
Metionina	1,3	1,3	-	-
Valina	4,8	4,7	-	4,7
Fenilalanina	5,3	5,0	3,53/2,9	3,8
Isoleucina	4,7	4,6	6,2/5,3	4,3
Leucina	7,9	7,8	16,6/13,8	7,2
Lisina	6,1	6,2	4,3/3,1	6,8
Triptofano	1,3	0,47	-	-
Metionina+Cisteína	2,6	3,0	-	3,1
Fenilalanina+Tirosina	8,9	8,5	4,45/3,4	7,1

188

* Farinha de minhoca liofilizada e secagem em estufa (-) = Não reporta

189

190

191 **2.3. Utilização da farinha de minhoca em dietas de peixes**

192

193 Várias são as matérias-primas utilizadas na fabricação de rações, como o farelo de
194 soja (37 a 48% PB) (HEUZÉ, 2020a, HUEZÉ, 2020b) como a principal fonte de proteína
195 vegetal, e a farinha de peixe (58 a 62% PB) (WARITH et al., 2019), a farinha de carne e
196 ossos (44 a 57% PB), a farinha de sangue (85 a 90% PB), entre outras, como fontes de
197 proteína animal nas dietas de peixes (FEDNA, 2010).

198 A farinha de minhoca é um ingrediente que apresenta, em sua composição, 50 a 63%
199 de proteína bruta (DAVILA, 1996; FEDNA, 2010). Alguns autores ressaltam o uso da
200 farinha de minhoca como fonte de proteína de origem animal na formulação de dietas para
201 peixes detritívoros e onívoros, concluindo que a substituição da fonte proteica por 40 até
202 50% de farinha de minhoca em espécies como Labeo (*Catla catla*), L. Rohina (*Labeo*
203 *rohita*) e algumas carpas (*Cirrhinus mrigala*, *Cyprinus carpio* e *Carassius auratus*) melhora
204 o crescimento e a conversão alimentar. Entretanto, a alimentação de peixes ornamentais
205 onívoros pode atingir 10% de inclusão de farinha de minhoca em xiphos (*Xiphophorus*
206 *hellerii*), sendo o peso médio final do tratamento com FM de 0,3560g, comparado ao peso
207 médio final do grupo controle de 0,1691g, (BOARU et al., 2016), e 100% em guppis
208 (*Poecilia reticulata*) alimentados com biomassa de minhocas, melhorando a sobrevivência
209 (KOSTECKA et al., 2006).

210 MOYA (2011) estuda a qualidade nutricional da farinha de minhoca liofilizada
211 como matéria-prima para a preparação de dietas equilibradas de alevinos de truta-arco-íris
212 (*Oncorhynchus mykiss*), encontrando resultados promissores pelo baixo valor de cinzas e
213 gorduras. Além disso, o uso da farinha nas dietas deste peixe melhora a porcentagem nos
214 coeficientes de digestibilidade aparente (CDA 90,1%) (ISEA et al., 2008). Por sua vez,
215 Musyoka et al. (2019) descrevem o uso da farinha de minhoca na alimentação de outros
216 peixes carnívoros em estágio de alevino, como a enguia (*Anguilla anguilla*), melhorando a
217 taxa de crescimento ao substituir em 25% desta fonte proteica (MUSYOKA et al., 2019).
218 Outros autores reportam melhor desempenho de crescimento com o uso de farinha de
219 minhoca em dietas de peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*) (VELASQUEZ et al., 2019) com
220 a inclusão de 50%, e nas dietas de peixe P. Obscura (*Parachanna obscura*), com inclusão
221 de 22,5% (VODOUNNOU et al., 2017).

222 Estudos em tilápia do Nilo juvenis, que é uma espécie onívora, avaliando o uso da
223 farinha de minhoca como substituta da fonte de proteína da ração (farinha de peixe e farelo
224 de soja), concluem que o melhor nível foi de 13,82%, proporcionando uma melhora no
225 desempenho ao incluírem 0, 5, 10, 15 e 20% de farinha de minhoca nas dietas destes peixes
226 (HOUNDONUGBO et al., 2017). Ahmed et al. (2020), ao substituírem a farinha de peixe
227 pela farinha de minhoca da variedade andrei (*Eisenia andrei*) em níveis de 0, 25, 50 e 75%
228 em dietas de tilápia juvenis, observaram melhor desempenho no nível de 75%, e afirmaram
229 que as *eisenias* podem ser usadas como alternativa proteica para melhor desempenho dos
230 peixes nesta fase.

231

232 **2.4. Importância da qualidade microbiológica farinha de minhoca**

233

234 Na indústria alimentar, diversos são os microrganismos de interesse, como bactérias
235 (*Aeromona*, *Micrococcus*, *Streptococcus*, *Escherichia*, *Pseudomonas*, entre outras),
236 leveduras (*Sacharomyces*) e fungos (*Aspergillus*, *Botrytis*), tanto pelo uso na indústria de
237 processados, como pela contaminação e geração de doenças na alimentação animal e
238 humana. Como mecanismos de controle para diminuir o desenvolvimento de
239 microrganismos no alimento, tem-se o uso de utensílios de manipulação, protocolos de
240 desinfecção, aplicação de tecnologias, como mudanças elevadas de temperatura,
241 desidratação, aditivos, irradiação, pressão, e o uso de métodos combinados (CARVALHO,
242 2010). Estes mecanismos são viáveis na obtenção da farinha de minhoca e são necessários
243 para evitar a contaminação endógena e exógena.

244 A *Salmonella* é uma bactéria gram-negativa da família *Enterobacteriaceae* com
245 mais de 2.600 sorotipos, sendo a *S. enterica* a principal salmonela associada a patologias
246 gastrointestinais devido a alimentos contaminados, resultantes da contaminação por animais
247 silvestres, como roedores ou outras espécies exóticas, em fezes, ou urina (BARRETO et al.,
248 2016). A presença desta bactéria em alimentos destinados à alimentação animal é de grande
249 importância nos processos de armazenamento, determinando a viabilidade de dietas
250 peletizadas e sendo fundamental na saúde pública. Embora a salmonela seja uma bactéria
251 analisada dentro do processo de fabricação de alimentos para peixes, pouco se sabe sobre
252 sua patogênese em peixes (FERNANDES et al., 2018). O crescimento da bactéria ocorre de
253 5 a 46 graus Celsius (GAZAL et al., 2018), sendo que os processos industriais geralmente

254 ultrapassam esta temperatura, reduzindo a carga microbiana, mesmo assim, práticas de
255 fabricação inadequadas podem gerar contaminação. Outro patógeno relevante na
256 piscicultura são os coliformes totais, que correspondem a três gêneros, a saber, *Echerichia*,
257 *Enterobacter e Klebsiella*, sendo a *Echerichia coli (E. coli)* de origem fecal (SILVA, 1997),
258 ou seja, uma bactéria gram-negativa resistente ao calor pertencente aos coliformes fecais
259 (FRANCO, 1996). Tanto a salmonela quanto os coliformes são indicadores da qualidade da
260 água e das dietas em sistemas de produção.

261 Nesse sentido, as minhocas são utilizadas na alimentação animal cruas ou
262 processadas. O processamento de secagem por liofilização ou estufa controla o
263 desenvolvimento microbiano (CARVALHO, 2010). O substrato utilizado na criação deste
264 anelídeo é matéria orgânica em estado de decomposição, acrescentando o risco de
265 contaminação biológica (MUSYOKA et al., 2019). Com o interesse no uso da farinha de
266 minhoca como fonte de proteína alternativa na aquicultura (EUMOFA, 2019), existe a
267 preocupação da inocuidade, devido ao risco microbiológico próprio das matérias-primas
268 utilizadas na formulação. Entretanto, poucos são os estudos sobre a qualidade
269 microbiológica das rações com níveis de inclusão de farinha de minhoca (VIELMAR et al.,
270 2008), principalmente quando trata de processamento artesanal.

271 A produção artesanal de farinha de minhoca por parte dos produtores (ELLIOTT;
272 CONNOLLY; KOLAWOLE, 2020) tem risco de contaminação por patógenos e substâncias
273 prejudiciais à saúde humana e animal, principalmente metais pesados, bactérias e vírus. A
274 estocagem de rações contendo ingredientes de origem vegetal na formulação, se não for
275 bem-feita, também possibilita a presença fungos conhecidos pela produção de aflatoxinas,
276 fumonisinas, ocratoxinas, tricotecenos e zearalenona (OLIVEIRA; VASCONCELOS,
277 2020).

278 Diferentes estudos apontam a incidência de toxinas fúngicas, como fumonisinas, com
279 seus metabolitos, enniatinas B e zearalenonae, em rações comerciais de peixes (MWHIA et
280 al., 2020), influenciando nas condições de armazenamento (tempo, temperatura e umidade),
281 (PIETSCH et al., 2019). Porém, boas práticas de armazenamento e uso de sacolas plásticas
282 contribuem para a estabilidade das rações brasileiras (EMBRAPA, 2014), mas a fabricação de
283 rações de forma artesanal aumenta o risco de contaminação por fungos e bactérias, além da
284 absorção de aflatoxinas nas carcaças (NOGUEIRA et al., 2020), sendo possível a detecção no
285 fígado e na musculatura do peixe (ZHRAN et al., 2020) por dietas contaminadas.

286

287 **2.5. Utilização da zeólita natural em dietas de não-ruminantes e seu efeito**
288 **antimicrobiano**

289 As principais matérias-primas utilizadas para a formulação das dietas experimentais
290 (milho, soja e farinha de minhoca) são suscetíveis à contaminação por agentes biológicos,
291 podendo alterar a qualidade delas (GARCINUÑO, 2017). O uso de aditivos diminui esta
292 suscetibilidade. As zeólitas são um conjunto de minerais alumino-silicatos com estrutura
293 microporosas pouco eficientes em água salgada. O uso deste mineral melhora as
294 características da água em sistemas controlados, podendo ser um substituto dos filtros
295 biológicos (POGURSCHI et al., 2019), onde capturam metais pesados, como o chumbo e
296 cádmio, quando adicionados na coluna de água (ÇOĞUN; REYHAN, 2016), além de cátions
297 de amônia (POGURSCHI et al., 2019), que, mesmo em concentrações baixas, podem gerar
298 patologias no rim e baço dos peixes (GHIASI, 2015).

299 A utilização de zeólita (*clinoptilolita*) na concentração de 15 g/L em um saco de pano
300 suspenso no aquário melhora a qualidade da água (ZAIN et al., 2018). Estudos feitos em
301 tilápia concluem que o uso de 2% deste mineral nas dietas favorece o crescimento, a taxa de
302 sobrevivência e a conversão alimentar (IBRAHIM et al., 2016). Adicionalmente, seu uso
303 tem um efeito econômico favorável em produções de pequena e mediana escala (EL-
304 GENDY, 2015; TIERRA, 2020) junto de benefícios para a saúde dos peixes e melhora no
305 desempenho produtivo como aditivo nas dietas (CAMELIA et al., 2019), além do aumento
306 no desenvolvimento do sistema imune e nas estruturas histológicas quando adicionado na
307 ração *clinoptilolita* e nanoquitosana em trutas (HAMIDIAN et al., 2018; KHANI OUSHANI
308 et al., 2020).

309 A capacidade de retenção de amônia da zeólita caracteriza este aditivo como uma
310 ação antimicrobiana (GRGIĆ et al., 2019), diminuindo o crescimento de bactérias Gram
311 positivas como *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* e *Listeria monocytogenes*, e
312 Gram negativas como *Aeromonas hydrophila*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*,
313 *Pseudomonas aeruginosa*, *Helicobacter pylori* e *Salmonella Paratyphi*, reduzindo as
314 quantidades de aminas, como espermina, putrescina e dopamina, produzidas em substratos
315 orgânicos (in vitro) por estas em ensaios de laboratório, bactérias associadas ao consumo
316 de peixe cru (FARINA et al., 2019; NIK MALEK; YUSOF; KAMARU, 2019; ÖZOGUL

317 et al., 2018). Outros usos deste mineral na indústria agrícola são na compostagem,
318 melhorando colônias bacterianas que favorecem a degradação de resíduos (Grgić et al.,
319 2019), a eliminação de *Salmonella typhimurium* em solos agrícolas (RICKE et al., 1995) e
320 enriquecimento de fontes de água deficientes em minerais como magnésio (TOMIC et al.,
321 2012).

322 Na gestão de efluentes de mineração, a zeólita auxilia na remoção dos metais
323 pesados 98% níquel e cobre (MAMBA, et al., 2009). Além de ser de grande importância na
324 mineração, a *clinoptilolita* modificada com tensoativos aniônicos e catiônicos teve impacto
325 nas colônias de bactérias Gram-positivas (*B. subtilis*, *S. aureus* e *S. epidermidis*,
326 *Enterococcus faecalis*) e Gram-negativas (*E. coli* e *P. aeruginosa*) devido às ligações de
327 hidrogênio como mecanismo dominante (ERDOGAN & ULKU, 2013; ABD AZIZ et al.,
328 2018). Estas bactérias são relevantes na aquicultura e na qualidade das fontes hídricas.
329 Outros compostos usados em associação com a zeólita para aumentar o efeito
330 antimicrobiano são os fenóis monoterpênicos, como o timol e o carvacrol (DIKIĆ et al., 2021).
331 Embora a maioria desses estudos tenha sido realizada in vitro, o uso da *clinoptilolita* tem
332 imenso potencial na qualidade da água destinada, ou proveniente da aquicultura. Os
333 materiais de zeólita compostos com metais, como o Ag e Cu, também são opções no
334 melhoramento tecnológico da propriedade antibacteriana (DIKIĆ et al., 2019;
335 MILENKOVIĆ et al., 2015; TAACA; OLEGARIO; VASQUEZ, 2017). Algumas
336 nanopartículas de prata, Cu₂O, ZnO e NiO, foram suportadas em *clinoptilolita*,
337 apresentando 100% de eficiência como antibacteriano no tratamento de efluentes contra *E.*
338 *Coli* e *S. Aureus*. Assim como em protozoários (*Paramecium caudatum* e *Euplotes affinis*)
339 após algumas horas de contato (COPCIA et al., 2011; HRENOVIC et al., 2012).

