

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ –
UNIOESTE**

**CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM RECURSOS
PESQUEIROS E ENGENHARIA DE PESCA**

Aldo Felipe Fava

Efeito do processamento e da frequência alimentar para tilápias do Nilo
(*Oreochromis niloticus*) durante a alevinagem

Toledo – PR

2021

Aldo Felipe Fava

Efeito do processamento e da frequência alimentar para tilápias do Nilo
(*Oreochromis niloticus*) durante a alevinagem

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca

Àrea de concentração: Aquicultura

Orientador: Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo

Toledo – PR

2021

FOLHA DE APROVAÇÃO

ALDO FELIPE FAVA

Efeito do processamento e da frequência alimentar para tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante a alevinagem

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

Prof. Dr. Altevir Signor
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

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

Prof. Dr. Pitágoras Augusto Piana
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Anderson Coldebella
Instituto Federal do Paraná

Prof. Dr. Dacley Hertés Neu
Universidade Federal da Grande Dourados

Aprovada em: 05 de março de 2021
Local de defesa: Videoconferência síncrona.

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Fe Fava, Aldo Felipe
Efeito do processamento e da frequência alimentar para tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante a alevinagem / Aldo Felipe Fava; orientador Wilson Rogério Boscolo. -- Toledo, 2021.
66 p.

Tese (Campus de Toledo) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, 2021.

1. Piscicultura. 2. Nutrição animal. 3. Tilapicultura. 4. Processamento de rações. I. Boscolo, Wilson Rogério , orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, minha namorada Gildete, minha mãe Evaneide, meu pai Sidnei, minha irmã Maria Clara e à Coral, por estarem atentos em tudo que ocorreu nestes anos de Doutorado, por estarem presentes nos momentos de dificuldade e juntos naqueles de felicidade.

Ao Dr. Wilson Rogerio Boscolo, meu orientador, pelo apoio em todas as etapas do trabalho, amizade, conselhos, discussões para solução dos muitos problemas e voluntariedade para auxílios.

Ao Dr. Altevir Signor pelo interesse, participação na execução dos estudos, mesmo quando com tempo escasso. Também agradeço por aceitar presidir minha banca.

Ao Dr. Aldi Feiden e ao Dr. Fabio Bittencourt pelo apoio nas análises, no projeto, interesse pelos estudos e por auxiliarem sempre que os procurei.

Aos membros da banca por terem aceitado o convite e por contribuírem com este trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e tecnológico (CNPq) por viabilizar o estudo com seu financiamento.

À Fundação Araucária e a Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

À Nutricon pelo fornecimento da ração e participação no projeto.

Ao Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura-GEMAq, pela estrutura para realização do trabalho e a todos os amigos e professores que fazem parte deste grupo e me ajudaram durante estes anos.

A todas as pessoas que contribuíram para viabilizar esta tese.

Efeito do processamento e da frequência alimentar para tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante a alevinagem

Resumo

O presente estudo teve como objetivo determinar a melhor forma de processamento de dietas e frequência de arraçoamento para fase de alevinagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), por meio da avaliação de qualidade da água, desempenho zootécnico, composição centesimal, histologias hepática e muscular, e análise econômica parcial. Para isso foram realizados dois experimentos. No primeiro foram utilizados 250 alevinos de tilápia com peso inicial médio de 0,975 g, distribuídos em 25 caixas experimentais. O delineamento experimental ao acaso foi composto de cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram: ME1 – ração microextrusada 1 mm; ED03 - ração extrusada e desintegrada 0,3 mm; ED06 - ração extrusada e desintegrada 0,6 mm; BF03 – ração farelada 0,3 mm e BF06 –ração farelada 0,6 mm. As rações foram formuladas de maneira a atender as exigências da espécie nesta fase. Os animais foram alimentados seis vezes ao dia (8h00; 10h00; 12h00; 14h00; 16h00 e 18h00), até a saciedade aparente. No segundo experimento, foi avaliada a frequência de arraçoamento ideal para a dieta que proporcionou melhores resultados no experimento 01. Para isso, foram utilizados 240 alevinos com peso inicial médio de 0,793 g, distribuídos em 24 caixas experimentais. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e foram avaliadas seis frequências de arraçoamento (4 (F4), 5 (F5), 6 (F6), 7 (F7), 8 (F8) e 9 (F9) vezes ao dia) com quatro repetições. Nos dois experimentos foram verificados semanalmente os parâmetros de qualidade de água como pH, oxigênio dissolvido (mg / L^{-1}), condutividade elétrica ($\mu\text{S / cm}^{-1}$) e a temperatura ($^{\circ}\text{C}$), e coletadas amostras de água das unidades experimentais para posteriores análises de fósforo total (PT) e nitrogênio total (NT). No final dos períodos experimentais os animais permaneceram em jejum prévio de 12 horas, foram anestesiados, pesados e medidos para determinação dos parâmetros zootécnicos. Também foram realizadas coletas de material para determinação da composição centesimal e para análises histológicas do fígado e músculo. Para análise econômica foram considerados os custos referentes aos peixes e alimentação para determinação da receita líquida parcial. No experimento I a conversão alimentar (CA) foi significativamente menor em EM1 (1,17) em comparação com o maior valor de 1,95 em ED03. Embora maior em EM1, o ganho em peso neste tratamento (9,26 g) não diferiu de ED06. O coeficiente de retenção proteico foi estatisticamente maior em EM1

(36,47%). Na qualidade da água, EM1 resultou nos menores níveis de NT (0,94 mg / L⁻¹) e PT (0,45 mg /L⁻¹), enquanto BF03 apresentou os maiores valores de 2,27 e 0,91 mg L⁻¹ de NT e PT, respectivamente. A composição centesimal dos alevinos não diferiu entre os tratamentos. Peixes alimentados com ração microextrusada com 1 mm de diâmetro apresentaram os melhores resultados de desempenho zootécnico, além de impacto reduzido na qualidade da água. A receita líquida parcial (RLP) foi maior em EM1. No experimento II, foi possível observar diferenças significativas ($p < 0,05$) para o ganho em peso, que foi maior em F5 (9,13 g) e F6 (9,27 g), contudo, a conversão alimentar não diferiu ($P > 0,05$) entre os tratamentos. Os teores de N e P, embora tenham sido menores em F4, resultam do menor crescimento. O diâmetro das fibras musculares indicou hiperplasia em todos os tratamentos, com prevalência de fibras entre 10 e 20 micrometros em F4, F5, F6 e F7 e entre 30 e 40 para F8 e F9. O perímetro e a área dos hepatócitos diferiram apenas entre F5 e F9, enquanto o volume, perímetro e área do seu núcleo, não diferiram. A receita líquida parcial (RLP) foi maior em F6 (USD 7,35) seguida por F5 (USD 7,22), a margem pequena favorece F5 pela menor necessidade de alimentações diárias. Concluindo, embora a ração microextrusada (EM1) tenha o maior custo, apresentou o melhor desempenho zootécnico e econômico, além de impacto reduzido na qualidade da água, a mesma, ofertada entre 5 a 6 vezes ao dia, apresenta melhor desempenho econômico, zootécnico e histológico.

Palavras-chave: extrusão, manejo alimentar, piscicultura, qualidade de água.

Effect of feed processing and frequency during the nursery rearing of the Nile tilapia
(*Oreochromis niloticus*)

Abstract

This study aimed to determine the best way of processing diets and feeding frequency for the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings, by evaluating water quality, zootechnical performance, proximate composition, liver and muscle histology, and partial economic analysis. For this, two experiments were carried out. In the first, 250 tilapia fingerlings with an average initial weight of 0.975 g were used, distributed in 25 experimental boxes. The randomized experimental design consisted of five treatments and five replications. The treatments were: ME1 – 1 mm microextruded feed; ED03 - extruded and crumbled feed 0.3 mm; ED06 - extruded and crumbled feed 0.6 mm; BF03 – mash feed 0.3 mm and BF06 – mash feed 0.6 mm. The rations were formulated in order to meet the requirements of the species at this stage. The animals were fed six times a day (8:00 am; 10:00 am; 12:00 pm; 2:00 pm; 4:00 pm and 6:00 pm) until apparent satiety. In the second experiment, the ideal feeding frequency for the diet that provided better results in experiment 01 was evaluated. For this, 240 fingerlings with an average initial weight of 0.793 g were used, distributed in 24 experimental boxes. The experimental design was completely randomized and six feeding frequencies (4 (F4), 5 (F5), 6 (F6), 7 (F7), 8 (F8) and 9 (F9) times a day were evaluated with four repetitions. In both experiments, water quality parameters such as pH, dissolved oxygen (mg /L⁻¹), electrical conductivity (μS / cm⁻¹) and temperature (°C) were checked weekly, and water samples were collected from the experimental units for subsequent analyzes of total phosphorus (PT) and total nitrogen (NT). At the end of the experimental periods, the animals were fasted for 12 hours, were anesthetized, weighed and measured to determine the zootechnical parameters. Materials were also collected to determine the proximate composition and for histological analysis of the liver and muscle. For economic analysis, the costs related to fish and food were considered to determine the partial net income. In experiment I the feed conversion (CA) was significantly lower in EM1 (1.17) compared to the highest value of 1.95 in ED03. Although higher in EM1, the weight gain in this treatment (9.26 g) did not differ from ED06. The protein retention coefficient was statistically higher in EM1 (36.47%). In water quality, EM1 resulted in the lowest levels of NT (0.94 mg / L⁻¹) and PT (0.45 mg /L⁻¹), while BF03 showed the highest values of 2.27 and 0.91 mg L⁻¹ of NT and PT, respectively. The proximate composition of fingerlings did not differ between treatments. Fish fed with microextruded diet with 1 mm in diameter showed the best results in zootechnical performance, in addition to reduced impact on water quality. Partial net revenue (RLP) was higher in EM1. In experiment II, it was possible to observe significant differences (p<0.05) for weight gain, which was higher in F5 (9.13 g) and F6 (9.27 g), however, the feed conversion did not differ (P>0.05) between treatments. The N and P contents, although they were lower in F4, resulted from the lower growth. The diameter of muscle fibers indicated hyperplasia in all treatments, with a prevalence of fibers between 10 and 20 micrometers in F4, F5, F6 and F7 and between 30 and 40 for F8 and F9. The perimeter and area of the hepatocytes differed only between F5 and F9, while the volume, perimeter and area of their nucleus did not differ. Partial net revenue (RLP) was higher in F6 (USD 7.35) followed by F5 (USD 7.22), the small margin favors F5 due to

the lower need for daily meals. In conclusion, although microextruded feed (EM1) has the highest cost, had the best zootechnical and economic performance, in addition to reduced impact on water quality, it, offered between 5 to 6 times a day, has the best economic, zootechnical and histological performance.

Keywords: extrusion, food management, fish farming, water quality.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01.** Nitrogênio total (A) e fósforo total (B) na água de criação durante o período experimental. ME1: ração microextrusada 1 mm; ED03: ração extrusada e desintegrada de 0,3 mm; ED06: extrusada e desintegrada 0,6 mm; BF03: ração farelada 0,3 mm; BF06: ração farelada de 0,6 mm.....25
- Figura 02.** Gráfico com os vetores das variáveis utilizadas no estudo e componentes principais 1 e 2, PC1 e PC2, respectivamente.....27
- Figura 03.** Gráfico mostrando a associação entre a frequência de arrazoamento (F4, F5, F6, F7, F8 e F9) e a ocorrência das fibras musculares em diferentes classes (0-10; 10-20; 20-30 e 30-40 μm).....50
- Figura 04.** Índice de lesões histopatológicas de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com as dietas F4: Alimentados 4 vezes ao dia; F5: alimentados 5 vezes ao dia; F6: alimentados 6 vezes ao dia; F7: alimentados 7 vezes ao dia; F8: alimentados 8 vezes ao dia e F9: alimentados 9 vezes ao dia.....52
- Figura 05.** A) Gráfico com os vetores das variáveis usadas no estudo e os componentes principais 1 e 2, dim 1 e dim 2, respectivamente. B) Biplots do primeiro e segundo eixos principais, as flexas indicam a tendência dos parâmetros nos dois eixos. Dietas F4: alimentados 4 vezes ao dia; F5: alimentados 5 vezes ao dia; F6: alimentados 6 vezes ao dia; F7: alimentados 7 vezes ao dia; F8: alimentados 8 vezes ao dia e F9: alimentados 9 vezes ao dia.....54

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Descrição dos ingredientes e valores (g kg^{-1}) de composição das dietas oferecido para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), formulado com base na Tabela brasileira de nutrição e composição bromatológica (g kg^{-1}) da dieta oferecidos ao longo do experimento.....20
- Tabela 2.** Parâmetros de qualidade da água das unidades experimentais, apresentados como médias.....23
- Tabela 3.** Ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), peso final (PF) e taxa de crescimento específico (TCE).....24
- Tabela 4.** Composição centesimal de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), apresentada como média \pm desvio padrão.....26

Tabela 5. Receita bruta (RB), custos (C) e receita líquida parcial (RPL) em diferentes processamentos de alimentos.....	26
Tabela 6. Formulação e composição bromatológica da dieta para fornecimento aos alevinos de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	40
Tabela 7. Parâmetros de qualidade da água apresentados como média \pm DP. Temperatura (T), oxigênio dissolvido (DO), condutividade elétrica (EC), potencial hidrogeniônico (pH) das unidades experimentais.....	45
Tabela 8. Nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) na água durante o período experimental com tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	46
Tabela 9. Valores médios \pm desvio padrão de ganho em peso individual (GPI), consumo de ração (CR) conversão alimentar aparente (CAA), biomassa final (BF), taxa de crescimento específico (TCE), comprimento total (CT), comprimento padrão (CP) e relação hepatossomatica (RHS) dos alevinos de tilápias do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) nos diferentes tratamentos.....	48
Tabela 10. Composição centesimal dos juvenis inteiros de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>), apresentada como média \pm desvio padrão. Umidade (M), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e coeficiente de retenção de proteínas (CRP).....	49
Tabela 11. Tabela de contigência das frequências e distribuições das fibras musculares em três classes de diâmetros (0-10 μm , entre 10 e 20 μm , entre 20 e 30 μm e entre 30 e 40 μm) em alevinos de tilápia do Nilo.....	49
Tabela 12. Valores médios \pm desvio padrão de perímetro (μm), área (μm^2), perímetro nuclear (μm), área nuclear (μm^2) e volume nuclear (μm^3) em hepatócitos dos alevinos de tilápias do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) nos diferentes tratamentos.....	51
Tabela 13. Receita buta (RB), custos (c) e receita presente líquida (RPL) em diferentes frequências alimentares.....	54

SUMÁRIO

Effect of feed processing and frequency during the nursery rearing of the Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	9
Abstract	9
1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. Geral.....	15
2.2 Específicos	15
3. CAPÍTULO 1:	16

3.1. Introdução	18
3.2. Material e Métodos	19
Onde GR é a receita bruta correspondente ao preço de venda dos peixes de acordo com seu peso final, AL o custo de compra dos alevinos e Fd é o custo total da alimentação.....	23
3.2.1. Análise estatística.....	23
3.2.2. Análise de componentes principais- PCA.....	23
3.3. Resultados.....	23
3.4. Discussão	27
3.5. Conclusão.....	31
3.6. Referências.....	31
4. CAPÍTULO 2:	37
RESUMO	38
Abstract	38
4.1. Introdução	38
4.2. Material e Métodos	40
4.2.1 Confeção das rações	40
4.2.2. Manejo durante o experimento.....	41
4.2.3. Histologia	42
4.2.4. Integridade Hepática	43
4.2.5. Histologia muscular.....	43
4.2.6. Composição centesimal.....	44
4.2.7. Análise econômica parcial	44
4.2.8. Análise estatística.....	44
4.3. Resultados e Discussão	45
4.4 Conclusão.....	55
4.5. Referências.....	56

1. INTRODUÇÃO

Diante do crescimento exponencial da piscicultura brasileira nas últimas décadas, a produção de peixes ultrapassou 561 mil toneladas (IBGE, 2019), atualmente, a piscicultura representa 55% da produção nacional total. A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie de origem africana com hábito onívoro, rusticidade e rápido crescimento em sistemas de produção intensivos. Por esse motivo, essa espécie tem sido amplamente estudada, com foco especial na melhoria da eficiência dos sistemas de produção (BRITO *et al.*, 2017).

