

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

TATIANE ANDRESSA LUI

Restrição alimentar para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Toledo

2016

TATIANE ANDRESSA LUI

Restrição alimentar para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

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

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo

Toledo

2016

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

L952r Lui, Tatiane Andressa
Restrição alimentar para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) /
Tatiane Andressa Lui. -- Toledo, PR : [s. n.], 2016.
48 f. : il. (algumas color.), tabs., figs.

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

1. Engenharia de Pesca - Dissertações 2. Peixe – Alimentação e
rações 3. Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) - Pesos e medidas
4. Dieta de baixa caloria 5. Nutrição animal 6. I. Boscolo, Wilson
Rogério, orient. II. T.

CDD 20. ed. 639.3758

FOLHA DE APROVAÇÃO

TATIANE ANDRESSA LUI

Restrição alimentar para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

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

COMISSÃO JULGADORA

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

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

Dra. Jackeline Marcante Dallagnol Brum
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Arcângelo Augusto Signor
Instituto Federal do Paraná

Aprovada em:
Local de defesa:

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Madalena Brandalise Lui e Alir Lui, por todo apoio, carinho e confiança, e por nunca medirem esforços para tornarem meus sonhos realidade. Meu eterno respeito, gratidão e amor.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À minha família, meus pais Alir e Madalena, e meus irmãos Cristiane e Maicon, por todos os ensinamentos, pelo apoio e incentivo em seguir em frente e por sempre apoiarem as minhas decisões, e ao meu sobrinho Gustavo, por todas as alegrias proporcionadas;

À meu namorado Felipe Menegazzo, pelo apoio, companheirismo, incentivo, carinho, paciência e amor;

À meu orientador Wilson Rogério Boscolo, pelos ensinamentos e confiança no meu trabalho;

Ao professor Dacley Hertes Neu, meu coorientador de coração, pela dedicação, credibilidade, confiança, pelas correções e colaboração no trabalho, por me acalmar nos momentos de desespero e pela amizade;

Aos professores Aldi Feiden, Altevir Signor, Fábio Bittencourt e Wilson Rogério Boscolo, e ao GEMaQ, pela disponibilidade da estrutura para a realização desse trabalho, pelos ensinamentos durante todos estes anos e por me receberem mais uma vez de braços abertos;

À todos os colegas e amigos do Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura, os quais tive o prazer de conviver durante esse tempo, pelo auxílio e apoio durante a realização do experimento e das análises, pelo companheirismo e amizade em momentos de trabalho ou de lazer;

À Universidade Federal da Grande Dourados e à Universidade Estadual de Maringá pelo auxílio na realização das análises;

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca;

À CAPES pelo auxílio da bolsa de estudos;

A todos que contribuíram de alguma forma na realização desse trabalho.

MUITO OBRIGADA!

Restrição alimentar para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

RESUMO

Com o intuito de avaliar distintas restrições alimentares para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) que não promova prejuízo ao peixe, analisou-se os parâmetros zootécnicos, composição centesimal do peixe inteiro, morfometria das fibras musculares, altura das vilosidades intestinais e a viabilidade econômica. Foram utilizados 160 peixes ($3,23 \pm 0,07$ g), distribuídos em 20 hapas de malha plástica dispostos em um tanque de concreto com sistema de aeração constante por meio de soprador de ar central. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em 7:0 – alimentados diariamente; 6:1 – alimentados seis dias seguidos de um dia de restrição alimentar; 5:2 – alimentados cinco dias seguidos de dois dias de restrição alimentar e 1:1 – alimentados um dia, seguidos de um dia de restrição alimentar. Foi utilizada ração comercial com 33,70% de proteína bruta, e os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia até a saciedade aparente durante 60 dias. Ao final do período experimental foram observadas diferenças significativas entre as distintas restrições alimentares ($P < 0,05$) para peso final, ganho em peso, comprimento final, índice hepatossomático, gordura visceral, quociente intestinal, taxa de crescimento específico, umidade, lipídeos, matéria mineral e na frequência de fibras musculares nas classes $< 20 \mu\text{m}$ e entre 20 e $50 \mu\text{m}$. A altura da vilosidade intestinal não diferiu ($P > 0,05$) entre os tratamentos. O custo com a alimentação e a receita líquida parcial foram superiores naqueles alimentados diariamente com relação aos demais. Portanto, conclui-se que a restrição alimentar para tilápia do Nilo na fase juvenil influencia negativamente no desempenho produtivo, na composição centesimal e no crescimento muscular, sendo, esta prática inviável economicamente para a produção comercial.

Palavras-chave: Avaliação econômica, desempenho zootécnico, espécie exótica, fibra muscular, juvenis, regime de alimentação

Feed restriction for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

ABSTRACT

In order to assess different dietary restrictions for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) which does not promote injury to the fish, was analyzed the following zootechnical parameters; the centesimal composition of whole fish and morphometry of muscle fibers and height of intestinal villi and the economic viability. Have been analyzed 160 fish (3.23 ± 0.07 g), over 20 nylon mesh net cages disposed in a concrete tank with central blower constant aeration system. The experimental methodology was completely randomized with four different treatments and five replications. Treatments consisted of 7: 0 - fed daily; 6: 1 - fed six straight days of a day of feed restriction; 5: 2 - fed five days followed by two days of feed restriction and 1: 1 - fed one day, followed a day of food restriction. It was used commercial feed with 33.70% crude protein, and the fish were fed four times a day to apparent satiation for 60 days. At the end of the experimental period significant differences were observed between the different dietary restrictions ($P < 0.05$) for final weight, weight gain, final length, hepatossomatic index, visceral fat, intestinal quotient, specific growth rate, moisture, lipids, mineral matter and the rate of muscle fibers classes $< 20 \mu\text{m}$ and between 20 and 50 micrometers. The height of intestinal villi did not differ ($P > 0.05$) between treatments. The cost of food and partial net revenue were higher to those fed daily than the others. Therefore, it is concluded that dietary restriction for Nile tilapia in the juvenile stage may cause negative impact on growth performance, the chemical composition and muscle growth, making this practice indeed be uneconomical for commercial production.

Keywords: Economic evaluation, production performance, exotic species, muscle fiber, juvenile, power system

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B*. Disponível em: <<http://www.journals.elsevier.com/comparative-biochemistry-and-physiology-part-b-biochemistry-and-molecular-biology/>>

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentadas com diferentes restrições alimentares.....	36
Tabela 2: Composição corporal de juvenis de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentadas com diferentes restrições alimentares.....	37
Tabela 3: Altura do vilo intestinal de juvenis de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentadas com diferentes restrições alimentares.....	37
Tabela 4: Frequência de distribuição das fibras musculares em três classes de diâmetros (<20 µm, entre 20 e 50 µm e >50 µm) em juvenis de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentadas com diferentes restrições alimentares.....	38
Tabela 5: Custos da produção de juvenis de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentadas com diferentes restrições alimentares durante 60 dias.	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagem representativa da fibra muscular de um exemplar de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).....33

Figura 2: Imagem representativa da altura da vilosidade de um exemplar de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).....34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	14
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Geral.....	15
2.2	Específicos	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	Tilápia do Nilo	16
3.2	Manejo e restrição alimentar.....	17
3.3	Restrição alimentar e crescimento compensatório.....	18
3.4	Composição centesimal	19
3.5	Fibras musculares	20
3.6	Vilosidade intestinal	21
3.7	Referências.....	22
4	CAPÍTULO 1: Restrição alimentar para tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	29
4.1	INTRODUÇÃO	29
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	30
4.2.1	Animais e delineamento experimental	30
4.2.2	Dieta experimental e manejo alimentar	30
4.2.3	Qualidade da água	31
4.2.4	Coleta de dados.....	31
4.2.5	Análise centesimal.....	31
4.2.6	Morfometria da fibra muscular.....	32
4.2.7	Histologia do intestino.....	33
4.2.8	Avaliação econômica.....	34
4.2.9	Análise estatística	35
4.3	RESULTADOS	35
4.3.1	Desempenho e composição centesimal da carcaça.....	35
4.3.2	Morfometria da altura das vilosidades intestinais e frequência das fibras musculares	37
4.3.3	Avaliação econômica.....	38
4.4	DISCUSSÃO	39

4.5	CONCLUSÃO	44
4.6	REFERÊNCIAS.....	44
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48

1 INTRODUÇÃO GERAL

Na aquicultura, uma das espécies com maior destaque é a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), compreendendo 6,3% da produção global (FAO, 2014). É uma espécie promissora, pois possui carne com sabor e odor suaves e sem espinhas intramusculares em seu filé (Botaro et al., 2007), reproduzem-se com facilidade, se desenvolvem rapidamente (Wang e Lu, 2015), e aceitam ração desde as primeiras fases de vida (Boscolo et al., 2004).

Em cultivos em cativeiro, a ração é a principal fonte de alimentação das tilápias, e esta é responsável pela maior parte dos custos da produção, sendo importante formular dietas equilibradas para maximizar a absorção dos nutrientes pelos animais e proporcionar um manejo adequado para reduzir as excreções e o desperdício de alimento nos corpos de água, que potencializam a eutrofização (Oliveira et al., 2014).

Com o grande número de pesquisas sobre a produção de tilápia, a restrição alimentar pode ser uma alternativa para a redução dos custos com a alimentação, porém, esta privação pode acarretar alterações fisiológicas, podendo levar a diminuição na síntese de proteínas, aumento do catabolismo e um crescimento mais lento, e, durante os estágios iniciais do desenvolvimento dos peixes, onde o restabelecimento de condições favoráveis pode ser comprometido, principalmente pela degradação protéica (Metcalf e Monaghan, 2001).