340 Na aquicultura, é comum o uso de carvão ativado no desenvolvimento de filtros
341 mecânicos e biológicos. Diferenças significativas foram encontradas entre *clinoptilolita* e
342 carvão ativado, sendo o primeiro mais eficiente em condições de salinidade na remoção
343 total de amônia (EMADI et al., 2001). Uma das vantagens das zeólitas naturais é sua
344 capacidade de servir como suporte estrutural para bactérias benéficas no ciclo do nitrogênio.
345 O estudo com diferentes tipos de zeólitas demonstraram sua eficiência na remoção de
346 amônia em 98%; 70% em nitratos, e 54% em nitritos, comparando-se aos valores destes
347 compostos no início do experimento, em um período de 30 dias em cilindro de filtragem
348 preenchido com as zeólitas (SENILA et al., 2022). Este estudo reforça a importância da

349 zeólita como material ideal para a proliferação de bactérias benéficas para o sistema que
350 contribuem para a ciclagem do nitrogênio na água.

351 Em relação ao seu efeito no animal, existem poucos estudos recentes que expliquem
352 especificamente como a flora bacteriana é modificada pela presença de zeólitas em dietas
353 para monogástricos, ainda mais no caso de peixes. Em suínos, o uso de *clinoptilolita*, em
354 conjunto com sulfato de cobre, favoreceu o crescimento e inibiu o crescimento de bactérias
355 como *Staphylococcus* sp., *Selenomonas ruminantium*, *Bacteroides multiaacidus* e
356 *Eubacterium limosum* no intestino, com o efeito do sulfato na atividade da urease e a zeólita
357 capturando cátions. (BAREL et al., 2009). Outros estudos mencionam como o uso de
358 zeólita comercial (80% *clinoptilolita*) diminuiu a excreção de diferentes grupos fisiológicos
359 de bactérias (coliformes fecais, coliformes totais, produtores de sulfetos, termófilos,
360 mesófilos, aeróbicos e anaeróbicos) em resíduos (fezes) de suínos de engorda em
361 comparação ao controle sem zeólita natural (HRENOVIĆ et al., 2010).

362 O efeito antimicrobiano da zeólita também pode ser devido à forma como o mineral
363 afeta a umidade e o pH das fezes, assim como a disponibilidade da amônia, o que dificulta
364 o crescimento bacteriano (SCHNEIDER et al., 2017). Nas aves, foram realizados estudos
365 com galinhas poedeiras, onde foi demonstrado que a volatilização da amônia foi menor nos
366 tratamentos com zeólita, ficando retida na estrutura porosa do mineral (LON-WO, 2010).
367 Além disso, existem algumas aplicações na formulação de rações em cães e gatos,
368 diminuindo a umidade das fezes e, indiretamente, o substrato para crescimento de bactérias,
369 beneficiando a microflora intestinal (BERTO, 2009).

370 Na aquicultura, peixes, como *Sparus aurata* ou dourada, com níveis de clinoptilolita
371 de 4% na dieta, não apresentam alterações na morfologia do trato digestivo, incluindo as
372 vilosidades intestinais, exceto nas dobras da parte anterior do intestino (KANYILMAZ et.
373 al, 2014). A tilápia *zillii* (*Coptodon zillii*) e a truta-arco-íris (*Onchorhynchus mykiss*),
374 alimentadas com zeólita, apresentaram passagem intestinal mais lenta, o que favorece a
375 absorção de nutrientes e aponta para alterações no pH e na capacidade tampão das glândulas
376 gastrointestinais (YILDIRIM et al., 2009). Segundo Nogueira et al. (2020), a zeólita
377 *clinoptilolita* é uma opção viável na diminuição da proliferação de bactérias e fungos nos
378 alimentos de peixes, como a tilápia e tambaqui, sendo os animais jovens os mais
379 suscetíveis.

380

381 2.6. HIPÓTESE

382 A farinha de minhoca, assim como a zeólita *clinoptilolita*, contribuem na alimentação de
383 alevinos de tilápia quando incluídos na formulação de rações, auxiliando no desenvolvimento
384 produtivo.

385 2.6.1. OBJETIVO GERAL

386 Avaliar a farinha de minhoca como nutriente (*Eisenia andrei*) e o efeito do uso da zeólita
387 em dietas de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

388 2.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

389 Avaliar o efeito da adição de farinha de minhoca e a zeólita *clinoptilolita* sobre:

- 390 • As características físicas-químicas e microbiológicas da água (temperatura, pH,
391 oxigênio dissolvido, alcalinidade total, dureza total, amônia total, amônia tóxica total, nitrito
392 total, nitrato total, coliformes totais e fecais);
- 393 • Os parâmetros de desempenho das rações experimentais (peso inicial, peso final,
394 ganho de peso, taxa de crescimento específico, fator de condição de Fulton, consumo de ração,
395 conversão alimentar aparente e sobrevivência total);
- 396 • Os parâmetros de digestibilidade das dietas (coeficiente de retenção de proteína
397 e energia, taxa de eficiência proteica);
- 398 • As carcaças (rendimento, composição da carcaça e os índices hepatosomático e
399 viscerosomático), e
- 400 • A viabilidade econômica das dietas (custo da ração, custo-benefício, receita
401 bruta, custo de produção, margem bruta, custo da ração consumida, custo da ração por kg de
402 peso vivo, índice de eficiência econômica e índice de custo).

403

404

405 **3. MATERIAL E MÉTODOS**

406

407 O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Uso Animal (CEUA) por
408 meio do protocolo CEUA nº 5290230321 (ID 747/2021).

409

410 **3.1 Experimento de desempenho**

411

412 **3.1.1 Localização e duração do experimento**

413 O experimento foi realizado na Estação Experimental de Aquicultura Johei Koike,
414 localizado no Departamento de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE),
415 em Recife, tendo uma duração total de 85 dias, sendo 70 dias para o experimento de
416 desempenho, e 15 dias para o experimento de digestibilidade.

417

418 **3.1.2 Animais, delineamento experimental e tratamentos.**

419 Foram utilizados um total de 280 alevinos de tilápia do Nilo da variedade GIFT
420 (*Oreochromis niloticus*) com um peso inicial médio de 2.826 ± 0.0896 g e peso final médio de
421 13.59 ± 0.75 g. Os peixes foram aclimatados por um período de duas semanas no laboratório. A
422 densidade de cultura foi de sete peixes a cada 50 litros (140 peixes por m^3), em caixas com
423 dimensões de 36x56x32 cm e distribuídos em cinco blocos casualizados (de acordo com o peso
424 inicial) e oito tratamentos.

425

426 **3.1.3 Dietas experimentais**

427 Foram oito dietas experimentais, sendo quatro níveis de farinha de minhoca (0; 3,5; 7,0
428 e 10,5%) e dois níveis (0 e 2%) de zeólita natural (*clinoptilolita*) (Tabela 4). As dietas foram
429 isoproteicas e isoenergéticas, e peletizadas artesanalmente. Este processamento consiste em

430 misturar e homogeneizar os ingredientes, umedecer a ração com água sob temperatura de 60 -
431 70°C e peletizá-la em um moedor de carne manual, deixando-a em bandejas. Em seguida, vai
432 para estufa de ventilação forçada à $\pm 55^\circ\text{C}$, por 24 horas, e os peletes foram quebrados e
433 separados com peneira, segundo o tamanho da partícula, para serem armazenados.

434 As necessidades nutricionais da espécie foram de acordo com Furuya (2010), as
435 composições dos ingredientes seguiram Rostagno et al. (2017), e coeficientes de digestibilidade
436 de aminoácidos, com Furuya (2010); Heuzé et al. (2020a, 2020b) e Ovalles et al. (2017). A
437 farinha de minhoca foi na forma industrializada de uma distribuidora. Este ingrediente foi
438 fabricado com a espécie *Eisenia* sp., também conhecida como minhoca vermelha da Califórnia.
439 A composição proximal da FM em base na MS foi: matéria seca, 92,6%; proteína bruta: 58,6%;
440 material mineral: 9,27%; extrato etéreo: 9,23%; fibra: 3,6%; fósforo: 0,3%, e cálcio: 3,9%. As
441 análises foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Detmann et al. (2021). A
442 zeólita foi obtida da empresa Celta Brasil. A composição nutricional calculada e analisada das
443 dietas está presente na tabela 4. A alimentação dos peixes foi manual, *ad libitum*, quatro vezes
444 ao dia (8h, 11h, 14h e às 17h) por um período de 70 dias.

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

TABELA 4. Composição nutricional calculada e analisada das dietas experimentais.

Ingrediente (%)	Tratamentos							
	Sem zeólita				Com zeólita			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Farelo de soja 40%	70,1	65,0	60,0	55,3	70,1	65,0	60,0	55,3
Milho em grão 7%	22,9	25,4	27,9	28,3	22,9	25,4	27,9	28,3
Farinha de minhoca 58,6%	0,0	3,5	7,0	10,5	0,0	3,5	7,0	10,5
Óleo de soja	1,3	0,7	0,0	0,0	1,3	0,7	0,0	0,0
Fosfato bicálcico	1,4	1,2	1,1	1,0	1,4	1,2	1,1	1,0
Calcário	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Sal comum	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2
Premix Allmix Aqua Biovit*	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
DL-Metionina	0,3	0,3	0,3	1,5	0,3	0,3	0,3	1,5
L- Treonina	0,3	0,2	0,1	0,0	0,3	0,2	0,1	0,0
Inerte	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zeólita	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	2,0	2,0
BHT	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Composição nutricional calculada (%)								
Proteína Bruta	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
ED (kcal/kg)	3200,0	3200,0	3200,0	3200,0	3200,0	3200,0	3200,0	3200,0
Extrato etéreo	3,5	3,2	2,9	3,1	3,5	3,2	2,9	3,1
Fibra	3,8	3,6	3,4	3,2	3,8	3,6	3,4	3,2
Minerais (%)								
Cálcio	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Fósforo disponível	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Sódio	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Aminoácidos digestíveis (%)								
Lisina	2,0	2,0	1,9	1,9	2,0	2,0	1,9	1,9
Metionina+Cisteína	1,0	1,0	1,0	2,2	1,0	1,0	1,0	2,2
Treonina	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Composição nutricional analisada (%)								
Matéria seca	94,4	94,2	94,1	94,6	93,9	93,9	93,7	94,0
Proteína Bruta	30,3	29,5	29,0	29,6	28,8	30,0	29,2	30,4
Extrato etéreo	1,8	2,0	1,8	2,2	2,4	2,5	2,3	2,5
Cinza	13,8	14,4	14,6	14,3	12,4	12,2	12,0	12,5

456 BHT = Butilhidroxitolueno ; ED = Energia Digestível (Kcal/Kg); * = Vitamina C 50 g/Kg, Manganês 1050 mg/Kg, Inositol
457 30 g/Kg, Ácido fólico 857,1 mg/Kg, Vitamina E 20 g /kg, Cobre 560 mg/Kg, Niacina 14,28 g/Kg, Biotina 142,85 mg/Kg,
458 Ácido pantotênico 7142,21 mg/Kg, Iodo 58,75 mg/Kg, Zinco 5625 mg/Kg, Selênio 24 mg/Kg, Vitamina B1 2856,7
459 mg/Kg, Cobalto 8 mg/Kg, Vitamina B2 2856,7 mg/Kg, Vitamina B12 5714 mcg/Kg, Ferro 2850 mg/Kg, Vitamina A
460 1714200 UI/Kg, Vitamina B6 2499,3 mg/Kg, Vitamina D3 428550 UI/Kg.

462 **3.1.4 Qualidade de água**

463 A qualidade da água foi monitorada no início, durante e no final do período
464 experimental. A água utilizada para o experimento vem do Açude Dois Irmãos. A fonte hídrica
465 foi tratada com cloro numa concentração de 20 ppm numa caixa externa de 2000L para a
466 eliminação das bactérias patógenas que pudessem estar presentes; a água foi declorada com o
467 uso de aeração constante por 24h antes do uso nas caixas dos peixes (CÁCERES et al., 2011).
468 Foram analisadas as concentrações de coliformes fecais e totais na água no início e no final do
469 período experimental, coletando amostras de dois litros por tratamento com duas repetições e
470 levadas para serem analisadas físico-quimicamente no Laboratório de Análises Microbiológicas
471 do Departamento de Engenharia Química da UFRPE. O valor de referência de coliformes fecais
472 foi de <1000 NMP/100ml como limite permissível para fontes hídricas destinadas à aquicultura
473 previstos pela resolução CONAMA n° 357/2005.

474 Os parâmetros verificados nas caixas são os seguintes: temperatura (T), pH, oxigênio
475 dissolvido (OD), alcalinidade total (ALC), dureza total (DT), amônia total (na forma de NH₄,
476 relativamente inócua) (AT), amônia tóxica (na forma de NH₃, altamente tóxico para peixes)
477 (NH₃), nitrito total (NITRITO) e nitrato (NITRATO), sendo quinzenalmente analisados pelo
478 método de titulação, através de kit comercial colorimétrico do laboratório Alcon. Além disso,
479 analisaram-se os coliformes totais (CTA) e fecais (CFA) da água, determinados de acordo com
480 os métodos estandar (APHA et al., 2012), no início e no final do experimento. Anterior às trocas
481 semanais de água, a temperatura da água, pH e oxigênio dissolvido foram medidos com
482 PHmetro (Kasvi, modelo K39-0014PA) e oxímetro (DO, modelo 9100), anotados duas vezes
483 por semana. A troca de água correspondia, em torno, de 70% da quantidade total da água contida
484 na caixa e foi realizada duas vezes na semana, com sifonagem do fundo das caixas diariamente
485 (retirar fezes e alimento) para manter os parâmetros nas faixas ideais para a espécie. A
486 temperatura média do local durante o período experimental foi registrada diariamente com
487 termômetro higrômetro digital (Incoterm, modelo 7666.02), distribuído no local do
488 experimento.

