

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

**DACLEY HERTES NEU**

Glicerol na dieta de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Toledo  
2011

**DACLEY HERTES NEU**

Glicerol na dieta de tilápias 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 Massamitu Furuya  
Co-orientador: Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo

Toledo

2011

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária  
UNIOESTE/Campus de Toledo.

Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB – 9/924

N477g	Neu, Dacley Hertez Glicerol na dieta de Tilápias do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) / Dacley Hertez Neu. -- Toledo, PR : [s. n.], 2011 58 f.  Orientador: Dr. Wilson Massamitu Furuya Co-orientador: 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. Aquicultura 2. Tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) – Alimentação e rações 3. Tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) – Nutrição 4. Tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) - Digestibilidade 5. Peixes – Dieta com glicerol 6. Nutrição animal 7. Glicerol como ração I. Furuya, Wilson Massamitu, Or. II. Boscolo, Wilson Rogério, Or. III. T  CDD 20. ed. 639.3758
-------	--

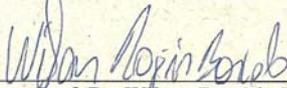
FOLHA DE APROVAÇÃO

DACLEY HERTES NEU

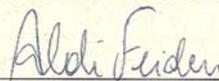
Glicerol na dieta de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

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 Examinadora composta pelos membros:

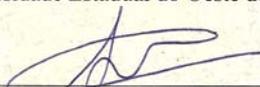
COMISSÃO EXAMINADORA



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



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



Prof. Dr. Adilson Reidel  
Instituto Federal do Paraná/ Unidade de Foz do Iguaçu

Aprovado em: 11 de fevereiro de 2011.

Local de defesa: sala de treinamentos do GEMaQ - Unioeste/Campus de Toledo.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Gilda Forte Neu e Valdir Neu, e a minha namorada Daniele Woguel pelo apoio incondicional, amor e compreensão em todas as etapas dessa caminhada.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me deixar viver até aqui

A Meus pais e conselheiros Gilda Forte Neu e Valdir Neu, por toda a força, incentivo, afeto, carinho, amor, por não terem dispensado atenção em momento algum. Muito Obrigado!

A Daniele Woguel, por todo amor, carinho, incentivo, compreensão e paciência, nos momentos de apuros por me dar confiança. Muito obrigado!

Ao professor Wilson Massamitu Furuya que aceitou me orientar, por todas as dúvidas sanadas, pelas contribuições nos artigos, por todas as orientações repassadas;

Aos Professores Wilson Rogério Boscolo Aldi Feiden e Altevir Signor, pela amizade, tranquilidade, explicações, orientações, por confiar na minha capacidade e por contribuir durante toda a minha formação;

Ao Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura – GEMaQ, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, CAPES e Instituto Água Viva, pela estrutura disponibilizada, pela oferta do curso e pelo auxílio financeiro;

Aos amigos e colegas de trabalho: Fábio Bittencourt, Arcângelo Signor, Sidnei Klein, Douglas de Camargo, Odair Diemer, Ronan Rorato, Arlindo Corrêia, Fabricio Dutra, Evandro Lorenz, Guilherme Bueno, Josemar Silva, Dihego Alves, Roger Pozzer, Volnei Schwertner, Letícia Higuchi, Flávia Potrick, Juliana Veit, Juliana Lösch, Tatiane Lui, Jaqueline Dallagnol, Jaqueline Freitas, Ana Marquioro, Fabiana Dieterich, Marcia Maluf, Cleonice Hilbig, Michele Zaminhan, pela amizade, apoio, momentos de distração, contribuição nos estudos, artigos, almoços, jantas, serviços...

Ao pessoal do laboratório de hematologia e controle de qualidade por todo empenho nas análises;

A Universidade Estadual de Maringá pela doação do glicerol;

A todos os demais que não citei aqui, mas que contribuíram de alguma forma na realização desse trabalho.