O desenvolvimento de diferentes técnicas de manejo auxilia no crescimento produtivo da espécie no Brasil, entretanto, pesquisas que esclareçam dúvidas frequentemente observadas pelos produtores, como da determinação do melhor regime alimentar ainda são necessárias, e devido a isto, o estudo tem importância especialmente pela tilápia ser a principal espécie de peixe de cunho comercial no Brasil e pelo estudo ter sido realizado em temperaturas amenas e na fase juvenil, onde os animais necessitam de condições favoráveis para se desenvolverem rapidamente.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Determinar o melhor regime alimentar para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

2.2 Específicos

Avaliar o desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo submetidos a diferentes regimes alimentares;

Determinar a composição corporal dos juvenis submetidos a diferentes restrições alimentares;

Analisar o crescimento muscular por meio da frequência de distribuição das fibras musculares e a morfometria intestinal por meio da avaliação da altura das vilosidades intestinais dos peixes submetidos a diferentes restrições alimentares;

Avaliar a viabilidade econômica dos diferentes regimes alimentares.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Tilápia do Nilo

A tilápia é uma espécie nativa do Oriente Médio e África e pertence à família Cichlidae (Pinheiro et al., 2006). É encontrada principalmente nos países de clima tropical e subtropical, e a partir da década de 20 e 50 passou a ser cultivada de forma intensiva (Moreira et al., 2001). É a segunda espécie de peixe mais cultivada no mundo, seguida das carpas, e sua produção quadruplicou ao longo da última década, devido ao seu processo de domesticação, aceitabilidade para comercialização, estabilidade do mercado e tecnologias de produção conhecidas (Moro et al., 2013; Wang e Lu, 2015).

No Brasil, a tilápia foi introduzida pela Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo na década de 50 (Tavares-dias e Moraes, 2003) para reduzir a proliferação de algas e macrófitas aquáticas em represas (Boscardin, 2008). A partir da década de 80, tornou-se uma atividade empresarial, e, nesse sentido, as cidades de Toledo e Assis Chateaubriand no Estado do Paraná, tornaram-se os primeiros municípios a implantar frigoríficos especializados no abate dessa espécie, porém, somente a partir dos anos 90 houve realmente um avanço na produção, pois intensificaram as pesquisas relacionadas ao seu cultivo e criação (Figueiredo Júnior e Valente Júnior, 2008).

Com o objetivo de intensificar a tilapicultura, em 1996 foram distribuídos 20.000 exemplares de tilápia do Nilo (variedade Chitralada) originadas da Tailândia em algumas regiões dos estados do Paraná e Rio Grande do Sul, doados pelo *Asian Institute of Technology* (AIT) (Zimmermann e Fitzsimmons, 2004). A partir daí, iniciou-se a criação de tilápias em diversas partes do país, pois, com uma linhagem melhorada, seu desempenho apresentou maior ganho em peso e melhor conversão alimentar (Boscolo et al., 2001).

Dentre os fatores que proporcionaram a disseminação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Brasil destacam-se a rusticidade ao manejo (Meurer et al., 2008), consumo de ração durante todas as fases de criação, hábito alimentar onívoro (Takishita et al., 2009), capacidade de reprodução em cativeiro em um curto período de tempo (El-Sayed, 2006), adaptabilidade a vários sistemas de produção (Meurer et al., 2002), e, além de seu cultivo ser favorável, sua carne apresenta particularidades, como um sabor e odor suaves, textura firme, coloração branca e não possui espinhas em “Y” em seu filé, facilitado assim a técnica de filetagem e sua industrialização (Silva et al., 2009).

O desenvolvimento produtivo da espécie ocorreu tanto pelas suas próprias características quanto pelo estabelecimento de pacotes zootécnicos formados a partir de pesquisas, que permitem excelentes condições de cultivo. Entretanto, com a intensificação da produção, ainda há a necessidade de algumas informações relacionadas ao seu cultivo, beneficiamento, exigências nutricionais e técnicas de manejo, incentivando assim muitas pesquisas relacionadas com a espécie.

3.2 Manejo e restrição alimentar

Várias estratégias podem ser utilizadas no manejo alimentar dos peixes, e a restrição alimentar é um método que possibilita melhorar a taxa de crescimento (Hornick et al., 2000), reduzir os custos de produção, melhorar o aproveitamento da ração e manter uma boa qualidade da água, entretanto, ainda não são totalmente conhecidas as implicações que a restrição alimentar causa no organismo dos peixes, porém, sabe-se que animais que chegam a idade adulta com tamanho reduzido, decorrente da restrição alimentar que lhes foi concedida, tendem a estar em desvantagem com relação aos peixes com um tamanho maior, devido a fatores como a fecundidade das fêmeas, a perpetuação da espécie, a seleção sexual (Blanckenhorn, 2005), bem como, o custo de produção é maior, pois diminui a porcentagem de rendimento zootécnico do animal.

A restrição alimentar pode ser uma alternativa para o cultivo de peixes em regiões de clima temperado, pois as baixas temperaturas podem influenciar no metabolismo, na ingestão e na digestão dos peixes, fazendo com que ocorra desperdício de ração, comprometendo a qualidade da água (Sealey et al., 1998), sendo assim, estudos relacionados com a restrição alimentar são de interesse para a aquicultura, pois o entendimento de suas implicações nos peixes pode permitir uma reavaliação das escalas alimentares estabelecidas (Hayward et al., 1997).

Os peixes, como outros vertebrados, apresentam ritmos biológicos, que são definidos como qualquer evento que se repete de maneira regular em um organismo (Veras et al., 2013). Estes ritmos podem ocorrer por fatores ambientais, como por exemplo o fotoperíodo e a alimentação. Quando esta alimentação é fornecida regularmente (dias e horários), pode ocorrer um aumento na atividade locomotora algum tempo antes de serem alimentados, o que é conhecido como atividade alimentar antecipatória (Sánchez-Vázquez et al., 2001; Vera et al., 2007).

A importância da atividade alimentar antecipatória é que geralmente os peixes conseguem prever a alimentação, funcionando sob um controle endógeno, e, quando os animais são mantidos em jejum estas respostas continuam, porém, desaparecem quando os mesmos são mantidos nesta condição por um longo período de tempo (Vera et al., 2007). Os peixes precisam otimizar a captura do alimento, assim como os processos digestivos e metabólicos, para poder melhorar a utilização dos nutrientes nele contidos (López-Olmeda et al., 2009; Montoya et al., 2010). Para tanto, para que haja um condicionamento dos peixes, é importante que o alimento seja fornecido sempre nos mesmos horários.

3.3 Restrição alimentar e crescimento compensatório

A capacidade de sobreviver a longos períodos de jejum é uma característica típica dos peixes e outros animais ectotérmicos (Zamal e Ollevier, 1995). Em seu ambiente natural eles alternam períodos de alimentação com períodos de jejum, e nesta condição, diminuem a demanda energética reduzindo a atividade e o consumo de oxigênio (Souza et al., 2002).

A restrição alimentar envolve uma complexidade de alterações e efeitos metabólicos que podem estar associados ao ajuste biológico do animal, e suas consequências podem variar de acordo com a espécie, idade do peixe, fotoperíodo, temperatura da água, e permanência do período de jejum (Blasco et al., 1991; Souza et al., 2000).

A manutenção dos processos vitais ocorre através da mobilização das reservas energéticas endógenas, resultando em perda de peso corporal e gordura visceral (Cook et al., 2000; Weatherley e Gill, 1987), ou seja, seu desenvolvimento pode estar comprometido. Entretanto, quando os níveis adequados de alimentação são restabelecidos, os processos fisiológicos passam a se restabelecer também, fazendo com que os peixes utilizem o alimento primeiramente para repor o catabolismo do tecido e suprir as reservas energéticas tais como lipídeos e até mesmo aminoácidos na manutenção dos processos vitais e, somente quando esta condição estiver satisfeita, o destino da dieta será o crescimento (Souza, 1998).

Após um período de privação ou restrição alimentar, pode ocorrer respostas compensatórias nos peixes, que podem ser de distintas formas (Ali et al., 2003):

- 1) Sobre-compensação: o peixe que sofreu algum tipo de restrição alimentar, durante a realimentação atingem um tamanho maior no mesmo período de tempo, apresentando uma taxa de crescimento maior que os animais alimentados continuamente.

- 2) **Compensação total:** ocorre quando o peixe, após a privação alimentar, atinge o mesmo tamanho em um mesmo tempo dos peixes continuamente alimentados.
- 3) **Compensação parcial:** os animais cuja alimentação foi restrita não conseguem atingir o mesmo tamanho no mesmo tempo dos peixes não submetidos à restrição alimentar, podendo apresentar alta taxa de crescimento e melhora na conversão alimentar.
- 4) **Não compensação:** quando não ocorre resposta compensatória no período de realimentação, após a privação alimentar.

Segundo Ali et al. (2003), ainda não se tem todo o conhecimento necessário de como a taxa metabólica atua nos processos fisiológicos dos peixes durante a fase de crescimento compensatório, o que seria de grande importância, pois forneceria informações úteis sobre as consequências associadas ao rápido crescimento e seu metabolismo. Entretanto, sabe-se que peixes adultos necessitam ser submetidos a um período de restrição mais severa do que os peixes mais jovens para demonstrar uma compensação de crescimento (Jobling e Koskela, 1996; Rueda et al., 1998; Souza et al., 2000; Takahashi et al., 2011).

3.4 Composição centesimal

No aspecto nutricional, o peixe apresenta vantagens em relação a outros alimentos de origem animal, pois é constituído por proteínas, lipídeos, ácidos graxos (Memon et al., 2011), vitaminas lipossolúveis e do complexo B, baixo teor de colesterol e ômega 3 (Jabeen e Chaudhry, 2011), o que segundo Bruschi (2001), faz com que aumente o interesse dos consumidores pelo pescado.

A composição centesimal dos peixes pode ser influenciada por vários fatores como os morfológicos, genéticos, condições de criação, do tipo, quantidade e qualidade do alimento consumido, sistema de cultivo, entre outros (Contreras-Guzmán, 1994; Jacquot, 1961). Desta maneira, os dados relacionados à composição química do pescado são importantes no processo de elaboração de produtos comestíveis e de conservação (Santos et al., 2001), pois informam o padrão adequado de nutrientes presentes.

O pescado possui características extremamente variáveis, possuindo como principais compostos as proteínas (aproximadamente 20%), lipídeos (0,6 a 36%), minerais (1 a 2%) e água (60 a 85%) (Ogawa e Maia, 1999).

Os lipídeos são fontes de energia, constituintes de membranas, são essenciais para a absorção de vitaminas lipossolúveis e podem ser influenciados por fatores como a idade,

estado nutricional e o tipo de alimentação, já o conteúdo protéico depende do estado biológico do peixe (Franco, 2005; Silva, 1993).

Desta forma, a composição centesimal do peixe pode, inclusive, influenciar no preço de venda e no tempo de prateleira, sendo importante e essencial para a comercialização, visando na qualidade do produto final.