489 **3.1.5 Parâmetros de desempenho**

490
491 Para fazer a biometria, os animais foram insensibilizados com eugenol dissolvida a 75
492 mg/L (VIDAL et al., 2008) em um recipiente de cinco litros e imersos até que apresentem perda
493 do eixo natatório. Os índices de desempenho zootécnico foram os seguintes: peso inicial (PI),

494 peso final (PF), ganho de peso (GP), determinado subtraindo PF do PI, longitude do corpo (L),
 495 peso do corpo (W), que é peso do peixe inteiro abatido, taxa de crescimento específico [TCE =
 496 $100[(\text{logaritmo natural PF médio} - \text{logaritmo natural PI médio})/\text{tempo}]$, fator de condição de
 497 Fulton [FCF= $100(W/L^3)$], consumo de ração (CR), conversão alimentar aparente [CAA= (CR)
 498 \div (GP)] e sobrevivência total (ST) = [100 x (número de animais final) \div (número de animais
 499 inicial)] (BITTARELLO et al., 2013).

500

501 **3.2 Experimento de Digestibilidade**

502 Após o término do experimento de desempenho, durante 15 dias, os peixes continuaram
 503 alimentando-se com as mesmas dietas, porém, acrescentadas com o indicador celite (1%). O
 504 ensaio de digestibilidade dos nutrientes destas dietas foi pelo método de dissecação. Nestes
 505 dias, o arraçamento foi o mesmo e, nos últimos dias desse período, o fornecimento foi com
 506 intervalos de duas horas antes do sacrifício para estimulação do bolo fecal (DA MOTA, 2012).

507 Posteriormente, foram dissecados e eviscerados cuidadosamente para retirada do
 508 material fecal nos cecos pilóricos e depois as fezes foram colocadas em sacos plásticos,
 509 identificadas e congeladas para posteriores análises laboratoriais. As análises de laboratório
 510 efetuadas foram de matéria seca, nitrogênio, energia bruta e cinza insolúvel em ácido
 511 (indicador). Foram coletados o fígado e vísceras para a determinação dos índices já
 512 mencionados. Antes de levar as fezes para o laboratório, elas foram processadas, ou seja, foram
 513 homogeneizadas, identificadas e levadas a estufa a 55°C para pré-secagem e moídas.

514 A variável de porcentagem de recuperação do indicador e o coeficiente de
 515 digestibilidade aparente (CDA) das rações foram com a seguinte fórmula descrita por Nose
 516 (1960):

$$517 \quad \text{CDA (\%)} = 100 - [100 \times (\% \text{ ID} / \% \text{ IF}) \times (\% \text{ NuF} / \% \text{ NuD})].$$

518 Onde, ID = indicador na dieta; IF = indicador nas fezes; NuF = Nutriente nas fezes e
 519 NuD = nutriente na dieta. O indicador utilizado é a Celite (1%).

520 Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS) e nitrogênio (CDN):

$$521 \quad \text{CDMS} = 100 - (100 \times (\% \text{ ID} / \% \text{ IF}) \times (\% \text{ MSF} / \% \text{ MSD}))$$

$$522 \quad \text{CDN} = 100 - (100 \times (\%ID / \%IF) \times (\%NF/\%ND))$$

523 Onde, MSF= matéria seca das fezes; MSD= matéria seca da dieta; NF = nitrogênio nas
524 fezes e ND = nitrogênio na dieta.

525 **3.3 Parâmetros da carcaça**

526 Após o período de adaptação e antes de iniciar o experimento, 50 peixes, com peso
527 médio de 2,82 g, foram insensibilizados com alta dose de eugenol (286,55 mg/L) por 600
528 segundos e a medula espinhal foi cortada (VIDAL et al., 2008) para posteriores análises
529 comparativas. Os peixes foram colocados em placas de Petri, ultracongelados e liofilizados. A
530 amostra passou por um moinho de bolas para homogeneizar e levar à análise de composição.

531 Ao final do período experimental de 85 dias, foram coletados, de acordo com o
532 tratamento, os peixes no bloco dos leves, intermediários e pesados. Conforme descrito, os
533 peixes foram atordoados com eugenol e abatidos para obtenção dos índices de carcaça para
534 realizar uma análise comparativa entre o peixe inicial e o final. As vísceras (coração, fígado,
535 rins, intestino, estômago e gônadas) foram retiradas do peixe depois da pesagem do corpo e
536 pesadas. Depois de pesadas as vísceras, separou-se e pesou-se o fígado.

537 Os índices da carcaça foram:

538 a) Parâmetros rendimento e composição de carcaça:

539 - Rendimento de carcaça (RC):

$$540 \quad \text{RC} = (\text{CW}/\text{W}) \times 100 \text{ (BITTARELLO et al., 2013).}$$

541 Onde, CW = peso da carcaça (peso do corpo sem vísceras) e W= peso do corpo.

542 - Composição da carcaça em base na matéria seca:

543 Matéria seca da carcaça (MSC), extrato etéreo da carcaça (EEC), energia bruta da
544 carcaça (EBC), material mineral da carcaça (MMC), matéria orgânica da carcaça (MOC),
545 nitrogênio da carcaça (NC) e proteína bruta da carcaça (PBC) (DETMANN et al., 2021).

546 b) Coeficiente de retenção da proteína (CRP) e energia (CRE):

547 - CRP = 100 x (peso final x proteína corporal final) – (peso inicial x proteína corporal
548 inicial) (CYRINO et al., 2000).

549 - CRE = (energia final x peso final)-(energia inicial x peso inicial)/(energia consumida)
550 x 100 (PONTES et al., 2010).

551 c) Índices hepatosomático (IHS) e índice viscerosomático (IVS) (BITTARELLO et al.,
552 2013):

553 IHS= (peso do fígado/peso do corpo) x 100.

554 IVS = (peso de vísceras/peso do corpo) x 100.

555

556 3.4 Viabilidade econômica

557 Em relação à viabilidade econômica da utilização de farinha de minhoca e zeólita
558 nas rações, foram utilizadas as seguintes variáveis: peso final (PF), consumo final da ração
559 (CR), preço da tilápia viva em kg (PT) e custo da ração consumida em US\$ (CRC). Os
560 preços dos ingredientes considerados ao formular as rações estão descritos na tabela 5.

561

562 **TABELA 5.** Preços dos ingredientes utilizados na formulação das rações experimentais.

INGREDIENTE	Preço (\$US/kg)
Farelo de soja 40% ¹	0,45
Milho Grão 7% ²	0,28
Farinha de minhoca 63% ³	25,05
Óleo de soja ¹	1,55
Fosfato bicálcico ⁴	1,39
Calcário calcítico ⁴	0,29
Sal comum ⁴	0,25
Premix Allmix Aqua Biovit* ⁵	11,42
DL-Metionina ⁴	3,56
L- Treonina ⁴	4,02
Inerte ⁴	0,07
Zeólita ⁵	0,74
BHT ³	10,30

Fonte: ¹Ceasape; ²IEA; ³Distribuidor da FM em São Paulo ⁴Levantamento de preço com fornecedor local;
⁴Alltech; ⁵Celtabrazil.

563

564 Para o preço vivo da tilápia em kg (PT), foi considerado o valor médio dos laudos
 565 do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) (1,46 US\$/kg peso
 566 vivo), correspondentes aos meses de abril a setembro de 2022.

567 O custo da ração (CTR) foi calculado multiplicando a quantidade de ingredientes
 568 utilizada nas formulações (QI) e seu respectivo preço (PI):

569

$$570 \quad \text{CTR} = \sum (\text{QI}_i \times \text{PI}_i)$$

571

572 O preço do farelo de soja (0,45 US\$/kg) foi obtido a partir do relatório do Centro de
 573 Abastecimento e Logística de Pernambuco (CEASA-PE) e do milho em grão (0,28 US\$/kg)
 574 do Instituto de Economia Agropecuária (IEA), referente ao mês de setembro de 2022. O
 575 preço da FM corresponde ao valor atual deste ingrediente de um produtor localizado em
 576 Contagem, Minas Gerais. O preço da zeólita foi fornecido pela empresa CELTA Brasil.
 577 Quanto ao preço dos demais ingredientes utilizados na dieta, estes foram obtidos através de
 578 cotações de fornecedores locais.

579 Os custos das dietas foram as seguintes (\$US/kg): T1: 0,56; T2: 1,40; T3: 2,25; T4:
 580 3,14; T5: 0,57; T6: 1,42; T7: 2,26 e T8: 3,15.

581 Para obter a relação custo-benefício (CB) do tratamento i, foram considerados os
 582 cálculos propostos por Chia et al. (2019):

583

$$584 \quad \text{CB} = \text{RBI}/\text{CPI}$$

585

586 Onde RB = receita bruta do tratamento i considerado e CP = custo de produção do
 587 tratamento i considerado. Estes valores, junto da margem bruta (MB), foram calculados
 588 seguindo as fórmulas descritas por Casaca et al. (2017):

589

590
$$RB = PFi \times PT$$

591
$$CP = (CRi/0,7)$$

592

593 Onde PF = peso final em kg do i-tratamento considerado, PT = preço médio da
594 tilápia em kg, e CR = custo por kg da ração utilizada do tratamento i. Para CP, considerou-
595 se que 70% dos gastos de produção correspondiam ao custo da dieta. Este valor pode variar
596 de acordo com o produtor (ANDRADE, 2017).

597

598 Por meio das equações anteriores, MB foi calculada por meio da seguinte fórmula:

599
$$MB = RBi - CPi$$

600 Também foram determinados os custos médios em relação com o peso vivo durante
601 o período experimental, seguindo as fórmulas recomendadas por Silva (2008):

602

603
$$CMR \text{ (US\$/kg)} = Qi \times CRai / GPi$$

604 Onde CMR = custo da ração por kg de peso vivo ganho no i-enésimo tratamento, Qi
605 = quantidade de ração consumida no i-enésimo tratamento, CRai = custo por kg da ração
606 utilizada no i-enésimo tratamento, e GPi = ganho de peso do i-enésimo tratamento.

607

608
$$IEE \text{ (\%)} = Mce / Ctei \times 100$$

609
$$IC \text{ (\%)} = Ctei / Mce \times 100$$

610

611 Onde IEE = Índice de eficiência econômica, IC = Índice de custo, Mce = menor
612 custo da ração por kg ganho observado entre os tratamentos, e Ctei = custo da ração por
613 kg ganho do tratamento i considerado.

614 Para o cálculo do preço viável da FM, foi elaborada uma planilha de otimização com
615 o auxílio da ferramenta *Solver do Excel*® (Microsoft Corp. Redmond, WA). Nesta
616 planilha, foram inseridos os valores médios do CTR, CB, RB, CP e MB dos tratamentos
617 de controle (0% de inclusão de FM). Como célula objetivo da ferramenta *Solver*, foi
618 utilizada a média da MB obtida pelos tratamentos de controle. Foi calculado o preço
619 otimizado das rações. Para o cálculo também se considera o custo atual da FM nos
620 diferentes níveis de inclusão e o custo do tratamento sem FM. A ferramenta calculou o
621 valor mínimo para o preço da FM para obter um valor médio da MB dos tratamentos
622 controle. Com o valor obtido para o preço da FM da ferramenta *Solver*, foram calculados
623 os índices CTR, CB, RB, CP, MB, CMR, IEE e IC, descritos anteriormente para cada
624 uma das dietas.

625 **3.5 Análise estatística**

626 Os dados foram submetidos à análise de variância, observando os efeitos principais, a
627 interação entre os fatores e o significativo dos fatores em níveis de farinha de minhoca.
628 Realizou-se a análise de regressão com intuito de verificar o melhor nível de inclusão. Todas as
629 análises utilizaram o procedimento GLM do pacote computacional SAS, ao nível de 5,0% de
630 significância. Os dados foram ajustados ao seguinte modelo:

$$631 \quad Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

632 Onde y_{ij} representa a m -ésima observação, do i -ésimo tratamento, no j -ésimo bloco, μ é a
633 média geral, α_i o efeito do i -ésimo tratamento, β_j representa o efeito do j -ésimo bloco, e ε_{ij} é o
634 componente aleatório do erro, obedecendo às restrições usuais de normalidade, independência
635 e homocedasticidade.

636

637

638 **4. RESULTADOS**

639

640 **4.1 Experimento de desempenho**

641

642 A temperatura média do local durante o período experimental foi registrada com
643 valores de 27.2 °C, a mínima, e máxima de 25.16 °C e 35.94 °C. A umidade relativa foi de
644 67.81%, com mínima, e máxima de 52,41% e 83.20%.

645

646 **4.1.1 Qualidade da água**

647

648 Para a temperatura da água, assim como para o pH, alcalinidade total, dureza total e
649 oxigênio dissolvido, não houve diferença significativa entre os níveis de farinha de minhoca
650 ou na adição de zeólita (Tabela 6).

651

652 **TABELA 6.** Valores médios e desvio padrão dos parâmetros de qualidade da água durante o período
653 experimental (70 dias) em juvenis de tilápia do Nilo GIFT, alimentada com diferentes níveis de farinha de
654 minhoca e zeólita.

655

Nível de FM (%)	Parâmetro				
	T	pH	ALC	DT	OD
0	27,59± 0,06	7,17±0,009	19,65± 0,58	25,54± 0,30	5,72±0,02
3,5	27,62± 0,05	7,17±0,015	20,25± 0,50	25,45± 0,42	5,65±0,04
7	27,63± 0,05	7,17±0,006	19,00± 0,54	24,92± 0,23	5,67±0,04
10,5	27,69± 0,07	7,17±0,007	19,55± 0,62	24,65± 0,27	5,69±0,05
Média	27,63± 0,03	7,17±0,005	19,61± 0,28	25,14± 0,16	5,68±0,02
<i>P</i>	<i>0,5464</i>	<i>0,994</i>	<i>0,413</i>	<i>0,1139</i>	<i>0,5405</i>
Z 0%	27,59± 0,04	7,17±0,008	19,90± 0,35	25,14± 0,22	5,70±0,03
Z 2%	27,67± 0,04	7,16±0,004	19,33± 0,43	25,14± 0,24	5,67±0,02
Média	27,63± 0,03	7,17±0,005	19,61± 0,28	25,14± 0,16	5,68±0,02
<i>P</i>	<i>0,1404</i>	<i>0,2421</i>	<i>0,2740</i>	<i>1,00</i>	<i>0,3678</i>

FM= Farinha de minhoca; Z=Zeólita; T= Temperatura (°C, Centígrados); ALC= Alcalinidade total (ppm);
DT= Dureza total (ppm de CaCO₃); OD= Oxigênio dissolvido (ppm). Média ± Desvio padrão)
p=probabilidade.

