





Efeitos de estratégias de alimentação mista com diferentes relações de energia:proteína para juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Effects of mixed feeding strategies with different dietary energy:protein ratios on juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Isabela Litaiff*¹ , Samara Moesch¹ , Ricardo Yuji Sado² , Álvaro José de Almeida Bicudo¹ 

¹ Universidade Federal do Paraná (UFPR), Palotina, Paraná, Brasil

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Dois Vizinhos, Paraná, Brasil

* Autor correspondente: isabela.litaiff@gmail.com

Resumo

A avaliação das estratégias de alimentação é necessária para garantir a sustentabilidade da aquicultura. Este estudo avaliou o efeito de duas dietas com diferentes proporções de E:P (9,6 e 10,3 kcal de energia digestível por grama de proteína bruta) para juvenis de tilápia do Nilo. Foram avaliados o crescimento, uso da dieta e nutrientes, parâmetros econômicos, composição corporal e esteatose hepática de peixes. Não houve efeito significativo dos tratamentos sobre o crescimento, consumo de ração, conversão alimentar, uniformidade e sobrevivência dos peixes. O menor custo de ração ($P>0,05$) por biomassa ou 1000 unidades produzidas foi registrado nos juvenis de tilápia do Nilo alimentados com a dieta 10,3 kcal DE/g PB por sete dias. A contribuição do extrato etéreo no ganho de peso dos peixes foi reduzida ($P=0,055$) pela maior utilização da dieta 10,3 kcal DE/g PB nas estratégias de alimentação utilizadas. A mesma tendência foi observada nos níveis de lipídios corporais em peixes. Os índices corporais foram semelhantes ($P>0,05$) entre os peixes dos diferentes tratamentos. A mistura de dietas com diferentes relações E:P em um protocolo de alimentação semanal não prejudica o desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo. No entanto, considerando os custos de alimentação, a recomendação é fornecer uma dieta com 33% PB e 3,4 kcal/DE por sete dias por semana.

Palavras-chave: manejo alimentar; desempenho produtivo; nutrição de peixes; aquicultura

Abstract

The evaluation of feeding strategies is necessary to ensure the sustainability of aquaculture. This study assessed the effect of two diets with different E:P ratios (9.6 and 10.3 kcal of digestible energy per gram of crude protein) on Nile tilapia juveniles. The growth, feed and nutrient use, economic parameters, whole-body composition, and liver steatosis of fish were evaluated. There was no significant effect of treatments on the growth, feed intake, feed conversion ratio, uniformity, and survival of the fish. The lower feed cost ($P>0.05$) per biomass or 1000 units produced was registered in Nile tilapia juveniles fed with 10.3 kcal DE/g CP diet for seven days. The contribution of ether extract in fish weight gain was reduced ($P=0.055$) by the increased use of the 10.3 kcal DE/g CP diet in the feeding strategies. The same trend was observed in fish whole-body lipid levels. Body indexes were similar ($P>0.05$) among fish from the different treatments. Mixing diets with different E:P ratios in a weekly feeding protocol does not impair productive performance of Nile tilapia juveniles. However, considering the cost of feeding, the recommendation is to supply a diet with 33% CP and 3.4 kcal/DE for seven days per week.

Keywords: feeding management; productive performance; fish nutrition; aquaculture

1. Introdução

As dietas industrializadas são a principal fonte de nutrientes para os peixes, representando até 40-60% do custo total da produção intensiva de tilápia ⁽¹⁾. Assim, o manejo alimentar adequado é essencial para garantir a sustentabilidade econômica e ambiental da aquicultura ^(2, 3). Normalmente, os piscicultores alimentam os estágios iniciais da tilápia do Nilo diariamente para atender às maiores taxas de crescimento devido as elevadas exigências nutricionais nesta fase ⁽⁴⁾. No entanto, os peixes de águas quentes apresentam menor consumo de ração e eficiência alimentar quando as

temperaturas da água estão abaixo da faixa de crescimento ideal. Portanto, em regiões onde a sazonalidade influencia a temperatura da água, estratégias específicas de alimentação podem ser necessárias para melhorar a eficiência dos sistemas de produção de tilápia do Nilo.

Nesse contexto, estratégias de alimentação baseadas em períodos de restrição alimentar e realimentação para estimular respostas compensatórias de crescimento foram previamente avaliadas para diferentes espécies de organismos aquáticos ^(5, 6, 7, 8, 9). No entanto, respostas de crescimento compensatório em peixes não são necessariamente alcançadas após um período de restrição alimentar completa e severa. De

Recebido: 26 de outubro de 2022. Aceito: 12 de dezembro de 2022. Publicado: 6 de março de 2023



Este é um artigo de Acesso Aberto distribuído sob os termos da Creative Commons Attribution License, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.

<https://revistas.ufg.br/vet/index>

fato, o perfil nutricional das dietas pode regular a resposta compensatória em peixes, como observado em juvenis de linguado-oliva (*Paralichthys olivaceus*)⁽¹⁰⁾, bagre-do-canal (*Ictalurus punctatus*)⁽¹¹⁾, carpa comum (*Cyprinus carpio*)⁽¹²⁾ e do bagre amarelo (*Pelteobagrus fulvidraco*)⁽¹³⁾ devido a mudanças na relação energia: proteína da dieta (E:P). A E:P é um fator relevante para a fabricação de rações sustentáveis para aquicultura, uma vez que altas relações E:P podem reduzir o consumo de ração dos peixes, limitando a quantidade de nutrientes disponíveis para atender às suas necessidades nutricionais. Por outro lado, relações E:P mais baixas aumentam o catabolismo de proteínas para fins energéticos e aumentam a excreção de nitrogênio, o que afeta negativamente a qualidade da água⁽¹⁴⁾.