3.5 Fibras musculares

Nos peixes, a maior parte da massa corporal é representada pelo tecido muscular estriado esquelético que constitui de 40 a 60% do peso total do animal e é formado por células especializadas, as fibras musculares, localizadas abaixo da membrana plasmática (Almeida et al., 2008; Dal-Pai Silva et al., 2005). Essa musculatura serve como mecanismo específico para a adaptação dos animais no meio aquático (Bone, 1978), e também é o principal estoque de proteína para ser utilizada em atividades que requerem grande demanda de energia (Weatherley e Gill, 1985).

O crescimento muscular pode ocorrer por mecanismos de hiperplasia e hipertrofia das fibras musculares. Na hiperplasia, as células satélites ativadas sofrem fusão, resultando na formação de novas fibras musculares. Na hipertrofia, as células satélites ativadas fundem-se com fibras musculares existentes, aumentando o número de núcleos para maior síntese de miofibrilas, levando ao aumento na área da fibra muscular (Johnston, 1999; Koumans e Akster, 1995; Rowleron e Veggetti, 2001).

A hiperplasia nos peixes pode ocorrer de duas formas: estratificada e em mosaico. A hiperplasia estratificada é responsável pelo espessamento das camadas musculares nas fases iniciais do desenvolvimento. Já a hiperplasia em mosaico, resulta em um grande número de fibras musculares formadas a partir da fusão e diferenciação entre as células satélites, podendo ser observadas fibras pequenas entre as fibras maiores, formando um mosaico de fibras de diferentes diâmetros e estágios de diferenciação, principalmente na fase juvenil (Johnston, 1999; Rowleron e Veggetti, 2001).

Nos peixes, as contribuições da hiperplasia e hipertrofia para o crescimento muscular são variáveis, dependendo da fase de crescimento e da espécie considerada. A hipertrofia da fibra muscular ocorre em todos os estágios de desenvolvimento, porém, é predominante na fase adulta (Patrino et al., 1998; Veggetti et al., 1993), e a hiperplasia é mais intensa na fase inicial (Alfei et al., 1994; Mommsen et al., 2001). Nas espécies que atingem um tamanho final

de poucos centímetros, o crescimento muscular envolve principalmente a hipertrofia de fibras formadas nas fases iniciais da embriogênese e o período de crescimento hiperplásico é mais curto. Nas espécies que atingem um tamanho final maior como aquelas de interesse para a aquicultura, novas fibras musculares são continuamente recrutadas em todas as fases do crescimento (Alami-Durante et al., 1997; Rowleson e Veggetti, 2001; Weatherley et al., 1988).

O crescimento muscular pode ser influenciado por fatores externos, como a nutrição, que pode influenciar a concentração e disponibilidade de aminoácidos, a taxa anabólica e a massa muscular, controlando positiva ou negativamente a proliferação e diferenciação de células satélites (Houlihan et al., 1995; Johnston, 2006). Para tanto, o estudo sobre frequência de distribuição das fibras torna-se interessante quando se trata de regimes alimentares.

3.6 Vilosidade intestinal

Os peixes possuem hábito alimentar distinto, podendo ser herbívoro, carnívoro detritívoro e onívoro (Ringø et al., 2003). O sistema digestório possui um grande número de especializações morfológicas, provavelmente porque habitam diferentes níveis tróficos presentes no ecossistema aquático (Loures e Lima, 2001), demonstrando relação com a natureza dos alimentos, o estágio de desenvolvimento do indivíduo e seu estado nutricional (Seixas-Filho et al., 2000).

O sistema digestório compreende o trajeto da boca até o ânus e pode ser dividido em intestino anterior (esôfago e estômago), médio (intestino propriamente dito) e posterior (reto) (Rotta, 2003).

O intestino possui uma série de dobras ou pregas chamadas de vilosidades intestinais, que são evaginações da mucosa e se projetam na luz do intestino, aumentando a área de superfície para a digestão e absorção dos nutrientes, sendo os produtos da digestão mantidos em solução, o que facilita a absorção (Baldiasserotto, 2009; Junqueira e Carneiro, 2004; Rotta, 2003).

Por este motivo, o conhecimento da altura da vilosidade intestinal do peixe submetido a um regime alimentar é de grande importância, pois o mesmo pode sugerir se a restrição alimentar imposta aos peixes foi capaz de influenciar na absorção dos nutrientes.

3.7 Referências

- ALAMI-DURANTE, H. *et al.* Growth and Multiplication of White Skeletal Muscle Fibres in Carp Larvae in Relation to Somatic Growth Rate. **Journal of fish biology Fish Biol**, v. 50, n. 6, p. 1285–1302, 1997.
- ALFEI, L. *et al.* PCNA/cyclin expression and BrdU uptake define proliferating myosatellite cells during hyperplastic muscle growth of fish (*Cyprinus carpio* L.). **European Journal of Histochemistry**, v. 38, p. 151–162, 1994.
- ALI, M.; NICIEZA, A.; WOOTTON, R. J. Compensatory growth in fishes: A response to growth depression. **Fish and Fisheries**, v. 4, n. 2, p. 147–190, 2003.
- ALMEIDA, F. L. A. *et al.* Differential expression of myogenic regulatory factor MyoD in pacu skeletal muscle (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg 1887: Serrasalminae, Characidae, Teleostei) during juvenile and adult growth phases. **Micron**, v. 39, n. 8, p. 1306–1311, 2008.
- BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2009.
- BLANCKENHORN, W. U. Behavioral causes and consequences of sexual size dimorphism. **Ethology**, v. 111, n. 11, p. 977–1016, 2005.
- BLASCO, J.; FERNÁNDEZ, J.; GUTIÉRREZ, J. The effects of starvation and refeeding on plasma amino acid levels in carp , *Cypvinus cavpio* L ., 1758. **Journal of fish biology**, v. 38, p. 587–598, 1991.
- BONE, Q. Locomotor muscle. **Fish physiology**, v. 7, p. 361–424, 1978.
- BOSCARDIN, N. R. Potencial para o desenvolvimento da aquicultura no Brasil. In: OSTRENSKY, A.; BORGUETTI, J. R.; SOTO, D. (Org.). **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília DF, p. 276, 2008.
- BOSCOLO, W. R. *et al.* Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum , nas fases inicial e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1391–1396, 2001.
- BOSCOLO, W. R. *et al.* Desempenho e características de carcaça de tilápias do Nilo

(*Oreochromis niloticus* L.) alimentadas com rações contendo diferentes níveis de gordura. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 4, p. 443–447, 2004.

BOTARO, D. *et al.* Redução da proteína da dieta com base no conceito de proteína ideal para tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 3, p. 517–525, 2007.

BRUSCHI, F. L. F. **Rendimento, composição química e perfil de ácidos graxos de pescados e seus resíduos: uma comparação**. 65 f. Universidade do Vale do Itajaí, 2001.

CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: Funep, 1994.

COOK, J. T.; SUTTERLIN, A. M.; MCNIVEN, M. A. Effect of food deprivation on oxygen consumption and body composition of growth-enhanced transgenic Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 188, p. 47–63, 2000.

DAL-PAI SILVA, M.; DAL PAI, V.; CARVALHO, R. F. Célula Muscular Estriada Esquelética. In: CARVALHO, H. F.; COLLARES-BUZATO, C. B. (Org.). **Células: uma abordagem multidisciplinar**. São Paulo: Manole, p. 83–94, 2005.

EL-SAYED, A. F. M. **Tilapia culture**. Wallingford: CABI Publishing, 2006.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture.**, 2014.

FIGUEIREDO JÚNIOR, C. A.; VALENTE JÚNIOR, A. S. **Cultivo de tilápia no Brasil: origens e cenário atual**. Rio Branco, Acre, 2008.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005.

HAYWARD, R. S.; NOLTIE, D. B.; WANG, N. Use of compensatory growth to double hybrid sunfish growth rates. **Transaction of american fisheries society**. v. 126, p. 316–322, 1997.

HORNICK, J. L. *et al.* Mechanisms of reduced and compensatory growth. **Domestic Animal Endocrinology**. v. 19, n. 2, p. 121–132, 2000.

HOULIHAN, D. F.; CARTER, C. G.; MCCARTY, I. D. Protein synthesis in fish. In: HOCHACHKA, P. W.; MOMMSEN, T. P. (Org.). **Biochemistry and Molecular Biology of**

Fishes. 4. ed. Amsterdam: Elsevier, p. 191–220, 1995.

JABEEN, F.; CHAUDHRY, A. S. Chemical compositions and fatty acid profiles of three freshwater fish species. **Food Chemistry**, v. 125, n. 3, p. 991–996, 2011.

JACQUOT, R. Organic constituents of fish and other aquatic foods. In: BORGSTROM, G. (Org.). **Fish food**. London: Academic Press, p. 145–210, 1961.

JOBLING, M.; KOSKELA, J. Interindividual variations in feeding and growth in rainbow trout during restricted feeding and in a subsequent period of compensatory growth. **Journal of Fish Biology**, v. 49, p. 658–667, 1996.

JOHNSTON, I. A. Environment and plasticity of myogenesis in teleost fish. **The Journal of experimental biology**. v. 209, p. 2249–2264, 2006.

JOHNSTON, I. A. Muscle development and growth: Potential implications for flesh quality in fish. **Aquaculture**, v. 177, n. 1-4, p. 99–115, 1999.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica**. 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

KOUMANS, J. T. M.; AKSTER, H. A. Myogenic Cells in Development and Growth of Fish. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 110A, n. 1, p. 3–20, 1995.

LÓPEZ-OLMEDA, J. F.; EGEA-ÁLVAREZ, M.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. Glucose tolerance in fish: Is the daily feeding time important? **Physiology and Behavior**, v. 96, n. 4-5, p. 631–636, 2009.

LOURES, B. R. R. L.; LIMA, S. Anatomia de peixes. In: MOREIRA, L. M. M. (Org.). **Fundamentos da moderna aquicultura**. Canoas, RS: ULBRA, p. 17–22, 2001.

MEMON, N. N. *et al.* Changes in fatty acid composition in muscle of three farmed carp fish species (*Labeo rohita*, *Cirrhinus mrigala*, *Catla catla*) raised under the same conditions. **Food Chemistry**, v. 126, n. 2, p. 405–410, 2011.

METCALFE, N. B.; MONAGHAN, P. Compensation for a bad start: Grow now, pay later? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 16, n. 5, p. 254–260, 2001.

MEURER, F. *et al.* Farelo de soja na alimentação de tilápias do Nilo durante o período de

reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 5, p. 791–794, 2008.

MEURER, F. *et al.* Lipídeos na alimentação de alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 566–573, 2002.