656 Na Tabela 7, são mostrados os parâmetros dos compostos nitrogenados presentes na
 657 água. Foi observado que, ao adicionar farinha de minhoca, não afetou significativamente
 658 estes parâmetros da qualidade da água, uma vez que os valores destes compostos estão
 659 dentro da faixa aceitável para criação de tilápias. A zeólita adicionada na ração ocasionou
 660 redução no teor de nitratos ($p=0,0071$).

661

662 **TABELA 7.** Valores médios e desvio padrão dos compostos nitrogenados presentes na água durante o período
 663 experimental (70 dias) em juvenis de tilápia do Nilo GIFT.
 664

Nível de FM (%)	Parâmetro			
	AT	NH3	NITRITO	NITRATO
0	0,68±0,07	0,009±0,0008	5,49±0,38	12,40± 0,71
3,5	0,79±0,07	0,009±0,0006	6,02±0,58	12,01± 1,05
7	0,79±0,06	0,010±0,0009	5,50±0,38	11,62± 0,73
10,5	0,75±0,08	0,008±0,0009	5,25±0,57	11,65± 0,95
Média	0,75±0,04	0,009±0,0004	5,55±0,24	11,92± 0,42
<i>P</i>	0,5022	0,3037	0,4151	0,7371
Z 0%	0,76±0,04	0,010±0,0007	5,71±0,36	12,73± 0,65
Z 2%	0,75±0,06	0,008±0,0005	5,40±0,32	11,11± 0,49
Média	0,75±0,04	0,009±0,0004	5,56±0,24	11,92± 0,42
<i>P</i>	0,8311	0,1150	0,3519	0,0071

FM= Farinha de minhoca; Z=Zeólita; AT=Amônia tóxica; NH3= Amônia tóxica total (ppm); NITRITO= Nitritos (ppm); NITRATO= Nitratos (ppm). Média ± Desvio padrão.) $p=probabilidade$.

665

666 Não se verificou influência dos níveis de farinha de minhoca também na contagem
 667 de coliformes totais (CTA) e fecais (CFA), mas foi observado efeito ($p=0,0078$), com uma
 668 menor contagem de CFA (Tabela 8), nos tratamentos com zeólita.

669

670

671

672

673

674

675 **TABELA 8.** Valores médios e desvio padrão da contagem de coliformes presentes na água com juvenis de
 676 tilápia do Nilo GIFT, alimentada com diferentes níveis de farinha de minhoca e zeólita.
 677

Nível de FM (%)	Parâmetro	
	CTA	CFA
0	$27 \times 10^3 \pm 2 \times 10^3$	$30 \times 10^3 \pm 2 \times 10^3$
3.5	$17 \times 10^3 \pm 1 \times 10^3$	$23 \times 10^3 \pm 9 \times 10^3$
7	$13 \times 10^3 \pm 7 \times 10^3$	$13 \times 10^3 \pm 7 \times 10^3$
10.5	$4 \times 10^3 \pm 0,1 \times 10^3$	$9,7 \times 10^3 \pm 6 \times 10^3$
Média	$15 \times 10^3 \pm 5 \times 10^3$	$19 \times 10^3 \pm 5 \times 10^3$
<i>P</i>	<i>0,4871</i>	<i>0,2810</i>
Z 0%	$26 \times 10^3 \pm 9 \times 10^3$	$33 \times 10^3 \pm 8 \times 10^3$
Z 2%	$4,3 \times 10^3 \pm 1 \times 10^3$	$4,9 \times 10^3 \pm 1 \times 10^3$
Média	$15 \times 10^3 \pm 5 \times 10^3$	$19 \times 10^3 \pm 5 \times 10^3$
<i>P</i>	<i>0,0639</i>	<i>0,0078</i>

FM= Farinha de minhoca; Z= Zeólita; CTA= Coliformes totais da água; CFA= Coliformes fecais da água.
 Unidade: Número mais provável ou NMP por 100 ml; Média \pm Desvio padrão *p=probabilidade*.

678

679

680

681 **4.1.2 Parâmetros experimentais de desempenho**

682

683 O peso inicial, final, taxa de crescimento específico, fator de condição de Fulton, ganho
 684 de peso, consumo de ração e conversão alimentar não diferiram estatisticamente entre os
 685 tratamentos ($p > 0,05$) (Tabela 9). A sobrevivência, ao finalizar, o experimento foi de 95%
 686 (Tabela 10).

687

688

689

690

691

692

693

694
695
696**TABELA 9.** Valores médios e desvio padrão dos parâmetros zootécnicos no experimento de desempenho em juvenis de tilápias do Nilo GIFT, alimentada com diferentes níveis de farinha de minhoca e zeólita. *Parte a.*

Nível de FM (%)	Parâmetro				
	PI	PF	CR	GP	CAA
0	2.82±0.19	12.53± 1.38	17.55± 1.44	9.71±1.22	1.93±0.12
3.5	2.85±0.23	12.79± 1.34	18.42± 1.35	9.94±1.19	1.96±0.12
7	2.81±0.13	13.46± 1.03	17.51± 0.88	10.65± 0.98	1.72±0.11
10.5	2.82±0.19	15.60± 2.08	20.43± 1.72	12.77± 1.91	1.75±0.12
Média	2.83±0.09	13.59± 0.75	18.48± 0.69	10.77± 0.69	1.84±0.06
<i>P</i>	0.9936	0.2239	0.1819	0.1918	0.2326
Z 0%	2.83±0.14	14.32± 1.13	19.03± 0.99	11.49± 1.03	1.78±0.08
Z 2%	2.83±0.12	12.87± 0.98	17.93± 0.97	10.05± 0.90	1.90±0.08
Média	2.83±0.09	13.59± 0.75	18.48± 0.69	10.77± 0.69	1.84±0.06
<i>P</i>	0.9916	0.2075	0.2988	0.1904	0.2515

FM= Farinha de minhoca; Z= Zeólita; PI= Peso inicial (g); PF= Peso final (g); CR= Consumo de ração (g); GP= Ganho de peso; CAA= Conversão alimentar aparente (g/g). *p=probabilidade.*

697
698
699
700**TABELA 10.** Valores médios e desvio padrão dos parâmetros zootécnicos no experimento de desempenho em juvenis de tilápias do Nilo GIFT, alimentada com diferentes níveis de farinha de minhoca e Zeólita. *Parte b*

Nível de FM (%)	Parâmetros		
	TCE	FCF	ST
0	2.80±0.07	1.37±0.10	97.14± 2.86
3.5	2.88±0.06	1.39±0.11	92.86± 2.38
7	2.82±0.05	1.47±0.08	97.14± 1.90
10.5	2.98±0.06	1.58±0.14	92.86± 4.39
Média	2.87±0.03	1.45±0.06	95.00± 1.50
<i>P</i>	0.2593	0.2456	0.6818
Z 0%	2.87±0.04	1.50±0.08	95.00± 2.60
Z 2%	2.87±0.05	1.40±0.08	95.00± 1.56
Média	2.87±0.03	1.45±0.06	95.00± 1.50
<i>P</i>	0.9333	0.2581	0.7256

FM= Farinha de minhoca; Z= Zeólita; TCE= Taxa de crescimento específica (%); FCF= Fator de condição de Fulton (%); ST=Sobrevivência total (%).*p=probabilidade.*

701

702

703 **4.2 Parâmetros de digestibilidade**

704

705 Em relação aos parâmetros de digestibilidade das dietas elaboradas no experimento,
706 não foi observado efeito no CDMS e CDN das dietas (Tabela 11).

707 **TABELA 11.** Valores médios e desvio padrão dos parâmetros de digestibilidade de proteína e matéria seca
708 das dietas experimentais para juvenis de tilápia do Nilo GIFT.

709

Nível de FM (%)	Parâmetros	
	CDMS	CDN
0	97,67± 0,13	96,40± 1,37
3,5	95,88± 1,93	96,83± 0,95
7	97,33± 0,49	97,56± 0,95
10,5	94,91± 1,65	98,27± 0,41
Média	96,45± 0,65	97,27± 0,48
<i>P</i>	0,4911	0,6724
Z 0%	95,99± 1,20	96,75± 0,81
Z 2%	96,91± 0,55	97,78± 0,48
Média	96,45± 0,65	97,27± 0,48
<i>P</i>	0,5231	0,3887

FM= Farinha de minhoca; Z= Zeólita; CDMS= Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (%); CDN= Coeficiente de digestibilidade do nitrogênio (%). Média±Desvio padrão. *p*=probabilidade.

710

711 **4.3 Parâmetros da carcaça**

712

713 As composições de carcaça das tilápias também não foram influenciadas pela adição
714 de farinha de minhoca e de zeólita nas dietas, como é mostrado na Tabela 12. Entretanto, ao
715 avaliar a concentração de EE na carcaça, observou-se uma redução (*P*=0,0208) nos
716 tratamentos com zeólita.

717

718
719
720
721**TABELA 12.** Valores médios e desvio padrão de composição da carcaça de juvenis de tilápia do Nilo GIFT, alimentada com diferentes níveis de farinha de minhoca e zeólita aos 85 dias.

Nível de FM (%)	Parâmetro						
	MSC	EEC	EBC	MMC	MOC	NC	PBC
0	22,51± 0,63	3,87±0,30	1121± 42	2,74±0,15	97,26± 0,15	2,24±0,08	13,97± 0,49
3,5	22,30± 0,30	3,51±0,17	1120± 21	2,92±0,10	97,08± 0,09	2,28±0,01	14,23± 0,07
7	21,99± 0,39	3,69±0,23	1125± 21	2,80±0,11	97,20± 0,11	2,22±0,05	13,86± 0,30
10,5	22,69± 0,31	3,75±0,23	1178± 26	3,15±0,14	96,85± 0,14	2,21±0,03	13,82± 0,21
Média	22,37± 0,21	3,71±0,11	1136± 14	2,90±0,07	97,10± 0,07	2,24±0,02	13,97± 0,15
<i>P</i>	<i>0,6625</i>	<i>0,6916</i>	<i>0,3364</i>	<i>0,1255</i>	<i>0,1255</i>	<i>0,8151</i>	<i>0,8151</i>
Z 0%	22,67± 0,26	3,99±0,13	1152± 20	2,89±0,12	97,11± 0,12	2,22±0,04	13,88± 0,27
Z 2%	22,07± 0,31	3,43±0,15	1120± 20	2,91±0,07	97,09± 0,07	2,25±0,02	14,06± 0,13
Média	22,37± 0,21	3,71±0,11	1136± 14	2,90±0,07	97,10± 0,07	2,24±0,02	13,97± 0,15
<i>P</i>	<i>0,1698</i>	<i>0,0208</i>	<i>0,2401</i>	<i>0,8677</i>	<i>0,8677</i>	<i>0,597</i>	<i>0,597</i>

FM= Farinha de minhoca; Z= Zeólita; MSC = Matéria seca da carcaça (%); EEC = Extrato etéreo da carcaça (%) e EBC = Energia bruta da carcaça (Cal/g); MMC = Material mineral da carcaça (%); MOC = Matéria orgânica da carcaça (%); NC = Nitrogênio da carcaça (%); PBC = Proteína bruta da carcaça (%) Média±Desvio padrão.
p=probabilidade.

722

723

724 Os rendimentos (RC) não apresentaram diferenças estatísticas na inclusão de farinha
 725 de minhoca e zeólita (Tabela 13). Os coeficientes de retenção de energia (CRE) foram
 726 significativamente maiores ($p=0,0376$) nos tratamentos sem zeólita. Ao avaliar a farinha de
 727 minhoca, o CRE aumentou ($p=0,0500$) de forma linear ($P=0.0188$), como demonstrado na
 728 Tabela 13 e na Figura 3, a seguir. Não tendo efeito significativo para o CRP, IH e IVS.

729

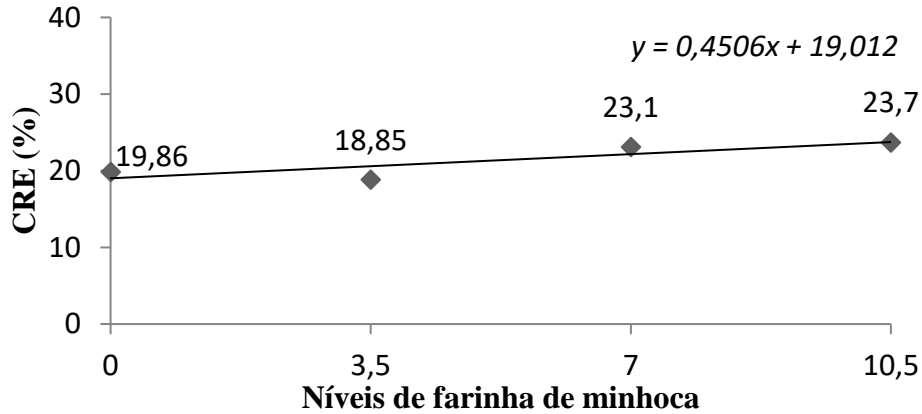
730 **TABELA 13.** Valores médios e desvio padrão dos índices da composição da carcaça em juvenis de tilápia do
 731 Nilo GIFT aos 85 dias, alimentada com diferentes níveis de farinha de minhoca e Zeólita.
 732

Nível de FM (%)	Parâmetro				
	RC	CRE	CRP	IHS	IVS
0	85,44± 0,75	19,86± 2,17	23,01± 2,87	0,91±0,08	4,34±0,19
3,5	83,93± 1,31	18,85± 0,82	24,49± 1,39	0,98±0,08	4,73±0,24
7	86,53± 0,59	23,10± 2,30	28,98± 3,17	1,08±0,14	4,62±0,23
10,5	84,94± 0,95	23,70± 2,27	28,21± 3,25	1,05±0,16	4,55±0,30
Média	85,21± 0,48	21,38± 1,02	26,18± 1,39	1,01±0,06	4,56±0,12
<i>P</i>	<i>0,3154</i>	<i>0,0500</i>	<i>0,1275</i>	<i>0,7428</i>	<i>0,7284</i>
Z 0%	85,12± 0,69	22,90± 1,60	27,73± 2,22	0,94±0,07	4,65±0,17
Z 2%	85,29± 0,67	19,85± 1,18	24,63± 1,66	1,07±0,09	4,47±0,17
Média	85,21± 0,48	21,38± 1,02	26,18± 1,39	1,01±0,06	4,56±0,12
<i>P</i>	<i>0,8627</i>	<i>0,0376</i>	<i>0,1293</i>	<i>0,2617</i>	<i>0,4922</i>

FM= Farinha de minhoca; Z= Zeólita; RC = Rendimento de carcaça (%); CRE= Coeficiente de retenção de energia (%); CRP= Coeficiente de retenção de proteína (%); IHS= Índice hepatossomático (%); IVS= Índice viscerossomático (%). Média ± Desvio padrão. *p*=probabilidade.