Embora a relação E:P ideal para a tilápia do Nilo tenha sido estabelecida em outros estudos^(14, 15), o conhecimento sobre como dietas com diferentes E:P podem influenciar o crescimento compensatório das espécies de peixes é limitado⁽¹⁶⁾. Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da variação da relação E:P associada a diferentes estratégias de alimentação sobre o crescimento, uso de alimentos e nutrientes, parâmetros econômicos, composição corporal total e esteatose hepática de juvenis de tilápia do Nilo.

2. Material e métodos

Todos os procedimentos realizados neste estudo foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina (Protocolo nº 15/2020).

2.1 Tratamentos e delineamento experimental

Duas dietas práticas comerciais isonitrogenadas (33% de proteína bruta – PB) para peixes onívoros com diferentes níveis de energia digestível (ED) foram usadas no experimento. A Dieta 1 (D1) continha 3,2 kcal DE.g⁻¹, enquanto a Dieta 2 (D2) possuía 3,4 kcal DE.g⁻¹. A composição química completa das dietas está descrita na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química (matéria natural) das dietas experimentais

Composição química	Dieta 1	Dieta 2
Umidade (%)	9,67	9,55
Proteína bruta (%)	32,95	33,10
Extrato etéreo (%)	3,23	3,38
Fibra bruta (%)	1,03	0,74
Cinzas (%)	10,60	9,65
Energia digestível (kcal.g ⁻¹)*	3,2	3,4
Energia bruta (kcal.g ⁻¹)	4,3	4,5
Relação ED:PB (kcal.g ⁻¹)	9,6	10,3
Relação EB: PB (kcal.g ⁻¹)	12,9	13,6

*Valores informados pelo fabricante

Os tratamentos combinaram diferentes dietas experimentais com diferentes tempos de alimentação:

- Tratamento 7D1: os peixes foram alimentados com D1 por sete dias.

- Tratamento 7D2: os peixes foram alimentados com D2 por sete dias.

- Tratamento 5D2-2D1: Os peixes foram alimentados com 5 dias com ração com maior relação E:P e 2 dias com ração com menor relação E:P.

- Tratamento 4D2-3D1: Os peixes foram alimentados com 4 dias com ração com maior relação E:P e 3 dias com ração com menor relação E:P.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com seis repetições por tratamento.

2.2 Peixes e condições laboratoriais

Juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) foram adquiridos de uma piscicultura comercial (Piscicultura Luciana Peretti, Palotina, Paraná, Brasil) e adaptados às condições de laboratório por 45 dias. Os peixes foram mantidos em tanques circulares (1000L) equipados com filtros biológicos e aeração suplementar. Diariamente a água dos tanques foi parcialmente substituída (1/3 do volume). Nesse período, os parâmetros de qualidade da água foram monitorados diariamente: amônia (0,039 mg.L⁻¹), nitrito (0,5 mg.L⁻¹) e pH (7,5) por meio de kits comerciais (LabconTest®); e oxigênio dissolvido (5,35 mg.L⁻¹) com sonda multiparâmetros (Akso®, modelo AK88). Os peixes foram alimentados até aparente saciedade diariamente com D2 às 8:00, 12:00 e 16:00 horas.

Para o experimento foi utilizado um sistema *outdoor* de recirculação de água com seis tanques circulares (1000L cada) abastecidos com água decolorada e equipados com filtro biológico e aeração suplementar.

2.3 Procedimentos experimentais

Ao início do experimento, 600 juvenis de tilápia do Nilo foram mantidos em jejum por 24 h e anestesiados com solução alcoólica de benzocaína (50 mg.L⁻¹). Após, os peixes foram pesados (4,51±0,09 g) e distribuídos aleatoriamente em quatro gaiolas de 60L para cada tanque de 1000L (25 peixes por gaiola) com uma unidade experimental de cada tratamento por tanque. Foi estabelecida uma taxa de alimentação diária máxima de 6% da biomassa, dividida em duas refeições (11:00 e 17:00), de acordo com Huang et al.⁽⁴⁾. Devido às variações na temperatura da água ao longo do experimento, a taxa e a frequência de alimentação foram ajustadas de acordo com o protocolo de alimentação para a tilápia do Nilo descrito no NRC⁽¹⁴⁾ como segue:

- Quando a temperatura da água era menor ou igual a 15 °C, os peixes foram alimentados com 1% de sua

biomassa em uma refeição por dia;

- Quando a temperatura da água variou de 16 a 19 °C, os peixes foram alimentados com 60% da taxa de alimentação máxima (3,6% de sua biomassa) em uma refeição diária;

- Quando a temperatura da água oscilou de 20 a 24 °C, os peixes foram alimentados com 80% da taxa de alimentação máxima (4,8% de sua biomassa) em duas refeições ao dia;

- Quando a temperatura da água variou de 25 a 29 °C, as dietas experimentais foram fornecidas na taxa de alimentação máxima (6,0% de sua biomassa) em duas refeições diárias;

- Quando a temperatura da água variou de 30 a 32 °C a taxa de alimentação utilizada foi similar à descrita anteriormente para 20 a 24 °C.