MOMMSEN, T.; MOON, T. W.; PLISETSKAYA, E. M. Effects of Arginine on Pancreatic Hormones and Hepatic Metabolism in Rainbow Trout. **Physiological and biochemical zoology**, v. 74, n. 5, p. 668–678, 2001.

MONTOYA, A. *et al.* Synchronization of daily rhythms of locomotor activity and plasma glucose, cortisol and thyroid hormones to feeding in Gilthead seabream (*Sparus aurata*) under a light-dark cycle. **Physiology & behavior**, v. 101, n. 1, p. 101–7, 2010.

MOREIRA, H. L. M.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R. P. **Fundamentos da moderna aquicultura**. Canoas: ULBRA, 2001.

MORO, G. V. *et al.* Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos. In: RODRIGUES, A. P. O. *et al.* (Org.). **Espécies de peixe para piscicultura**. Brasília DF: Embrapa, p. 440, 2013.

OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo: Livraria Varela, 1999.

OLIVEIRA, M. M. *et al.* Effects crude protein levels on female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reproductive performance parameters. **Animal Reproduction Science**, v. 150, n. 1-2, p. 62–69, 2014.

PATRUNO, M. *et al.* Muscle growth in response to changing demands of functions in the teleost *Sparus aurata* (L.) during development from hatching to juvenile. **Anatomy and Embryology**, v. 198, p. 487–504, 1998.

PINHEIRO, L. M. S. *et al.* Rendimento industrial de filetagem da tilápia tailandesa (*Oreochromis spp.*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 2, p. 257–262, 2006.

RINGØ, E. *et al.* Electron microscopy of the intestinal microflora of fish. **Aquaculture**, v. 227, n. 1-4, p. 395–415, 2003.

ROTTA, M. A. **Aspectos Gerais da Fisiologia e Estrutura do Sistema Digestivo dos Peixes Relacionados à Piscicultura**. Corumbá, MS, 2003.

ROWLERSON, A.; VEGGETTI, A. Cellular mechanisms of post-embryonic muscle growth in aquaculture species. In: JOHNSTON I, A. (Org.). **Muscle development and growth. Fish Physiology**. Academic P ed. San Diego, p. 103–140, 2001.

RUEDA, F. M. *et al.* Effect of fasting and refeeding on growth and body composition of red porgy, *Pagrus pagrus* L. **Aquaculture Research**, v. 29, p. 447–452, 1998.

SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J.; ARANDA, A; MADRID, J. A. Differential effects of meal size and food energy density on feeding entrainment in goldfish. **Journal of biological rhythms**, v. 16, n. 1, p. 58–65, 2001.

SANTOS, A. B. *et al.* Composição química e rendimento do filé da traíra (*Hoplias Malabaricus*). **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 7/8, n. 1, p. 140–150, 2001.

SEALEY, W. M.; CERQUEIRA, J. T.; GATLIN III, D. M. **Restricted feeding regimes increase production efficiency in channel catfish**. Auburn: SRAC publication, 1998.

SEIXAS FILHO, J. T. DE *et al.* Anatomia funcional e morfometria dos intestinos e dos cecos pilóricos do teleostei (pisces) de água doce *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1849). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 313–324, 2000.

SILVA, C. R. **O pescado como alimento**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1993.

SILVA, F. V. E *et al.* Características morfométricas, rendimentos de carcaça, filé, vísceras e resíduos em tilápias-do-nilo em diferentes faixas de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 8, p. 1407–1412, 2009.

SOUZA, V. L. *et al.* Composição corporal e índices biométricos do pacu , *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes, Characidae) submetidos a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 2, p. 533–540, 2002.

SOUZA, V. L. Efeito da restrição alimentar e da realimentação no crescimento e metabolismo energético de juvenis de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg, 1887. 1998, 126 f. Tese (doutorado). **Universidade Estadual Paulista**, Jaboticabal, Brasil, 1998.

SOUZA, V. L.; OLIVEIRA, E. G.; URBINATI, E. C. Effects of food restriction and refeeding on energy stores and growth of pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Characidae). **Journal of Aquaculture in the Tropics**, v. 15, p. 371–379, 2000.

TAKAHASHI, L. S. *et al.* Feeding strategy with alternate fasting and refeeding: Effects on farmed pacu production. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 95, n. 2, p. 259–266, 2011.

TAKISHITA, S. S. *et al.* Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira De Zootecnia**, v. 38, n. 11, p. 2099–2105, 2009.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F. R. Características hematológicas da *Tilapia rendalli* bouleenger, 1896 (Osteichthyes: Cichlidae) capturada em “pesque-pague” de franca, São Paulo, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 19, n. 1, p. 107–114, 2003.

VEGGETTI, A. *et al.* Muscle growth and myosin isoform transitions during development of a small teleost fish, *Poecilia reticulata* (Peters) (Atheriniformes, Poeciliidae): a histochemical, immunohistochemical, ultrastructural and morphometric study. **Anatomy and Embryology**, v. 187, p. 353–361, 1993.

VERA, L. M. *et al.* Feeding entrainment of locomotor activity rhythms, digestive enzymes and neuroendocrine factors in goldfish. **Physiology and Behavior**, v. 90, n. 2-3, p. 518–524, 2007.

VERAS, G. C. *et al.* Ritmos Biológicos e fotoperíodo em peixes. **Archivos de Zootecnia**, v. 62, p. 25–43, 2013.

WANG, M.; LU, M. Tilapia polyculture: a global review. **Aquaculture Research**, p. 1–12, 2015.

WEATHERLEY, A. H.; GILL, H. S. Dynamics of increase in muscle fibres in fishes in relation to size and growth. **Experientia**, v. 41, p. 353–354, 1985.

WEATHERLEY, A. H.; GILL, H. S. **The biology of fish growth**. London: Academic Press, 1987.

WEATHERLEY, A. H.; GILL, H. S.; LOBO, A. F. Recruitment and maximal diameter of axial muscle fibres in teleosts and their relationship to somatic growth and ultimate size.

Jornal of fish Biology, v. 33, p. 851–859, 1988.

ZAMAL, H.; OLLEVIER, F. Effect of feeding and lack of food on the growth, gross biochemical and fatty acid composition of juvenile catfish. **Journal of fish biology**, v. 46, p. 404–414, 1995.

ZIMMERMANN, S.; FITZSIMMONS, K. Tilapicultura intensiva. In: CYRINO, J. E. P. *et al.* (Org.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: Tecart, p. 239–266, 2004.

4 CAPÍTULO 1: Restrição alimentar para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

4.1 INTRODUÇÃO

O território brasileiro é dotado de uma ampla área costeira e de abundantes recursos naturais de origem aquática, e dentre as mais de quarenta espécies de água doce com potencial para aquicultura (Godinho, 2007), a tilápia é a mais produzida no país (IBGE, 2013). Essa espécie se destaca devido ao seu rápido crescimento, rusticidade ao manejo, boa adaptação ao clima e ao ambiente, possui resistência à doenças e fácil adaptação às rações comerciais, possibilitando assim a elaboração de dietas de baixo custo e elevado valor nutritivo (Popma e Masser, 1999; Silva et al., 2006).

A alimentação é considerada o maior custo na produção intensiva de peixes, sendo responsável por mais de 60% das despesas operacionais de produção (Teixeira et al., 2008). Estratégias de restrição alimentar podem ser uma alternativa para a redução dos custos com a alimentação, porém, em detrimento à privação, alterações fisiológicas em peixes variam e podem sofrer reflexo em alguns fatores, tais como sazonalidade climática durante o cultivo, parâmetros de qualidade da água, fase de desenvolvimento dos animais bem como “status” nutricional que podem causar efeitos metabólicos distintos associados ao período de jejum regulado biologicamente pela espécie em questão (Bastrop et al., 1991).

As respostas enzimáticas gastrointestinais em períodos de restrição alimentar são reduzidas e podem afetar diretamente a homeostase dos peixes, havendo, então, a necessidade de uma imediata adaptação para a nova situação nutricional ao que os animais estão submetidos (Tian e Qin, 2003).

Em peixes, a variação fisiológica entre as espécies, o estágio de desenvolvimento no início da privação alimentar, a idade da maturidade sexual e o modelo de realimentação exercem grande importância nas respostas compensatórias, que podem ocorrer de diferentes formas. Na compensação parcial, os animais não conseguem alcançar o mesmo tamanho dos peixes não submetidos à restrição alimentar, podendo apresentar melhora na conversão alimentar. Na compensação total o peixe que sofreu algum tipo de restrição alimentar atinge o mesmo tamanho no mesmo tempo quando comparado aos alimentados continuamente. E, a não compensação é caracterizada por não apresentar respostas compensatórias no período de realimentação, após a restrição alimentar (Ali et al., 2003).

Com o intuito de melhorar o aproveitamento da dieta, manter uma boa qualidade da água, diminuir os desperdícios com ração e custos com a produção e mão de obra e, ainda,

manter um produto final de qualidade para o consumidor, estudos com restrição alimentar vem sendo realizados para determinar as estratégias exatas para a utilização desse manejo sem prejudicar o desenvolvimento dos animais.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar diferentes estratégias de restrições alimentares para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), analisando os parâmetros de desempenho zootécnico, composição centesimal do peixe inteiro, morfometria das fibras musculares, das vilosidades intestinais e a viabilidade econômica.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Animais e delineamento experimental

O experimento foi realizado na Estufa Experimental do Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura – GEMAQ, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, *Câmpus* Toledo - PR, e o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética na Experimentação Animal, da mesma instituição sob protocolo número 41/15. Foram utilizadas 160 animais com peso e comprimento total médio de $3,23 \pm 0,07$ g e $5,70 \pm 0,37$ cm, respectivamente, distribuídas em 20 hapas de malha plástica de 1 x 4 mm com $0,15 \text{ m}^3$ de volume útil, dispostos em um tanque de concreto com capacidade para 25 m^3 de água com sistema de aeração constante por meio de soprador de ar central.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições, sendo que cada unidade experimental foi constituída por oito peixes. Os tratamentos consistiram em: 7:0 – alimentados diariamente; 6:1 – alimentados seis dias seguidos de um dia de restrição alimentar (domingo); 5:2 – alimentados cinco dias seguidos de dois dias de restrição alimentar (sábado e domingo) e 1:1 – alimentados um dia, seguidos de um dia de restrição alimentar.