733 **FIGURA 3.** Variação do coeficiente de retenção de proteína (CRE) do alevino de tilápia do Nilo durante 70
 734 dias, de acordo ao nível de farinha de minhoca (FM), nas dietas experimentais.
 735

736



737

738

739 4.4 Viabilidade econômica

740

741 Ao avaliar os custos das rações de acordo com os preços dos ingredientes, foi
 742 observado aumento ($P < 0,01$) no CTR, CMR, CRC e IEE, como visto na Tabela 14 com a
 743 inclusão de FM e no CTR com as dietas com zeólita. No entanto, o índice de custo não teve
 744 efeito negativo nos tratamentos com FM e Zeólita.

745 **TABELA 14.** Análises da viabilidade econômica da inclusão da farinha de minhoca e zeólita nas dietas para
 746 juvenis de tilápia do Nilo GIFT. Parte a
 747

Nível de FM (%)	Parâmetro				
	CTR	CMR	CRC	IEE	IC
0	0,568±0,0023	1,094±0,0675	0,010±0,0008	79,16± 4,40	130,3± 8,0
3,5	1,412±0,0023	2,762±0,1653	0,026±0,0019	31,38± 1,84	135,1± 8,2
7	2,255±0,0023	3,887±0,2392	0,039±0,0020	22,31± 1,30	121,5± 7,7
10,5	3,148±0,0023	5,512±0,3861	0,064±0,0054	15,90± 1,10	135,9± 9,4
Média	1,846±0,1537	3,313±0,2835	0,035±0,0035	37,19± 4,16	130,7± 4,1
<i>P</i>	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,4466
Z 0%	1,839±0,2202	3,200±0,4259	0,036±0,0050	38,05± 5,73	125,4± 6,2
Z 2%	1,852±0,2202	3,427±0,3836	0,034±0,0050	36,32± 6,17	136,1± 5,4
Média	1,846±0,1537	3,313±0,2835	0,035±0,0035	37,19± 4,16	130,7± 4,1
<i>P</i>	<,0001	0,2937	0,5629	0,4471	0,1336

FM= Farinha de minhoca; Z=Zeólita; CTR= Custo total da ração (US\$/kg); CMR= Custo da ração por peso vivo (US\$/kg); CRC= Custo ração consumida (US\$/kg); IEE = Índice de eficiência econômica (%); IC=Índice de custo(%).Média ± Desvio padrão. *p*=probabilidade.

748

749 Com a inclusão da FM, aumentou o custo de produção, no entanto, a margem bruta
750 e o custo-benefício foram menores (Tabela 15).

751 **TABELA 15.** Análises da viabilidade econômica da inclusão da farinha de minhoca e zeólita nas dietas para
752 juvenis de tilápia do Nilo GIFT. Parte b.
753

Nível de FM (%)	Parâmetro			
	RB	CP	MB	CB
0	0,018±0,0020	0,014±0,0012	0,004±0,0010	1,265±0,0510
3,5	0,019±0,0020	0,037±0,0027	-0,018±0,0011	0,497±0,0205
7	0,020±0,0015	0,056±0,0028	-0,037±0,0016	0,346±0,0147
10,5	0,023±0,0030	0,092±0,0077	-0,069±0,0048	0,240±0,0122
Média	0,020±0,0011	0,050±0,0050	-0,030±0,0045	0,587±0,0659
<i>P</i>	0,2239	<,0001	<,0001	<,0001
Z 0%	0,021±0,0017	0,051±0,0072	-0,030±0,0064	0,593±0,0907
Z 2%	0,019±0,0014	0,049±0,0072	-0,030±0,0064	0,581±0,0979
Média	0,020±0,0011	0,050±0,0050	-0,030±0,0045	0,587±0,0659
<i>P</i>	0,2075	0,5629	0,9974	0,6280

FM= Farinha de minhoca; Z=Zeólita; RB= Receita bruta; CP= Custo de produção (US\$); MB= Margem bruta (US\$); CB= Custo-benefício (Benefício/Custo). Média ± Desvio padrão. *p*=probabilidade.

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

Como resultado da simulação para obtenção do preço ótimo da FM através da planilha do Solver, constatou-se que o valor ideal para este ingrediente é US\$ 1,27. Foi encontrado, portanto, efeito significativo nas variáveis de custo total e custo da ração consumida (Tabela 16), mas estes não tiveram efeitos negativos nos índices de eficiência econômica e no índice de custo ou custo/benefício (Tabela 17).

767

768 **TABELA 16.** Análises de viabilidade econômica com o valor ideal determinado para a farinha de minhoca
 769 nas dietas para juvenis de tilápia do Nilo GIFT. Parte a
 770

Nível de FM (%)	Parâmetro				
	CTR	CMR	CRC	IEE	IC
0	0,568±0,0023	1,094±0,0675	0,010±0,0008	69,86± 3,88	147,6± 9,1
3,5	0,580±0,0023	1,135±0,0692	0,011±0,0008	67,48± 4,02	153,1± 9,3
7	0,591±0,0023	1,020±0,0646	0,010±0,0005	75,16± 4,53	137,7± 8,7
10,5	0,652±0,0023	1,141±0,0790	0,013±0,0011	67,78± 4,72	154,0± 10,7
Média	0,598±0,0053	1,097±0,0346	0,011±0,0005	70,07± 2,13	148,1± 4,7
<i>P</i>	<,0001	0,4466	0,0029	0,3984	0,4466
Z 0%	0,591±0,0074	1,052±0,0519	0,011±0,0006	73,44± 3,34	142,1± 7,0
Z 2%	0,604±0,0074	1,142±0,0450	0,011±0,0007	66,70± 2,49	154,2± 6,1
Média	0,598±0,0053	1,097±0,0346	0,011±0,0005	70,07± 2,13	148,1± 4,7
<i>P</i>	<,0001	0,1336	0,5377	0,0655	0,1336

FM= Farinha de minhoca; Z=Zeólita; CTR= Custo total da ração (US\$/kg); CMR= Custo da ração por peso vivo (US\$/kg); CRC= Custo ração consumida (US\$/kg); IEE = Índice de eficiência econômica (%); IC=Índice de custo(%).Média ± Desvio padrão. *p*=probabilidade.

771

772 **TABELA 17.** Análises de viabilidade econômica com o valor ideal determinado para a farinha de minhoca
 773 nas dietas para juvenis de tilápia do Nilo GIFT. Parte b
 774

Nível de FM (%)	Parâmetro			
	RB	CP	MB	CB
0	0,018±0,0020	0,014±0,0012	0,004±0,0010	1,265±0,0510
3,5	0,019±0,0020	0,015±0,0011	0,003±0,0010	1,211±0,0511
7	0,020±0,0015	0,015±0,0007	0,005±0,0010	1,321±0,0587
10,5	0,023±0,0030	0,019±0,0016	0,004±0,0015	1,160±0,0591
Média	0,020±0,0011	0,016±0,0006	0,004±0,0006	1,239±0,0282
<i>P</i>	0,2239	0,0029	0,6974	0,0689
Z 0%	0,021±0,0017	0,016±0,0009	0,005±0,0009	1,280±0,0448
Z 2%	0,019±0,0014	0,016±0,0009	0,003±0,0006	1,199±0,0328
Média	0,020±0,0011	0,016±0,0006	0,004±0,0006	1,239±0,0282
<i>P</i>	0,2075	0,5377	0,0911	0,0696

FM= Farinha de minhoca; Z=Zeólita; RB= Receita bruta; CP= Custo de produção (US\$); MB= Margem bruta (US\$); CB= Custo benefício (Benefício/Custo). Média ± Desvio padrão. *p*=probabilidade.

775

776 5. DISCUSSÃO

777

778 A temperatura da água durante o experimento foi constante e dentro da faixa
779 esperada para o desenvolvimento da tilápia (EL SAYED, 2020). A água, no período
780 experimental, apresentou características de pH e alcalinidade total e oxigênio dissolvido,
781 sendo mantidas nas faixas adequadas para a espécie e favoráveis ao desenvolvimento da
782 espécie (EL-SAYED, 2020). Por outro lado, a dureza ficou no valor de $25,14 \pm 0,16$ ppm,
783 abaixo da faixa ideal (80-110 ppm) (Tabela 1). No entanto, não houve problemas com
784 flutuações do pH devido a esta dureza (Tabela 6).

785 Nas amostras de água das diferentes caixas coletadas durante e no final do
786 experimento, e antes do manejo de troca da água, não foram observados efeito nas variáveis
787 microbiológicas pela FM, mas os valores analisados foram significativamente menores para
788 coliformes fecais ($p=0,0078$) nos tratamentos com zeólitas. Este resultado sobre os
789 coliformes fecais encontrados neste estudo pode ser explicado pela propriedade de captação
790 de amônia e possíveis alterações no pH do intestino (SCHNEIDER et al., 2017).

791 Como consequência do efeito da zeólita na captação de moléculas, houve também
792 redução significativa nos valores dos nitratos. A absorção de amônia, nitritos e nitratos é
793 evidente em inclusões de 2%, concordando com Yildirim et al. (2009), que mencionaram
794 que a *clinoptilolita* apresenta vantagens na captura de compostos nitrogenados, como
795 amônia, nitritos e nitratos, diminuindo a presença desses compostos nas águas residuárias
796 da produção de peixes. Além disso, Dikić et al. (2019) relatam que a capacidade da zeólita
797 de funcionar como antimicrobiano na água pode ser auxiliada pelo timol e carvacrol. Esta
798 característica descreve o potencial do uso da zeólita na melhoria da produção aquícola e no
799 bem-estar dos peixes por meio da redução de coliformes fecais.

800 Por outro lado, Milenković et al. (2015) observam efeitos semelhantes com o uso de
801 zeólita em conjunto com cobre (Cu_2O), e TAACA et al. (2017), com nanopartículas de
802 prata. Neste trabalho, adicionando somente zeólita (*clinoptilolita*), a concentração
803 microbiológica diminuiu em uma taxa de 84,9%, comparando-se aos tratamentos sem
804 zeólita ($\text{CFA}=33 \times 10^3 \pm 8 \times 10^3$ NMP/100ml) e com zeólita ($\text{CFA}= 4,9 \times 10^3 \pm 1 \times 10^3$
805 NMP/100ml). A zeólita como mineral antimicrobiano é potencializada com o uso de
806 zeólitas modificadas, ampliando a diversificação industrial deste aditivo na aquicultura.

807 A inclusão de farinha de minhoca, bem como *clinoptilolita*, não teve efeito sobre a
808 taxa de crescimento específico e índice de condição de Fulton, que são indicadores da
809 presença de estresse causado por condições inadequadas na qualidade da água e na
810 densidade, etc. (KHALLAF et al., 2003). Condições estas que não houve no presente
811 experimento, já que foram realizadas trocas de água no período experimental. E, em relação
812 à qualidade da água, as trocas estavam dentro dos parâmetros permitidos. Os valores médios
813 para o parâmetro FCF foram de $1,45 \pm 0,06\%$ (PF= $13,59 \pm 0,75$ g), logo, os valores acima
814 de 1% estão associados à boa saúde dos peixes. Santos et al. (2015) relatam valores
815 semelhantes para esta variável na faixa de peso final de 7 a 11 g, verificando, assim, que os
816 resultados deste estudo concordam com a literatura.

817 A biometria no dia 70 foi de $13,59 \pm 0,75$ g e um GP de $10,77 \pm 0,69$ g em uma
818 densidade de 7,14 L/peixe (sistema datado com trocas periódicas de água). Sanches &
819 Hayashi (2019) relatam valores semelhantes em tilápias do Nilo com peso final de 8,7 g às
820 de maior densidade (6,25 L/peixe) em um período de 50 dias.

821 A CAA obtida no período experimental foi de $1,84 \pm 0,06$ g/g, consistente para
822 sistemas produtivos sem fitoplâncton e zooplâncton, sendo a única fonte alimentar dos
823 peixes. Maeda et al. (2010) observaram, em tilápia do Nilo com peso inicial de $4,77 \pm 0,29$
824 g, em um período experimental de 45 dias em tanque-rede (sistema fechado), que
825 densidades menores que 0,77 L/peixe afetam negativamente o GP. Houndonougbo et al.
826 (2017) reportam valores para CAA de $1,99 \pm 0,07$ g/g nos primeiros 45 dias de criação de
827 tilápia do Nilo alimentada com diferentes níveis de inclusão (0, 5, 10, 15 e 20%) de *Eisenia*
828 foetida, valor semelhante ao observado nesta pesquisa.