As pesquisas têm buscado constantemente melhorar os sistemas de produção de *O.niloticus*, com especial atenção à nutrição (LEE *et al.*, 2016), que é o principal fator que afeta o desempenho de um animal durante o estágio de alevinagem (GHOMI *et al.*, 2012), pois garante que os indivíduos permaneçam saudáveis e resistentes durante os estágios subsequentes. Nesse sentido, tão importante quanto o valor nutricional dos alimentos, é sua forma de processamento, visto que, dependendo da estratégia usada, estes podem enfrentar dificuldades durante a alimentação, levando a perdas de nutrientes e, conseqüentemente, piora na qualidade da água (GAO *et al.*, 2019; POTRICH *et al.*, 2011).

Nesse contexto, a identificação do tamanho ideal de *pellets* é um dos aspectos mais importantes (TRAN-TU *et al.*, 2017), principalmente durante a fase de alevinagem, devido ao tamanho reduzido dos peixes (BAILEY *et al.*, 2003) e sua abertura da boca.

Os alimentos extrusados são os mais utilizados durante o crescimento e a terminação; no entanto, nos estágios iniciais, para obter *pellets* de tamanho reduzido, as fábricas de ração precisam aumentar o grau de moagem, elevando os custos. Em geral, os piscicultores alimentam os alevinos de tilápia com dietas fareladas até que os animais atinjam aproximadamente 5 g de peso corporal, depois mudam para dietas granuladas.

Atualmente, as dietas microextrusadas são encontradas no mercado (<1,0 mm), podendo ser consumidas por peixes pequenos, melhorando sua digestibilidade (GAO *et al.*, 2019). No entanto, como esses alimentos apresentam custos elevados, devem ser avaliados e comparados com outras dietas.

A alimentação é um fator chave para a viabilidade da aquicultura, pois representa ao menos entre 40 e 60% do custo total (Bhuiyan *et al.*, 2018), podendo chegar a 70% a depender do sistema de produção (NRC, 2011). Deve-se considerar que a influência da dieta no crescimento não se limita a escolha dos ingredientes que irão compô-la, algumas deficiências podem ocorrer em função da frequência com que é ofertada (Silva *et al.*, 2019), que pode variar entre espécie, tamanho e estágio de desenvolvimento (Guo *et al.*, 2018).

As pós-larvas e alevinos apresentam o metabolismo mais ativo, necessitando maior quantidade de horários com oferta de alimento em relação aos animais adultos e, peixes onívoros com estômago pequeno procuram o alimento com mais frequência, por apresentarem limitação na capacidade de armazenamento (Carneiro & Mikos, 2005), sendo este o caso da tilápia. Tendo isso em vista, a oferta em horários definidos e em frequência que permita a melhor absorção e digestibilidade dos nutrientes podem reduzir desperdícios e elevar o crescimento dos peixes, otimizar o consumo e favorecer a homogeneidade dos lotes (Wang *et al.*, 1998, Silva *et al.*, 2019), o que também se justifica pela alteração na atividade de enzimas, como a tripsina, que se relaciona a absorção da proteína (Krogdahl *et al.*, 1994).

Considerando as informações expostas, este estudo objetivou avaliar as formas de processamento das dietas e a frequência de arraçoamento para a fase de alevinagem de tilápias quanto a suas interferências no desempenho zootécnico, na histologia, hígidez e qualidade da água.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar as formas de processamento de dietas e frequências de arraçoamento para a fase de alevinagem de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

2.2 Específicos

- Verificar a qualidade da água resultante das frequências e processamentos de rações;
- Avaliar o desempenho zootécnico dos alevinos nos tratamentos;
- Analisar a composição centesimal dos alevinos resultantes;
- Avaliar a influência da forma de processamento das dietas e frequências alimentares na histologia hepática, muscular e intestinal dos alevinos;
- Comparar a viabilidade econômica da produção dos peixes (0,5-10 g) alimentados com rações fareladas, desintegradas e microextrusadas e nas frequências alimentares testadas.

3. CAPÍTULO 1:

Efeito do processamento da ração durante a alevinagem de Tilápias do nilo
(*Oreochromis niloticus*)

Aldo Felipe Fava^{a,*}, Gildete de Souza Bezerra^a, Dacley Hertes Neu^c, Fabio Bittencourt^a, Altevir Signor^a, Aldi Feiden^a, Pitagoras Augusto Piana^a, Wilson Rogério Boscolo^{a,*}

^aUniversidade Estadual do Oeste do Paraná. Rua da Faculdade, 354. Centro de Engenharias e Ciências Exatas. Toledo/PR. Brasil.

^bAuburn University - School of Fisheries, Aquaculture and Aquatic Sciences. 2101 N College, Auburn AL. USA

^cUniversidade Federal da Grande Dourados. Faculdade de Ciências Agrárias. Rodovia Dourados - Itahum, km 12. Cidade Universitária, Dourados/MS. Brasil

Artigo elaborado e formatado conforme as normas

da revista: Revista Agrária Acadêmica.

Disponível em:< <https://agrariacad.com/wp-content/uploads/2019/11/normas-para-publicacao-1.pdf>>

Efeito do processamento da ração durante a alevinagem de Tilápias do nilo
(*Oreochromis niloticus*)

Aldo Felipe Fava^{a,*}, Gildete de Souza Bezerra^a, Dacley Hertes Neu^c, Fabio Bittencourt^a, Altevir Signor^a, Aldi Feiden^a, Pitagoras Augusto Piana^a, Wilson Rogério Boscolo^{a,*}

Resumo: Diferentes estratégias de processamento de alimentos são utilizadas para a produção de peixes nos estágios iniciais, refletindo tanto no desempenho zootécnico quanto nos parâmetros de qualidade da água. Em outras etapas do cultivo da tilápia há consenso sobre o processamento adequado da ração, mas na alevinagem não está bem definido. Os efeitos dos diferentes processamentos requerem análises de diversos aspectos, mesmo assim, os produtores usam considerar apenas os custos iniciais e a composição da ração. Este estudo teve como objetivo comparar diferentes tipos de processamento de alimentos para alevinos. Duzentos e cinquenta peixes ($0,975 \pm 0,05$ g) foram distribuídos aleatoriamente em 25 tanques (90 L). Cinco rações foram testadas: ME1: microextrusada 1 mm; ED03: extrusada e desintegrada 0,3 mm; ED06: extrusada e desintegrada 0,6 mm; BF03: farelada 0,3 mm; e BF06: farelada de 0,6 mm. A conversão alimentar foi significativamente menor em ME1 (1,18). O coeficiente de retenção de proteínas foi estatisticamente superior em ME1 (36,47%). A composição centesimal dos peixes não diferiu entre os tratamentos. Embora superior em ME1 (9,26 g), o ganho de peso não diferiu estatisticamente de ED06 (7,65). Por outro lado, ME1 resultou em níveis de nitrogênio e fósforo estatisticamente menores comparado aos demais tratamentos, $0,94 \text{ mg L}^{-1}$ e $0,45 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente. ME1, ED06 e BF06 obtiveram as maiores receitas líquidas parciais (5,91; 5,86 e 5,64 US \$). Assim, embora o tratamento microextrusado ME1 tenha o maior custo, apresentou os melhores índices zootécnicos, desempenho econômico e impacto reduzido na qualidade da água, seguido por ED06.

Palavras chave: Alevinos; dieta microextrusada; manejo alimentar; diâmetro de moagem; granulometria de ração; qualidade da água

Abstract: Different processing strategies feeds are used for fish production in the nursery stages, which reflects both in zootechnical performance and water quality parameters. At other stages of Nile tilapia farming, there is a consensus about the adequate feed processing, but at nursery, it is not well defined. The effects of different

processing require analysis of several aspects, even so, production systems often evaluate only the initial costs and feed composition. This study aimed to compare different feed processing for Nile tilapia fingerlings. Two hundred fifty fish (0.975 ± 0.05 g) were randomly distributed in 25 tanks (90 L). Five feeds were tested: ME1: micro-extruded 1 mm; ED03: extruded and disintegrated 0.3 mm; ED06: extruded and disintegrated 0.6 mm; BF03: bran 0.3 mm; and BF06: bran 0.6 mm. Feed conversion was significantly lower in ME1 (1.18). The protein retention coefficient was statistically higher in ME1 (36.47%). The fish proximate composition did not differ among treatments, and muscle fibers frequency denote hyperplasia at all. On the one hand, although superior in ME1 (9.26 g) weight gain did not differ statistically from ED06 (7.65). On the other hand, ME1 resulted in water loads of nitrogen and phosphorus statistically lower compared to the other treatments, 0.94 mg L^{-1} and 0.45 mg L^{-1} , respectively ME1, ED06 and BF06 had the highest partial net revenues (5.91; 5.86 and 5.64 US\$). Thus, although the ME1 microextruded treatment has the highest cost, it presented the best zootechnical indices, economic performance and reduced impact on water quality, followed by ED06.

Keywords: Fingerlings; Micro-Extruded Feed; Bran; Disintegrated Feed; Nitrogen; Phosphorus

3.1.Introdução

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie de peixe de origem africana de alimentação onívora, rústica e de rápido crescimento em sistemas de produção intensivos. Devido ao crescimento da piscicultura brasileira nas últimas décadas, a produção de peixes ultrapassou 561 mil toneladas (IBGE, 2019), principalmente devido à criação de tilápia que representa atualmente 55% da produção nacional. Por esta razão, a espécie tem sido amplamente estudada, com foco na melhoria da eficiência dos sistemas de produção modernos (Jerônimo *et al.*, 2011; Brito *et al.*, 2017), e com atenção especial à nutrição (Lee *et al.*, 2016).

Ao contrário do que acontece em pássaros e mamíferos, em peixes, a hiperplasia (recrutamento de novas fibras) ocorre mesmo após o nascimento, e o crescimento destes animais pode ocorrer em diferentes proporções devido à hiperplasia e hipertrofia (Santos, 2005). Além disso, a hiperplasia muscular é predominante nos estágios iniciais

(De Almeida *et al.*, 2010), significando uma quantidade mais considerável de fibras para hipertrofia na fase de crescimento, conseqüentemente, sendo benéfica ao ganho de peso em estágios mais avançados. De acordo com (da Silva *et al.*, 2017), fatores como nutrição e eficiência alimentar podem afetar a dinâmica do crescimento das fibras musculares, indicando que o processamento da ração interfere no desenvolvimento delas.

Dependendo da estratégia usada para o processamento da ração, o peixe pode enfrentar dificuldades durante a alimentação, levando a perdas significativas de nutrientes e, conseqüentemente, afetando negativamente a qualidade da água dos tanques (Rodrigues & Fernandes, 2006; Bittencourt *et al.*, 2012). A identificação do tamanho ideal do pellet é um dos aspectos mais importantes na nutrição (Tran-Tu *et al.*, 2017), especialmente durante as fases de larvicultura e alevinagem, dado o tamanho reduzido do peixe ((Bailey *et al.*, 2003) e, conseqüentemente, da abertura da boca.

Dietas microextrusadas (<1 mm) são encontradas atualmente no mercado, podendo ser consumidas por pequenos peixes, melhorando assim sua digestibilidade (Gao *et al.*, 2019). No entanto, para obter pellets de tamanho reduzido, as fábricas de ração precisam aumentar o grau de moagem, o que dificulta a fabricação de dietas microextrusadas (<1 mm) devido ao aumento de custos. Assim, em geral, os piscicultores alimentam alevinos com dietas fareladas até que os animais atinjam aproximadamente 5 g de peso, em seguida, mudam para dietas extrusadas, que são os alimentos mais usados durante o crescimento e terminação (Riche & Garling, 2003). Portanto, as condições de processamento das rações são tão importantes quanto seu valor nutricional (Potrich *et al.*, 2011; Gao *et al.*, 2019) demonstrando a necessidade de realizar análises bioeconômicas para avaliar o custo e benefício de refinar este processo.

Nesse sentido, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da granulometria e da estratégia de processamento de dietas para alevinos de tilápia quanto ao seu desempenho zootécnico e qualidade da água.

3.2. Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquicultura do Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura - GEMAQ, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Campus Toledo / PR, Brasil. Este estudo foi aprovado pelo comitê de

bioética e realizado de acordo com as normas técnicas de biossegurança e ética no uso de animais (protocolo número 26-19).

Os tratamentos consistiram em cinco formas de processamento de ração para alevinos de tilápia: ME1- microextrusadas com 1 mm de diâmetro; ED03-extrusadas e desintegradas (0,3 mm); ED06- extrusadas e desintegradas (0,6 mm); BF03- fareladas (0,3 mm); BF06-fareladas (0,6 mm). As rações foram formuladas de forma a atender às demandas nutricionais da espécie nesta fase de desenvolvimento (Tabela 1), de acordo com as tabelas brasileiras de nutrição de tilápia (Furuya, 2010), com o auxílio do programa SuperCracr 6.1 Master (TD, 2019).

No preparo da dieta, os ingredientes foram moídos em moinho de martelo (Vieira, MCS 280, Tatuí, São Paulo, Brasil), utilizando malhas de 0,3 ou 0,6 mm, de acordo com o tratamento, sendo que para a ração ME1, fez-se a moagem a 0,3 mm antes da extrusão. Para a extrusão, foi utilizada uma máquina Extec (EX Micro, Ribeirão Preto-São Paulo, Brasil). Fez-se a caracterização bromatológica da ração (Tabela 1), avaliando o conteúdo de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, cinzas e energia bruta, de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (2016). Todas as dietas tiveram a mesma composição, portanto, apenas o tipo de processamento foi distinto e ele que determinou as variáveis categóricas. Para estimar o preço médio da ração farelada, os custos de industrialização foram descontados do preço médio da ração desintegrada (que passa pelo processo de extrusão padrão), pois o farelo não passa pela extrusão. O custo de industrialização considerado foi de 26,02%, segundo Sonoda *et al.* (2016).

Tabela 1: Descrição dos ingredientes e valores (g kg^{-1}) de composição das dietas oferecidas aos alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), formuladas com base na Tabela brasileira de nutrição e composição bromatológica (g kg^{-1}).

Ingrediente	Inclusão (g kg^{-1})	Ingrediente	Inclusão (g kg^{-1})
Farelo de milho	257,5	Calcário calcítico	5,6
Concentrado proteico soja	223,9	L-treonina	5,5
Farelo de arroz	100,0	Sal	5,0
Farinha de viscera de aves	100,0	DL-metionina	3,8
Farinha de penas	68,0	Vitamina C	2,0
Gluten de milho	50,0	Cloreto de colina	1,5
Farinha de sangue	50,0	Propionato de calcio	1,0
Óleo de soja	33,3	Antioxidante (BHT)	0,2

Levedura alcoólica	20,0	Total	1000
Fosfato bicálcio	17,7	Composição química (g kg ⁻¹)	
Farinha de peixe 55%	16,7	MS	935,20
Hidrolisado proteico aves	16,7	PB	390,30
Gluten de trigo	10,0	EE	70,00
PREMIX	6,0	CZ	84,40
L-lisina HCL	5,8	EB	4,293

*Todos os ingredientes foram comprados em mercado local. Dieta formulada com base na Tabela Brasileira de nutrição e composição bromatológica (g kg⁻¹). MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; CZ: cinzas; EB: energia bruta

Níveis de garantia por quilograma de produto: vit. A: 1.750.000 UI; vit. D3: 375000 UI; vit. K3: 500 mg, vit B1: 2000 mg; vit B2: 2500 mg; vit B6: 2500 mg; vit B12: 5000 mg; ácido fólico: 625 mg; pantotenato de cálcio: 7500 mg; vit C: 37500 mg; biotina: 50 mg; inositol: 12500 mg; niacina: 8750 mg; colina: 100000 mg; cobalto: 50 mg; cobre: 1250 mg; ferro: 15000 mg; iodo: 100 mg; manganês: 3750 mg; selênio: 75 mg; zinco: 17500 mg.

Quinhentos alevinos de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* pertencentes à linhagem GIFT (Genetic Improvement of Farmed Tilapia) foram previamente adaptados por uma semana em tanques de 180 litros com rações que foram utilizadas no ensaio (5 vezes por dia, cada vez com um dos processamentos, para que todos recebessem todas as rações). Todos foram pesados, com média de 0,975 g. Posteriormente, 250 deles foram distribuídos em 25 (dez por tanque) tanques de polietileno (90 L) com aeração constante. O delineamento experimental constou de cinco tratamentos com cinco réplicas. Os alevinos foram adquiridos em uma piscicultura comercial local e transportados para o laboratório em caixas de transporte isotérmicas com aeração constante.

Durante a execução do estudo, foi feito o sifonamento individual dos aquários com a retirada e reposição de 30% da água diariamente, sendo 15% pela manhã e 15% na tarde, com água de temperatura próxima à dos aquários. Não houve recirculação de água entre as unidades experimentais para garantir a independência das unidades experimentais e não haver interferência nas respostas químicas de qualidade da água.