A temperatura da água e o oxigênio dissolvido ($7,40 \pm 0,68 \text{ mg.L}^{-1}$) foram monitorados diariamente às 8h ($22,97 \pm 2,89 \text{ }^\circ\text{C}$) e às 18h ($26,55 \pm 3,41 \text{ }^\circ\text{C}$) usando uma sonda multiparâmetros (Akso®, modelo AK88). A amônia total ($4,0 \pm 0,033 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$) (método n° 4500B), nitrito ($0,005 \pm 0,032 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$) (método n° 4110B) e alcalinidade total (95 mg.L^{-1}) (método n° 2320B) foram monitorados semanalmente de acordo com a American Public Health Association ⁽¹⁷⁾.

2.4 Amostragem, processamento e parâmetros avaliados

Vinte peixes da população inicial foram eutanasiados por overdose de anestésico (benzocaina a 500 mg.L^{-1}). Em seguida, foram moídos, homogeneizados e congelados até a análise química. Nas últimas 24 horas do experimento (no 67° dia), os peixes não foram alimentados. Posteriormente, todos os animais foram sedados, pesados e contados conforme descrito anteriormente. Uma amostra de seis peixes por gaiola foram sacrificados, formando uma amostra composta, para analisar a composição corporal total, conforme descrito anteriormente.

Os seguintes parâmetros foram calculados:

● Ganho de peso (g) = Peso médio final – Peso médio inicial;

● Consumo de alimento (g.peixe^{-1});

● Coeficiente térmico de crescimento

$$(\%) = \left[\frac{\text{Peso final}^{1/3} - \text{Peso inicial}^{1/3}}{\text{Soma das temperaturas da água (valores médios }^\circ\text{C)}} \right];$$

● Taxa de conversão alimentar

$$(\text{g:g}) = \left[\frac{\text{Total de ração ingerida}}{\text{Ganho de peso}} \right];$$

● Taxa de sobrevivência

$$(\%) = \left[\frac{\text{Número final de peixes}}{\text{Número inicial de peixes}} \times 100 \right];$$

● Uniformidade

$$(\%) = \left[\frac{N}{N_t} \times 100 \right];$$

● Participação da energia bruta no ganho de peso

$$(\%) = \left[\frac{(\text{Pf} \times \text{EBCf}) - (\text{Pi} \times \text{EBCi})}{(\text{Pf} - \text{Pi})} \times 100 \right];$$

● Participação do extrato etéreo no ganho de peso

$$(\%) = \left[\frac{(\text{Pf} \times \text{EECF}) - (\text{Pi} \times \text{EECi})}{(\text{Pf} - \text{Pi})} \times 100 \right];$$

● Participação da proteína bruta no ganho de peso

$$(\%) = \left[\frac{(\text{Pf} \times \text{PBCf}) - (\text{Pi} \times \text{PBCi})}{(\text{Pf} - \text{Pi})} \times 100 \right];$$

● Valor produtivo da energia

$$(\%) = \left[\frac{(\text{Pf} \times \text{EBCf}) - (\text{Pi} \times \text{EBCi})}{\text{EBi}} \times 100 \right];$$

● Valor produtivo dos lipídios

$$(\%) = \left[\frac{(\text{Pf} \times \text{EECF}) - (\text{Pi} \times \text{EECi})}{\text{EEi}} \times 100 \right];$$

● Valor produtivo da proteína

$$(\%) = \left[\frac{(\text{Pf} \times \text{PBCf}) - (\text{Pi} \times \text{PBCi})}{\text{PBi}} \times 100 \right]$$

Onde N: número total de animais; Nt: número total de animais com peso $\pm 20\%$ dentro do peso vivo médio de cada unidade experimental (gaiola) conforme descrito por Furuya et al. ⁽¹⁸⁾; EBCi: energia bruta corporal inicial; EBCf: energia bruta corporal final; EBi: consumo total de energia bruta; EECi: extrato etéreo corporal inicial; EECf: extrato etéreo corporal final; EEi: ingestão total de extrato etéreo; PBCi: proteína bruta corporal inicial; PBCf: proteína bruta corporal final; PBi: ingestão total de proteína bruta; Pi: peso médio inicial; Pf: peso médio inicial final ^(19, 20).

A lucratividade das estratégias de alimentação foi calculada a partir do valor gasto com ração por quilo de peixe ou mil peixes produzidos. O preço de D1 e D2 foi de US\$ 0,72 e US\$ 0,65 por quilo, respectivamente. A conversão de real brasileiro (BRL) para dólares americanos utilizou a taxa de câmbio de 18 de maio de 2021: 1,00 USD = 5,255 BRL.