829 O consumo não foi afetado comparado ao controle, possivelmente devido à
830 ausência da hemolisina, proteína que pode causar baixa palatabilidade nas dietas quando a
831 FM não é processada de forma apropriada (BITARELLO et al., 2013), indicando que o FM
832 passou por um processo de fabricação adequado. Portanto, não foram observados efeitos
833 prejudiciais sobre o desempenho zootécnico da tilápia em função da inclusão de FM,
834 validando seu uso como fonte proteica em dietas para tilápia do Nilo. Portanto, a taxa de
835 sobrevivência foi entre $95,00 \pm 1,50\%$, semelhante ao reportado por Houndonougbo et al.
836 (2017) do 99,63, Admed et al. (2020) de 93,33% e Zenhom et al. (2020) 92,5% para a
837 espécie.

838 A zeólita não influenciou negativamente o desempenho, e a sua vantagem sobre a
839 qualidade da água não chegou a influenciar no ganho de peso dos peixes. A FM foi incluída
840 até 10,5%, sem ocasionar efeitos negativos nos parâmetros de desempenho em dietas com
841 base de milho e farelo de soja. Também os parâmetros de MSC, EBC, MMC, MOC, NC e
842 PBC não apresentaram efeitos negativos pela zeólita, e a FM e a composição da carcaça
843 foram semelhantes nos diferentes tratamentos.

844 A zeólita não teve efeito no RC comparada aos tratamentos sem zeólita. Resultados
845 parecidos foram observados nos tratamentos com inclusão de FM, não tendo efeito adverso
846 sobre o parâmetro de RC e sendo este semelhante ao relatado por Bitarello et al. (2013) de
847 85,58%. Porém, menores valores de EEC foram encontrados com média de $3,43 \pm 0,15\%$
848 nos tratamentos com zeólita (2%) e $3,99 \pm 0,13$ nas dietas sem zeólita ($p=0,0208$) devido a
849 uma redução no CRE. Valores elevados de EEC diminuem a qualidade organoléptica da
850 carne de peixe (PONTES et. al., 2010). Estes resultados podem indicar que a zeólita tem
851 um efeito positivo na composição da carcaça, sendo a gordura utilizada no crescimento
852 muscular e não na deposição de gordura corporal. Por outro lado, as dietas com FM
853 ocasionaram aumento nos valores do CRE pelas tilápias, mas sem influenciar na
854 quantidade de gordura depositada.

855 Os índices hepatossomático e viscerossomático são importantes para a avaliação das
856 atividades metabólicas dos peixes. Neste estudo, IHS e IVS não foram afetados pelo uso
857 de FM e zeólita. Na literatura, não há evidências de alterações metabólicas decorrentes do
858 uso de FM e zeólita que prejudiquem o crescimento e o correto desenvolvimento dos
859 animais.

860 Os coeficientes de digestibilidade CDMS e CDN não apresentaram diferença
861 estatística significativa, com valores de $96,45 \pm 0,65$ e $97,27 \pm 0,48$, respectivamente. Existem
862 poucos estudos sobre a digestibilidade de ingredientes alternativos de origem animal como
863 a FM na nutrição de alevinos de tilápia do Nilo. Vasquez-Torres et al. (2010) reportam
864 digestibilidade em *Oreochromis sp.* no farelo de soja em torno de 90.7% e 90,0% para a FM
865 em *Onchorinchus mykiss* (ISEA et. Al, 2008). Os resultados de digestibilidade obtidos neste
866 estudo são considerados favoráveis do ponto de vista nutricional, sendo as dietas
867 formuladas, majoritariamente, digeridas pela tilápia nos tratamentos com e sem inclusão de
868 FM.

869 Quando se aborda a análise de custo das dietas formuladas, é fácil perceber a
870 diferença no preço da FM como matéria-prima. O preço original de US\$ 25,05/kg eleva os
871 custos finais das rações, além de afetar o CTR, CMR, CMC e CP, elevando também estes
872 valores. A renda bruta (RB) não apresentou diferença significativa nas dietas avaliadas,
873 porque este parâmetro leva em consideração apenas o peso final (PF) e preço médio da
874 tilápia viva (PT), sem o preço da ração. O que não indica que a produção final, com o uso
875 de dietas com FM e zeólita, seja inviável do ponto de vista econômico. E, ao avaliar o IC,
876 não foi verificada diferença significativa tanto na adição de FM, quanto na adição de zeólita
877 nas dietas. O IEE apresenta um efeito desfavorável com o uso da FM, porém, sendo um
878 ingrediente alternativo com uma indústria ainda em desenvolvimento, seria pouco objetivo
879 determinar a viabilidade desse ingrediente do ponto de vista econômico atual.

880 Atualmente, existem poucos estudos que analisam a FM do ponto de vista
881 econômico e o foco principal costuma ser suas vantagens em aspectos de desempenho
882 produtivo. O cálculo de otimização da FM foi de US\$ 1,27, levando em consideração a MB
883 do tratamento controle. Embora o CTR no cenário com o preço da FM otimizado tenha
884 aumentado, porém, não significativamente, com a adição da FM, as diferenças entre os
885 tratamentos com inclusão máxima ($3,148 \pm 0,0023$ US\$/kg) em relação ao controle
886 ($0,568 \pm 0,0023$ US\$/kg) foram bem maiores. Com o preço da FM otimizado, a diferença do
887 CTR médio com inclusão máxima ($0,652 \pm 0,0023$ US\$/kg), comparado aos tratamentos
888 controle sem FM ($0,568 \pm 0,0023$ US\$/kg), foi menor.

889 Como foi apresentado no cenário de não otimização, CRC e CP foram afetados pelo
890 preço da FM, mas em menor escala. No entanto, o panorama muda ao analisar o CMR, MB,
891 IEE, IC e CB, não apresentando diferenças significativas entre os tratamentos com FM e o
892 controle quando o valor da FM foi otimizado.

893 Não foi calculado um valor ideal para a zeólita, pois o ingrediente não apresentou
894 diferença significativa nos valores da variável CP das dietas não otimizadas ($p=0,5629$) e
895 otimizadas ($p=0,5377$), o que mostra um efeito positivo, pois não aumentou o custo de
896 produção significativamente com sua adição nas dietas destes animais. Mais estudos são
897 necessários com relação ao uso de zeólita e, principalmente, de FM na produção de tilápia.

898 A indústria de FM, apesar de estudada por várias décadas, ainda apresenta um
899 desenvolvimento incipiente. O uso da FM é possível para o produtor com cria no local de

900 minhoca, mas a indústria deste ingrediente poderia, no futuro, facilitar o acesso ao produtor
901 geral.

902

903

904 **6. CONCLUSÃO**

905

906 Com base nos resultados obtidos neste estudo, a farinha de minhoca pode ser
907 incluída nas dietas de tilápia do Nilo GIFT até 10,5% e zeólita 2%, ao avaliar o desempenho,
908 digestibilidade e a carcaça dos peixes. Rações com 2% de zeólita (*clinoptilolita*)
909 proporcionaram benefícios na qualidade da água, sem afetar negativamente o custo de
910 produção. Além disso, o preço ideal para a viabilização da FM industrializada foi de US\$
911 1,27/kg.

912

913

914

915 **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

916

917 ABD AZIZ, M. S.; NIK MALEK, N. A., NABIHAN ISHAK, S.; HARIZ ASRAF, M.;
 918 ABDUL HADI, A.; AMIR AWALUDDIN, M. Z. Simultaneous action of surfactant modified
 919 clinoptilolite: Adsorbent of dyes and antibacterial agent. **Malaysian Journal of**
 920 **Fundamental and Applied Sciences Special Issue on Natural Sciences and Mathematics.** pp
 921 477-481. 2018

922

923 ADMED R.; EISSA M.; SHAFI M. Influence of replacement of fish meal with the earthworm
 924 *Eisenia fetida* on growth performance, feed utilization and blood parameters of Nile tilapia
 925 (*Oreochromis niloticus*). **Journal of Aquaculture & Marine Biology.** V. 9 Issue 2 – 2020.

926

927 ANDRADE D.; HELI. C. Crecimiento compensatorio como estrategia de alimentación en
 928 piscicultura. Revisión y aportes. **Revista politécnica y territorial.** Vol. 3(1), 63-73. 2017

929

930 BAREL, A.O. et. al. **Handbook of cosmetic science and technology.** 3. Ed. New York:
 931 Inoforma Healthcare, 2009.

932

933 APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for examination of water and wastewater.** 22°
 934 ed. Washington: American Public Health Association, 2012.

935

936 BARRETO M.; RUIZ M.; RETAMAL P. Salmonella enterica: una revisión de la trilogía
 937 agente, hospedero y ambiente, y su trascendencia en Chile. **Rev Chilena Infectol;** 33 (5): 547-
 938 557. 2016.

939

940 BERTO, D. A. **Níveis de clinoptilolita e cálcio na dieta de poedeiras comerciais no final**
 941 **do primeiro ciclo de produção.** 2009. 67f. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade
 942 Estadual Paulista.

943

944 BITTARELLO, C; KULCZYNSKI, S. M.; KUHN, P. R.; MIGLIORINI, P.; KOCH, F.
 945 Farinha de minhoca para alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Revista Agrariam.** V.
 946 6, n.21, p.326-332, 2013.

947

948 BOULOGNE S, MÁRQUEZ E, GARCÍA Y, MEDINA A, CAYOT P. Optimización de la
 949 operación de secado de la carne de lombriz (*Eisenia andrei*) para producir harina destinada al
 950 consumo animal. **Revista ciencia e Ingeniería.** 29(2):91-96p, 2008.

951

952 BOARU A.; STRUȚI D.; DĂRĂBAN S.; GEORGESCU B. The effect of using earthworm
 953 meal (*Eisenia foetida*) as protein supplement for the growth of *Xiphophorus hellerii* juveniles.
 954 **Poeciliid Research.** Volume 6, n. 1. 2016.

955

956 ČABARKAPA, I. et al., Microbiological Safety of Animal Feed. **Biotechnology in Animal**
 957 **Husbandry,** v. 25, n. 6, p. 1155–1162, 2009.

958

959 CÁCERES, J.; BÜCKLE, L.; HERNÁNDEZ, M.; VALDEZ, A.; MURILLO, L. **Cultivo de**
 960 **organismos en agua recirculada y su prevención sanitaria: sistema tridimensional para**
 961 **cultivar organismos acuáticos,** 2011.

962

- 963 CAMELIA, S. et al., Use of clinoptilolite natural zeolite in aquaculture - a review. **Current**
 964 **Trends in Natural Sciences** v. LXII, n. 1, p. 481–488, 2019.
- 965
 966 CARVALHO I.; EDUFRPE. **Microbiologia dos alimentos**. Recife, Brasil. 2010.
- 967
 968 CASACA, J.M.; BARBOSA, A.S.; FABREGAT, T.E.H.P. **Planilhas para cálculo do custo**
 969 **de produção de trutas: Manual de uso**. Florianópolis, SC: Epagri, 2017.
- 970
 971 CHIA, S. Y. et al., Meal on Growth Performance , Blood Profiles and Economics of Growing
 972 Pigs in Kenya. **Animals**, v. 9, n. 705, p. 1–19, 2019.
- 973
 974 CYRINO J. E.; PORTZ L.; MARTINO R. C. Retenção de proteína e energia em juvenis de
 975 “black bass” *Micropterus salmoides*. **Scientia Agricola**, v.57, n.4, p.609-616, out./dez. 2000.
- 976
 977 ÇOĞUN, H. Y.; REYHAN, İ. Ç. Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) balığı
 978 dokularında kalsiyum ve zeolitin kadmiyum birikimine etkisi. **Ege Journal of Fisheries and**
 979 **Aquatic Sciences**, v. 33, n. 1, p. 41, 2016.
- 980
 981 CONAMA. **Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005**. Brasil Conselho Nacional
 982 de Meio Ambiente. 2005.
- 983
 984 COPCIA, V. E.; C. LUCHIAN; DUNCA, S.; BILBA N.; HRISTODOR C. M. Antibacterial
 985 activity of silver-modified natural clinoptilolite. **J Mater Sci**. pp. 46:7121–7128. 2011.
- 986
 987 CORREIA A.; MAICO E; KARIN J.; PIMENTA V.; FEIDEN A.; ROGÉRIO W.; SIGNOR
 988 A. Farinha de minhoca para alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Revista Agrarian**.
 989 Dourados, v.6, n.21, p.326-332 2013.
- 990
 991 DA MOTA, C. **Diferentes métodos de coleta de fezes sobre os coeficientes de**
 992 **digestibilidade aparente para o tambaqui (colossoma macropomum)**. 2012 Tese
 993 (Bacharel em Zootecnia), Universidade Federal De Goiás Campus Jataí.
- 994
 995 DÁVILA, F. S. Harina de lombriz, alternativa proteica en trópico y tipos de alimento. **Folia**
 996 **Amazonica**. Vol. 8(2)-1996.
- 997
 998 DETMANN E.; COSTA L.; CIPRIANO G.; NOBRE M. E PACHECO J. **Métodos para**
 999 **Análises de Alimentos**. INCT Ciência animal.. Edição 2. 350p. 2021
- 1000
 1001 DIKIĆ, J. et al., Antibacterial activity of metal-containing clinoptilolite in natural seawater.
 1002 **Desalination and Water Treatment**, v. 170, p. 75–79, 2019.
- 1003
 1004 DIKIĆ, J., LUKIĆ, I., PAJNIK, J. et al., Antibacterial activity of thymol/carvacrol and
 1005 clinoptilolite composites prepared by supercritical solvent impregnation. **Porous**
 1006 **Materials** 28, 1577–1584. 2021.
- 1007
 1008 DJISSOU A.; AKITO O; SHUNSUKE K. and EMILE D. F. Effect of total replacement of
 1009 fishmeal by earthworm and *Azolla filiculoides* meals in the diets of Nile tilapia *Oreochromis*
 1010 *niloticus* (Linnaeus, 1758) reared in concrete tanks. **Indian J. Fish.**, 64(1): 31-36, 2017.
- 1011
 1012 DYNES, R. A. **Earthworms Technology information to enable the development of**