Semanalmente foram verificados os parâmetros de qualidade da água como pH, oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹) e condutividade elétrica (µS.cm⁻¹), e diariamente a temperatura (°C), no período da manhã e tarde. No início e final do estudo foram realizadas coletas de água das unidades experimentais, as quais permaneceram armazenadas em garrafas de polietileno escuras e conservadas resfriadas para

posteriores análises de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) segunda a metodologia da AOAC (1995) adaptada pelo instituto Adolfo Lutz (2008).

Os animais foram mantidos em jejum por 12 horas antes do término do experimento quando foram insensibilizados em eugenol (100 mL L⁻¹ de álcool), pesados e medidos para avaliação do desempenho zootécnico. Os índices de ganho de peso (GP), conversão alimentar aparente (CAA), coeficiente de retenção de proteína (CRP) e taxa de crescimento específico (SCR) foram calculados conforme demonstrado pelas seguintes equações (Equações 1 a 4):

$$(1): GP = PF - PI \quad (2): CAA = \frac{CR}{GP} \quad (3): CRP = \frac{GPC}{GP} \times 100 \quad (4): SGR = \frac{\ln PF - \ln PI}{t} \times 100$$

Onde PI é o peso inicial, CR é o alimento consumido (g), GPC é o ganho de proteína corporal (g), lnPF e lnPI são o logaritmo neperiano do peso inicial e final, respectivamente. E t é a duração do experimento em dias.

Para a composição centesimal, os peixes restantes dos outros processos foram agrupados por tanque e homogeneizados antes da análise. A composição foi realizada pela análise do teor de umidade (pré-secagem a 55 C° durante 72 h, seguida de secagem a 105 C° durante 8 h), proteína bruta (digestão e destilação de nitrogênio pelo Método de Kjeldahl), extrato etéreo (extrator Soxhlet usando éter como solvente) e teor de cinzas (calcinação das amostras em mufla a 550 C° durante 6 h), todos determinados de acordo com metodologia da AOAC (2016).

Também foi realizada a análise econômica parcial, considerando apenas o período da fase estudada (alevinos a juvenis). Os custos considerados na avaliação foram a compra de alevinos e ração. A porcentagem de lucro foi baseada apenas sobre o preço de venda dos peixes em gramas, a seguir, foi calculada a receita bruta. Os alevinos costumam ser vendidos em milheiro, por isso, para o cálculo, considerou-se o peso médio que são vendidos (10 g x 1000 = 10000 g) e dividiu-se pelo preço médio de modo a obter o preço médio por grama de alevinos. Para calcular a receita líquida parcial (RLP), foram considerados apenas os custos com alevinos e alimentação, de acordo com a seguinte equação:

$$RLP = GR - (AL + Fd)$$

Onde GR é a receita bruta correspondente ao preço de venda dos peixes de acordo com seu peso final, AL o custo de compra dos alevinos e Fd é o custo total da alimentação.

3.2.1. Análise estatística

Inicialmente, verificou-se se a variância dos dados atingiu os pressupostos para a realização da ANOVA (análise de variância unifatorial), por meio do teste de Shapiro-Wilk (normalidade) e Levene (homogeneidade), sendo ambos atingidos quando o p-valor esteve acima de 0,05 (5%).

Depois, as variáveis foram submetidas à ANOVA em um nível de significância de 5%. Em caso de diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Toda a análise estatística foi realizada no programa estatístico R (R Core Team, 2019).

3.2.2. Análise de componentes principais- PCA

Mensurou-se várias variáveis biológicas e químicas durante o estudo para avaliar os processamentos e, por isso, fez-se uma análise de componentes principais (PCA) buscando analisar as diversas variáveis em uma forma mais compreensível, uma vez que a PCA é multivariada e realiza uma exploração da estrutura de correlação entre as variáveis, produzindo um grupo de componentes que refletem o conjunto original (Olsen *et al.*, 2012). Com isso, possibilitou-se a redução da dimensão dos dados e rejeição dos componentes com menor variação. Foi realizada pelo uso do R software (R Core Team, 2019) com pacotes multcomp (Hothorn *et al.*, 2008).

3.3. Resultados

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto aos parâmetros de acompanhamento da qualidade da água: temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e pH (Tabela 2).

Tabela 2: Médias mais ou menos desvio padrão para os parâmetros de qualidade da água nos tratamentos: ME1, ED03, ED06, BF03 e BF06.

Variável	ME1	ED03	ED06	BF03	BF06
T (C)	25,71±0,24	25,69±0,23	25,87±0,24	25,50±0,23	25,53±0,23
OD (mg L ⁻¹)	7,16±0,07	7,18±0,08	7,14±0,06	7,11±0,05	7,18±0,07
CE (μS cm ⁻²)	158,15±0,15	169,69±0,16	166,79±0,16	169,63±0,17	163,42±0,15
pH	7,50±0,05	7,51±0,05	7,49±0,04	7,50±0,05	7,50±0,05

T: temperatura, OD: oxigênio dissolvido, CE: condutividade elétrica, pH: potencial hidrogeniônico. Means were not different according to Tukey's test ($P > 0,05$). \pm = standard deviation. ME1: micro-extruded feed 1 mm; ED03: extruded and disintegrated feed 0.3 mm; ED06: extruded and disintegrated feed 0.6 mm; BF03: bran feed 0.3 mm; BF06: bran feed 0.6 mm.

Já no desempenho zootécnico foi possível observar que os animais alimentados com a dieta microextrusada (ME1) tiveram os maiores GP, não diferindo estatisticamente apenas de ED06 ($p=0,09362$), que por sua vez não diferiu das dietas fareladas BF03 e BF06 ($p=0,48479$ e $p=0,94746$, respectivamente). Os valores mais baixos foram das rações de 3 mm (ED03 e BF03), que não diferiram entre si por Tukey ($p=0,15761$) (Tabela 3). A conversão alimentar foi reduzida em ME1, seguido por ED06 (da qual não diferiu, $p=0,23200$), sendo que ED06 também não diferiu de BF06 ($0,08733$). Quanto à TCE, o tratamento ME1 obteve o maior valor, mas sua média não foi diferente de ED06 e BF06 por Tukey ($p=0,16378$ e $p=0,07511$, respectivamente).

Tabela 3- Ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), peso final (PF) e taxa de crescimento específico (TCE).

Variable	ME1	ED03	ED06	BF03	BF06
GP	9,26±0,95 ^a	5,19±0,53 ^c	7,65±0,78 ^{ab}	6,71±0,69 ^{bc}	7,24±0,74 ^b
CA	1,17±0,07 ^a	1,95±0,11 ^c	1,43±0,08 ^{ab}	1,92±0,12 ^c	1,75±0,10 ^{bc}
CR	10,23±0,92 ^a	6,16±0,56 ^c	8,63±0,78 ^{ab}	7,68±0,69 ^{bc}	8,22±0,74 ^b
TCE	5,22±0,22 ^a	4,09±0,18 ^c	4,84±0,21 ^{ab}	4,57±0,20 ^{bc}	4,73±0,20 ^{ab}

ME1: alimentação microextrusada 1 mm; ED03: alimentação extrusada e desintegrada de 0,3 mm; ED06: extrusada e desintegrada 0,6 mm; BF03: alimentação farelada 0,3 mm; BF06: alimentação farelada e desintegrada de 0,6 mm. Médias seguidas por letras diferentes nas linhas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey.

Em relação à presença de fósforo e nitrogênio na água de criação, a ração microextrusada de 1 mm gerou as menores concentrações (Figura 1) em ambos os parâmetros, sendo estatisticamente diferente ($P < 0,00088$) dos demais tratamentos. Por

outro lado, as dietas fareladas de 0,3 e 0,6 mm de diâmetro foram responsáveis pelas maiores concentrações de ambos os nutrientes.

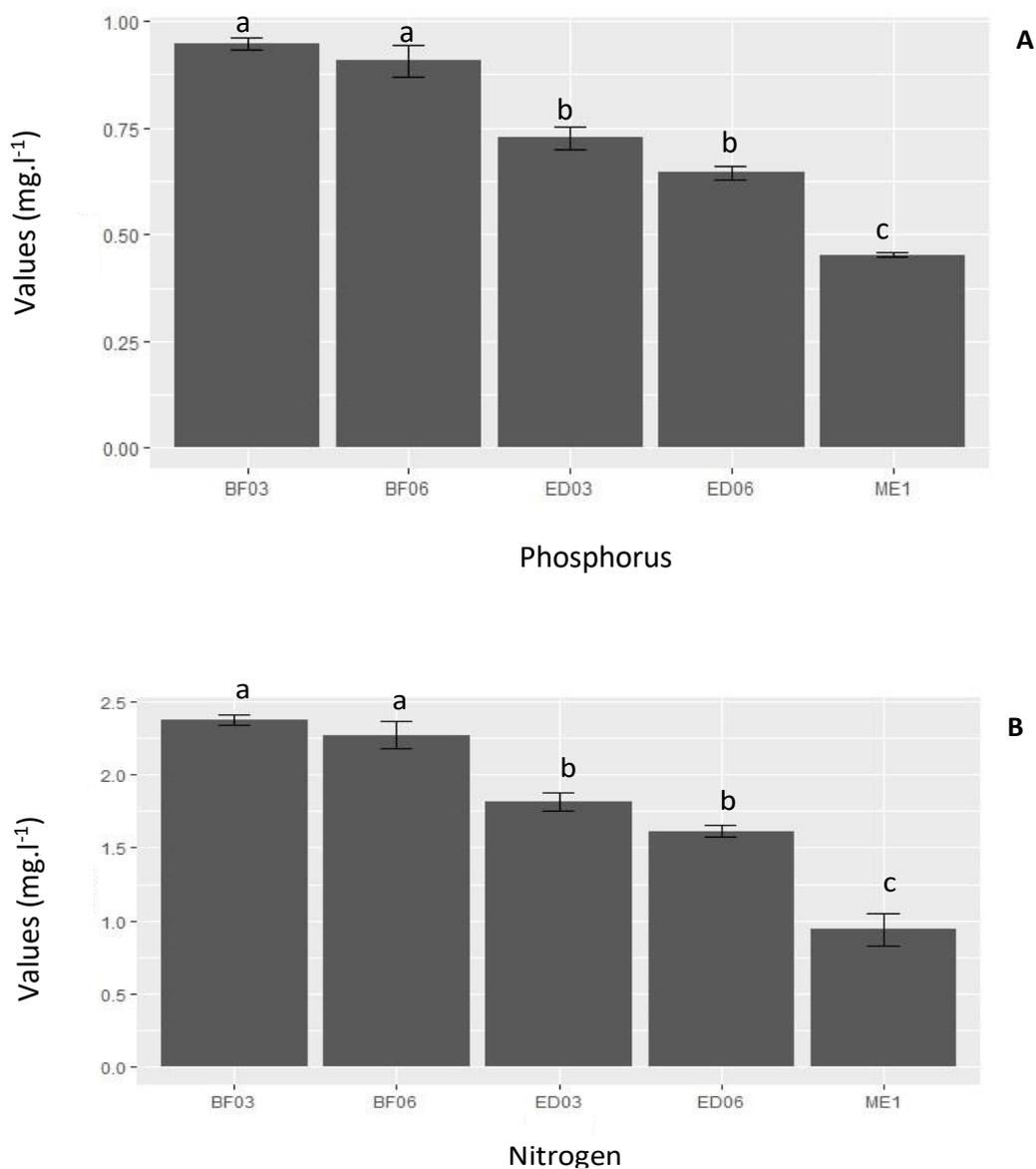


Figura 1: Nitrogênio total (A) e fósforo total (B) na água de criação durante o período experimental. ME1: ração microextrusada 1 mm; ED03: ração extrusada e desintegrada de 0,3 mm; ED06: extrusada e desintegrada 0,6 mm; BF03: ração farelada 0,3 mm; BF06: ração farelada de 0,6 mm.

Na composição centesimal dos peixes inteiros não foram encontradas diferenças estatísticas entre os tratamentos quanto ao teor de umidade ($P=0,763$), proteína bruta

($p=0,3000$), extrato etéreo (0,801) e cinzas (0,606) (Tabela 4). O CRP foi maior em ME1, sendo estatisticamente diferente ($p<0,01714$) quando comparado às outras dietas, seguido por ED06, BF06 e ED03, com o menor valor encontrado para BF03, que não diferiu estatisticamente de BF06 ($p=0,65190$) e ED03 ($p=0,93720$) (Tabela 4).

Tabela 4- Valores de composição centesimal de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), apresentados como média \pm desvio padrão.

Variável	ME1	ED03	ED06	BF03	BF06
UM	73,98 \pm 0,76	74,27 \pm 0,76	73,48 \pm 0,76	73,98 \pm 0,76	74,10 \pm 0,76
PB	16,44 \pm 0,71	16,61 \pm 0,71	16,16 \pm 0,69	15,46 \pm 0,66	15,81 \pm 0,68
EE	8,38 \pm 0,67	8,13 \pm 0,66	8,66 \pm 0,69	8,31 \pm 0,66	8,06 \pm 0,64
CZ	4,44 \pm 0,52	4,69 \pm 0,55	4,24 \pm 0,50	4,13 \pm 0,48	4,38 \pm 0,51
CRP	36,47 \pm 3,13 ^a	22,52 \pm 1,93 ^c	29,62 \pm 2,54 ^b	21,09 \pm 1,81 ^c	23,69 \pm 2,03 ^c

ME1: alimentação microextrusada 1 mm; ED03: alimentação extrusada e desintegrada de 0,3 mm; ED06: extrusada e desintegrada 0,6 mm; BF03: alimentação farelada 0,3 mm; BF06: alimentação farelada e desintegrada de 0,6 mm. Médias seguidas por letras diferentes nas linhas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey.

A análise econômica parcial mostrou que o tratamento ME1 obteve a maior rentabilidade, com um PNR em torno de 5,91 USD, embora seja o tratamento com os maiores custos de processamento. Deste, Os tratamentos ED06, BF03 e BF06 não diferiram estatisticamente ($p=0,6408$; $p=0,1144$; $p=0,4232$, respectivamente), (Tabela 5).

Tabela 5- Receita bruta (RB), custos (C) e receita líquida parcial (RLP) mais ou menos desvio padrão em diferentes processamentos de alimentos.

Variável	ME1	ED03	ED06	BF03	BF06
RB	7,19	4,67	6,53	5,81	6,23
C (USD)	1,28	0,63	0,67	0,58	0,58
RLP	5,91 ^a \pm 2,09	4,04 ^b \pm 1,43	5,86 ^a \pm 2,62	5,22 ^{ab} \pm 3,94	5,64 ^a \pm 2,75

ME1: alimentação microextrusada 1 mm; ED03: alimentação extrusada e desintegrada de 0,3 mm; ED06: extrusada e desintegrada 0,6 mm; BF03: alimentação de farelada 0,3 mm; BF06: alimentação farelada e desintegrada de 0,6 mm. USD: United States Dollar.

Análise de componentes principais

Na PCA, os eixos PC1 e PC2 explicaram 55,7 e 18,4% da variação, totalizando 74,1%. O PC1 foi positivamente associado a CRP, GP, PF, SGR e EE, e negativamente

com CA, N e P (Figura 3A). Neste gradiente principal (PC1), os melhores resultados foram observados no ME1, seguido pelo ED06 (Figura 3A), nos quais foram observados os maiores valores de CRP, GP, PF, SGR e EE e os menores de CA, N e P (Figura 3B).

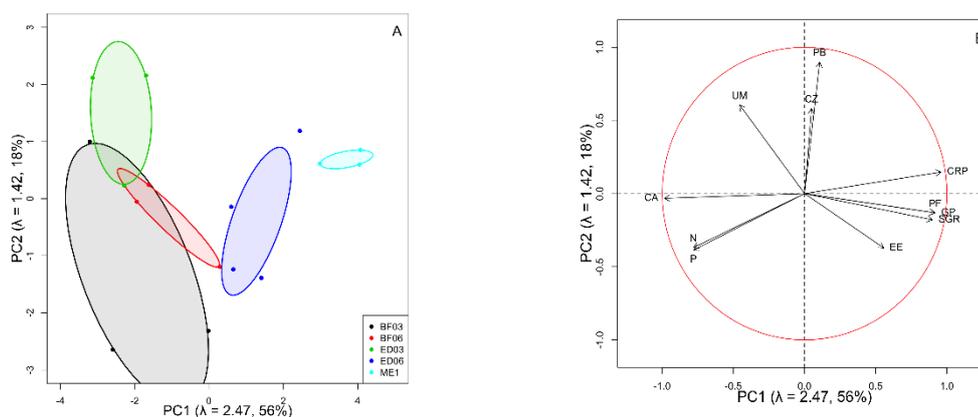


Figura 02- A) Gráfico com os vetores das variáveis utilizadas no estudo e componentes principais 1 e 2, PC1 e PC2, respectivamente. As elipses representam as principais tendências das variáveis descritas. B) Biplots do primeiro e do segundo componentes principais, as flexas indicam a carga dos parâmetros nos dois eixos. ME1: ração microextrusada 1 mm; ED03: alimentação extrusada e desintegrada de 0,3 mm; ED06: extrusada e desintegrada 0,6 mm; BF03: ração farelada 0,3 mm; BF06: ração farelada 0,6 mm.