## Glicerol na dieta de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

### RESUMO

O maior custo de produção em um cultivo de peixes está relacionado a nutrição dos animais que passa dos 50%, por isso, foram realizados dois experimentos baseados na digestibilidade e inclusão do glicerol para tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). O objetivo deste trabalho foi avaliar a digestibilidade aparente de três fontes de glicéris, bruto óleo vegetal (GBV), glicerol semi-purificado misto (GSM) e glicerol semi-purificado vegetal (GSV) (experimento 1) e, posteriormente determinar até que nível de inclusão esse alimento pode ser utilizado em dietas para tilápias e se o mesmo provoca alterações nas características bioquímicas do sangue e na composição centesimal dos animais (experimento 2). No experimento 1, utilizou-se 40 peixes com peso médio de  $343,12 \pm 77,71$  g, distribuídos em quatro tanques de 180 litros com fundo cônico, num delineamento experimental em quadrado latino. Foram confeccionadas quatro dietas experimentais, sendo uma referência e três testes, compostas com a inclusão de 20% do alimento teste e 80% da dieta referência. Como indicador foi utilizado o óxido de cromo<sup>III</sup> (0,1% da dieta). Foram obtidos valores de energia digestível do glicerol bruto óleo vegetal (GBV), glicerol semi-purificado misto (GSM) e glicerol semi-purificado vegetal (GSV), de 3058,55; 2610,55; 1754,70 kcal.kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Para o experimento 2, utilizou-se o glicerol que possuía maior quantidade de energia digestível (GBV) e confeccionou-se cinco rações, contendo níveis crescentes de glicerol (0,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10%), por um período de 79 dias e fornecidas a 300 juvenis de tilápia do Nilo com peso médio de  $29,15 \pm 8,40$  g e  $11,55 \pm 0,87$  cm de comprimento. Após esse período foi avaliado o desempenho dos animais através do peso final (PF), comprimento final (CF), sobrevivência (SO), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), taxa de crescimento específico (TCE) fator de condição (FC), índice hepatossomático (IHS) e gordura visceral (GV). Para as avaliações dos parâmetros bioquímicos do sangue foram avaliados proteína (PROT), triglicérides (TRIG), colesterol (COLE), lipoproteína HDL, glicose (GLIC) e lipoproteínas VLDL e LDL. Para a determinação da composição centesimal foram avaliadas a umidade, lipídeos, proteínas e cinzas. Não houve diferença estatística entre os diferentes tratamentos sobre o desempenho zootécnico dos animais. Para os parâmetros bioquímicos apenas a

lipoproteína HDL teve diferença estatística ( $P < 0,05$ ), sendo superior no grupo de peixes alimentados com 0,0 e 7,5%, não diferindo dos animais que foram alimentados com 5,0 e 10,0%. Para a composição centesimal dos juvenis de tilápia foi verificada diferença na quantidade de lipídeos ( $P < 0,05$ ), que tiveram os maiores valores nos peixes alimentados com 5,0% de glicerol. Pode ser incluso 10% do alimento que não ocorre prejuízos zootécnicos nem qualquer dano a saúde dos animais.

**Palavras-chave:** Aquicultura. tilápias. digestibilidade. glicerol. alimento alternativo.

## Glycerol in diet for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

### **ABSTRACT**

*The higher cost of production at a fish culture is related to nutrition of animals that pass of 50%, so, two experiments were conducted based on digestibility and inclusion of glycerol for the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). The purpose of this study was to evaluate digestibility of three sources of glycerol, crude vegetable oil (GBV), semi-purified mixture glycerol (GSM) and semi-purified plant glycerol (GSV) (experiment 1) and then determine to what level of inclusion that food can be held in diets for tilapia and whether it causes changes in blood chemistry characteristics and centesimal composition of animals (experiment 2). In experiment 1, we used 40 fish with mean weight of  $343,12 \pm 77,71$  g distributed in four tanks with 180 liters conical bottom, in a randomized Latin square design. Four experimental diets were prepared, one reference and three tests, composed with the inclusion of 20% of the test food and 80% of the reference diet. Chromic oxide<sup>III</sup> was used as inert indicator (0,1% of diet). We obtained the digestible energy of crude glycerol vegetable oil (GBV), semi-purified mixture glycerol (GSM) and semi-purified plant glycerol (GSV) of 3058,55; 2610,55; 1754,70 kcal.kg<sup>-1</sup>, respectively. For experiment 2, we used the glycerol that contained higher amount of digestible energy (GBV) and it was made five diets containing increasing levels of glycerol (0,0; 2,5; 5,0; 7,5 and 10%) for 79 days and provided to 300 juveniles of Nile tilapia with mean weight of  $29,15 \pm 8,40$  g and  $11,55 \pm 0,87$  cm in length. After this period has evaluated the performance of animals by final weight (FW), length (FL), survival (S), weight gain (WG), feed conversion (FC), specific growth rate (SGR) factor condition (FC), hepatosomatic index (IHS) and visceral fat (VF). For the evaluation of blood biochemical parameters were evaluated protein (PROT), triglycerides (TRIG), cholesterol (COLE), HDL lipoprotein, glucose (GLUC) and VLDL and LDL lipoproteins. To determine the chemical composition were evaluated moisture, lipids, protein and ash. There was no statistical difference between the different treatments on the growth performance of animals. For the biochemical parameters of HDL lipoprotein was only statistically significant difference ( $P < 0.05$ ), being higher in the groups fed with 0,0 and 7,5%, did not differ from animals that were fed 5,0 and 10,0%. For the centesimal composition of tilapia juvenile differences were observed in the*