- 1013 **earthworm production: A report for the Rural Industries Research and Development**
 1014 **Corporation (RIRDC).** Australia, pp 1-39. 2003.
 1015
 1016
 1017 EL-GENDY, M.; GOUDA, A. and Shehab El-Din, M. Effect of Zeolite on Feeding Rates and
 1018 Growth Performance for Nile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*). **International Journal of**
 1019 **Scientific Research in Agricultural Sciences.** v. 2, p. 18–24, 2015.
 1020
 1021 ELLIOTT, C. T.; CONNOLLY, L.; KOLAWOLE, O. Potential adverse effects on animal
 1022 health and performance caused by the addition of mineral adsorbents to feeds to reduce
 1023 mycotoxin exposure. **Mycotoxin Research**, v. 36, n. 1, p. 115–126, 2020.
 1024
 1025 EL-SAYED, A.-F. M. Environmental requirements. In: **Tilapia Culture**, 2020, p. 47–67.
 1026
 1027 EMADI, H.; NEZHAD, J.E.; POURBAGHER, H. In vitro comparison of zeolite
 1028 (Clinoptilolite) and activated carbon as ammonia absorbants in fish culture. Naga, **The**
 1029 **ICLARM Quarterly.** Vol. 24, Nos. 1 & 2. 2001
 1030
 1031 EMBRAPA. Giovanni Vitti Mora. Tanque – Rede. **Rações e manejo alimentar de peixes.**
 1032 **Cartilha Projeto peixe.** p. 1-8, 2014.
 1033
 1034 ERDOGAN, B.C., ULKU, S. Removal of bacteria by clinoptilolite rich mineral and its
 1035 surfactant modified forms. **J Porous Mater**, 1143–1151. 2013.
 1036
 1037 EUMOFA. **European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products,**
 1038 **Monthly Highlights.** No. 4. 2019.
 1039
 1040 FAO. Comisión de pesca en pequeña escala, artesanal y acuicultura para américa latina y el
 1041 caribe. **Panorama de la acuicultura marina y continental en america latina y el caribe.**
 1042 Septiembre, Decimosexta reunión. 2019.
 1043
 1044 FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. **Hacia la transformación azul.**
 1045 Roma, 2022.
 1046
 1047 FAO GLOBEFISH Highlights January 2020 ISSUE, with Jan. – Sep. 2019 **Statistics – A**
 1048 **quarterly update on world seafood markets. Globefish Highlights** no. 1–2020. Rome.
 1049 2020.
 1050
 1051 FARINA, M. et al., Antibacterial activity of Na-clinoptilolite against *Helicobacter pylori*: in-
 1052 vitro tests, synergistic effect with amoxicillin and stability of the antibiotic formulated with
 1053 the zeolite. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 288, n. July, p. 109-592, 2019.
 1054
 1055 FEDNA. C. DE BLAS, G.G. MATEOS Y P. GARCÍA-REBOLLAR. **Tablas de**
 1056 **composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos.**
 1057 **Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.** Madrid. Ed. 3, 2010.
 1058
 1059 FERNANDES, D. V. G. S.; CASTRO, V. S.; CUNHA NETO, A.; FIGUEIREDO, E. E. S.
 1060 *Salmonellaspp.* in the fish production chain: a review. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 48, n.
 1061 8, p. 1-11, e2018141, 2018.
 1062

- 1063 FRANCO, B. D. G. M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 182 p, 1996.
1064
- 1065 FRIKHA, M.; SERRANO, M. P.; VALENCIA, D. G.; REBOLLAR, P. G.; FICKLER, J.;
1066 MATEOS, G. G., Correlation between ileal digestibility of amino acids and chemical
1067 composition of soybean meals in broilers at 21 days of age. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 178
1068 (1/2): 103-114. 2012.
1069
- 1070 FURUYA, W.M. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 100p.
1071 2010.
1072
- 1073 GABBI, A.M.; CYPRIANO, L.; PICCININ, I. Microbiological and physical-chemical aspects
1074 of three commercial feedstuffs under different storage condition. Aspectos microbiológicos e
1075 físico-químicos de três rações comerciais sob diferentes condições de armazenamento.
1076 **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n.3, p. 784-793, 2011.
1077
- 1078 GARCINUÑO MARTÍNEZ, R. M. Contaminación de los alimentos durante los procesos de
1079 origen y almacenamiento. **Aldaba**, (36), 51–64. 2017.
1080
- 1081 GAZAL L. E.; BRITO K. C.; CAVALLI L.; KOBAYASHI R. K.; NAKAZATO G.;
1082 OTOTUMI L. K.; CUNHA A. C.; NETO J. A.; BRITO B. G. Salmonella sp. em peixes—qual
1083 a importância para sanidade em pescado? **Pesq. Agrop. Gaúcha**, Porto Alegre, v.24, ns.1/2,
1084 p. 55-64, 2018.
1085
- 1086 GHIASI, F. Pathological Effects of Cadmium and Efficiency of Natural Zeolite,
1087 Clinoptilolite, to Reduce the Cadmium Toxicity in Common Carp and its Ability to Remove
1088 Cadmium from Contaminated Water. **Research Journal for Veterinary Practitioners**, v. 3,
1089 n. 2, 36–40 p., 2015.
1090
- 1091 GRGIĆ, D. K.; DOMANOVAC, M.; DOMANOVAC, T; ŠABIĆ, M.; CVETNIĆ, M.;
1092 BULATOVIĆ, V. Influence of Bacillus subtilis and Pseudomonas aeruginosa BSW and
1093 Clinoptilolite Addition on the Biowaste Composting Process. **Arabian Journal for Science
1094 and Engineering**, v. 44, n. 6, p. 5399–5409, 2019.
1095
- 1096 HAMIDIAN, G.; ZIRAK, K.; SHEIKHZADEH, N.; KHANI OUSHANI, A.;
1097 SHABANZADEH, S.; DIVBAND, B. Intestinal histology and stereology in rainbow trout
1098 (*Oncorhynchus mykiss*) administrated with nanochitosan/zeolite and chitosan/zeolite
1099 composites. **Aquaculture Research**, v. 49, n. 5, p. 1803–1815, 2018.
1100
- 1101 HEUZÉ V., TRAN G., KAUSHIK S. Soybean meal. **Feedipedia, a programme by INRAE,
1102 CIRAD, AFZ and FAO**. <https://www.feedipedia.org/node/674> Last updated on March 4,
1103 2020, 18:25, 2020a.
1104
- 1105 HEUZÉ V., TRAN G., SAUVANT D., BASTIANELLI D., LEBAS F. Earthworm meal.
1106 **Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO**.
1107 <https://www.feedipedia.org/node/665> Last updated on November 2, 2020, 16:53,
1108 2020b.
1109
- 1110 HOUNDONUGBO P.; CHIKOU A.; SODJINOU E.; BONOU C.; ADITÉ A.; HAZOUMÈ
1111 R.; AGBLONON T.; KOU DÉNOUPKO C.; LALÈYÈ P. AND
1112 MENSAH G. The effect of the incorporation of the flour of the worm of compost (*Eisenia*

- 1113 foetida) (Savigny, 1928) in the feed of tilapia *Oreochromis niloticus* high out in basin.
 1114 **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**. v. 5(6): 06-12 p. 2017.
 1115
- 1116 HRENOVIĆ, J.; TOFANT, A.; OSTOVIĆ, M.; MILIĆ, D. Effect of clinoptilolite addition on
 1117 bacterial counts in pig slurry. **Proceedings of the 3rd Croatian-Slovenian Symposium on**
 1118 **zeolites**. str. 65-68, 2010.
 1119
- 1120 IBRAHIM, I. H.; ADMED F.; MOHAMED T. Evaluation of natural zeolite (clinoptilolite) as a
 1121 feed additive in Nile tilapia fish diets and its influences on growth performance, genetic traits and
 1122 fish health. **Abbassa Int. J. Aqua**. V.9 No. (2) 2016.
 1123
- 1124 ISEA L.; BLÉ F. M.; MEDINA, C. G.; AGUIRRE, A. L.; BIANCHI, P.; GUILLERMO P.
 1125 and SADASIVAM K. Estudio de digestibilidad aparente de la harina de lombriz (*Eisenia*
 1126 *andrei*) en la alimentación de trucha arco iris (*Onchorhynchus mykiss*). **Revista chilena de**
 1127 **nutrición**, 35(1), 62-68 p. 2008.
 1128
- 1129 KANYILMAZ, M., TEKELIOGLU, N., SEVGILI, H., UYSAL, R., AKSOY, A. Effects of
 1130 dietary zeolite (clinoptilolite) levels on growth performance, feed utilization and waste
 1131 excretions by gilthead sea bream juveniles (*Sparus aurata*), **Animal Feed Science and**
 1132 **Technology**. 2014.
 1133
- 1134 KAUSHIK, S. J. Factores que afectan la excreción nitrogenada en teleósteos y crustáceos.
 1135 **Avances en Nutrición Acuicola IV**. pp 237-250. 2000.
 1136
- 1137 KHALLAF EA, GALAL M, AUTHMAN M. The biology of *Oreochromis niloticus* in a
 1138 polluted: Canal, **Ecotoxicol**. pp 12:405-416 2003.
 1139
- 1140 KHANI O.; SOLTANI, M.; SHEIKHZADEH, N.; SHAMSAIE M.; RAJABI H. Effects of
 1141 dietary chitosan and nano-chitosan loaded clinoptilolite on growth and immune responses of
 1142 rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Fish and Shellfish Immunology**, v. 98, n. July 2019,
 1143 p. 210–217, 2020.
 1144
- 1145 KOLESNYK, N.; SIMON, M.; MARENKOV, O.; SHARAMOK, T. Red Californian
 1146 earthworm (*Eisenia foetida andrei*) as a valuable food item in fish farming (review).
 1147 **Ribogospodars'ka nauka Ukraïni**. V. 4, n. 46, p. 26-48, 2018.
 1148
- 1149 KOSTECKA, J.; PACZKA, G. *Eisenia fetida* (Sav.) biomass for breeding aquarium fish.
 1150 **European Journal of Soil Biology**. V. 42, p. 231-233, 2006.
 1151
- 1152 LCIVAR-CEDENO, Ulbio et al. Influencia de los tipos de secado para la obtención de harina
 1153 de Lombriz Roja californiana (*Eisenia foetida*) a escala piloto. **RTQ**, Santiago de Cuba , v.
 1154 36, n. 2, p. 187-196, agosto 2016.
 1155
- 1156 LONGO, F.A.; SILVA, I.F.; LANZARIN, M.A. **A importância do controle microbiológico**
 1157 **em rações para aves**. In: Anais do XI Simpósio Brasil Sul de Avicultura e II Brasil Sul
 1158 Poultry Fair, 06 a 08 de abril de 2010, Chapecó, SC - Brasil, Concórdia: Embrapa Suínos e
 1159 Aves, p. 36 - 63, 2010.
 1160
- 1161 MAEDA, H.; SILVA, PAULO CESAR; OLIVEIRA, R. P. DE C.; AGUIAR, M. DA S.;
 1162 PÁDUA, D. M. C.; MACHADO, N. P.; RODRIGUES, V.; SILVA, R. H. DA. Densidade de

- 1163 estocagem na alevinagem de tilápia-do-nilo em tanque-rede. *Ciência Animal Brasileira /*
1164 **Brazilian Animal Science**, Goiânia, v. 11, n. 3, p. 471–476, 2010.
1165
- 1166 MAMBA, B. B.; DLAMINI, N. P.; NYEMBE, D.W. AND MULABA-BAFUBIANDI, A. F.
1167 Metal adsorption capabilities of clinoptilolite and selected strains of bacteria from mine water,
1168 **Physics and Chemistry of the Earth**, Parts A/B/C, Vol. 34, Issues 13–16, pp 830-840, 2009.
1169
- 1170 MARIN M; POGURSCHI, E; MARIN, J; NICOLAE, C. Influence of Natural Zeolites
1171 Supplemented with Inorganic Selenium on the Productive Performance of Dairy Cows.
1172 **Pakistan Journal of Zoology**. p. 52. 2020.
1173
- 1174 MCCOY, R.A.; BEHNKE, K.C.; HANCOCK, J.D.; MCELLHINEY, R.R. Effect of
1175 mixing uniformity on broiler chick performance. **Poultry Science**, v. 73, n. 3, p. 443– 451,
1176 1994.
1177
- 1178 MESA, A.; BOHORQUEZ M.; GIRALDO H.; RAMIREZ E. Excreción de nitrógeno
1179 amoniacal total a diferentes densidades de siembra de *Cyprinus carpio* en condiciones de
1180 laboratorio. **Orinoquia**. Universidad de los Llanos - Villavicencio, Meta. Colombia Vol. 19 -
1181 No 1 - Año 2015.
1182
- 1183 MILENKOVIĆ, J. K.; HRENOVIĆ, J.; GOIĆ-BARIŠIĆ, I.; TOMIĆ, M.;RAJIĆ, N.
1184 Antibacterial activity of copper-containing clinoptilolite/PVC composites toward clinical
1185 isolate of *Acinetobacter baumannii*. **Journal of the Serbian Chemical Society**, v. 80, n. 6, p.
1186 819–826, 2015.
1187
- 1188 MOREIRA, H.L.M. **Análise da estrutura de populações e diversidade genética de**
1189 **estoques de reprodutores de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) estimadas por**
1190 **microsatélite**. Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular)- Universidade Federal
1191 do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
1192
- 1193 MOYA, J.D. **Estudio de la calidad nutricional de la vermiharina de lombriz (*eisenia***
1194 **foetida) liofilizada como materia prima para la elaboración de balanceado para alevines**
1195 **de trucha arco iris (*oncorhynchus mykiss*)**, p1-99. Tesis (Bioquímico Farmacéutico) –
1196 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2011.
1197
- 1198 MUSYOKA S. N.; LITI D. M.; OGELLO E.; WAIDBACHER H. Utilization of the
1199 earthworm, *Eisenia fétida* (Savigny, 1826) as an alternative protein source in fish feeds
1200 processing: A review. **Aquac Res.** p. 1–15, 2019.
1201
- 1202 MWIHIA, E. W. LYCHE, J.; MBUTHIA, P.; IVANOVA, L.; UHLIG, S.; GATHUMBI, J.;
1203 MAINA, J.; ESHITERA, E.; ERIKSEN, G. Co-Occurrence and Levels of Mycotoxins in Fish
1204 Feeds in Kenya. **Toxins**, v. 12, n. 10, p. 627, 2020.
1205
- 1206 NIK MALEK, N. A. N.; YUSOF, M. H.; KAMARU, A. A. Simultaneous action of surfactant
1207 modified sugarcane bagasse: Adsorbent and antibacterial agent. **Malaysian Journal of**
1208 **Fundamental and Applied Sciences**, v. 15, n. 1, p. 32–37, 2019.
1209
- 1210 NOGUEIRA, W.; DE OLIVEIRA, F.; MARIMÓN, K.; GARCIA, S.; KUPSKI, L.; SOUZA,
1211 M.; TESSER, M.; GARDA, J. Occurrence and bioaccessibility of mycotoxins in fish feed.
1212 **Food Additives and Contaminants: Part B** Surveillance, v. 00, n. 00, p. 1–8, 2020.