3.4. Discussão

Os valores de temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e pH mantiveram-se constantes nos tratamentos. Esses parâmetros estiveram dentro das condições ideais para o desenvolvimento da espécie desde a fase de alevinos até juvenis, de acordo com a classificação descrita por Ridha & Cruz (2001). Isso mostra que não interferiram nas demais variáveis das unidades experimentais, mesmo tendo havido a retirada individual das água das mesmas.

Os maiores ganhos de peso foram observados nos tratamentos ME1 e ED06, que possuem diâmetros de pellet de 1 e 0,6 mm, respectivamente, em comparação aos resultados dos tratamentos ED03 e BF03 que possuem diâmetros de 0,3 mm. O aumento da adesão em grãos maiores pode explicar os melhores resultados nos tratamentos ME1 e ED06, possivelmente os tornando mais estáveis e flutuantes, facilitando seu consumo sem a seleção de ingredientes, conforme demonstrado anteriormente por Piedecausa *et al.* (2010). Além disso, o processo de extrusão promove a gelatinização do amido e melhora a digestibilidade das dietas (Romano & Kumar, 2018), o que também favorece os dois tratamentos citados, ou seja, o grau de moagem e a forma de processamento interferiram. Rodrigues & Fernandes (2006) observaram maior crescimento de *Pterophyllum scalare* alimentados com dietas extrusadas em comparação a dietas fareladas. Eles concluíram que a separação e seleção de ingredientes pelos peixes quando alimentados com dietas fareladas levaram a esses resultados, corroborando os resultados do presente estudo.

A conversão alimentar (CA) foi estatisticamente menor nos tratamentos ME1 e ED06. O processamento e o grau de moagem interferiram nos resultados. ED03 (0,3 mm) e BF03 (0,3 mm), ambos com o mesmo grau de moagem e processamento diferente, obtiveram piores resultados de CA; Também não diferiram ED06 (0,6 mm) e BF06 (0,6 mm), tendo ambos valores intermediários, inferindo-se que, neste caso, observando estes dois pares de tratamentos citados, o tamanho do pellet foi mais importante do que o processamento. Ainda assim, os resultados sugerem vantagens às rações extrusadas em relação às fareladas, pois, ao observar separadamente as rações de mesmo diâmetro, percebe-se que as extrusadas tiveram uma menor CA (ED03<BF03 e ED06<BF06) (lembrando que quanto menor a CA, melhor o resultado), embora não tenha havido diferença estatística neste caso.

Outro fator que pode mudar com a granulometria é a taxa de passagem intestinal, conforme discutido por Sveier *et al.* (1999) que observaram que nas espécies de salmão foi maior quando as rações foram mais trituradas, pois as partículas tiveram mais tempo para digestão e absorção dos alimentos. Tran-Tu *et al.* (2017) também observaram maior digestibilidade em moagens maiores (1 mm em relação a 0,8 mm).

Este fato explica por que os presentes resultados para diferentes graus de moagem e mesmo processamento mostram que os maiores diâmetros (ED06 - 0,6 mm em comparação com ED03 - 0,3 mm, e BF06 - 0,6 mm em comparação com BF03 - 0,3 mm) obtiveram valores menores de CA. Também, a baixa estabilidade das menores granulometrias na água foi relatada por Toyama *et al.* (2000) ao observar a lixiviação e solubilização de nutrientes. De acordo com Portella *et al.* (2012), tais perdas são compostas principalmente por nutrientes solúveis em água, como vitaminas e outros componentes de baixo peso molecular. Uma parte dessas vitaminas (por exemplo, vitamina B1) está envolvida no metabolismo energético e proteico (de Carvalho Gomes *et al.*, 2000). Isso pode prejudicar a digestibilidade dos nutrientes, principalmente no que diz respeito às proteínas, que são oferecidas em maiores quantidades durante a fase de alevinagem.

Os resultados de CRP explicam as informações do parágrafo acima, estes resultados foram maiores em ME1 e ED06, inferindo-se que nestes tratamentos houve maior aproveitamento da proteína ingerida, que pode ser decorrente da menor perda de vitaminas envolvidas no metabolismo das proteínas nestas rações. Também, como a proteína é ofertada em maiores quantidades nesta fase, seu maior aproveitamento confirmado pelo CRP, leva a uma redução na CA, pois menor quantidade de ração será necessária para atender a demanda dos alevinos.

Os resultados de CA também refletiram nos valores de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT), corroborando os achados apresentados por Piedecausa *et al.* (2010) e Tran-Tu *et al.* (2017), que mostraram a relação existente entre o processamento da ração e as perdas de nutrientes na água. Eles destacam que quando a digestibilidade aumenta, menores quantidades de fezes são produzidas. Como o NT e o PT são as variáveis mais limitantes do processo de eutrofização (Jarvie *et al.*, 2018), a melhor utilização da ração pode evitar a ocorrência de problemas relacionados à eutrofização em corpos d'água. A partir disso, pode-se inferir que o processo de microextrusão com 1 mm de diâmetro

melhora a conversão alimentar, ao mesmo tempo que reduz a liberação de NT e PT na água.

Portanto, a fluutuabilidade em ME1, assim como a extrusão associada a um maior grau de moagem (0,6 mm), foram mais eficientes no uso da ração. Como a proteína é composta por cerca de 16% do NT, a eficiência do CRP reduziu as cargas de NT em ME1 e ED06, como relatado no parágrafo acima.

Embora a ração ME1 fosse a mais cara, sua RLP mostrou que seu processamento proporcionou ganhos que superaram os custos além do que os das rações desintegradas (ED03, BF03 e BF06), apenas ED06 foi semelhante a ME1 em RLP, mas este tratamento teve níveis mais elevados de nitrogênio e fósforo na água, o que pode representar um custo adicional na produção. Pelos resultados, é possível perceber que a extrusão foi decisiva na rentabilidade obtida.

Com o uso da PCA os processamentos foram classificados com suas variáveis biológicas (como o GP e a CA) e químicas (como N e P), chegando-se à abordagem que avaliou a interrelação deste grande número de parâmetros e explicando-os em duas dimensões, sendo este o objetivo da PCA segundo Gallo *et al.* (2013).

No decorrer do estudo similaridades foram encontradas entre os tratamentos pelas análises univariadas, principalmente entre ME1 e ED06, o que revelou a superioridade do processo de extrusão e, do maior tamanho das rações, porém, em vários parâmetros, isso não ficou claro, e na maioria não houve diferença entre ED06 e M1, embora ME1 tenha levado a menores CA e GP. Pela PCA foi possível revelar o comportamento diferenciado da ração extrusada a 1 mm, separada das demais na figura 3A.

Pelos resultados, a ração microextrusada (1 mm) é a mais indicada para a produção de alevinos de tilápia entre as testadas, seguida por ED06, visto que estes tratamentos reduziram as taxas de conversão alimentar e minimizaram o impacto ambiental da atividade. Embora o alimento microextrusado tenha o preço mais elevado, seus valores de CA foram os mais baixos. Assim, menor quantidade de ração resultou em maior ganho de peso, compensando o custo adicional e atingindo o maior lucro (RLP) entre os tratamentos testados. O tratamento ED06 atingiu um RLP próximo ao obtido por ME1. No entanto, as cargas de NT e PT lançadas na água foram maiores que

em ME1. Isso resulta em custos adicionais para o tratamento da água, exigindo maior renovação da água ao longo de vários ciclos em sistemas de cultivo. Além disso, pode ser mais agressivo ao meio ambiente devido à maior carga poluente.

3.5. Conclusão

Os resultados indicam que o uso de ração microextrusada (1 mm) para tilápia do Nilo na fase de alevinagem resulta na melhoria dos parâmetros zootécnicos e da qualidade da água em relação ao fósforo e nitrogênio residuais. Também provou ser a melhor opção em relação a outras formas de processamento de rações em termos de análise econômica.

3.6. Referências

Alami-Durante, H., Médale, F., Cluzeaud, M., & Kaushik, S. (2010). Skeletal muscle growth dynamics and expression of related genes in white and red muscles of rainbow trout fed diets with graded levels of a mixture of plant protein sources as substitutes for fish meal. *Aquaculture*, 303, 50-58. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.03.012>. doi:10.1016/j.aquaculture.2010.03.012.

AOAC (2016). AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (19th ed.). Maryland, USA.

APHA (2017). Water and Wastewater Examination Manual. Routledge. doi:10.1201/9780203734131.

De Assis, J. M., Carvalho, R. F., Barbosa, L., Agostinho, C. A., & Pai-Silva, M. D. (2004). Effects of incubation temperature on muscle morphology and growth in the pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Aquaculture*, 237, 251-267. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.04.022>. doi:10.1016/j.aquaculture.2004.04.022.

Bailey, J., Alanärä, A., & Crampton, V. (2003). Do delivery rate and pellet size affect growth rate in atlantic salmon (*Salmo salar* L.) raised under semi-commercial farming conditions? *Aquaculture*, 224, 79-88. URL: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00208-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00208-4). doi:10.1016/S0044-8486(03)00208-4.

Bittencourt, F., Signor, A. A., Boscolo, W. R., Lui, T. A., Boscolo, R. J., & Feiden, A. (2012). Dietas farelada, peletizada ou pastosa para larvas de surubim do iguaçu (*Steindachneridion melanodermatum*). *Acta Iguazu*, 1 , 1-7.

Brito, J., Pontes, T., Tsujii, K., Araujo, F., & Ricther, B. (2017). Automação na tilapicultura: revisão de literatura, desempenho, piscicultura, tecnologias, tilápias. *Nutritime*, 14 , 5053-5062.

De Carvalho Gomes, L., Golombieski, J. I., Gomes, A. R. C., & Baldisserotto, B. (2000). Biologia do jundia_ rhamdia quelen (teleostei, pimelodidae). *Ciência Rural* , 30 , 179-185. URL: <https://doi.org/10.1590%2Fs0103-84782000000100029>. doi:10.1590/s0103-84782000000100029.

Dal-Pai-Silva, M., Zanella, B. T. T., da Silva Duran, B. O., de Almeida, F. L. A., Mareco, E. A., & de Paula, T. G. (2020). Cellular and molecular features of skeletal muscle growth and plasticity. *In Biology and Physiology of Freshwater Neotropical Fish* (pp.163-183). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-815872-2.00008-7.

De Almeida, F. L. A., Pessotti, N. S., Pinhal, D., Padovani, C. R., de Jesus Leitão, N., Carvalho, R. F., Martins, C., Portella, M. C., & Dal Pai-Silva, M. (2010). Quantitative expression of myogenic regulatory factors myod and myogenin in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) skeletal muscle during growth. *Micron*, 41, 997-1004.

Desnoyers, M., Giger-Reverdin, S., Sauvant, D., & Duvaux-Ponter, C. (2011). The use of a multivariate analysis to study between-goat variability in feeding behavior and associated rumen pH patterns. *Journal of Dairy Science*, 94 , 842-852. URL: <https://doi.org/10.3168%2Fjds.2010-3461>. doi:10.3168/jds.2010-3461.

Furuya, W. M. (2010). *Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias*. (1st ed.). Toledo: GFM.

Gallo, A., Moschini, M., Cerioli, C., & Masoero, F. (2013). Use of principal component analysis to classify forages and predict their calculated energy content. *Animal*, 7, 930-

939. URL: <https://doi.org/10.1017%2Fs1751731112002467>. doi:10.1017/s1751731112002467.

Gao, S., Jin, J., Liu, H., Han, D., Zhu, X., Yang, Y., & Xie, S. (2019). Effects of pelleted and extruded feed of different ingredients particle sizes on feed quality and growth performance of gibel carp (*Carassius gibelio* var. CAS v). *Aquaculture*, 511 , 734236. URL:<https://doi.org/10.1016%2Fj.aquaculture.2019.734236>.doi:10.1016/j.aquaculture.2019.734236.

Hothorn, T., Bretz, F., & Westfall, P. (2008). Simultaneous inference in general parametric models. *Biometrical Journal*, 50, 346-363. URL: <https://doi.org/10.1002%2Fbimj.200810425>. doi:10.1002/bimj.200810425.

Jarvie, H. P., Smith, D. R., Norton, L. R., Edwards, F. K., Bowes, M. J., King, S. M., Scarlett, P., Davies, S., Dils, R. M., & Bachiller-Jareno, N. (2018). Phosphorus and nitrogen limitation and impairment of headwater streams relative to rivers in great britain: A national perspective on eutrophication. *Science of The Total Environment*, 621, 849-862. URL: <https://doi.org/10.1016%2Fj.scitotenv.2017.11.128>.doi:10.1016/j.scitotenv.2017.11.128.

Jerônimo, G., La_tte, L., Speck, G., & Martins, M. (2011). Seasonal influence on the hematological parameters in cultured nile tilapia from southern brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 71, 719-725. URL:<https://doi.org/10.1590%2Fs1519-69842011000400017>.doi:10.1590/s151969842011000400 0 17.

Johnston, I., & Hall, T. E. (2004). Mechanisms of muscle development and responses to temperature chan in fish larvae. In *American Fisheries Society Symposium* (pp. 85-116). volume 40.

Kiessling, A., Kiessling, K.-H., Storebakken, T., & Åsgård, T. (1991). Changes in the structure and function of the epaxial muscle of rainbow trout (*oncorhynchus mykiss*) in relation to ration and age. *Aquaculture*, 93, 357-372. URL: <https://doi.org/10.1016%2F0044-8486%2891%2990226-w>. doi:10.1016/0044-8486(91)90226-w.

Lee, S., Nambi, 386 R. W., Won, S., Katya, K., & Bai, S. C. (2016). Dietary selenium requirement and toxicity levels in juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 464, 153-158. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.06.027>. doi: 10.1016/j.aquaculture.2016.06.027.

Olsen, R. L., Chappell, R.W., & Loftis, J. C. (2012). Water quality sample collection, data treatment and results presentation for principal components analysis - literature review and Illinois river watershed case study. *Water Research*, 46, 3110-3122. URL: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.03.028>. doi:10.1016/j.watres.2012.03.028.

Piedecausa, M. A., Aguado-Giménez, F., Garcia-Garcia, B., & Telfer, T. C. (2010). Total ammonia nitrogen leaching from feed pellets used in salmon aquaculture. *Journal of Applied Ichthyology*, 26, 16-20. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2009.01352.x>. doi:10.1111/j.1439-0426.2009.01352.x.

Portella, M., Leitão, N., Takata, R., & Lopes, T. (2012). Alimentação e Nutrição de Larvas. In D. Fracalossi, & J. Cyrino (Eds.), *Alimentação e Nutrição de Larvas*. Florianópolis: Copiart Ltda.

Potrich, F. R., Signor, A. A., Dieterich, T. G., Neu, D., Feiden, A., & Boscolo, W. (2011). Estabilidade e lixiviação de nutrientes com rações de diferentes níveis proteicos. *Revista Cultivando o Saber*, 4, 77-87.

R Core Team (2019). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.

Riche, M., & Garling, D. (2003). Feeding tilapia in intensive recirculating systems.

Ridha, M. T., & Cruz, E. M. (2001). Effect of biofilter media on water quality and biological performance of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. reared in a simple recirculating system. *Aquacultural Engineering*, 24, 157-166. URL: [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(01\)00060-7](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(01)00060-7). doi:10.1016/S0144-8609(01)00060-7.

Rodrigues, L. A., & Fernandes, J. B. K. (2006). Influência do processamento da dieta no desempenho produtivo do acará bandeira (*Pterophyllum scalare*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 28. URL: <https://doi.org/10.4025%2Factascianimsci.v28i1.847>. doi:10.4025/actascianimsci.v28i1.847.

Romano, N., & Kumar, V. (2018). Starch gelatinization on the physical characteristics of aquafeeds and subsequent implications to the productivity in farmed aquatic animals. *Reviews in Aquaculture*, 11 , 1271-1284. URL: <https://doi.org/10.1111%2Fraq.12291>. doi:10.1111/raq.12291.

Rowlerson, A., & Veggetti, A. (2001). Cellular Mechanisms of Post-Embryonic Muscle Growth in Aquaculture Species. In I. A. Johnston (Ed.), *Muscle development and growth*. (pp. 103-140). San Diego: Academic Press. doi:10.1016/S1546-5098(01)18006-4.