*amount lipids ( $P < 0.05$ ), which had the highest values in fish fed with 5,0% glycerol. Can be included 10% of the food that does not occur any damage to animal health.*

**Keywords:** Aquaculture. tilápia. digestibility. glycerol. alternative food.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB)*. Disponível em: < <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab> > e *Aquaculture*. Disponível em: < <http://www.blackwellpublishing.com/journal.asp?ref=1353-5773> >

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	14
OBJETIVOS.....	15
Objetivo geral .....	15
Objetivos específicos.....	15
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	16
Estado atual da aquicultura .....	16
Espécie estudada .....	17
Digestibilidade .....	19
Glicerol .....	21
Hematologia em peixes .....	22
Composição centesimal .....	24
Referências bibliográficas .....	25
CAPÍTULO I.	
Energia digestível de diferentes fontes de gliceróis para a tilápia do Nilo .....	33
Introdução.....	34
Material e Métodos .....	35
Resultados .....	38
Discussão.....	39
Referências bibliográficas .....	40
CAPÍTULO II.	
Inclusão de glicerol na dieta de juvenis de tilápias do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	44
Introdução .....	45
Material e Métodos .....	46
Resultados .....	48
Discussão .....	51
Referências bibliográficas .....	55

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1. Concentrações bioquímicas do sangue de diferentes espécies de peixes.....	24
Tabela 2. Composição percentual da dieta referência .....	35
Tabela 3. Composição química centesimal da dieta referência e dietas testes.....	37
Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente e valores de energia digestível de diferentes fontes de glicerol .....	38
Tabela 5. Composição percentual e química das rações experimentais com diferentes níveis de glicerol para juvenis de tilápias do Nilo .....	47
Tabela 6. Desempenho produtivo de juvenis de tilápias do Nilo alimentados com ração contendo diferentes níveis de glicerol.....	49
Tabela 7. Composição bioquímica dos parâmetros sanguíneos dos juvenis de tilápias do Nilo, alimentados com diferentes níveis de glicerol.....	50
Tabela 8. Composição centesimal dos juvenis de tilápias do Nilo alimentados com diferentes níveis de glicerol.....	51

## **Lista de Figuras**

Figura 1. Efeito polinomial entre os lipídeos e os diferentes tratamentos ..... 51

## Introdução

A aquicultura é a atividade que mais cresce no mundo, e no Brasil segue a mesma tendência. Dentre as diversas espécies de peixes que podem ser cultivados, a tilápia do Nilo merece destaque. É uma espécie introduzida no país mas que encontrou condições propícias ao seu desenvolvimento e desde 2002 já é o peixe de água doce mais cultivado em âmbito nacional.

O seu cultivo disseminou-se principalmente devido suas características de resistência e alimentação. A tilápia é uma ótima conversora de alimentos em proteína de alto valor biológico.

Com o avanço das pesquisas, a nutrição, gargalo da produção de pescados, foi se aperfeiçoando e, hoje em dia, já é possível determinar a quantia de nutrientes assimilados pelos peixes, e a quantidade que é lançada ao corpo aquático em forma de dejetos, contribuindo no acúmulo de efluentes, através de análises e cálculos de digestibilidade.