4.2.2 Dieta experimental e manejo alimentar

A dieta experimental foi composta por ração comercial extrusada com *pellets* de 2 mm de diâmetro com 33,70% de proteína bruta, 4,60% de lipídeos e 10,33% de matéria mineral, determinados no Laboratório de Controle de Qualidade do GEMAQ da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, seguindo o protocolo preconizado pela AOAC (1995). Os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia (8h00, 11h00, 14h00 e 17h00), até a saciedade aparente, por um período de 60 dias. Durante os primeiros 20 dias de experimento, a ração foi moída com o

intuito de diminuir o tamanho dos *pellets* para que os peixes conseguissem se alimentar, em virtude do tamanho reduzido da boca na fase inicial.

4.2.3 Qualidade da água

Os parâmetros físicos e químicos da água como pH ($7,15 \pm 0,11$), oxigênio dissolvido ($5,38 \pm 1,49 \text{ mg.L}^{-1}$) e condutividade elétrica ($86,83 \pm 1,32 \text{ }\mu\text{S.cm}^{-1}$) foram aferidos semanalmente através de potenciômetros digitais portáteis e a temperatura da água ($20,04 \pm 2,68 \text{ }^{\circ}\text{C}$) foi mensurada duas vezes ao dia, pela manhã e à tarde, com o auxílio de um termômetro.

4.2.4 Coleta de dados

Ao final do período experimental os peixes foram mantidos em jejum por 24 horas para o esvaziamento do trato gastrointestinal e, posteriormente, foram anestesiados com benzocaína a 75 mg.L^{-1} (Gomes et al., 2001) para a realização das medidas individuais de peso (g) e comprimento (cm). Três peixes de cada unidade experimental foram eutanasiados com 250 mg.L^{-1} de benzocaína (Gomes et al., 2001) para a retirada de gordura visceral e fígado.

Os dados de desempenho produtivo avaliados foram o peso final médio (g); comprimento final médio (cm); ganho em peso (peso corporal final – peso corporal inicial); sobrevivência ($100 \times (\text{número de peixes final} / \text{número de peixes inicial})$); conversão alimentar (dieta consumida/ganho em peso); índice hepatossomático ($100 \times (\text{peso do fígado, g} / \text{peso corporal final, g})$); gordura visceral ($100 \times (\text{peso gordura visceral, g} / \text{peso corporal final, g})$); quociente intestinal (comprimento do intestino/comprimento final do peixe) e taxa de crescimento específico ($100 \times ((\ln \text{ peso médio final} - \ln \text{ peso médio inicial}) / \text{dias})$).

4.2.5 Análise centesimal

Foi realizada análise da composição centesimal de três peixes inteiros de cada unidade experimental. As amostras foram separadas e armazenadas sob congelamento (-20°C), sendo posteriormente realizada a pré secagem em estufa com ventilação forçada (Solab, SL-102, Piracicaba, São Paulo, Brasil) a temperatura de 55°C por um período de 72 horas. Para a determinação da umidade foram utilizadas as amostras pré secas, sendo levadas a estufa (Quimis, Q-317D243, Diadema, São Paulo, Brasil) em temperatura de 105°C por um período

de 8 horas; para determinação da proteína bruta utilizou-se o método Kjeldhal (Tecnal, MA-036, Piracicaba, São Paulo, Brasil), com digestão e destilação das amostras ($N \times 6,25$); para a composição dos lipídeos utilizou-se extrator de Soxhlet, tendo éter como solvente (Tecnal, TE-044, Piracicaba, São Paulo, Brasil); e para a determinação de matéria mineral (cinzas) fez-se a calcinação das amostras em mufla (Tecnal, 2000B, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil) até a temperatura atingir 550°C por um período de 6 horas, seguindo o preconizado pela AOAC (1995).

4.2.6 Morfometria da fibra muscular

Para a avaliação da morfometria das fibras musculares, foram coletadas amostras de três peixes de cada repetição (“*n*” amostral de 15 peixes por tratamento), eutanaziados com 250 mg.L⁻¹ de Benzocaína (Gomes et al., 2001), e com auxílio de um bisturi, retirou-se uma amostra do músculo branco dorsal direito, acima da linha lateral. As amostras foram fixadas em formol tamponado 10% por 24h e posteriormente foram transferidas para o álcool 70%, desidratadas em série crescente de álcool, diafanizadas em xilol, incluídas em parafina histológica e, com o auxílio de um micrótomo (Microm HM 340 E, Thermo Scientific, Alemanha) realizou-se cortes histológicos transversais semisseriados de 6 µm, que foram submetidos à coloração hematoxilina-eosina (HE).

Os cortes histológicos foram analisados em Microscópio Óptico (P1 *Olympus* BX 50, Manila, Filipinas), acoplado com a câmera *Olympus* (PMC 35 B Berlim, Alemanha), utilizando objetiva de 40X para capturar os campos de observação. Utilizando o sistema de análise de imagens *Image Pro-Plus* versão 4.5, em campos aleatórios da lâmina histológica, foi determinado o menor diâmetro de 200 fibras musculares, por animal (3000 fibras por tratamento), que foram agrupadas em classes de diâmetros (<20, 20-50 e >50 µm) para avaliar a contribuição da hiperplasia e hipertrofia para o crescimento muscular (Almeida et al., 2008) (Figura 1) em cada tratamento.

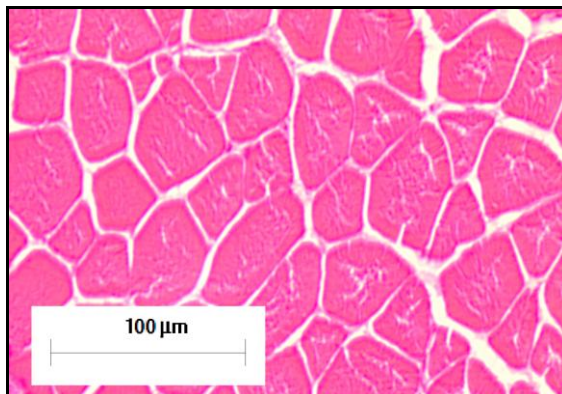


Figura 1: Imagem representativa da fibra muscular de um exemplar de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

4.2.7 Histologia do intestino

Para a morfologia intestinal, foram coletadas porções de aproximadamente quatro centímetros de comprimento do intestino médio de dois peixes eutanaziados com 150 mg.L^{-1} de Benzocaína (Gomes et al., 2001) de cada unidade experimental, onde, primeiramente foi realizada a medida do comprimento total do intestino abaixo da junção do estômago até o reto e então, coletado a porção média do mesmo, totalizando um “*n*” amostral de dez peixes por tratamento. As amostras foram fixadas em *Bouin* aquoso (Behmer et al., 1976) por quatro horas e transferidas ao álcool 70%. Posteriormente, foram desidratadas em série crescente de álcool, diafanizadas em xilol, incluídas em parafina histológica e, com micrótomo rotativo (Microm HM 340 E, Thermo Scientific, Alemanha) realizou-se cortes histológicos transversais semisseriados de $7 \mu\text{m}$ que foram submetidos à coloração hematoxilina-eosina.

Os cortes histológicos foram analisados em Microscópio Óptico (P1 *Olympus* BX 50, Manila, Filipinas), acoplado a câmera *Olympus* (PMC 35 B, Berlim, Alemanha), utilizando objetiva de 20X para capturar os campos de observação. Utilizando o sistema de análise de imagens *Image Pro-Plus* versão 4.5, sendo as imagens ampliadas com 2x de zoom, foi mensurada a altura de todos os vilos (AV) em torno da luz intestinal (Figura 2).

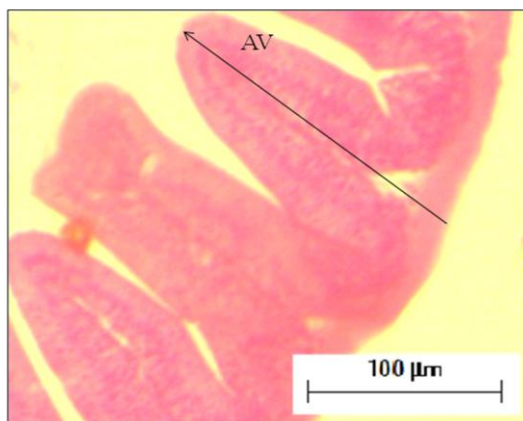


Figura 2: Imagem representativa da altura da vilosidade de um exemplar de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

4.2.8 Avaliação econômica

A análise econômica foi realizada com a finalidade de determinar os custos de produção, considerando unicamente o período da fase estudada (juvenil). Os custos considerados na avaliação econômica foram a mão de obra (MO - Incluindo hora extra), compra de alevinos (ALEV) e os custos com alimentação (ALIM). A porcentagem de lucro foi baseada apenas no preço de venda dos juvenis, levando em consideração a sobrevivência, sendo assim, calculada a Receita Bruta (RB). Os valores utilizados nos cálculos foram relativos ao praticado no ano de 2015.

Mão de obra e hora extra: O salário do funcionário foi calculado com base no mínimo (R\$ 1032,02) destinado a profissionais empregados em atividades de pesca para o estado do Paraná (DOE, 2015), mais 43% de encargos sociais. Foi usado como base um valor de 240 horas mensais trabalhando em dias normais (segunda à sábado até o meio dia) estimadas em um valor de R\$ 4,30 por hora. A hora extra no período de sábados a tarde foi calculada com acréscimo de 50% do valor (R\$ 6,45) e no domingo o acréscimo foi de 100% (R\$ 8,60).

Custo dos alevinos: O valor de compra dos alevinos foi estipulado com base no preço da região Oeste do Paraná (R\$100,00/milheiro).

Custo com alimentação: O custo com alimentação foi cotado a R\$1,76 o quilo da ração, levando em consideração a conversão alimentar em cada restrição.

Receita Bruta (RB): O valor de venda dos juvenis foi estipulado com base no preço da região (R\$350,00/milheiro) para peixes de 30 g. Baseado nesta informação foram calculados os preços de venda dos juvenis proporcionais ao peso final médio de cada tratamento e a sobrevivência foi calculada com base no percentual das distintas restrições alimentares.

Para o cálculo da Receita Líquida Parcial (RLP – considerando somente os custos com alevinos, mão de obra e alimentação), foi utilizada a seguinte fórmula:

$$RLP = RB - (ALEV + MO + ALIM).$$

Para efeitos de análises, os valores foram extrapolados para uma área de cinco hectares de lâmina d'água com densidade de 40 juvenis/m² durante um período de 60 dias.