Santos, V. (2005). Morphologic aspects of fish lateral muscles. *Boletim do Instituto de Pesca*, 33 . URL: <https://www.pesca.sp.gov.br/boletim/index.php/bip/article/view/748>.

Dos Santos Cardoso, M., Godoy, A. C., Oxford, J. H., Rodrigues, R., Dos Santos Cardoso, M., Bittencourt, F., Signor, A., Boscolo, W. R., & Feiden, A. (2021). Apparent digestibility of protein hydrolysates from chicken and swine slaughter residues for Nile tilapia. *Aquaculture*, 530, 735720. URL: <https://doi.org/10.1016%2Fj.aquaculture.2020.735720>. doi:10.1016/j.aquaculture.2020.735720.

Schindelin, J., Arganda-Carreras, I., Frise, E., Kaynig, V., Longair, M., Pietzsch, T., Preibisch, S., Rueden, C., Saalfeld, S., Schmid, B., Tinevez, J.-Y., White, D. J., Hartenstein, V., Eliceiri, K., Tomancak, P., & Cardona, A. (2012). Fiji: an open source platform for biological-image analysis. *Nature Methods*, 9, 676-682. URL: <https://doi.org/10.1038%2Fnmeth.2019>. doi:10.1038/nmeth.2019.

Da Silva, T. C., Rocha, J. D. M., Moreira, P., Signor, A., & Boscolo, W. R. (2017). Fish protein hydrolysate in diets for Nile tilapia post-larvae. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52, 485-492. doi :10.1590/s0100-204x2017000700 002.

Sonoda, D. Y., França, E. D., & Cyrino, J. E. P. (2016). Modelo de preço de ração para peixe no período de 2001 a 2015. *Revista IPecege*,2,57-71. doi:10.22167/r.ipecege.2016.3. 57.

Sveier, H., Wathne, E., & Lied, E. (1999). Growth, feed and nutrient utilisation and gastrointestinal evacuation time in atlantic salmon (*Salmo salar* l.): the effect of dietary fish meal particle size and protein concentration. *Aquaculture*,180,265-282.doi:10.1016/s00448486(99)00196-9.

TD, S. (2019). SuperCrac 6.1 Premium.

Toyama, G. N., Corrente, J. E., & Cyrino, J. E. P. (2000). Suplementação de vitamina C em rações para reversão sexual da tilápia do Nilo. *Scientia Agricola*,57,221-228. 0103-90162000000200005.

Tran-Tu, L., Hien, T., Bosma, R., Heinsbroek, L., Verreth, J., & Schrama, J. (2017). Effect of ingredient particle sizes and dietary viscosity on digestion and faecal waste of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*).*Aquaculture Nutrition*,24,961-969. doi:10.1111/anu.12632.

4. CAPÍTULO 2:

Frequência de arraçoamento para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Aldo Felipe Fava^{a,*}, Gildete de Souza Bezerra^a, Dacley Hertes Neu^b, Fabio Bittencourt^a, Altevir Signor^a, Kerolay Valadão Carvalho^a, Ricacio Luan Marques Gomes^b, Wilson Rogério Boscolo^a

^aUniversidade Estadual do Oeste do Paraná. Rua da Faculdade, 354. Centro de Engenharias e Ciências Exatas. Toledo/PR. Brasil.

^b Universidade Federal da Grande Dourados. Faculdade de Ciências Agrárias. Rodovia Dourados - Itahum, km 12. Cidade Universitária, Dourados/MS. Brasil

^cCentro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. Jaboticaba/SP. Brasil

Artigo elaborado e formatado conforme as normas da revista: Aquaculture Nutrition. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/page/journal/13652109/homepage/forauthors.html>>

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar a frequência de alimentação de alevinos de tilápia. 240 peixes foram distribuídos aleatoriamente em 24 recipientes. A alimentação constou de seis frequências: 4 (F4), 5 (F5), 6 (F6), 7 (F7), 8 (F8) e 9 (F9) vezes ao dia. O ganho de peso foi significativamente maior em F5 e F6 quando comparado a F4 ($p = 0,0409$ e $0,0306$, respectivamente). O consumo de ração e a conversão alimentar aparente não diferiram entre os tratamentos ($p = 0,129$ e $p = 0,451$). Quanto à qualidade da água, os níveis de N na água dos tratamentos diferiram entre F4 e F5 ($p = 0,0478$) e F4 e F6 ($p = 0,0283$); para P, entre F4 e F6 ($p = 0,0215$) e F4 e F9 ($p = 0,0432$). O teste χ^2 mostrou relação de dependência entre as frequências de alimentação e a frequência das fibras musculares ($p < 0,000000000000000022$), prevalecendo fibras entre 10-20 micrômetros em F4, F5, F6 e F7, e 30-40 em F8 e F9. A área dos hepatócitos diferiu apenas entre F5 e F9, enquanto a área do núcleo, não. A receita líquida parcial diferiu em 10% entre F5 e F4 ($p = 0,0812$) e entre F6 e F4 ($p = 0,0568$). Concluindo, alevinos alimentados de 5 a 6 vezes ao dia apresentam melhores receitas zootécnicas e parciais.

Palavras-chave: alevinos de tilápia, frequência alimentar, estratégia alimentar, aquicultura, qualidade da água, receita parcial

Abstract

This study aimed to assess the feeding frequency for tilapia fingerlings. 240 fishes were randomly distributed in 24 containers. The feeding consisted of six frequencies: 4 (F4), 5 (F5), 6 (F6), 7 (F7), 8 (F8) and 9 (F9) times a day. The weight gain was significantly higher in F5 and F6 when compared to F4 ($p = 0.0409$ and 0.0306 , respectively). Feed intake and apparent feed conversion did not differ between treatments ($p = 0.129$ and $p = 0.451$). About water quality, The N levels in the water from the treatments differed between F4 and F5 ($p = 0.0478$) and F4 and F6 ($p = 0.0283$); for P, between F4 and F6 ($p = 0.0215$) and F4 and F9 ($p = 0.0432$). The χ^2 test showed a dependence relationship between feed frequencies and the muscle fibers frequency ($p < 0.000000000000000022$), prevailing fibers between 10-20 micrometers in F4, F5, F6 and F7, and 30-40 in F8 and F9. The area of the hepatocytes differed only between F5 and F9, while the nucleus area, did not. Partial net revenue differed in 10% between F5 and F4 ($p = 0.0812$) and between F6 and F4 ($p = 0.0568$). Concluding, fingerlings fed 5 to 6 times a day have better zootechnical and partial recipes.

Key words: Tilapia fingerlings, feeding frequency, food strategy, aquaculture, water quality, partial revenue

4.1. Introdução

A demanda por alimentos, especialmente os de origem proteica, tem crescido em função do aumento da população mundial. A aquicultura tem atendido parte desta

demanda por seu crescimento expressivo, apresentando potencial para superação deste problema, disponibilizando proteínas de alto valor (Sabbag *et al.*, 2018). Neste contexto, a *O. niloticus* é a terceira espécie de peixe mais produzida no mundo (8,3% da produção) (FAO, 2020) e a mais produzida no Brasil (57%) (IBGE, 2019). Isso ocorre porque a espécie atende à demanda para produção maior em espaços reduzidos, reduz o ciclo produtivo, é rustica e de fácil reprodução, fazendo com que seja amplamente estudada, com foco principal na melhoria da eficiência das pisciculturas (Brito *et al.*, 2017; Osti, 2018).

A alimentação é decisiva para a viabilidade destes sistemas, pois representa entre 40 e 60% do custo total (Bhuiyan *et al.*, 2018), podendo chegar a 70% (NRC, 2011). Considera-se que a influência da dieta no crescimento não se limita à escolha dos ingredientes que irão compô-la, a frequência com que é ofertada também altera o aproveitamento dos nutrientes (Silva *et al.*, 2019).

O comportamento do organismo dos peixes em função das frequências alimentares varia entre as espécies, sistemas de produção e estágio de desenvolvimento que se encontram (Guo *et al.*, 2018).. Os peixes devem ter acesso aos alimentos de modo a estarem saciados, entretanto, o excesso eleva custos e piora a conversão alimentar (Biswas *et al.*, 2006). Quanto às espécies, nas onívoras com estômago pequeno, como a tilápia, a procura por alimento ocorre em maior frequência por apresentarem limitações na capacidade de armazenamento (Carneiro & Mikos, 2005), não podendo consumir o suficiente em menores frequências como outras espécies carnívoras ou de estômago maior. Quanto a fase de crescimento, as pós-larvas e alevinos, por terem o metabolismo mais ativo, procuram o alimento mais vezes que os juvenis (Folkvord & Ottera, 1993), por isso a alimentação em frequência ideal favorece o crescimento e otimiza o aproveitamento da ração. Todavia, não está estabelecida a frequência ideal para a alevinagem de tilápias como está em outras fases ou espécies.

O organismo dos peixes, mais especificamente o fígado, processa os alimentos, porém, apresenta capacidade limitada para isso, podendo ter seu tecido comprometido quando excedida sua capacidade. Isso explica porque o excesso de alimentação pode reduzir o aproveitamento das rações, piorando a conversão alimentar, pode levar ao acúmulo de gordura e desperdício de nutrientes (ricos em fósforo e nitrogênio), prejudicando o desempenho econômico e elevando o impacto ambiental (Guo *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2019).

Portanto, se faz necessário investigar as frequências de arraçoamento com o objetivo de avaliar seus efeitos na alevinagem, pois este parâmetro impacta o consumo de ração, crescimento, conversão alimentar e qualidade da água (Wang *et al.*, 1998, Silva *et al.*, 2019), sendo este o propósito do presente estudo.

4.2. Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquicultura do Gemaq - Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura da Unioeste - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, sendo antes submetido à aprovação pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (Protocolo número 01-19) e realizado de acordo com as normas técnicas de biossegurança e ética de uso de animais em experimentos.

Para a execução foram utilizados 24 tanques de polietileno com capacidade de 180 litros, com sistema de aeração constante. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, avaliando seis frequências de arraçoamento (4, 5, 6, 7, 8 e 9 vezes ao dia) com quatro repetições, sendo a unidade experimental composta por uma caixa contendo dez alevinos. Foram adquiridos 500 alevinos em uma piscicultura comercial da região que foram transportados ao laboratório em caixas de transporte isotérmicas com oxigenação constante. Depois, determinou-se o peso médio deles (0,793 g), distribuindo-os em 24 caixas de modo a manter o peso médio de $0,793 \pm 0,05$ g por peixe nas caixas.

4.2.1 Confeção das rações

As rações foram formuladas (Tabela 1) buscando atender a demanda nutricional da espécie no estágio de desenvolvimento utilizado (alevinos), de acordo com as Tabelas Brasileiras de Nutrição de Tilápias (Furya, 2010). Cada ingrediente da dieta foi balanceado com o auxílio do programa SuperCrac[®] 5.7 Master (TD Software, 2005). Para elaboração da dieta, os ingredientes foram triturados em moinho do tipo martelo (Vieira[®], MCS 280, Tatui – SP), com peneira de 0,3 mm. Para extrusão foi utilizada uma extrusora da marca Exteec, EX 500, Ribeirão Preto – SP em matriz de 1 mm. Após este processo, foi realizada a análise bromatológica da ração (Tabela 2), etapa em que foi avaliado o teor de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral e

energia bruta, de acordo com a metodologia descrita por AOAC (1995) e adaptada pelo instituto Adolfo Lutz (2008).

Tabela 6. Formulação e composição bromatológica da dieta para fornecimento aos alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Ingrediente	Inclusão (g kg ⁻¹)	Ingrediente	Inclusão (g kg ⁻¹)
Farelo de milho	257,5	Calcário calcítico	5,6
Concentrado proteico soja	223,9	L-treonina	5,5
Farelo de arroz	100,0	Sal	5,0
Farinha de viscera de aves	100,0	DI-metionina	3,8
Farinha de penas	68,0	Vitamina C	2,0
Gluten de milho	50,0	Cloreto de colina	1,5
Farinha de sangue	50,0	Propionato de calcio	1,0
Óleo de soja	33,3	Antioxidante (BHT)	0,2
Levedura alcoólica	20,0	Total	1000
Fosfato bicálcio	17,7	Composição química (g kg ⁻¹)	
Farinha de peixe 55%	16,7	MS	935,20
Hidrolisado proteico aves	16,7	PB	390,30
Gluten de trigo	10,0	EE	70,00
PREMIX	6,0	CZ	84,40
L-lisina HCL	5,8	EB	4,293

*Todos os ingredientes foram comprados em mercado local

MS: matéria seca; PB:proteína bruta; EE:extrato etéreo; CZ:cinzas; EB:energia bruta

Níveis de garantia por quilograma de produto: vit.A:1.750.000 UI; vit. D3:375000 UI; vit. K3: 500 mg, vit B1: 2000 mg; vit B2: 2500 mg; vit B6: 2500 mg; vit B12: 5000 mg; ácido fólico: 625 mg; pantotenato de cálcio: 7500 mg; vit C: 37500 mg; Biotina: 50 mg; inositol: 12500 mg; niacina: 8750 mg; colina: 100000 mg; cobalto: 50 mg; cobre: 1250 mg; ferro: 15000 mg; iodo: 100 mg; manganês: 3750 mg; selênio: 75 mg; zinco: 17500 mg.

4.2.2. Manejo durante o experimento

O manejo alimentar dos alevinos consistiu na oferta de alimento 4, 5, 6, 7, 8 e 9 vezes ao dia, até a saciedade aparente, das 08:00 até às 18:00 h. A opção pela alimentação *ad libitum* foi feita para verificar a capacidade de consumo dos alevinos em função das frequências e saber qual delas possibilita o máximo desempenho, o que não seria possível com a alimentação por porcentagem do peso vivo.

A limpeza das unidades experimentais foi realizada por meio de sifonamento do fundo dos tanques, coma retirada da água, 30% do volume, na parte da tarde, após a última alimentação, e posterior reposição com água de temperatura semelhante. Não houve recirculação de água durante o experimento, a água de cada aquário foi repost

individualmente, para haver garantia da independência das unidades experimentais quanto aos parâmetros de qualidade de água

Semanalmente foram verificados os parâmetros de qualidade da água como pH, oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) e condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), e diariamente a temperatura ($^{\circ}\text{C}$), no período da manhã e tarde. No início e final do estudo foram realizadas coletas de água das unidades experimentais, as quais permaneceram armazenadas em garrafas de polietileno escuras e conservadas resfriadas para posteriores análises de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) segundo a metodologia da AOAC (1995) adaptada pelo instituto Adolfo Lutz (2008).

Ao final do período experimental os animais permaneceram em jejum prévio de 12 horas e foram anestesiados com eugenol (100 ml/l de álcool), pesados e medidos para determinação dos parâmetros zootécnicos. Foram avaliados a biomassa final (g), comprimento total (cm), comprimento padrão (cm), ganho em peso = [peso final (g) – peso inicial (g)], conversão alimentar aparente = [alimento consumido (g)/ganho em peso (g)] e taxa de crescimento específico = $[(\ln \text{ do peso final (g)} - \ln \text{ do peso inicial (g)}) / \text{tempo do experimento (dias)}] * 100$, dos animais submetidos aos diferentes tratamentos.

4.2.3. Histologia

Os peixes selecionados aleatoriamente para a coleta dos órgãos foram eutanasiados em solução de eugenol, coletando-se os fígados de três animais por unidade experimental para relação hepatossomática (RHS%), totalizando 12 peixes por tratamento. A RHS% foi calculada pela razão entre o peso do fígado (g) e o peso corporal do peixe (g), multiplicado por 100. Os fígados de dois peixes foram removidos, lavados em solução fisiológica (NaCl 0.9%) e retiradas amostras da porção mediana do lobo esquerdo. As amostras de fígado foram fixadas em solução de Alfac (BEHMER *et al.*, 1976) e 12 horas depois, transferidas para frascos contendo álcool 70°, em seguida as amostras de fígado foram desidratadas, diafanizadas e incluídas em parafina, para a obtenção dos cortes em micrótomo rotativo com 6 μm de espessura, e foram montadas duas lâminas com três cortes histológicos por fígado.

As amostras dos fígados foram processadas e coradas pelo método de Hematoxilina e Eosina – HE, para análise morfológica geral. As análises morfométricas do fígado foram realizadas a partir de imagens capturadas em microscópio óptico P1

Olympus BX 50 – Manila, Philippines) acoplado com câmera,, utilizando objetiva de 40x. Os cálculos realizados foram área do hepatócito e do seu núcleo ($\text{Área}=\pi * \text{raio}^2$), sendo o raio obtido pelo diâmetro medido com auxílio do software ImageJ .