Outros três peixes por gaiola, também previamente eutanasiados, foram pesados e necropsiados para cálculo dos seguintes índices:

● Índice hepatossomático

$$(\%) = [(\text{Peso do fígado}/\text{Peso vivo}) \times 100]$$

● Índice lipossomático

$$(\%) = [(\text{Peso da gordura visceral}/\text{Peso vivo}) \times 100]$$

Para determinar a esteatose hepática, os fragmentos de tecido foram fixados em solução de Davidson por 24 horas, desidratados em soluções

graduadas de etanol e incluídos em parafina. Em seguida, os tecidos embebidos em parafina foram cortados transversalmente (7 µm de espessura) usando um micrótomo automático (SLEE medical GmbH®, CUT 6062, Mainz, PP, Alemanha) e depois corados com Hematoxilina e Eosina (H&E). As lâminas foram fotografadas (objetiva 40×) em microscópio trinocular com câmera (Carl Zeiss® — Primo Star). As imagens foram processadas e analisadas usando o software IMAGEJ. Um sistema de teste de 36 pontos (6 × 6 pontos) foi sobreposto em cada fotomicrografia para determinar a densidade de volume da esteatose hepática (21) usando a seguinte fórmula:

$$\text{Esteatose} = \frac{Pp}{Pt} \times 100$$

Onde Pp: pontos de teste que atingem as vesículas de gordura do fígado e Pt: pontos de teste totais (36 pontos).

A composição química das dietas e dos peixes foi analisada de acordo com a *Association of Official Analytical Chemists* (22): a umidade foi determinada a 105 °C usando estufa de ventilação forçada até peso constante; cinzas por combustão em mufla a 550 °C (Nº 942.05); extrato etéreo pelo método Soxhlet (Nº. 920.39); proteína bruta pelo método de Kjeldahl (N×6,25) (Nº. 936,15); fibra bruta pelo método gravimétrico não enzimático (Nº 993.21); e energia bruta em bomba calorimétrica.

2.5 Análise estatística

Para verificar aos pressupostos da análise de variância (ANOVA), todos os dados foram submetidos à análise exploratória para avaliação da normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (teste de Bartlett). Uma unidade experimental atípica (*outlier*) foi detectada no tratamento 7D2 diferindo das demais pela elevada taxa de mortalidade (acima de 60%). Portanto, esta foi excluída das análises estatísticas. Foi realizada a análise de variância de uma via (*one-way* ANOVA) e quando significativa ($P < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Todas as análises foram realizadas usando o software *Statistical Analysis System* (SAS), versão 9.1.

3. Resultados

A taxa média de sobrevivência dos peixes foi de 83,7%, sendo similar ($P > 0,05$) entre os tratamentos. Não existiu efeito significativo das estratégias de alimentação sobre o desempenho zootécnico dos peixes. No entanto, é importante destacar que os peixes do tratamento 7D1 tiveram crescimento 12% menor ($P > 0,05$). A mesma tendência foi observada no custo por quilo ou milheiro de peixes produzidos. Os parâmetros de desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo estão sumarizados na Tabela 2.

Tabela 2. Desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo submetidos a estratégias de alimentação mista variando a relação E:P da dieta após 67 dias de experimento.

Parâmetros	Estratégias de Alimentação				Valor de P
	7D1	5D2-2D1	4D2-3D1	7D2	
Peso médio inicial (g.peixe ⁻¹)	4,5±0,1	4,5±0,1	4,5±0,1	4,5±0,1	0,7849
Peso médio final (g.peixe ⁻¹)	28,5±1,2	27,7±1,2	28,1±1,9	25,9±2,1	0,0691
Ganho de peso médio (g.peixe ⁻¹)	24,1±1,1	23,1±1,2	23,6±1,9	21,4±2,1	0,0663
Consumo de alimento (g.peixe ⁻¹)	35,1±4,4	33,0±3,1	33,3 ±1,3	30,5±1,5	0,4100
Coefficiente térmico de crescimento (%)	0,086±0,002	0,083±0,002	0,084±0,004	0,079±0,005	0,0612
Taxa de conversão alimentar (g:g)	1,3±0,07	1,3±0,03	1,3±0,06	1,4±0,09	0,3098
Taxa de sobrevivência (%)	80±11,3	86,1±6,0	82±6,6	86,8±7,8	0,4516
Uniformidade (%)	34,7±8,0	42,7±12,6	35,5±10,9	39,5±7,1	0,5092
Custo com ração (USD.kg peixe ⁻¹)	0,89±0,12	0,84±0,06	0,83±0,06	0,78±0,05	0,0780
Custo com ração (USD.milheiro de juvenis ⁻¹)	46,02±13,95	39,01±5,43	40,48±5,96	35,46±3,02	0,241

7D1: peixes foram alimentados por sete dias com D1; 5D2-2D1: Os peixes foram alimentados com 5 dias com ração com maior relação E:P e 2 dias com ração com menor relação E:P; 4D2-3D1 Os peixes foram alimentados com 4 dias com ração com maior relação E:P e 3 dias com ração com menor relação E:P; 7D2: os peixes foram alimentados por sete dias com D2. D1 = 3,2 kcal ED.g⁻¹ and 9,6 kcal ED: g PB ratio; D2 = 3,4 kcal ED.g⁻¹ and 10,3 kcal ED: g PB ratio

A participação do extrato etéreo no ganho de peso dos peixes foi reduzida ($P = 0,055$) com o aumento da participação da D2 nas estratégias de alimentação. Não houve diferença ($P > 0,05$) nos outros índices de uso de nutrientes dietéticos pelos peixes (Tabela 3)

Os peixes alimentados exclusivamente com a Dieta 1 tiveram menor ($P < 0,05$) extrato etéreo corporal. Não foi registrado efeito significativo das estratégias alimentares sobre os índices somáticos ou nutrientes corporais dos juvenis de tilápia do Nilo (Tabela 4).

Tabela 3. Uso dos nutrientes dietéticos por juvenis de tilápia do Nilo submetidos a estratégias de alimentação mista com variação na relação E:P da dieta após 67 dias de experimento.