4.2.9 Análise estatística

Os dados de desempenho produtivo, composição centesimal, morfometria das fibras musculares e das vilosidades intestinais foram submetidos à análise de variância (ANOVA), quando observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) foi aplicado o teste de média *Tukey* em 5% de significância pelo programa computacional Statistic 7.1 (Statsoft, 2005). Para a análise econômica foi utilizado estatística descritiva.

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Desempenho e composição centesimal da carcaça

Os peixes que foram alimentados diariamente (7:0) apresentaram peso final, ganho em peso, comprimento final e taxa de crescimento específico significativamente superior em relação aqueles cujas alimentações foram cinco dias seguidos de dois dias de restrição alimentar (5:2) e os alimentados um dia, seguidos de um dia de restrição alimentar (1:1). Entretanto, com relação a estas mesmas variáveis, os resultados obtidos para peixes alimentados diariamente foram semelhantes ($P > 0,05$) ao observado para animais submetidos à alimentação de seis dias seguidos de um dia de restrição alimentar (6:1) (Tabela 1).

Peixes alimentados com o regime 6:1 apresentaram índice hepatossomático significativamente superior quando comparado ao regime 7:0. Entretanto, com relação à gordura visceral foram observados índices superiores ($P < 0,05$) para o 5:2, o qual diferiu somente do 1:1. Para o quociente intestinal verificou-se resultados superiores ($P < 0,05$) para o 1:1 quando comparado ao 7:0 e 5:2. Já para a taxa de crescimento específico, os peixes submetidos ao regime 1:1 apresentaram valores menores com relação aos demais regimes. A sobrevivência e conversão alimentar não foram influenciadas pelos diferentes tipos de restrição alimentar (Tabela 1).

Tabela 1: Desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com diferentes restrições alimentares.

Variáveis	Tratamentos*				Valor P	CV (%)
	7:0	6:1	5:2	1:1		
PI (g)	3,20	3,25	3,25	3,25	0,68	2,09
PF (g)	27,80a	24,82ab	22,49bc	20,50c	<0,01	14,17
GP (g)	24,60a	21,57ab	19,25bc	17,26c	<0,01	16,47
CF (cm)	10,81a	10,23ab	9,93b	9,69b	<0,01	5,31
IHS (%)	7,32b	9,41a	8,76ab	9,24ab	0,04	15,47
GV (%)	3,79ab	3,85a	2,80ab	2,25b	0,02	33,64
QI	5,01b	5,86ab	5,20b	6,11a	<0,01	11,64
SOB (%)	95,00	90,00	95,00	97,50	0,68	10,06
CA	0,86	0,97	0,90	0,71	0,08	19,27
TCE (%/dia)	3,59a	3,39ab	3,22bc	3,07c	<0,01	7,22

PI = Peso inicial; PF = Peso final; GP = Ganho em peso; CF = Comprimento final; IHS = Índice hepatossomático; GV = Gordura visceral; QI = Quociente intestinal; SOB = Sobrevivência; CA = Conversão alimentar; TCE = Taxa de crescimento específico. * 7:0 – alimentados diariamente; 6:1 – alimentados seis dias seguidos de um dia de restrição alimentar; 5:2 – alimentados cinco dias seguidos de dois dias de restrição alimentar e 1:1 – alimentados um dia, seguidos de um dia de restrição alimentar. Médias na mesma linha seguidas de letras distintas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey.

Com relação às análises de composição centesimal do peixe inteiro, foram observadas diferenças ($P < 0,05$) entre as distintas restrições alimentares para as variáveis de umidade, lipídeos e matéria mineral. A umidade e os lipídeos apresentaram-se semelhantes entre os tratamentos 7:0 e 6:1, sendo observados valores inferiores para umidade e superiores para lipídeos. O oposto foi verificado entre os tratamentos 5:2 e 1:1. Para matéria mineral, o regime 7:0 apresentou os menores teores em comparação aos regimes 6:1 e 1:1. Para o regime 5:2, entretanto, os resultados foram semelhantes entre os tratamentos. A proteína bruta não foi influenciada pelas distintas restrições alimentares (Tabela 2).

Tabela 2: Composição corporal de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com diferentes restrições alimentares.

Variáveis (%)	Tratamentos*				Valor P	CV (%)
	7:0	6:1	5:2	1:1		
UM	69,32b	69,38b	71,28a	71,85a	<0,01	1,92
PB	15,62	15,92	15,69	16,32	0,38	4,31
LP	11,32a	11,07a	9,79b	9,01b	<0,01	10,95
MM	3,51b	3,78a	3,66ab	3,80a	<0,01	4,07

UM = Umidade; PB = Proteína bruta; LP = Lipídios; MM = Matéria mineral. *7:0 – alimentados diariamente; 6:1 – alimentados seis dias seguidos de um dia de restrição alimentar; 5:2 – alimentados cinco dias seguidos de dois dias de restrição alimentar e 1:1 – alimentados um dia, seguidos de um dia de restrição alimentar. Médias na mesma linha seguidas de letras distintas indicam diferença estatística pelo teste de *Tukey*.

4.3.2 Morfometria da altura das vilosidades intestinais e frequência das fibras musculares

A altura das vilosidades intestinais mostrou-se semelhante entre todas as restrições alimentares (Tabela 3).

Tabela 3: Altura do vilo intestinal de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com diferentes restrições alimentares.

Variável (µm)	Tratamentos*				Valor P	CV (%)
	7:0	6:1	5:2	1:1		
Altura do vilo	176,35	175,5	178,35	141,64	0,46	22,00

Teste de *Tukey* ($P>0,05$). CV = coeficiente de variação. * 7:0 – alimentados diariamente; 6:1 – alimentados seis dias seguidos de um dia de restrição alimentar; 5:2 – alimentados cinco dias seguidos de dois dias de restrição alimentar e 1:1 – alimentados um dia, seguidos de um dia de restrição alimentar.

As distintas restrições alimentares influenciaram ($P<0,05$) a frequência de fibras musculares dentro das classes de fibras $<20\text{ }\mu\text{m}$ e de 20 a $50\text{ }\mu\text{m}$ de diâmetros. Na classe de fibras com diâmetros menores que $20\text{ }\mu\text{m}$, a maior frequência foi observada nos tratamentos

1:1 e 7:0, assim como para a classe de diâmetro de 20 a 50 μm , onde a menor frequência foi apresentada no tratamento 1:1 (Tabela 4).

Não foi observado efeito ($P>0,05$) na frequência de fibras musculares com diâmetro $>50 \mu\text{m}$ (Tabela 4).

Tabela 4: Frequência de distribuição das fibras musculares em três classes de diâmetros ($<20 \mu\text{m}$, entre 20 e 50 μm e $>50 \mu\text{m}$) em juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com diferentes restrições alimentares.

Classe de	Tratamentos*				Valor P	CV (%)
Diâmetro (μm)	7:0	6:1	5:2	1:1		
$<20 \mu\text{m}$	47,29ab	41,31b	41,99b	60,36a	0,02	39,01
20 e 50 μm	52,12ab	58,08a	57,39a	39,58b	0,02	34,30
$>50 \mu\text{m}$	1,86	1,43	1,88	0,41	0,49	76,88

Médias na mesma linha seguidas de letras distintas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey. * 7:0 – alimentados diariamente; 6:1 – alimentados seis dias seguidos de um dia de restrição alimentar; 5:2 – alimentados cinco dias seguidos de dois dias de restrição alimentar e 1:1 – alimentados um dia, seguidos de um dia de restrição alimentar.

4.3.3 Avaliação econômica

O custo de produção foi influenciado pelas distintas restrições alimentares, sendo este mais viável para o tratamento 7:0 e menos viável para o tratamento 1:1. Com relação à mão de obra, no tratamento 5:2 os custos foram 16,66% menores que no tratamento 7:0. Para a alimentação, o tratamento 1:1 economizou 38,58% em relação ao tratamento 7:0. Porém, a margem de lucro do tratamento 7:0 foi superior aos demais, e que para o tratamento 1:1 foi de 35,97% (Tabela 5).

Tabela 5: Custos da produção de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com diferentes restrições alimentares durante 60 dias.

Variáveis (R\$)	Tratamentos*			
	7:0	6:1	5:2	1:1
Mão de obra	7.083,78	6.225,14	5.903,16	6.493,46
Compra de alevinos	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00
Alimentação (ração)	79.954,10	76.270,86	67.691,92	49.101,29
Sobrevivência (unid.)	1.900.000	1.800.000	1.900.000	1.950.000
Receita bruta	616.227,00	521.226,00	498.522,00	466.381,15
Receita líquida parcial	329.189,12	238.730,00	224.926,92	210.786,44

Baseado em dois funcionários responsáveis por cinco hectares de lâmina d'água com densidade de 40 juvenis/m² para um período de 60 dias. *7:0 – alimentados diariamente; 6:1 – alimentados seis dias seguidos de um dia de restrição alimentar; 5:2 – alimentados cinco dias seguidos de dois dias de restrição alimentar e 1:1 – alimentados um dia, seguidos de um dia de restrição alimentar.

4.4 DISCUSSÃO

Os parâmetros de qualidade de água ficaram dentro do proposto para a criação de tilápia do Nilo (Popma e Masser, 1999), com exceção da temperatura, que ficou abaixo da temperatura ótima. Entretanto, todos os peixes estavam mantidos no mesmo sistema, e, portanto, o efeito da temperatura da água pode não ter propiciado o melhor crescimento para todos os peixes, indiferente dos regimes alimentares. Porém, os resultados expressos nesta pesquisa, conferem os efeitos proporcionados pelos regimes alimentares aplicados aos peixes.

Peixes submetidos à restrição alimentar e realimentação podem exibir resposta compensatória, sendo que esta varia de acordo com a espécie e o tempo de restrição (Ali et al., 2003). Neste estudo, verificou-se que o tratamento 6:1 determinou crescimento similar ao observado para peixes alimentados continuamente (7:0), podendo sugerir uma possível compensação total. Contudo, em condições em que a restrição se prolongou além desta (tratamentos 5:2 e 1:1), a resposta foi parcial, ou seja, os peixes não conseguiram alcançar o mesmo crescimento do grupo continuamente alimentado. Estes resultados são similares aos encontrados por Abdel-Hakim et al. (2009) que em estudo com juvenis de tilápia híbrida

(*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*), encontraram semelhança para o peso final, ganho em peso e taxa de crescimento específico entre peixes alimentados diariamente e os que foram submetidos à restrição de alimento durante um dia.