4.2.4. Integridade Hepática

As análises de alterações morfológicas foram avaliadas qualitativamente por meio do índice de lesões de acordo com Bernet *et al.* (1999), calculado a partir do índice: $\text{Bernet} = \Sigma \text{fator de importância (w)} \times \text{escore } (\alpha)$, para tanto, essas alterações foram classificadas em três fatores de importância (w): (1) lesão razoável; (2) lesão moderada; e (3) lesão irreversível, levando à perda parcial ou total do órgão. Para cada alteração histopatológica avaliou-se através de escores (α) que variaram de 0 a 6, dependendo do grau de alteração, sendo (0) sem alteração; (2) pouca ocorrência; (4) moderada ocorrência; (6) lesão de ocorrência grave. Para determinar as lesões, foi desenvolvida uma tabela própria para o respectivo estudo, indicando as principais lesões histopatológicas encontradas.

4.2.5. Histologia muscular

As amostras de músculo foram coletadas do músculo branco dorsal, acima da linha lateral, de dois peixes de cada unidade experimental para a histologia. Depois, foram fixadas em formaldeído tamponado a 10%, seus cortes foram realizados em micrótomo rotativo de 6 μm de espessura. Assim, foram elaboradas duas lâminas com três cortes histológicos por amostra. A técnica de hematoxilina-eosina (HE) foi utilizada para colorir as lâminas, a fim de medir o diâmetro das fibras musculares. A partir das lâminas coradas com HE, foi medido o menor diâmetro de cada fibra, sendo 200 fibras por lâmina, conforme descrito em estudo de Assis *et al.* (2004). Todas as análises histológicas foram realizadas com o auxílio do software de análise de imagem ImageJ (<https://imagej.net/Fiji>) (SCHINDELIN *et al.* 2012). A frequência e distribuição das fibras musculares foram classificadas em quatro classes de diâmetros (D) (0-10 μm , 10-20 μm , 20-30 μm e 30-40 μm).

4.2.6. Composição centesimal

A composição centesimal dos peixes restantes foi realizada por meio da determinação das análises de umidade (pré-secagem em 55°C por 72 horas seguida de secagem em estufa a 105°C por 6 horas), proteína bruta (digestão e destilação de nitrogênio pelo método de Kjeldhal), extrato etéreo (extrator de Soxhlet, com éter como solvente) e matéria mineral (calcinação das amostras em mufla até temperatura de 550°C por 6 horas) foi seguido o protocolo determinado por AOAC (1995) e adaptado pelo instituto Adolfo Lutz (2008).

4.2.7. Análise econômica parcial

A análise econômica parcial foi realizada a fim de determinar os custos de produção, considerando apenas o período da fase estudada (alevinos a juvenis). Os custos considerados na avaliação econômica parcial foram a compra de alevinos e ração. A porcentagem de lucro foi baseada apenas sobre o preço de venda dos peixes e, a seguir, foi calculada a receita bruta. Para calcular a receita líquida parcial (PNR), foi utilizada a equação:

$$\text{PNR} = \text{GR} - (\text{AL} + \text{Fd})$$

Onde GR é a receita bruta correspondente ao preço de venda dos peixes segundo seu peso final. Fd é o custo total da alimentação e AL o custo de compra dos alevinos.

4.2.8. Análise estatística

De início foi verificado se a variância dos dados atingiu os pressupostos para a realização da análise de variância univariada (ANOVA). O pressuposto de normalidade foi verificado pelo teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade pelo teste de Levene, sendo que estes pressupostos foram atingidos quando o p esteve acima de 5% ($p > 0,05$)

Quando atingidos os pressupostos, os dados foram submetidas à ANOVA, considerando que houve diferença quando o p ficou abaixo de 5% ($p < 0,05$) e, neste caso, foram submetidas ao teste de Tukey para a comparação das médias, este também utilizando o nível de 5%. Toda a análise estatística foi realizada no programa estatístico R (R Core Team, 2019).

Para a avaliação da influência das frequências de aração na frequência de ocorrência das fibras musculares em diferentes diâmetros, fez-se a distribuição de qui quadrado. Esta metodologia foi escolhida pois trata-se de duas variáveis qualitativas e, neste caso, não se justifica o uso da ANOVA. Posteriormente, foi feita a análise de correspondência que ordena simultaneamente as linhas e colunas das duas variáveis e explica a relação entre os fatores (Boccard et al., 2011).

Diversas variáveis biológicas e químicas foram medidas durante o estudo para avaliar a frequência de alimentação e, por isso, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) para analisar as diversas variáveis de forma mais compreensível, uma vez que a PCA é multivariada e realiza uma exploração da estrutura de correlação entre as variáveis, produzindo um conjunto de componentes que refletem o conjunto original (Olsen et al., 2012). Com isso, foi possível reduzir o tamanho dos dados e rejeitar os componentes com menor variação. Foi realizado com o auxílio do software R (R Core Team, 2019) com pacotes multcomp (Hothorn et al., 2008).

4.3. Resultados e Discussão

Durante o período experimental não foram observadas diferenças significativas entre as médias dos tratamentos quanto às variáveis de controle da qualidade da água (Tabela 2): temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/l), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$) e pH.

Tabela 7. Parâmetros de qualidade da água apresentados como média \pm desvio padrão. Temperatura (T), oxigênio dissolvido (DO), condutividade elétrica (EC), potencial hidrogeniônico (pH) das unidades experimentais.

Variável*	Frequências de aração					
	F4	F5	F6	F7	F8	F9
T (°C)	25,0 \pm 0,3	25,8 \pm 0,2	25,5 \pm 0,2	25,4 \pm 0,4	25,6 \pm 0,3	25,4 \pm 0,3
DO (mg L ⁻¹)	7,02 \pm 0,11	7,20 \pm 0,10	7,51 \pm 0,07	7,15 \pm 0,06	7,21 \pm 0,22	7,17 \pm 0,3
EC ($\mu\text{S cm}^{-2}$)	160,1 \pm 0,07	169,7 \pm 0,05	155,9 \pm 0,08	160,1 \pm 0,06	162,4 \pm 0,03	161,1 \pm 0,5
Ph	7,62 \pm 0,04	7,50 \pm 0,02	7,49 \pm 0,03	7,60 \pm 0,05	7,55 \pm 0,03	7,53 \pm 0,4

*Médias não foram diferentes de acordo com o teste de Tukey ($P > 0.05$). F4: 4 vezes ao dia; F5: 5 vezes ao dia; F6: 6 vezes ao dia; F7: 7 vezes ao dia; F8: 8 vezes ao dia e F9: 9 vezes ao dia.

As variáveis de temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/l), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$) e pH estiveram nas condições ideais para desenvolvimento da espécie

nesta fase (RIDHA & CRUZ, 2001). Fatores como a frequência alimentar podem configurar correlação direta com as condições hídricas do ambiente de cultivo por meio da eficiência de aproveitamento do alimento e da quantidade consumida. As interferências que ocorreram no desempenho não foram suficientes para alterar estes parâmetros, de modo que todos os tratamentos produziram condições que permitam o bom desenvolvimento das tilápias, deixando implícito que as possíveis alterações no desempenho ocorreram pelo aproveitamento do alimento.

Os conteúdos de NT diferiram estatisticamente pela ANOVA ($p = 0,0273$) e pelo teste de Tukey foi possível observar diferença estatística entre F4 e F5 ($p = 0,0478$) e entre F4 e F6 ($p = 0,0283$). Também houve diferença estatística nos valores de PT ($p = 0,014$), F4 e F6 e F4 e F9 diferiram por Tukey ($p = 0,0215$ e $p = 0,0432$, respectivamente), com F5 e F4 apresentando diferença estatística apenas no nível de 10% ($p = 0,0579$) (Tabela 3).

Os teores de PT foram menores em F4 porque a capacidade máxima de consumo neste tratamento não foi atingida e, com o menor consumo de ração, a quantidade de dejetos e ração restante foi menor. Em relação ao NT, embora menor em F4, não diferiu estatisticamente de F7 e F8, mas diferiu de F9. Em F9, a maior frequência fez com que os animais recebessem a ração já saciados, reduzindo o uso. Em F7 e F8 isso ocorreu, mas com menor impacto, pois a frequência foi menor. Esses nutrientes são de grande importância em relação ao efluente, pois são os principais fatores limitantes para a ocorrência de eutrofização em corpos d'água (Jarvie et al., 2018).

Tabela 8. Nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) na água durante o período experimental com tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Variável	Frequência de arraçoamento					
	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Nitrogênio (mg L ⁻¹)	0.67±0.06 ^b	1.00±0.21 ^a	1.03±0.15 ^a	0.85±0.07 ^{ab}	0.86±0.17 ^{ab}	0.97±0.16 ^{ab}
Fósforo (mg L ⁻¹)	0.28±0.03 ^b	0.44±0.08 ^{ab}	0.46±0.09 ^a	0.34±0.07 ^{ab}	0.41±0.07 ^{ab}	0.45±0.08 ^a

*Valores sem letras ou com letras iguais, que estejam na mesma linha, indicam que não houve diferença significativa ($p > 0,05$), já aqueles com letras diferentes, indicam diferença significativa ($p < 0,05$). F4: Alimentados 4 vezes ao dia; F5: alimentados 5 vezes ao dia; F6: alimentados 6 vezes ao dia; F7: alimentados 7 vezes ao dia; F8: alimentados 8 vezes ao dia e F9: alimentados 9 vezes ao dia.

Em relação ao ganho de peso, houve diferença estatística entre F4 e F5 (0,0409) e F4 e F6 (0,0306) e , ao nível de 10%, entre F4 e F9 ($p = 0,0995$). O consumo de ração

não teve o mesmo comportamento, assim como CAA ($p=0,451$). O CT diferiu entre F4 e F5 ($p=0,0149$) e entre F4 e F6 ($p=0,0303$), CP entre F4 e F5, F4 e F6 e F4 e F9 ($p=0,0089$; $p=0,0162$ e $p=0,0257$, respectivamente). Para a RHS, não houve diferença estatística entre os tratamentos ($p=0,948$).

Os peixes alimentados mais de 4 vezes ao dia ganharam menos peso do que em maiores frequências, entretando, com o aumento da frequência de 5 para 9 vezes o ganho não ocorreu. Em estudo realizado por Tian *et al.* (2015) os autores observaram que os peixes alimentados apenas uma vez ao dia atingiram 17,4 gramas, enquanto os alimentados três e seis vezes ao dia, atingiram 29,7 e 22,1, respectivamente. Embora a espécie e fase de desenvolvimento sejam diferentes e, conseqüentemente, as frequências são distintas, observa-se que o ganho deixa de ocorrer a partir de determinada frequência, o que ocorre no presente estudo (Tabela 5), com os maiores ganhos de peso individuais (GPI), biomassa finais (BF) e consumo de ração (CR) quando as tilápias foram alimentadas entre cinco e seis vezes ao dia quando comparados à quatro vezes, sendo que o ganho não difere significativamente entre as frequências maiores (sete, oito e nove vezes). Both *et al.* (2008) observaram que intervalos curtos entre as alimentações faz com que o alimento passe mais rápido pelo trato digestivo nas maiores frequências, o que reduz o aproveitamento dos alimentos, corroborando como fato de que no presente estudo as maiores frequências não provocaram maiores GP.

Embora o CR não tenha diferido estatisticamente nas condições experimentais, é possível perceber que os tratamentos F5 e F6 tiveram os maiores consumos, resultado que pode ser corroborado pelo maior ganho de peso. Os tratamentos F7, F8, e F9 não mantiveram a tendência de crescimento (que ocorreu de F4 para F5) com maiores frequências. A atividade motora e enzimática se eleva em períodos próximos a alimentação dos peixes (Montoya *et al.*, 2010), favorecendo a absorção nos horários determinados, porém, em F7, F8 e F9 o intervalo para ocorrência deste fenômeno foi mais curto, podendo ter limitado o aproveitamento da ração, pelo menor tempo de preparo do organismo entre uma alimentação e outra. Portanto, a maior frequência manteve o crescimento entre 5 e 9 vezes ao dia, mas considerando a menor mão de obra, 5 vezes se torna favorável economicamente. De acordo com Tian *et al.* (2015) baixas frequências alimentares reduzem o crescimento, mas as altas oneram e reduzem o aproveitamento da ração.

Os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si quanto a conversão alimentar aparente (CAA) (Tabela 5). Este fato ocorreu pelo maior consumo nos tratamentos F5 e F6 que obtiveram os maiores GP, como CAA é a relação entre CR e GP, a mesma permaneceu constante, não havendo diferença estatística (), através da conversão alimentar, no aproveitamento das rações. Contudo, observando-se apenas o CR observa-se que F4 teve o consumo reduzido em relação a F5, F6 e F9, sendo, neste caso, resultado da maior frequência de ofertas em tais tratamentos, embora o tamanho amostral não permita tal inferência.

Tabela 9. Valores médios \pm desvio padrão de ganho em peso individual (GPI), consumo de ração (CR) conversão alimentar aparente (CAA), biomassa final (BF), taxa de crescimento específico (TCE), comprimento total (CT), comprimento padrão (CP) e relação hepatossomática (RHS) dos alevinos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) nos diferentes tratamentos.

Frequência de arraçoamento						
Variável*	F4	F5	F6	F7	F8	F9
GP(g)	6,37 \pm 0,4 ^b	9,13 \pm 1,9 ^a	9,27 \pm 1,72 ^a	7,67 \pm 0,72 ^{ab}	7,80 \pm 1,67 ^{ab}	8,86 \pm 1,40 ^{ab}
CR (g)	80,70 \pm 4,75	116,02 \pm 24,69	115,93 \pm 25,68	98,56 \pm 9,66	100,38 \pm 22,23	110,36 \pm 17,98
CAA	1,29 \pm 0,01	1,27 \pm 0,03	1,24 \pm 0,07	1,28 \pm 0,03	1,28 \pm 0,02	1,29 \pm 0,01
CT (cm)	7,54 \pm 0,36	8,64 \pm 0,41	8,54 \pm 0,36	8,13 \pm 0,12	8,13 \pm 0,50	8,42 \pm 0,57
CP (cm)	5,94 \pm 0,32	6,99 \pm 0,38	6,92 \pm 0,32	6,55 \pm 0,15	6,61 \pm 0,47	6,86 \pm 0,47
RHS (%)	2,17 \pm 0,16	2,11 \pm 0,24	2,35 \pm 0,37	2,13 \pm 0,16	2,16 \pm 0,32	2,36 \pm 1,00

*Valores sem letras ou com letras iguais, que estejam na mesma linha, indicam que não houve diferença significativa ($p > 0,05$), já aqueles com letras diferentes, indicam diferença significativa ($p < 0,05$). F4: Alimentados 4 vezes ao dia; F5: alimentados 5 vezes ao dia; F6: alimentados 6 vezes ao dia; F7: alimentados 7 vezes ao dia; F8: alimentados 8 vezes ao dia e F9: alimentados 9 vezes ao dia.

Outro aspecto que pode estar relacionado com o maior crescimento nas frequências intermediárias é a atividade enzimática. Em estudo de Silva *et al.* (2019) foi possível observar que ela está relacionada à eficiência de alimentação, sendo que os autores testaram frequências de alimentação de um, três, cinco e sete vezes ao dia e registraram atividade máxima das enzimas digestivas proteolítica, amilolíticas e lipolíticas de três a cinco vezes ao dia, o que, no presente estudo, pode explicar os maiores ganhos nas frequências entre cinco e seis (intermediárias), embora tal fato não tenha refletido na CA, devido, provavelmente, ao período (apenas 30 dias) para que as tilápias cheguem a fase juvenil (10 gramas), que foi maior no experimento citado (60 dias). A diferença de consumo entre as frequência também explica o resultado, pois em estudo de Santos *et al.* (2015) os autores observaram que, com a mesma quantidade de ração ofertada nos tratamentos (ou seja, oferta por peso vivo), os alevinos de tilápia não

diferiram estatisticamente entre 4 e 6 vezes ao dia. . No presente estudo, alimentando a vontade, o consumo de ração aumenta em frequências maiores que 4, embora o tamanho da amostra não tenha permitido a resposta estatística, que deve ser detalhada em estudos futuros.

Não houve diferença na RHS, o que mostra que, apesar de a eficiência de absorção dos nutrientes ter sido diferente entre os tratamentos, ela não se alterou na RHS, que tem grande importância para o status nutricional dos peixes, levando-se em conta a importância do fígado para a digestão e processamento dos nutrientes (Junqueira e Carneiro, 2013). Portanto, até a fase avaliada, a saúde hepática não foi prejudicada pela frequência de arraçoamento, justificando-se as diferenças no aproveitamento das rações apenas pelo ganho em peso.