Parâmetros	Estratégias de Alimentação				Valor de P
	7D1	5D2-2D1	4D2-3D1	7D2	
Participação da energia bruta no ganho de peso (%)	174±4,59	171,7±8,27	170±6,13	168,1±6,59	0,5214
Participação do extrato etéreo no ganho de peso (%)	9,7±0,25 ^a	9,3±0,5 ^{ab}	9,0±0,6 ^{ab}	8,8±0,5 ^b	0,0550
Participação da proteína bruta no ganho de peso (%)	13,5±0,21	13,9±0,6	13,9±0,3	13,8±0,2	0,2726
Valor produtivo da energia (%)	26,9±3,76	27,1±2,7	27,3±2,8	27,2±1,9	0,9964
Valor produtivo dos lipídios (%)	16,6±2,22	16,6±1,7	16,4±2,0	16,8±1,5	0,9904
Valor produtivo da proteína (%)	26,4±3,5	28,8±2,6	28,2±2,5	28,4±2,0	0,3980

Sobrescritos diferentes nas linhas indicam diferença significativas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). 7D1: peixes foram alimentados por sete dias com D1. 5D2-2D1: Os peixes foram alimentados com 5 dias com ração com maior relação E:P e 2 dias com ração com menor relação E:P; 4D2-3D1 Os peixes foram alimentados com 4 dias com ração com maior relação E:P e 3 dias com ração com menor relação E:P; 7D2: os peixes foram alimentados por sete dias com D2. D1 = 3,2 kcal ED.g⁻¹ and 9,6 kcal ED: g PB ratio; D2 = 3,4 kcal ED.g⁻¹ and 10,3 kcal ED: g PB ratio

Tabela 4. Índices corporais e composição corporal (matéria natural) de juvenis de tilápia do Nilo submetidos a estratégias de alimentação mista com variação na relação E:P da dieta após 67 dias de experimento.

Parâmetros	Estratégias de Alimentação				Valor de P
	7D1	5D2-2D1	4D2-3D1	7D2	
Índice hepatossomático (%)	3,6±0,8	3,5±0,2	4,0±0,6	3,90±0,4	0,3066
Índice lipossomático (%)	1,6±0,3	1,53±0,3	1,93±0,6	1,42±0,3	0,1892
Densidade volumétrica da esteatose hepática (%)	0,47±0,15	0,50±0,17	0,49±0,05	0,48±0,11	0,4898
Matéria seca (%)	27,0±0,40	27,1±0,87	26,8±0,71	26,7±0,46	0,6400
Proteína bruta (%)	13,3±0,18	13,6±0,49	13,6±0,23	13,6±0,17	0,2988
Energia bruta (kcal/kg)	1602±42,1	1576±68,7	1564±54,7	1537±46,7	0,2963
Extrato etéreo (%)	8,4±0,23 ^a	8,1±0,46 ^{ab}	7,8±0,50 ^{ab}	7,6±0,41 ^b	0,0239
Cinzas (%)	3,9±0,15	3,8±0,11	3,9±0,13	3,9±0,10	0,7831

Sobrescritos diferentes nas linhas indicam diferença significativas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). 7D1: peixes foram alimentados por sete dias com D1; 5D2-2D1: Os peixes foram alimentados com 5 dias com ração com maior relação E:P e 2 dias com ração com menor relação E:P; 4D2-3D1 Os peixes foram alimentados com 4 dias com ração com maior relação E:P e 3 dias com ração com menor relação E:P; 7D2: os peixes foram alimentados por sete dias com D2. D1 = 3,2 kcal ED.g⁻¹ and 9,6 kcal ED: g PB ratio; D2 = 3,4 kcal ED.g⁻¹ and 10,3 kcal ED: g PB ratio

4. Discussão

A tilápia do Nilo exige entre 3,0 kcal.g⁻¹ (15, 23) e 3,4 kcal.g⁻¹ (14) de ED na fase inicial de crescimento. Aumentar a energia digestível da dieta – especialmente proveniente lipídios e carboidratos – é essencial para reduzir os níveis proteicos das rações para atender às necessidades de síntese de proteína corporal. Portanto, a exigência estimada de proteína bruta para juvenis de tilápia do Nilo na fase pós reversão sexual é em torno de 268-297 g.kg⁻¹ (14, 15, 24), resultando em uma relação ED:PB entre 11 e 13 kcal ED: g PB. As rações de tilápia do Nilo no Brasil têm entre 40% PB (alevinos) e 35% PB (juvenis) (25). Esses valores são muito superiores aos valores mínimos de PB da dieta (29,7%) exigidos (15) para o mesmo estágio de desenvolvimento. A legislação brasileira não exige que os fabricantes de rações de peixes informem o teor de proteína em sua forma digestível. Esta é uma hipótese plausível para explicar a disponibilidade predominante de dietas comerciais para tilápia com contrações proteicas reconhecidas excessivas, apesar de ser o macronutriente mais caro em rações aquáticas. As dietas experimentais apresentaram níveis de PB (33%) ligeiramente acima da exigência nutricional

mínima, embora a ED estivesse dentro da faixa recomendada. Portanto, ambas as dietas atenderam às exigências nutricionais da tilápia do Nilo, principalmente na relação ED:PB, quando fornecidas isoladamente ou combinadas, considerando o desempenho produtivo semelhante ($P > 0,05$) entre os grupos. No entanto, é importante destacar a tendência não significativa de menor crescimento nos peixes alimentados apenas com D2. É possível que diferenças na formulação da ração resultem em um desequilíbrio E:P quando a PB é expressa em uma base digestível.