Resultados parecidos foram encontrados por Rosauer et al. (2009) em alevinos de “walleye” *Sander vitreus*, que observaram compensação total no peso final dos peixes submetidos a cinco dias de alimentação seguidos de dois dias de restrição de alimento, enquanto que nos animais alimentados durante três dias seguidos de quatro dias de restrição, ocorreu apenas compensação parcial.

Durante períodos de jejum ou de baixa ingestão de proteínas, ocorre uma diminuição da disponibilidade de aminoácidos de cadeias ramificadas que estão contidos em quase todas as proteínas do corpo, podendo assim, limitar a síntese protéica celular (Shimomura e Harris, 2006), e pode ter sido por isso que o crescimento dos peixes foi influenciado pela restrição alimentar.

A habilidade dos organismos em recuperarem-se das deficiências nutricionais originadas de longos períodos de restrição alimentar nos estágios iniciais de desenvolvimento pode ser comprometida, principalmente pela degradação protéica, quando os níveis adequados de alimentação são restabelecidos (Metcalf e Monaghan, 2001). Embora no presente estudo não tenha sido avaliada as respostas de compensação do crescimento, a restrição alimentar imposta aos peixes pode ter influenciado na recuperação, pois o estudo foi realizado na fase juvenil, a qual apresenta alta taxa de crescimento.

A porcentagem de gordura visceral nos tratamentos 7:0, 6:1 e 5:2, foi superior ao dos animais que sofreram uma maior restrição alimentar (1:1). Provavelmente, nestas condições, o crescimento é limitado devido à mobilização das reservas energéticas tais como lipídeos e até mesmo aminoácidos para manutenção dos processos vitais, pois peixes que passam por uma restrição alimentar podem utilizar a gordura do depósito visceral para manutenção metabólica durante a privação alimentar (Cook et al., 2000; Souza et al., 2002), justificando o baixo teor de gordura visceral no tratamento 1:1.

No tratamento 1:1, o intestino dos peixes apresentou maior comprimento, sugerindo uma adaptação que possibilitasse a permanência do alimento por mais tempo no interior do trato gastrointestinal. Consequentemente, a digestão e a absorção são maximizadas possibilitando aos peixes retirar o máximo de nutrientes do alimento para converter em crescimento (Eroldoğan et al., 2004; Mihelakakis et al., 2002), e assim, adaptar-se a sua nova condição alimentar durante o período de realimentação. Apesar dos valores de quociente

intestinal terem apresentado diferença entre os tratamentos, estão próximos ao observado por Buddington et al. (1987) para *tilápia rendalli* (5,80).

A conversão alimentar permaneceu semelhante entre as distintas restrições alimentares, provavelmente porque o alimento foi fornecido até a saciedade aparente dos animais, fazendo com que estes valores não se alterassem. O mesmo comportamento foi demonstrado por Palma et al. (2010) para distintas restrições alimentares de juvenis de tilápia do Nilo e por Abdel-Hakim et al. (2009) que estudando juvenis de tilápia híbrida não observaram diferenças para os tratamentos com pequenas restrições alimentares, somente para o tratamento com três dias de restrição consecutiva.

A taxa de crescimento específico (TCE) foi superior no tratamento cuja alimentação foi fornecida diariamente (7:0), não diferindo do tratamento com restrição de um dia por semana (6:1). Resultados semelhantes foram obtidos por Palma et al. (2010), que apenas encontraram diferenças onde o período de restrição foi superior a um dia e aos estudos de Wang et al. (2000) em tilápia híbrida com restrições alimentares de uma, duas e quatro semanas, que encontraram diferenças entre os tratamentos com relação ao controle (alimentados diariamente).

Segundo Baldisserotto (2009), existe uma estreita relação entre a taxa de crescimento e o gasto energético, ou seja, quanto maior a taxa de crescimento, maior o gasto energético. Isto poderia explicar os menores valores de TCE obtidos para os tratamentos 5:2 e 1:1, pois com a alimentação mais restrita o crescimento foi menor, provavelmente, porque na fase de juvenis os peixes apresentam uma maior taxa metabólica, e o alimento sendo restrito, reduziria a energia para o crescimento. Ferreira e Nuñez (2015) encontraram resultados semelhantes para juvenis de piava *Leporinus obtusidens*, onde as distintas restrições diferiram do tratamento alimentado diariamente.

A restrição alimentar não afetou significativamente a sobrevivência dos animais. O mesmo comportamento foi demonstrado por Arauco e Costa (2012) para juvenis de tilápia, que obtiveram altas taxas de sobrevivência e por Nebo (2011), para os tratamentos com tempos de restrições inferiores a 20 dias. Isto indica que o regime supriu as exigências nutricionais mínimas para a manutenção dos peixes nesta fase de juvenil.

Através da análise de composição centesimal do peixe inteiro, pode-se observar que houve uma redução na quantidade de lipídeos conforme houve um aumento no período de restrição alimentar e, o efeito inverso aconteceu com relação à umidade. Provavelmente, nas condições de restrição alimentar, parte dos lipídeos, além de ser utilizada como fonte energética para manutenção dos processos vitais, poderia ser utilizada para manter a estrutura

e a função das membranas celulares (Weatherley e Gill, 1987). Resultados semelhantes foram observados por Souza et al. (2002), estudando pacu, *Piaractus mesopotamicus*, submetido a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação.

A restrição alimentar provocou diminuições nos teores de lipídeos, mas não influenciou na proteína corporal, de modo que a proteína foi poupada às expensas dos estoques de lipídio na ausência do alimento, semelhante ao verificado por Souza et al. (2002). Entretanto, para matéria mineral com tilápia híbrida, Abdel-Hakim et al. (2009) observaram que houve um aumento conforme o período de restrição se prolongou, similar ao observado no atual estudo. Estes resultados podem ser influenciados por vários fatores, como a idade do peixe, a disponibilidade alimentar e o ambiente em que são cultivados (Contreras-Guzmán, 2002; Shearer, 1994).

Segundo Takashima e Hibiya (1995) e Wang et al. (2009) as vilosidades do intestino quando mais longas resultam em maior capacidade de absorção de nutrientes, devido ao aumento da superfície de contato. No atual estudo não houve diferenças na altura do vilo ($P>0,05$) entre os peixes que receberam os distintos regimes, sugerindo que a restrição alimentar imposta aos peixes não foi capaz de prejudicar a altura dos vilos, que de acordo com Arruda et al. (2008) poderia resultar em menor absorção de nutrientes. A altura dos vilos no atual experimento está próximo ao observado por Carvalho et al. (2011) que avaliaram a morfometria intestinal de tilápia do Nilo na fase juvenil entre 31 gramas e encontraram altura média de vilosidade na dieta controle de 188,07 μm .

Entre as restrições alimentares estudadas, a análise morfométrica das fibras musculares foi caracterizada pelo crescimento ocorrido pela ação da hiperplasia e início de hipertrofia durante o período experimental. Fibras com diâmetros menores que 20 μm indicam ocorrência de intensa hiperplasia, enquanto diâmetros entre 20 e 50 μm indicam final de hiperplasia com início de hipertrofia e maiores que 50 μm relacionam-se com a hipertrofia (Rowlerson e Veggetti, 2001 e Valente et al., 1999).

A maior frequência de fibras com diâmetros inferiores a 20 μm foi verificada nos tratamentos 1:1 e 7:0 e caracterizam intensa hiperplasia (Valente et al., 1999). Esta hiperplasia é do tipo em mosaico, característica de peixes no período juvenil (Johnston e Hall, 2004) que foi o período analisado nesse estudo, e é muito importante para as espécies aquícolas comerciais, incluindo a tilápia (Rowlerson e Veggetti, 2001). Na hiperplasia em mosaico, novas fibras musculares são formadas a partir da fusão e diferenciação entre as células satélites, utilizando fibras diferenciadas como suporte, por esse motivo, nos cortes histológicos foram observadas fibras maiores rodeadas por fibras de pequenos diâmetros

recém-formadas (Rowlerson e Veggetti, 2001). Possivelmente, os peixes dos tratamentos 6:1 e 5:2 passaram rapidamente para o período de hipertrofia das fibras musculares, enquanto os peixes do tratamento 1:1, apresentaram período de hiperplasia mais acentuado. Contudo, como foi observado um grande número de fibras com diâmetro pequeno, mais de 60%, pode ser que a realimentação pode ter influenciado o processo de restabelecimento no crescimento das fibras neste tratamento.

Na classe de fibras com diâmetro entre 20 e 50 μm , foi observado menor frequência de aparecimento nos peixes submetidos à alimentação com restrição alimentar dia sim, dia não (1:1), porém não diferiram dos peixes alimentados diariamente (7:0). Provavelmente, nas condições de jejum, a realimentação promove uma reversão nos processos de mobilização de reservas corporais para suprir o catabolismo, somente quando esta condição estiver satisfeita, o destino da dieta será favorável novamente ao crescimento (Hagen et al., 2009).

A baixa frequência de fibras superiores a 50 μm encontradas em todos os tratamentos está de acordo com o proposto por Almeida et al. (2008) ao avaliarem a frequência das fibras musculares de pacu *Piaractus mesopotamicus* durante a fase juvenil, bem como Neu et al. (2016), quando avaliaram a frequência da fibra muscular em tilápias do Nilo durante a fase juvenil, esta baixa frequência está relacionada a fase de crescimento em que o animal foi avaliado.

Com relação à viabilidade econômica, o custo de produção e a margem de lucro foram influenciados pelas distintas restrições alimentares, porém, no atual estudo, todos os tratamentos receberam o mesmo tipo de ração, ficando evidente que estas diferenças foram devido ao manejo e, conseqüentemente, aos parâmetros de desempenho produtivo.

O custo com mão de obra e com alimentação foi superior no tratamento cuja alimentação foi fornecida diariamente (7:0), porém, quando calculada a receita líquida parcial, o tratamento 7:0 apresentou-se 27,48% superior ao tratamento cuja alimentação foi restrita durante um dia na semana (6:1). Os peixes submetidos à alimentação com restrição alimentar dia sim, dia não (1:1), obtiveram 38,59% menos gastos com alimentação, porém, quando calculado a receita líquida parcial, o lucro foi 35,97% menor.