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto a composição centesimal dos peixes (Tabela 6). Segundo Guo *et al.* (2018) a alimentação excessiva pode levar ao acúmulo de gordura. A contradição ocorre, possivelmente, devido a fase de desenvolvimento, que no trabalho citado foram juvenis e, no presente, alevinos. O acúmulo de gordura se acentua nas fases posteriores de desenvolvimento, enquanto que em alevinos, prevalece o crescimento muscular sem. Também ocorre devido à duração do presente estudo, 30 dias, em comparação ao de Guo *et al.* (2018) que foi de 60 dias; portanto, estudos devem investigar este efeito em períodos maiores ou em outras condições ambientais.

Tabela 10. Composição centesimal dos juvenis inteiros de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), apresentada como média \pm DP. Umidade (M), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e coeficiente de retenção de proteínas (CRP).

Variável*	Frequência de arraçoamento					
	F4	F5	F6	F7	F8	F9
MS (%)	74,01 \pm 0,28	74,35 \pm 0,21	74,49 \pm 0,36	75,00 \pm 0,98	74,55 \pm 0,69	75,03 \pm 0,45
PB (%)	16,20 \pm 0,55	16,38 \pm 0,55	16,18 \pm 0,84	16,45 \pm 0,76	16,99 \pm 0,44	17,01 \pm 0,79
EE (%)	8,01 \pm 0,51	8,25 \pm 0,78	8,20 \pm 0,50	8,50 \pm 1,55	8,61 \pm 0,98	8,52 \pm 0,91
MM (%)	4,50 \pm 0,22	4,17 \pm 0,44	4,18 \pm 0,87	4,26 \pm 0,29	4,42 \pm 0,45	4,53 \pm 0,43

*Valores sem letras ou com letras iguais, que estejam na mesma linha, indicam que não houve diferença significativa ($p > 0,05$), já aqueles com letras diferentes, indicam diferença significativa ($p < 0,05$). F4: Alimentados 4 vezes ao dia; F5: alimentados 5 vezes ao dia; F6: alimentados 6 vezes ao dia; F7: alimentados 7 vezes ao dia; F8: alimentados 8 vezes ao dia e F9: alimentados 9 vezes ao dia.

O teste de χ^2 mostrou que existe relação de dependência entre as frequências alimentares e a frequência de ocorrência das fibras musculares

($p < 0.000000000000000022$). Este gráfico foi feito com as frequências observadas na tabela 7.

Tabela 11. Tabela de contigência das frequências e distribuições das fibras musculares em três classes de diâmetros (0-10 μm , entre 10 e 20 μm , entre 20 e 30 μm e entre 30 e 40 μm) em alevinos de tilápia do Nilo.

Frequências de Arraçoamento						
Classes de diâmetro	F4	F5	F6	F7	F8	F9
0-10 μm	122	109	110	126	124	110
10-20 μm	683	676	641	638	540	504
20-30 μm	548	452	496	485	506	528
30-40 μm	45	154	140	141	204	230

F4: Alimentados 4 vezes ao dia; F5: alimentados 5 vezes ao dia; F6: alimentados 6 vezes ao dia; F7: alimentados 7 vezes ao dia; F8: alimentados 8 vezes ao dia e F9: alimentados 9 vezes ao dia.

De acordo com o gráfico da análise de correspondência (figura 1) percebe-se que houve associação entre as fibras de 30 a 40 micrômetros e F8 e F9. Em F4 as fibras foram as mais distâtes desta categoria.

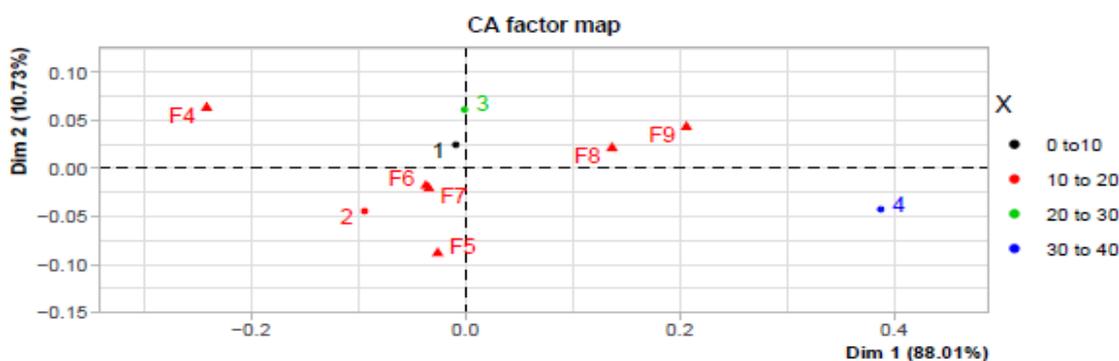


Figura 03- Gráfico mostrando a associação entre a frequência de arraçoamento (F4, F5, F6, F7, F8 e F9) e a ocorrência das fibras musculares em diferentes classes (0-10; 10-20; 20-30 e 30-40 μm). F4: 4 vezes ao dia; F5: 5 vezes ao dia; F6: 6 vezes ao dia; F7: 7 vezes ao dia; F8: 8 vezes ao dia e F9: 9 vezes ao dia.

Nos estágios iniciais de desenvolvimento dos peixes, as fibras musculares estão predominantemente se multiplicando (Almeida *et al.*, 2010), por meio do recrutamento de células satélites que vão para a periferia para posterior amadurecimento, já na

hipertrofia, o núcleo destas células é internalizada pela fibra em crescimento, provocando o aumento da fibra (Johnston *et al.*, 2001). Embora exista prevalência da hiperplasia nas fases iniciais e hipertrofia nas posteriores, a nutrição e outros fatores ambientais podem interferir na dinâmica de recrutamento de novas fibras (Johnston *et al.*, 2001; Carvalho *et al.*, 2017; Rodrigues *et al.*, 2019), o que foi observado no presente estudo.

Os presentes dados mostram que o crescimento parece ter ocorrido em mosaico em todos os tratamentos, com fibras menores rodeadas por fibras maiores, o que indica que os animais terão um crescimento contínuo da massa muscular, e mesmo F4, que esteve negativamente correlacionado às fibras maiores (figura 1), poderá alcançar o tamanho dos demais quando alimentado na mesma proporção em fases futuras. Porém, de pronto, percebe-se que estes peixes tiveram uma limitação no desenvolvimento de fibras maiores (apenas 45 fibras entre 30 e 40 μm comparado a 154, 140, 141, 204 e 230 de F5, F6, F7, F8 e F9, respectivamente), já que o GP deles também foi menor.

Já as fibras entre 10 e 20 μm prevaleceu nos peixes alimentados entre quatro e sete vezes ao dia, decaindo nas frequências alimentares maiores (F8 e F9). Também, estes dois tratamentos tiveram maior ocorrência de fibras entre 30 e 40 micrômetros, confirmando a menor hiperplasia nas altas frequências de arraçoamento. Este parâmetro é de grande relevância para produtores que trabalharão em fases de crescimento com estes alevinos, pois as fibras recrutadas em maior quantidade (o que ocorreu em F4, F5, F6 e F7) estarão disponíveis para hipertrofia, que é responsável pelo desenvolvimento muscular, ou seja, a produção dos filés.

Com relação ao fígado, ocorreu diferença significativa entre F9 e F5 ($p=0,0020$) e F8 e F5 ($p=0,0234$) na análise da área dos hepatócitos (Tabela 7), indicando que a frequência com que os peixes são alimentados interfere na saúde hepática, o que é importante na sobrevivência e na higidez dos lotes produzidos. Anteriormente observou-se que a RHS não foi alterada, mas que isso pode ter ocorrido pelo curto tempo de experimento. A nível celular, este resultado indica o início de alterações hepáticas decorrentes da maior frequência de arraçoamento.

Outra observação é que em outros estudos a restrição alimentar levou a mudanças no parênquima hepático, ou seja, longos períodos em que o peixe busca alimento e não pode ser consumido (Bolla *et al.*, 2011), isso não ocorreu neste trabalho,

mostrando que é possível alimentar os peixes apenas quatro vezes ao dia sem prejudicar sua saúde hepática; portanto, esta frequência, sob este parâmetro, não pode ser considerada restritiva.

Tabela 12. Valores médios \pm desvio padrão de perímetro (μm), área (μm^2), perímetro nuclear (μm), área nuclear (μm^2) e volume nuclear (μm^3) em hepatócitos dos alevinos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) nos diferentes tratamentos.

Parâmetros Morfométricos	Frequências de Arraçoamento					
	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Área do hepatócito	96,0 \pm 13,1 ^{ab}	114,1 \pm 15,3 ^b	98,2 \pm 6,3 ^{ab}	96,4 \pm 18,5 ^{ab}	82,1 \pm 20,0 ^a	72,9 \pm 15,4 ^a
Área nuclear	13,5 \pm 0,8	14,00 \pm 1,9	13,3 \pm 2,00	12,9 \pm 1,3	12,9 \pm 1,3	12,8 \pm 0,9

*Valores sem letras ou com letras iguais, que estejam na mesma linha, indicam que não houve diferença significativa ($p>0,05$), já aqueles com letras diferentes, indicam diferença significativa ($p<0,05$). F4: Alimentados 4 vezes ao dia; F5: alimentados 5 vezes ao dia; F6: alimentados 6 vezes ao dia; F7: alimentados 7 vezes ao dia; F8: alimentados 8 vezes ao dia e F9: alimentados 9 vezes ao dia.

Quanto a morfologia hepática, houve diferença significativa para os peixes alimentados com a dieta F9, apresentando maiores lesões moderadas e de ocorrência grave na integridade hepática (Figura 1).

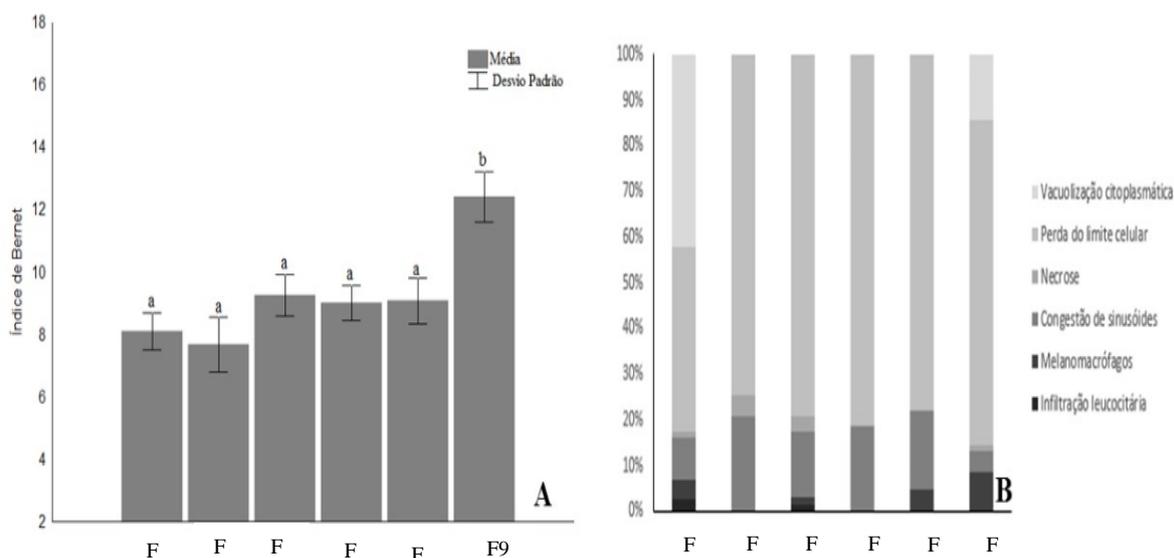
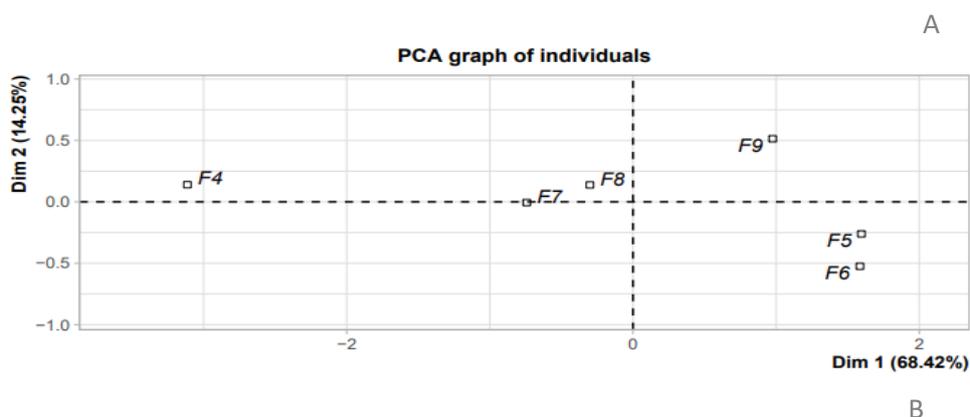


Figura 04. Índice de lesões histopatológicas de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com as dietas F4: Alimentados 4 vezes ao dia; F5: alimentados 5 vezes ao dia; F6: alimentados 6 vezes ao dia; F7: alimentados 7 vezes ao dia; F8: alimentados 8 vezes ao dia e F9: alimentados 9 vezes ao dia.

Como o fígado é o órgão responsável pelo processamento dos alimentos ingeridos, os quais tem seus nutrientes absorvidos no intestino e encaminhados ao fígado por meio da veia porta hepática (Junqueira e Carneiro, 2013), o excesso de alimentação proporcionado em T9, levou a lesões decorrentes de sua sobrecarga. As demais frequências não impactaram estes parâmetros. Este fato é importante para a sobrevivência dos lotes e saúde, pois muitas vezes os peixes necessitam ser transportados em situações de estresse que podem agravar o quadro, além de que, seus desempenhos nas fases de crescimento podem ser prejudicados, pois o fígado tem relação direta com a resposta do organismo aos alimentos (Junqueira e Carneiro, 2013).

Na PCA, os eixos PC1 e PC2 explicaram 68,42 e 14,25% da variação, totalizando 82,67%. PC1 associou-se positivamente com PT, CR, NT, GP, CP e CT e negativamente com RHS (Figura 5B). Os processos foram classificados com suas variáveis biológicas (como GP e CAA) e químicas (como N e P), chegando-se à abordagem que avaliou a inter-relação desse grande número de parâmetros e explicando-os em duas dimensões, que é o objetivo do PCA de acordo com Gallo *et al.* (2013).



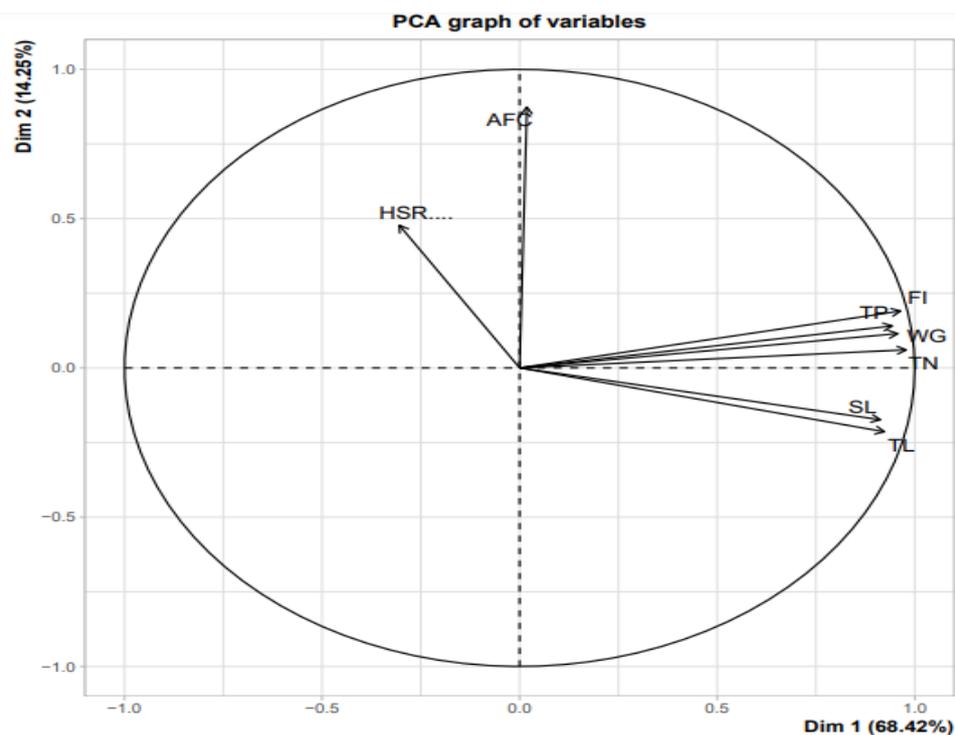


Figura 05. A) Gráfico com os vetores das variáveis usadas no estudo e os componentes principais 1 e 2, dim 1 e dim 2, respectivamente. B) Biplots do primeiro e segundo eixos principais, as flexas indicam a tendência dos parâmetros nos dois eixos. Dietas F4: alimentados 4 vezes ao dia; F5: alimentados 5 vezes ao dia; F6: alimentados 6 vezes ao dia; F7: alimentados 7 vezes ao dia; F8: alimentados 8 vezes ao dia e F9: alimentados 9 vezes ao dia.