A restrição alimentar é amplamente utilizada pelos piscicultores para otimizar a conversão alimentar. No entanto, esta estratégia diminui o efeito dos níveis de energia da dieta no consumo voluntário de ração diferente de quando os peixes são alimentados até a aparente saciedade. Assim, o consumo de ração e a retenção de energia entre os diferentes tratamentos foram semelhantes ($P > 0,05$). O conteúdo de carboidratos digestíveis, constituídos principalmente de amido, pode restringir a ingestão voluntária de alimento (26, 27). Portanto, a diminuição na ingestão da energia dietética em peixes alimentados até a saciedade aparente ocorre devido a

diferenças nas fontes energéticas proteicas e não-proteicas nas dietas. De fato, quando os peixes são alimentados até a aparente saciedade, é difícil estimar a relação E:P ideal porque a ingestão de energia permanece constante e limita a ingestão de proteína⁽²⁸⁾.

O teor de lipídios corporais em peixes geralmente tem correlação positiva com o incremento de energia nas dietas. No entanto, os peixes alimentados com D1 (3,2 kcal.kg⁻¹) apresentaram maior teor de lipídio corporal do que os alimentados com D2 (3,4 kcal.kg⁻¹). O baixo teor de lipídios corporais nos peixes alimentados com D2 foi provavelmente resultado de seu menor crescimento (P>0,05), apesar do consumo de ração semelhante entre os tratamentos.

Juvenis de tilápia do Nilo apresentam melhor crescimento em temperatura da água entre 26 e 30 °C⁽²⁹⁾. Ao longo do experimento houve alta variabilidade nas temperaturas mínima e máxima da água e uma queda gradativa na temperatura média diária. Portanto, ajustes na taxa de alimentação eram constantemente necessários, bem como a redução de duas para uma refeição quando a temperatura da água era inferior a 20 °C. A temperatura da água pode influenciar na uniformidade do lote, como observado em tilápia do Nilo linhagem GIFT por Santos et al. (30). Assim, o gradiente de temperatura pode explicar a baixa uniformidade (abaixo de 40%) observada neste estudo.

A ingestão de altos níveis de lipídios ou carboidratos dietéticos pode aumentar a deposição de lipídios no fígado, resultando em uma condição denominada esteatose hepática. Este é um distúrbio comum no metabolismo lipídico dos peixes, especialmente em peixes cultivados, o que pode resultar em baixa eficiência alimentar e crescimento^(31, 32). No entanto, diagnosticar a esteatose como uma patologia pode ser errôneo, pois o armazenamento de gordura varia entre as espécies e o acúmulo de gordura indica um bom estado alimentar e não um distúrbio nutricional⁽³³⁾. Os fígados de tilápia do Nilo apresentaram grandes vacúolos intracitoplasmáticos e núcleo deslocado (grau médio de esteatose em torno de 48%), sem efeito significativo dos tratamentos. Para determinar se o grau de esteatose é indicativo de um estado alimentar saudável ou doença nutricional, seria necessário testar rações comerciais para tilápia do Nilo com variações mais amplas nas relações E:P.

Os índices hepatossomático e lipossomático são medidas indiretas do estoque de energia corporal dos peixes. Sgnaulin et al.⁽²⁴⁾ observaram índice hepatossomático elevado em tilápia do Nilo, semelhante ao presente estudo. Esses autores consideraram a alta quantidade de carboidratos digestíveis na dieta responsável por esse resultado. A resposta fisiológica à alta concentração de carboidratos na dieta foi previamente estudada em tilápias do Nilo alimentadas com níveis de

amido⁽³⁴⁾ ou após injeção intraperitoneal de glicose^(35,36).

No presente estudo, os protocolos de alimentação (com dietas sozinhas ou combinadas) não influenciaram nos valores produtivos de nutrientes. De fato, apenas a participação do extrato etéreo no ganho de peso diminuiu em oposição aos níveis energéticos das dietas, corroborando com a tendência registrada no ganho de peso e teor de extrato etéreo corporal. Resultado semelhante foi relatado por Haidar et al.⁽²⁸⁾.

5. Conclusão

É possível alimentar juvenis de tilápia do Nilo com diferentes relações E:P na dieta sem afetar o desempenho produtivo. No entanto, a escolha do protocolo de alimentação também deve considerar os custos de produção. Assim, recomenda-se alimentar juvenis de tilápia do Nilo com ração comercial com 10,3 kcal ED por grama de proteína bruta durante sete dias por semana.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Contribuições do autor

Conceituação: I. Litaiff e A. J. A. Bicudo. *Curadoria de dados:* I. Litaiff e A. J. A. Bicudo. *Análise Formal:* A. J. A. Bicudo. *Aquisição de financiamento:* R. Y. Sado e A. J. A. Bicudo. *Investigação:* I. Litaiff, S. Moesch e R. Y. Sado. *Metodologia:* A. J. A. Bicudo e R. Y. Sado. *Gestão, Supervisão e Validação de Projetos:* A. J. A. Bicudo e R. Y. Sado. *Visualização e escrita (rascunho original):* I. Litaiff e S. Moesch. *Redação (revisão e edição):* I. Litaiff, S. Moesch, R. Y. Sado e A. J. A. Bicudo.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal do Paraná - UFPR/Setor Palotina e à Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR/Dois Vizinhos pelo apoio na realização dos experimentos e suas análises. Os autores também gostariam de agradecer ao Centro de Assessoria de Publicação Acadêmica (CAPA – www.capa.ufpr.br) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) pela assistência com a tradução para o inglês e edição de desenvolvimento.