- 1213
1214 NOSE, T. On the digestion of food protein by goldfish (*Carassius auratus* L.) and rainbow
1215 trout (*Salmo irideus* G.). **Bulletin of Freshwater. Fish Res. Laboratory**, 10: 11-12. 1960.
1216
- 1217 OLELE N. F.; OKONKWO J. C. Replacement of Fish Meal with Graded Levels of
1218 Earthworm Meal in the Diet of Fingerlings: Effect on Feed and Growth Parameters. **Journal**
1219 **of Agricultural Science and Technology A** 2 p. 901-908, 2012.
1220
- 1221 OLIVEIRA, M.; VASCONCELOS, V. Occurrence of mycotoxins in fish feed and its effects:
1222 A review. **Toxins**, v. 12, n. 3, p. 1–25, 2020.
1223
- 1224 OVALLES, J.; MEDINA, A.; MÁRQUEZ, E.; RIAL, L. Efecto del proceso de secado de la
1225 lombriz de tierra (*Eisenia andrei*) sobre el perfil aminoacídico de la harina determinado por
1226 cromatografía (clae). **Saber, Universidad de Oriente**. Vol. 29: 486-494. 2017.
1227
- 1228 ÖZOGUL, F.; ŞİMAT, V.; GOKDOGAN, S.; REGENSTEIN, J.; ÖZOGUL, Y. Effect of natural
1229 zeolite (clinoptilolite) on in vitro biogenic amine production by Gram positive and Gram negative
1230 pathogens. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, n. OCT, p. 1–8, 2018.
1231
- 1232 PIETSCH, C.; MÜLLER, G.; MOURABIT, S.; CARNAL, S.; BANDARA, K. Occurrence of
1233 fungi and fungal toxins in fish feed during storage. **Toxins**, v. 12, n. 3, p. 17–21, 2020.
1234
- 1235 POGURSCHI, E.; BAHACIU, G.; DRAGOMIR, N.; NICOLAE, C. The Effects Of
1236 Clinoptilolite From Feed Upon Fish Rearing. **Current Trends in Natural Sciences** v. 8, n.
1237 16, p. 212–219, 2020.
1238
- 1239 PONTES E. C.; OLIVEIRA M. M.; ROSA P. V.; FREITAS R. T.; PIMENTA M. E.;
1240 RODRIGUES P. B. Níveis de farinha de peixe em rações para juvenis de tilápia. **R. Bras.**
1241 **Zootec.**, v.39, n.8, p.1626-1632, 2010.
1242
- 1243 PAPAIOANNOU, D.; KATSOULOS, P. D.; PANOUSIS, N.; KARATZIAS, H. The role of
1244 natural and synthetic zeolites as feed additives on the prevention and/or the treatment of
1245 certain farm animal diseases: A review. **Microporous and Mesoporous Materials**. V. 84, p.
1246 161-170, 2005.
1247
- 1248 RICKE, S.C.; PILLAI, S.D.; WIDMER, K.W.; HA, S.D.; Survival of *Salmonella*
1249 *typhimurium* in soil and liquid microcosms amended with clinoptilolite compounds,
1250 **Bioresource Technology**, Volume 53, Issue 1, Pages 1-6, 1995.
1251
- 1252 ROMBOUGH P.J. Respiratory gas exchange during development: models and mechanisms.
1253 En: Farrel AP (Editor). **Encyclopedia of fish physiology: from genome to environment**.
1254 Academic Press, Inglaterra, p. 829 – 837. 2011
1255
- 1256 RONDÓN; DURÁN, J; LEÓN, A; MEDINA A. Valor nutritivo de la harina de lombriz
1257 (*Eisenia foetida*) como fuente de aminoácidos y su estimación cuantitativa mediante
1258 cromatografía en fase reversa (HPLC) y derivatización precolumna con o-ftalaldehído (OPA).
1259 **Ars Pharmaceutica**, 44:1; 43-58, 2003.
1260
- 1261 ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA,
1262 N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; ABREU, M. L. T.; RODRIGUES, P. B.;

- 1263 OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. **Tabelas Brasileiras para aves e**
 1264 **suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 4a Ed, 2017.
 1265
- 1266 ROTTA, M A.; BERTOLLA L O; PENZ A M.; WASSERMANN G J. **Uso da Farinha de**
 1267 **Minhoca como Alimento para Pós-larvas de Tilápia.** Corumbá, MS. 1ª Ed, 2003.
 1268
- 1269 SANCHES L. E.; HAYASHI C. Substituição do óleo de soja pelo óleo de vísceras de aves,
 1270 em rações para alevinos de tilápia do Nilo. **PUBVET.** v.13, n.12, a466, p.1-10, Dez., 2019.
 1271
- 1272 SANTOS, MANOEL & CALUMBY, JAIME & FILHO, PETRÔNIO & SOARES,
 1273 EMERSON & GENTELINI, ANDRÉ. Level and frequency of the feeding in the Nile tilapia
 1274 fingerling development. **Boletim do Instituto de Pesca.**, 41. 387-395. 2015.
 1275
- 1276 SCHNEIDER, A.; YURI, F.M.; ALMEIDA, D.S.; ROEDER, J.V.C.; XAVIER, J.S.;
 1277 GEWEHR, C. Zeólitas naturais na dieta de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina**
 1278 **Veterinária e Zootecnia.** 69. 191-197. 2017.
 1279
- 1280 SENILA, L.; HOAGHIA, A.; MOLDOVAN, A.; TÖRÖK, I.A.; KOVACS, D.; SIMEDRU,
 1281 D.; TOMOIAG, C.H.; SENILA, M. The Potential Application of Natural Clinoptilolite-Rich
 1282 Zeolite as Support for Bacterial Community Formation for Wastewater Treatment. **Materials.**
 1283 2022.
 1284
- 1285 SILVA, N. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos.** Valéria Christina
 1286 Amstalden - São Paulo : Livraria Varela, p31. 1997.
 1287
- 1288 SILVA, A.M.R.; BERTO, D.A.; LIMA, G.J.M.M. et al., Valor nutricional e viabilidade
 1289 econômica de rações suplementadas com maltodextrina e acidificante para leitões
 1290 desmamados. In: **Rev. Bras. Zootec.**, v.37, p.286-295, 2008.
 1291
- 1292 SILVA, N. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos. São Paulo:
 1293 **Livraria Varela**, p. 667, 1997.
 1294
- 1295 SILVA, R. L. Inclusão do farelo de amendoim em dietas para juvenis de tilápia do Nilo /
 1296 Rafael Lopes da Silva. – – Jaboticabal, v, 42 f. 2012.
 1297
- 1298 SUAREZ-HERNANDEZ L, BARRERA-ZAPATA R, FORERO-SANDOVAL AF.
 1299 Evaluación de alternativas de secado en el proceso de elaboración de harina de lombriz.
 1300 **Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria.** 17(1):55-71. 2015.
 1301
- 1302 TAACA, K. L. M.; OLEGARIO, E. M.; VASQUEZ, M. R. Antibacterial properties of Ag-
 1303 exchanged Philippine natural zeolite-chitosan composites. **AIP Conference Proceedings**, v.
 1304 1901, 2017.
 1305
- 1306 TIERRA, L. DE. Substitution of commercial feed for natural zeolite in Nile tilapias GIFT
 1307 (*Oreochromis niloticus*). Sustitución de pienso comercial por zeólita natural en tilapias del
 1308 Nilo GIFT (*Oreochromis niloticus*). **Animal Science.** v. 54, n. 3, p. 1–8, 2020.
 1309
- 1310 TOMIC S.; RAJIC, N.; HRENOVIC, J. and POVRENOVIC, D. Removal of Mg from spring
 1311 water using natural clinoptilolite. **Clay Minerals.** 47, 81–92. 2012.
 1312

- 1313 VALENTE B.; XAVIER E. Produção de farinha de minhoca da espécie *Eisenia fetida*
 1314 (Savigny, 1826) como ferramenta na gestão de esterco. In: **Revista Eletrônica em Gestão,**
 1315 **Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, p 181, 2016.
 1316
- 1317 VALPOTIC, H.; TERZIC, S.; VINCE, S.; SAMARDZIJA, M.; TURK, R.; LACKOVIC, G.;
 1318 HABRUN, B.; DJURICIC, D.; SADIKOVIC, M.; VALPOTIC, I. In-feed supplementation of
 1319 clinoptilolite favourably modulates intestinal and systemic immunity and some production
 1320 parameters in weaned pigs. **Veterinarni Medicina**. V. 61, p. 317-327, 2016.
 1321
- 1322 VASQUEZ-TORRES, Walter et al. Digestibilidad aparente de ingredientes de uso común en
 1323 la fabricación de raciones balanceadas para tilapia roja híbrida (*Oreochromis sp.*). **Revista**
 1324 **Colombiana de Ciencias Pecuarias**, Medellín , v. 23, n. 2, p. 207-216, July 2010 .
 1325
- 1326 VELASQUEZ, E.; GIUNTA, S.; ZUTARA, M.; ALCÁZAR, N.; GIUNTA, S. Evaluación de
 1327 sustratos en la producción de *Eisenia Foetida* y su uso como alimento de *Odontesthes*
 1328 *Bonariensis*. **Revista Difusiones**, ISSN 2314-1662, n. 17, diciembre, p.14-23, 2019.
 1329
- 1330 VIDAL, L.; ALBINATI, R.; ALBINATI, A.; LIRA, A.; ALMEIDA, T.; SANTOS, G.
 1331 Eugenol como anestésico para a tilápia-do-nilo. **Pesq. agropec. bras., Brasília**. v.43, n.8,
 1332 p.1069-1074, 2008.
 1333
- 1334 VIEIRA, R.F. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas** / Rosana Faria Vieira.-- Brasília,
 1335 DF : Embrapa, 2017.
 1336
- 1337 VIELMA, R.; ROSALES D.; ROSALES Y.; MEDINA, A.; VILLAREAL, J. Electrophoretic
 1338 profile and microbiological quality flour from the worm *Eisenia fetida*. **Revista Chilena de**
 1339 **Nutricion**, v. 35, n. 3, p. 225–234, 2008.
 1340
- 1341 VODOUNNOU D.; KPOGUE D.; MENSAH G.; FIOGBE E. Earthworm amino acids and
 1342 effect of 3 different forms of earthworm (meal, frozen and living) on growth, feed utilization
 1343 and survival rate of African Snakehead fingerlings (*Parachanna obscura*) reared in captivity.
 1344 **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies** 5(1): 268- 273. 2017.
 1345
- 1346 WARITH, A. W.; AL-ASGAH, N.; EL-SAYED, Y.; EL-OTABY, A.; MAHBOOB, S. The
 1347 effect of replacement of fish meal with amino acids and optimized protein levels in the diet of
 1348 the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Brazilian Journal of Biology**. vol. 79, no. 4, pp. 703-
 1349 711, 2019.
 1350
- 1351 YAMAMOTO, T.; IKEDA, K.; UNUMA, T. Apparent availabilities of amino acids and
 1352 minerals from several protein sources for fingerling rainbow trout. **Fisheries Sci.**, 63 (6): 995-
 1353 1001. 1997.
 1354
- 1355 YILDIRIM O, TURKER A, SENEL B. Effects of natural zeolite (clinoptilolite) levels in fish
 1356 diet on water quality, growth performance and nutrient utilization of tilapia (*Tilapia zillii*) fry.
 1357 **Fresenius Environ Bull** 18: 1567-1571. 2009.
 1358
- 1359 ZAHARAN, E. et al., Dietary mycotoxicosis prevention with modified zeolite (Clinoptilolite)
 1360 feed additive in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 515, p. 734-562, 2020.
 1361
- 1362 ZAIN, M.; SHAARI, N.; AMIN, M.; JANI, M. Effects of different dose of zeolite

- 1363 (Clinoptilolite) In improving water quality and growth performance of red hybrid tilapia
1364 (Oreochromis Sp.). **ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 13, n. 24, p.
1365 9421–9426, 2018.
- 1366
- 1367 ZAPATA J.; OCHOA, J.; BONILLA, M. Análisis sensorial de salchichas de tilapia roja
1368 (Oreochromis sp.) con adición de harina de lombriz (*Eisenia foetida*). **ORINOQUIA** -
1369 Universidad de los Llanos - Villavicencio, Meta. Colombia V. 21, n.1, 2017.
- 1370
- 1371 ZENHOM, OSAMA & REFAEY, MOHAMED & AYYAT, AHMAD & EL-SAYED,
1372 HAZEM. Impact of natural zeolite on growth performance, feed efficiency, and carcass
1373 composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) Cultured at different stocking densities.
1374 Abbassa Int. **J. Aqua.**, Vol.13 No. (2) 2020.
- 1375
- 1376
- 1377