Souza et al. (2003) quando extrapolando seus estudos para um hectare de lâmina d'água, porém, trabalhando com pacu *Piaractus mesopotamicus*, encontraram valores superiores para receita bruta e receita líquida parcial em peixes alimentados diariamente, quando comparados aos que foram submetidos a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação, ou seja, similar ao atual estudo, com a diminuição da quantidade de alimento fornecido, os custos diminuem, porém, a receita líquida parcial também diminui. Portanto,

baseado nessas informações, podemos concluir que quando os peixes são alimentados diariamente a lucratividade é maior.

4.5 CONCLUSÃO

A restrição alimentar na fase juvenil de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) influencia negativamente no desempenho produtivo, na composição centesimal e no crescimento muscular, sendo, esta prática inviável economicamente para a produção comercial.

4.6 REFERÊNCIAS

- Abdel-Hakim, N.F., Abo State, H.A., Al-azab, A.A., El-Kholy, K.F., 2009. Effect of Feeding Regimes on Growth Performance of Juvenile Hybrid Tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*). World J. Agric. Sci. 5, 49–54.
- Ali, M., Nicieza, A., Wootton, R.J., 2003. Compensatory growth in fishes: A response to growth depression. Fish Fish. 4, 147–190.
- Almeida, F.L.A., Carvalho, R.F., Pinhal, D., Padovani, C.R., Martins, C., Dal Pai-Silva, M., 2008. Differential expression of myogenic regulatory factor MyoD in pacu skeletal muscle (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg 1887: Serrasalminae, Characidae, Teleostei) during juvenile and adult growth phases. Micron 39, 1306–1311.
- AOAC, (Association Of Official Analytical Chemists), 1995. Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists International, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington.
- Arauco, L.R.R., Costa, V.B., 2012. Restrição alimentar no desempenho produtivo da tilápia (*Oreochromis niloticus*). Comun. Sci. 3, 134–138.
- Arruda, A.M. V, Fernandes, R.T. V, Silva, J.M., Lopes, D.C., 2008. Avaliação morfo-histológica da mucosa intestinal de coelhos alimentados com diferentes níveis e fontes de fibra. Rev. Caatinga - Univ. Rural do Semi Árido 21, 1–11.
- Baldisserotto, B., 2009. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura, 2nd ed. UFSM, Santa Maria.
- Bastrop, R., Spangenberg, R., Jurss, K., 1991. Biochemical adaptation of juvenile carp

- (*Cyprinus carpio* L.) to food deprivation. *Comp. Biochem. Physiol. -Part A Mol. Integr. Physiol.* 98, 143–149.
- Behmer, O.A., Tolosa, E.M.C., Freitas Neto, A.G., 1976. Manual de técnicas para histologia normal e patológica, 1st ed. Edusp/Edart, São Paulo.
- Buddington, R.K., Chen, J.W., Diamond, J., 1987. Genetic and phenotypic adaptation of intestinal nutrient transport to diet in fish. *J. Physiol.* 393, 261–281.
- Carvalho, J.V. de, Lira, A.D. de, Costa, D.S.P., Moreira, E.L.T., Pinto, L.F.B., Abreu, R.D., Albinati, R.C.B., 2011. Desempenho zootécnico e morfometria intestinal de alevinos de tilápia-do -Nilo alimentados com *Bacillus subtilis* ou mananoligossacarídeo. *Rev. Bras. Saúde Produção Anim.* 12, 176–187.
- Contreras-Guzmán, E.S., 2002. Bioquímica de pescados e invertebrados. CECTAUSACH, Santiago.
- Cook, J.T., Sutterlin, A.M., McNiven, M.A., 2000. Effect of food deprivation on oxygen consumption and body composition of growth-enhanced transgenic Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 188, 47–63.
- DOE (Diário oficial Executivo), 2015. Diário Oficial Executivo, 456p.
- Eroldoğan, O.T., Kumlu, M., Aktaş, M., 2004. Optimum feeding rates for European sea bass *Dicentrarchus labrax* L. reared in seawater and freshwater. *Aquaculture* 231, 501–515.
- Ferreira, L.S.B.P., Nuñez, A.P.O., 2015. Food deprivation and compensatory growth in juvenile piava, *Leporinus obtusidens*. *Bol. do Inst. Pesca* 41, 471–478.
- Godinho, H.P., 2007. Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas à aquicultura: bases para o desenvolvimento de tecnologias de produção. *Rev. Bras. Reprodução Anim.* 31, 351–360.
- Gomes, L.C., Chippari-Gomes, A.R., Lopes, N.P., Roubach, R., Araujo-Lima, C.A.R.M., 2001. Efficacy of benzocaine as an anesthetic in juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. *J. World Aquac. Soc.* 32, 426–431.
- Hagen, O., Fernandes, J.M.O., Solberg, C., Johnston, I.A., 2009. Expression of growth-related genes in muscle during fasting and refeeding of juvenile Atlantic halibut, *Hippoglossus*

- hippoglossus* L. Comp. Biochem. Physiol. - B Biochem. Mol. Biol. 152, 47–53.
- IBGE, 2013. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Produção da Pecuária Municipal. 41, 37–50.
- Johnston, I.A., Hall, T., 2004. Mechanisms of muscle development and responses to temperature changes in fish larvae. Am. Fish. Soc. Symp. 40, 85–116.
- Metcalfe, N.B., Monaghan, P., 2001. Compensation for a bad start: Grow now, pay later? Trends Ecol. Evol. 16, 254–260.
- Mihelakakis, A., Tsolkas, C., Yoshimatsu, T., 2002. Optimization of Feeding Rate for Hatchery-Produced Juvenile Gilthead Sea Bream *Sparus aurata*. J. World Aquac. Soc. 33, 169–175.
- Nebo, C., 2011. Expressão de genes relacionados ao crescimento muscular durante a restrição alimentar e realimentação em juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, linhagem chitralada. UNESP.
- Neu, D.H., Boscolo, W.R., Zaminham, M., Almeida, F.L., Sary, C., Furuya, W.M., 2016. Growth performance, biochemical responses, and skeletal muscle development of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed with increasing levels of arginine. J. World Aquac. Soc. 47, 248–259.
- Palma, E.H. Da, Takahashi, L.S., Dias, L.T.S., Gimbo, R.Y., Kojima, J.T., Nicodemo, D., 2010. Estratégia alimentar com ciclos de restrição e realimentação no desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo da linhagem GIFT. Ciência Rural 40, 391–396.
- Popma, T., Masser, M., 1999. Tilapia Life History and Biology. South Reg. Aquac. Cent.
- Rosauer, D.R., Morris, J.E., Clayton, R.D., 2009. Role of compensatory growth in Walleye fingerling production. N. Am. J. Aquac. 71, 35–38.
- Rowlerson, A., Veggetti, A., 2001. Cellular mechanisms of post-embryonic muscle growth in aquaculture species, in: Johnston I, A. (Ed.), Muscle Development and Growth. Fish Physiology. San Diego, pp. 103–140.
- Shearer, K.D., 1994. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. Aquaculture 119, 63–88.

- Shimomura, Y., Harris, R.A., 2006. Metabolism and physiological function of branched-chain amino acids: discussion of session 1. *J Nutr* 136, 232S–3S.
- Silva, L.C.R., Furuya, W.M., Dos Santos, L.D., Dos Santos, V.G., Silva, T., Pinsetta, P.J., 2006. Níveis de teonina em rações para tilápias do Nilo. *Rev. Bras. Zootec.* 35, 1258–1264.
- Souza, V.L., Urbinati, E.C., Chainho, D., Silva, P.C., 2002. Composição corporal e índices biométricos do pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes, Characidae) submetidos a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação. *Acta Sci.* 24, 533–540.
- Souza, V.L., Urbinati, E.C., Martins, M.I.E.G., Silva, P.C., 2003. Avaliação do crescimento e do custo da alimentação do Pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887) submetido a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação. *Rev. Bras. Zootec.* 32, 19–28.
- Statsoft, I., 2005. Statistica (data analysis software system).
- Takashima, F., Hibiya, T., 1995. An atlas of fish histology: normal and pathological features, 2nd ed, Kondansha Ltda. Tokio.
- Teixeira, E.D.A., Crepaldi, D.V., Faria, P.M.C., Ribeiro, L.P., Melo, D.C. De, Euler, A.C.C., 2008. Composição corporal e exigências nutricionais de aminoácidos para alevinos de tilápia (*Oreochromis sp.*). *Rev. Bras. Saúde Prod. An.* 9, 239–246.
- Tian, X., Qin, J.G., 2003. A single phase of food deprivation provoked compensatory growth in barramundi *Lates calcarifer*. *Aquaculture* 224, 169–179.
- Valente, L.M.P., Rocha, E., Gomes, E.F.S., Silva, M.W., Oliveira, M.H., Monteiro, R.A.F., Fauconneaus, B., 1999. Growth dynamics of white and red muscle fibres in fast- and slow-growing strains of rainbow trout. *J. Fish Biol.* 55, 675–691.
- Wang, Y., Cui, Y.B., Yang, Y.X., Cai, F.S., 2000. Compensatory growth in hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus* x *O-niloticus*, reared in seawater. *Aquaculture* 189, 101–108.
- Wang, Y.H., Xu, M., Wang, F.N., Yu, Z.P., Yao, J.H., Zan, L.S., Yang, F.X., 2009. Effect of dietary starch on rumen and small intestine morphology and digesta pH in goats. *Livest. Sci.* 122, 48–52.

Weatherley, A.H., Gill, H.S., 1987. The biology of fish growth. Academic Press, London.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o aumento da produção e consumo de tilápia no Brasil, são necessários estudos com diferentes técnicas de manejo para sanar dúvidas frequentemente observadas pelos produtores. Determinar o melhor regime alimentar na fase juvenil com temperaturas amenas é de grande valia, pois, sabe-se que tilápias cultivada em baixas temperaturas diminuem seu metabolismo, causando redução do apetite, e, conseqüentemente, crescem mais lentamente. Porém, a partir do observado no atual estudo, restringir a alimentação faz com que se desenvolvam mais lentamente ainda, causando assim uma inviabilidade econômica com relação aos peixes cuja alimentação manteve-se normal.

Como o intuito do produtor é fazer com que seu negócio torne-se rentável, mesmo com temperaturas amenas é sugerível pagar hora extra para um funcionário alimentar os peixes nos finais de semana, do que apenas alimentar em dias úteis, obtendo melhores resultados no desempenho produtivo, tornando esta prática viável economicamente, garantindo um produto final de qualidade.