Referências

1. Lovell R. Diet and fish husbandry – Salmonids. In: Halver JE, Hardy RE. Fish Nutrition. 3rd ed. California: Academic Press-Elsevier Science; 2002. p. 720-732. Disponível em <https://www.agrifs.ir/sites/default/files/Fish%20Nutrition.pdf>
2. Santos MM, Calumby JA, Filho PAC, Soares EC, Gentelini AL. Nível de arraçoamento e frequência alimentar no desempenho de alevinos de tilápia-do-Nilo. [Feeding level and feeding frequency on Nile tilapia fingerling performance]. Boletim do Instituto da Pesca, 2015; 41(2): 387-395. Disponível em <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v31i4.6300>. Português.
3. Leonardo FA, Baccarin AE, Filho JDS, Scorvo CMDF. Custo de produção tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) e pacu (*Pi-*

- aractus mesopotamicus*) no vale do Ribeira, Estado de São Paulo. [Production cost of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and pacu (*Piaractus mesopotamicus*) in vale do Ribeira, state of São Paulo]. *Informações Econômicas*, 2018; 48(1): 21-33. Português.
4. Huang Q, Huang K, Ma Y, Qin X, Wen Y, Sun L, Tang L. Feeding frequency and rate effects on growth and physiology of juvenile genetically improved farmed Nile tilapia. *North American Journal of Aquaculture*, 2015; 77(4): 503-512. Disponível em <https://doi.org/10.1080/15222055.2015.1066472>
 5. Abdel-Tawwab M, Khattab YAE, Ahmad MH, Shalaby AME. Compensatory growth, feed utilization, whole-body composition, and hematological changes in starved Juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Journal of Applied Aquaculture*. 2008; 18 (3): 17–36. Disponível em https://doi.org/10.1300/J028v18n03_02
 6. Ali M, Nieceza A, Wootton RJ. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries*. 2003; 4(2): 147-190. Disponível em <https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2003.00120.x>
 7. Myszkowski L. Compensatory growth, condition and food utilization in barbel *Barbus barbus* juveniles reared at different feeding periodicities with a dry diet. *Journal of Fish Biology*, 2013; 82(1): 347–353. Disponível em <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2012.03482.x>
 8. Takahashi LS, Biller JD, Criscuolo-Urbiniati E, Urbiniati EC. Feeding strategy with alternate fasting and refeeding: effects on farmed pacu production. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2011; 95(2): 259-266. Disponível em <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2010.01050.x>
 9. Yarmohammadi M, Shabani A, Pourkazemi M, Soltanloo H, Imanpour MR, Ramezanpour S, Smith-Keune C, Jerry DR. Effects of starvation and re-feeding on compensatory growth performance, plasma metabolites and IGF-I gene expression of Persian sturgeon (*Acipenser persicus*, Borodin 1897). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 2013; 12(2): 465- 483. Disponível em <http://jifro.ir/article-1-1003-en.html>
 10. Cho SH, Heo TY. Effect of dietary nutrient composition on compensatory growth of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* using different feeding regimes. *Aquaculture nutrition*, 2011; 17(1): 90-97. Disponível em <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00788.x>
 11. Gibson T, Gatlin GDM. Dietary protein and energy modifications to maximize compensatory growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, 2001; 194(3-4): 337-348. Disponível em [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00523-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00523-8)
 12. Sardar P, Sinha A, Datta S. Effect of mixed feeding schedules with varying dietary protein levels on the growth performances of common carp (*Cyprinus carpio* Linn.). *Indian Journal of Animal Sciences*, 2011; 81(5): 105–110.
 13. Dong GF, Yang YO, Yao F, Wan Q, Yu L, Zhou JC, Li Y. Response Of Yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco* Richardson) to low-protein diets and subsequent recovery. *Aquaculture Nutrition*. 2013; 19(3): 430-439. Disponível em <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2012.00978>
 14. NRC, National Research Council. Nutrients requirements of fish and shrimp. Washington: The National Academies Press; 2011.
 15. Furuya WM, Pezzato LE, Barros MM, Boscolo WR, Cyrino JEP, Furuya VRB, Feiden A. Tabelas brasileiras para nutrição de tilápias. Toledo: GFM; 2010. 100p. Português. Disponível em https://www.academia.edu/8857270/Tabelas_Brasileiras_para_a_Nutri%C3%A7%C3%A3o_de_Til%C3%A1pias
 16. Azaza MS, Khiari N, Dhraief MN, Aloui N, Kraïem MM, Elfeki A. Growth performance, oxidative stress indices and hepatic carbohydrate metabolic enzymes activities of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., in response to dietary starch to protein ratios. *Aquaculture Research*, 2015; 46(1): 14-27. Disponível em <https://doi.org/10.1111/are.12153>
 17. American Public Health Association - APHA. Standard Methods for the Examination of Water and WasteWater. 22nd Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2012.
 18. Furuya WM, Souza SR, Furuya VRB, Hayashi C, Ribeiro RP. Dietas peletizada e extrusada para machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.), na fase de terminação. *Ciência Rural*, 1998; 28(3): 482–487. Disponível em <https://doi.org/10.1590/S0103-84781998000300022>
 19. Sandre LCG, Buzollo H, Nascimento TMT, Neira LM, Jomori RK, Carneiro DJ. Productive performance and digestibility in the initial growth phase of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed diets with different carbohydrate and lipid levels. *Aquaculture Reports*, 2017; 6: 28-34. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.02.003>
 20. Oliveira-Júnior JCD, Aguiar GACC, Carneiro CLS, Ladeira ALF, Campelo DAV, Furuya WM, Santos FAC, Zuanon JAS, Luz RK, Salari AL. Effects of different ratios of crude protein and non-fibrous carbohydrates on growth, metabolism, physiology, nutrient utilization and muscle cellularity of *Lophiosilurus alexandri*, a carnivorous freshwater fish. *Aquaculture*, 2021; 540: 736685. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736685>
 21. Mandarim-de-Lacerda CA. Stereological tools in biomedical research. *Biomedical and Medical Sciences*, 2003; 75(4): 469–486. Disponível em <https://doi.org/10.1590/S0001-37652003000400006>
 22. Association of Official Analytical Chemists - AOAC. Official Methods of Analysis. 15th edition. Arlington, Virginia, USA: Association of Official Analytical Chemists, Inc. v.1, 1990.
 23. Durigon EG, Lazzari R, Uczay J, Lopes DLA, Jerônimo G T, Sgnaulin T, Emerenciano M G C. Biofloc technology (BFT): Adjusting the levels digestible protein and digestible energy in diets of Nile tilapia juveniles raised in brackish water. *Aquaculture and Fisheries*, 2019; 5(1): 42-51. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2019.07.001>
 24. Sgnaulin T, Durigon EG, Pinho SM, Jerônimo GT, Lopes DLA, Emerenciano MGC. Nutrition of genetically improved farmed tilapia (GIFT) in biofloc technology system: Optimization of digestible protein and digestible energy levels during nursery phase. *Aquaculture*, 2020; 521: 734998. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734998>
 25. Montanhini Neto, R., Ostrensky, A. Evaluation of commercial feeds intended for the Brazilian production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.): nutritional and environmental implications. *Aquaculture Nutrition*, 2015, 21(3): 311-320. Disponível em <https://doi.org/10.1111/anu.12154>
 26. Saravanan S, Geurden I, Figueiredo-Silva AC, Kaushik SJ, Haidar MN, Verreth JAJ, Schrama JW. Control of voluntary feed intake in fish: A role for dietary oxygen demand in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets with different macronutrient profiles. *British Journal of Nutrition*, 2012; 108(8): 1519–1529. Disponível em <https://doi.org/10.1017/S0007114511006842>
 27. Tran-Duy A, Smit B, Vandam AA, Schram JW. Effects of dietary starch and energy levels on maximum feed intake, growth and metabolism of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 2008; 277(3–4): 213–219. Disponível em <https://doi.org/>