Durante o estudo, foram encontradas semelhanças entre os tratamentos pelas análises univariadas, mas foram observadas algumas tendências, que revelaram a superioridade da alimentação entre 5 e 6 vezes ao dia, porém, em vários parâmetros, isso não ficou claro, e na maioria deles, não houve diferença. Por meio da PCA foi possível revelar o comportamento diferente dos peixes que foram alimentados em F5 e F6, separando-o dos demais na figura 5A, e foram (F5 e F6) associados negativamente a F4 na mesma figura. F9 estava entre F5 e F6 e F7 e F8, todos associados negativamente com F4.

Na análise econômica parcial (Tabela 13) observou-se que o maior PNR ocorreu em F6, mesmo tratamento que, ao lado de F5, obteve os maiores ganhos de peso. Como a ração de todos os tratamentos apresentava o mesmo valor, o fator determinante no PNR foram os gastos com a ração (que está diretamente relacionada à AFC) e o ganho obtido com a venda dos lotes dos alevinos. O tamanho da amostra não permitiu a identificação de diferenças estatísticas entre os tratamentos a 5%, mas demonstrou-se

em 10% ($p = 0,0569$), ocorrendo diferença estatística na comparação das médias também a 10%, entre F4 e F5 ($p = 0,0812$) e F4 e F6 ($p = 0,0568$).

Tabela 13. Receita bruta (RB), custos (c) e análise econômica parcial (PNR) nas frequências alimentares.

Frequências alimentares						
Variável	F4	F5	F6	F7	F8	F9
RB (USD)	6.37	8.83	8.96	7.53	7.64	8.59
C (USD)	1.15	1.64	1.64	1.40	1.42	1.56
PNR (USD)	5.16	7.22	7.35	6.15	6.25	6.78

F4: quatro vezes ao dia; F5: cinco vezes ao dia; F6: seis vezes ao dia; F7: sete vezes ao dia; F8: oito vezes ao dia e F9: nove vezes ao dia. USD: United States Dollar.

Em um estudo de Trombeta et al. (2017) observou-se que os alevinos responderam por 4,97% dos custos variáveis em uma piscicultura, enquanto a ração representou 63,78%, o que mostra a importância deste estudo. Isso porque as frequências de F5 e F6 resultarão em ganhos maiores nesses 4,97% e, dentro disso, em 63% dos custos dos alimentos, ou seja, impactando diretamente nos resultados do ciclo completo de produção.

O estudo apresenta resultados de frequências de alimentação baixas a altas e seus impactos no desempenho zootécnico, histologia hepática e muscular e nos parâmetros de qualidade da água. Com base nos resultados, as frequências F5 e F6 são as mais adequadas para a produção de alevinos de tilápia entre as testadas. O impacto na qualidade da água foi semelhante para os tratamentos, mas os resultados mostraram os melhores parâmetros econômicos e zootécnicos em F4 e F5. Além disso, nenhum dos tratamentos afetou a saúde dos lotes de alevinos produzidos, embora a resistência a outro processo deva ser investigada em estudos futuros, bem como o desempenho dos juvenis produzidos nessas frequências em outras fases de desenvolvimento.

4.4 Conclusão

A frequência de alimentação interferiu no metabolismo dos alevinos, fazendo com que os peixes alimentados entre cinco e seis vezes ao dia obtivessem maior ganho em peso. Considerando este fator e os custos com ração, estas frequências apresentaram as melhores respostas econômicas. Também foi possível observar alterações hepáticas em função de alimentações em frequências elevadas, com prejuízos aos peixes

alimentados 9 vezes ao dia. Por meio destes resultados, pode-se recomendar a alimentação de alevinos de tilápia de cinco a seis vezes ao dia.

4.5. Referências

Assis, J.M.F., Carvalho, R.F., Barbosa, L., Agostinho, C.A., & Dal Pai-Silva, M. (2004). Effects of incubation temperature on muscle morphology and growth in the pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Aquaculture*, 237,251-267. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.04.022

Almeida, F.L.A., Pessotti, N.S., Pinhal, D., Padovani, C.R., Leitão, N.J., Carvalho, R.F., Martins, C., Portella, M.C., & Pai-Silva, M.D. (2010). Quantitative expression of myogenic regulatory factors MyoD and myogenin in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) skeletal muscle during growth. *Micron*, 8: 997-1004. doi.org/10.1016/j.micron.2010.06.012

Baloi, M., De Carvalho, C.V.A., Sterzelecki, F.C., Passini, G., & Cerqueira, V.R. (2016). Effects of feeding frequency on growth, feed efficiency and body composition of juveniles Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis* (Steindacher 1879). *Aquaculture Research*, 47, 554–560. <https://doi.org/10.1111/are.1251>

Behmer, O.A., Tolosa, E.M.C., Rodrugues, C.J., & Freitas Neto, A.G.(1976).Manual de técnicas para histologia normal e patológica (1st ed.) . São Paulo: Edart.

Bernet, D., Schmidt, H., Meier, W., Burkhardt-Holm, P., & Wahli, T. (1999). Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution. *Journal of Fish Diseases*, 22,25-34. doi.org/10.1046/j.1365-2761.1999.00134.x.

Bhuiyan, M.R.R., Zamal, H., Billah, M.M., Bhuyan, M.S., Asif, A.A., & Rahman, M.H. (2018). Proximate composition of fish feed ingredients available in *Shibpur Upazila*, Narsingdi district, Bangladesh. *Journal of Entmology and Zoology Studies*.6,1345-1353.

Biswas, G., Jena, J.K., Singh, S.K., Patmajhi, P., Muduli, H.K. (2006). Effect of feeding frequency on growth, survival and feed utilization in mrigal, *Cirrhinus mrigala*, and rohu, *Labeo rohita*, during nursery rearing. *Aquaculture*, 254, 211-218. [doi:10.1016/j.aquaculture.2005.08.001](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.08.001).

Borcard, D., Gillet, F, Legendre, P, 2011. Numerical Ecology with R, second ed. New York.

Bolla S., Nicolaisen O., & Amin, A. (2011). Liver alterations induced by long term feeding on commercial diets in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) females. Histological and biochemical aspects. *Aquaculture* 312, 1117–1125. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.12.019

Booth M.A., Tucker B.J., Allan G.L. & Fielder D.S. (2008). Effect of feeding regime and fish size on weight gain, feed intake and gastric evacuation in juvenile Australian snapper *Pagrus auratus*. *Aquaculture* 282,104–110.

Brito, J.M., Pontes, T.C., Tsujii, K.M., Araújo, F.E., & Richter, B.L. (2017). Automação na tilapicultura: revisão de literatura, desempenho, piscicultura, tecnologias, tilápias. *Nutritime*. Obtido em https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/Artigo_422.pdf.

Carneiro, P.C.F., & Mikos, J.D. (2005). Frequência alimentar e crescimento de alevinos de jundiá, *Rhamdia quelen*. *Ciência Rural*, 35, 187-191. doi.org/10.1590/S0103-84782005000100030.

Carvalho, T.C., Rocha, J.D.M, Moreira, P., Signor, A., & Boscolo, W.R. (2017). Fish protein hydrolysate in diets for Nile tilapia post-larvae. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 7, 485-492. doi: [10.1590/s0100-204x2017000700002](https://doi.org/10.1590/s0100-204x2017000700002)

FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma. Obtido em <https://doi.org/10.4060/ca9229es>.

Folkvord, A., & Ottera, H. (1993). Effects of initial size distribution, day length, and feeding frequency on growth, survival, and cannibalism in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*, L.). *Aquaculture*, 114,243-260. [doi.org/10.1016/0044-8486\(93\)90300-N](https://doi.org/10.1016/0044-8486(93)90300-N)

Furuya, W.M. (2010). Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápia(1st ed.). Toledo, GFM Gráfica: Editora Ltda.

Guo, Z., Cui, J., Li, M., Liu, H., Zhang, M., Meng, F., Shi, G, Wang, R., He, X., & Zhao, Y. (2018). Effect of feeding frequency on growth performance, antioxidant status, immune response and resistance to hypoxia stress challenge on juvenile dolly varden char *Salvelinus malma*. *Aquaculture*,486, 197-201. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.031

IBGE Instituto brasileiro de geografia e estatística. Pesquisa pecuária Municipal. (2019). Obtido em [Biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2019_v45_br_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2019_v45_br_informativo.pdf).

Adolfo Lutz Institute. Analytical standards of the Adolfo Lutz Institute. (2008). Physico-chemical methods for food analysis (4th ed.), Brasília.

Jarvie, H.P., Smith, D.R., Norton, L.R., Edwards, F.K., Bowes, M.J., King, S.M., Scarlett, P., Davies, S., Dils, R.M. & Jareno, N.B. (2018). Phosphorus and nitrogen limitation and impairment of headwater streams relative to rivers in Great Britain: A national perspective on eutrophication. *Science of The Total Environment*.621,849-862. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.128

Junqueira, J., & Carneiro, F. (2013). *Histologia Básica: Texto & Atlas* (12th ed.) Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Johnston, I.A. *Muscle development and growth*. Edit by Ian A. Johnston. Scotland: Academic Press.

Krogdahl, Å., Lea, T.B., & Olli, J.J. (1994). Soybean proteinase inhibitors affect intestinal trypsin activities and amino acid digestibilities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*.107,215–219.[doi.org/10.1016/0300-9629\(94\)90296-8](https://doi.org/10.1016/0300-9629(94)90296-8).

Montoya, A., López-Olmeda, J.F., Yúfera, M., Sánchez-Muros, M.J., & Sánchez-Vázquez, F. J. (2010). Feeding time synchronises daily rhythms of behaviour and digestive physiology in gilthead seabream (*Sparus aurata*).*Aquaculture*,306,315–321.doi.org/10.1016/j.Aquaculture.2010.06.023

NRC (2011). Nutrient requirements of fish and shrimp. National Academies Press, Washington D. C., USA .

Osti, JAS., Moraes, MAB, Carmo, CF, Mercante, CTJ, 2018. Nitrogen and phosphorus flux from the production of Nile tilapia through the application of environmental indicators. *Brazilian Journal of Biology*,78,25-31. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.02116>.

Peixe BR (2020) Anuario Peixe-BR da Piscicultura (2020). Associação Brasileira da Piscicultura. Obtido em <https://www.peixebr.com.br/anuario-peixebr-2018/>.

Rhida, M.T., & Cruz, E.(2001). Effect of biofilter media on water quality and biological performance of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) L. reared in a simple recirculation system. *Aquacultural Engineering*.24, 157-166.
doi: [10.1016/S0144-8609\(01\)00060-7](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(01)00060-7)

[Rodrigues, B.R., Hassemer, M.Z., Melo, I.W.A., Neu, D.H., Bittencourt, F., Boscolo, W.R. Valine in diets for juvenile Nile tilapia \(*Oreochromis niloticus*\): growth performance, chemical composition, blood parameters and skeletal muscle development. *Spanish Journal of Agricultural Research*, v.7, n.2, p. 1-9, 2019.](#)

Rodrigues, R.A., Saturnino,K.C., & Fernandes, C.E.(2017). Liver histology and histomorphometry in hybrid sorubim (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Pseudoplatystoma corruscans*) reared on intensive fish farming. *Aquaculture Research*.48, 5083-5093, doi.org/10.1111/are.13325.

Sabbag, O.J., Takahashi, L.S., Silveira, A.N., Aranha, A.S., 2018. Custos e viabilidade econômica da produção de lambari-do-rabo-amarelo em monte castelo/sp: um estudo de caso. *Bol. Inst. Pesca* 37, 307–315.

Santos, M.M., Calumby, J.A., Filho, P.A.C., Soares, E.C.,& Gentelini, A.L.(2015). Nível de arraçoamento e frequência alimentar no desempenho de alevinos de tilápia-do-nilo. *Boletim do Instituto de Pesca*.41, 387-395.

Schindelin, J., Arganda-Carreras, I., Frise, E., Kayning, V., Longair, M., Pietzsch, S., Rueden, C., Saalfeld, S., Schmid, B., Tinevez, J.Y., White, D. J., Hartenstein, V., Eliceiri, K., Tomancak, P.,& Cardona., A. (2012). Fiji: an open-source platform for biological-image analysis. *Nature methods*. 9, 676-682. doi: 10.1038/nmeth.2019.

Silva, E.C., Sterzelecki, F.C, Musialak, L.A., Sugai, J.K., Castro, J.J.P., Pedrotti, F.S., Magnotti, C., Cipriano, F.S., & Cerqueira, V.R. (2019). Effect of feeding frequency on growth performance, blood metabolites, proximate composition and digestive enzymes of Lebranche mullet (*Mugil liza*) Juveniles. *Aquaculture Research*.51,1162-1169, doi: 10.1111/are.14466.

Sonoda, D.Y., França, E.D., & Cyrino, J.E.P.(2016). Modelo de preço de ração para peixe no período de 2001 a 2015. *Revista Pecege*. 2,57-71. doi:<https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2016.3.57>

SUPERCAC. Ração de custo mínimo. Versão 1.02 para Windows. [S.I]: TD Software, 2005.

Tavares-Dias, M., Martins, M.L., Moraes, F.R., & Kronka, S.N.(2000). Fator de condição e relação hepato e esplenossomática em teleósteos de água doce naturalmente parasitados. *Acta Scientiarum*.22, p.533-537. doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v22i0.2944

Tian, H.Y., Zhang, D.D., Li, X.F., Zhang, C.N., Qian, Y., Liu, W.B., 2015. Optimum feeding frequency of juvenile blunt snout bream *Megalobrama amblycephala*. *Aquaculture*, v.437, p.60-66, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.11.032>.

Trombeta, T.D., Bueno, G.W., & Mattos, B.O.(2017). Análise econômica da produção de tilápia em viveiros escavados no Distrito Federal, 2016. *Informações Econômicas*.47,42-49.Obtido em <http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/ie/2017/tec4-0417.pdf>.

Wang, N., Hayward, R. S., & Noltie, D. B. (1998). Effect of feeding frequency on food consumption, growth, size variation, and feeding pattern of age-0 hybrid sunfish. *Aquaculture*, 165, 261–267. <https://doi.org/10.1016>.

5. Anexo

Autorização

O Protocolo nº 26-19 intitulado “Dieta microextrusada, farelada e desintegrada para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)”, sob a responsabilidade de Wilson Rogério Boscolo que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo *Chordata*, subfilo *Vertebrata*, para fins de pesquisa científica encontra-se **Aprovado** para execução, está de acordo com as Normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) do UNIOESTE em reunião de 16/08/2019.

FINALIDADE	Pesquisa Científica
Vigência da autorização	16/08/2019 – 16/09/2019
Espécie/linhagem/raça	tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) GIFT
N. de animais	250
Peso/idade	30 dias - 0,5g
Sexo	Masculino
Origem	Laboratório de Aquicultura - GEMaQ

Cascavel, 27/08/2019.



Profa. Dra. Luciana Oliveira de Fariña
 Coordenadora do CEUA
 Portaria nº 3126/2018-GRE

Autorização

O Protocolo nº 01-19 intitulado "Frequência de arraçoamento para alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).", sob a responsabilidade de Wilson Rogério Boscolo que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo *Chordata*, subfilo *Vertebrata*, para fins de pesquisa científica encontra-se **Aprovado** para execução, está de acordo com as Normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) do UNIOESTE em reunião de 16/08/2019. Essa Autorização não substitui o Certificado Experimental de realização ética da pesquisa, necessitando do encaminhamento do Relatório Final de execução do Projeto para sua emissão.

Finalidade	Pesquisa Científica
Vigência da autorização	12/08/2019 a 12/09/2022
Espécie/linhagem/raça	Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) GIFT
N. de animais	240
Peso/Idade	30 dias (0,5g)
Sexo	Machos e Fêmeas
Origem	Laboratório de Aquicultura - GEMAg

Cascavel, 19/08/2019



Profa. Dra. Luciana Oliveira de Fariña
 Coordenadora do CEUA
 Portaria nº 3126/2018-GRE