[10.1016/j.aquaculture.2008.03.004](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.03.004)

28. Haidar MN, Bleeker S, Heinsbroek LTN, Schrama JW. Effect of constant digestible protein intake and varying digestible energy levels on energy and protein utilization in Nile tilapia. *Aquaculture*, 2018; 489: 28–35. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.035>

29. Azaza MS, Dhraïef MN, Kraïem MM. Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal waters in southern Tunisia. *Journal of Thermal Biology*. 2008; 33(2): 98–105. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2007.05.007>

30. Santos VB, Mareco EA, Silva MDP. Growth curves of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains cultivated at different temperatures. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, 2013; 35(3): 235–242. Disponível em <https://doi.org/10.4025/actascianim-sci.v35i3.19443>

31. Dai YJ, Cao XF, Zhang DD, Li XF, Liu WB, Jiang GZ. Chronic inflammation is a key to inducing liver injury in blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) fed with high-fat diet. *Developmental and Comparative Immunology*. 2019; 97: 28–37. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.dci.2019.03.009>

32. Xu F, Xu C, Xiao S, Lu M, Limbu SM, Wang X. Effects of α -lipoic acid on growth performance, body composition, antioxidant profile and lipid metabolism of the GIFT tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed high-fat diets. *Aquaculture Nutrition*, 2019; 25(3): 585–596. Disponível em <https://doi.org/10.1111/anu.12881>

33. Caballero MJ, Kjærsvik E, Fernandez AJ, Rosenlund G. Histological alterations in the liver of sea bream, *Sparus aurata* L., caused by short-orlong-term feeding with vegetable oils. Recovery of normal morphology after feeding fish oil as the sole lipid source. *Journal of Fish Diseases*. 2004; 27(9): 531–541. Disponível em <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2004.00572.x>

34. Wang XX, Chen MY, Wang K, Ye, JD. Growth and metabolic responses in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) subjected to varied starch and protein levels of diets. *Italian Journal of Animal Science*, 2017; 16: 308–316. Disponível em <https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1275953>

35. Chen YJ, Wang XY, Pi RR, Feng JY, Luo L, Lin SM, Wang DS. Preproinsulin expression, insulin release, and hepatic glucose metabolism after a glucose load in the omnivorous GIFT tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*. 2018; 482: 183–19.