O coeficiente de digestibilidade aparente de uma dieta tem grande importância em diversos motivos, dentre eles utilizar alimento inadequado, contribuindo com o menor lucro que o produtor poderá ter no final de um ciclo produtivo.

Inúmeros alimentos são testados como potenciais fontes protéicas e energéticas para os peixes, sobretudo para a substituição de algum outro componente de uma ração, porém espera-se que esse alimento teste mantenha as mesmas características que os convencionais.

Dentre os alimentos alternativos, o glicerol chama a atenção devido a disponibilidade, por ser considerado um produto de uso inclusive para a alimentação humana, pelo baixo preço e pelo alto teor de energia bruta que contém. Isso o transforma em um alimento potencial para a indústria de rações para peixes.

O glicerol é obtido através da produção do biodiesel, saindo do sistema como resíduo da glicerina, sendo um co-produto do biodiesel. Segundo o Governo do Paraná (2009) que está implantando uma usina de biodiesel para atender os agricultores familiares da região de São Jorge do Oeste, para cada litro de biodiesel produzido, são gerados também 40 quilos de ração para aves, suínos e gado leiteiro ou de corte, que possibilitam a agregação de renda da propriedade.

Porém, quando alguns ingredientes ou nutrientes estão dispostos de maneira desbalanceada em uma dieta, essas podem configurar uma mudança das características centesimais e hematológicas dos peixes, por isso, é necessário estudos viabilizando a utilização desse ingrediente na alimentação de animais.

## **Objetivos**

### **Objetivo Geral**

Avaliar o aproveitamento e a utilização de glicerol para tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

### **Objetivos específicos**

- Avaliar a digestibilidade de diferentes fontes de glicerol para tilápias do Nilo adultas;
- Determinar os coeficientes de digestibilidade aparente e energia digestível para tilápias;
- Testar a inclusão de glicerol para juvenis de tilápias do Nilo;
- Determinar a composição bioquímica do sangue dos peixes alimentados com glicerol;
- Analisar a composição centesimal dos juvenis de tilápias do Nilo nutridos com glicerol na dieta.

## Revisão Bibliográfica

### Estado atual da aquicultura

A aquicultura pode ser definida como o cultivo de espécies que têm pelo menos uma parte do ciclo de sua vida na água, dessa forma, animais aquáticos e terrestres podem ser caracterizados como recursos pesqueiros, principalmente os que são utilizados para consumo humano (Camargo & Pouey, 2005).

O cultivo de peixes de forma controlada ou semi controlada iniciou-se provavelmente na China, há uns 4 mil anos aproximadamente, por isso, hoje o continente asiático responde por cerca de 90% da produção mundial de alimentos provenientes da água, e a China é responsável por mais da metade desse percentual (Camargo & Pouey, 2005).

Hoje em dia, A aquicultura continua a crescer mais rapidamente que todos os outros setores da produção animal mundial, atingindo crescimento anual médio de 8,8% desde 1970. Nos países em desenvolvimento, a produção de peixes, moluscos e crustáceos cresceu cerca de 10,2%, comparada a 5% na China, e a apenas 3,9% nos países desenvolvidos (FAO, 2007).

No Brasil as pesquisas voltadas a cultivos de organismos aquáticos tiveram início por volta de 1930, porém a partir de 1970 que foram intensificadas, mesmo período em que a produção mundial de pescados teve um crescimento de 100%, saindo de 17 para 35 milhões de toneladas (Hazin, 2006).

A partir de 1990, a aquicultura brasileira se tornou uma atividade econômica no cenário nacional da produção de alimentos, época em que a produção estava em torno de 25000 toneladas por ano. Desde 1995, a produção brasileira tem crescido acima da média mundial, crescendo em média 21,% ao ano, enquanto a mundial cresceu cerca de 9,5% no período compreendido entre 1991 e 2004 (Boscardim, 2008).

No final da década de 90, porém, houve uma mudança nos métodos de criação de peixes, em que, geralmente se criava no sistema semi-intensivo em viveiros escavados, e a partir dos anos 2000, surge, com entusiasmo, a criação de tilápias em tanques-rede, ocupando principalmente águas de domínio público da União na região Nordeste (Scorvo Filho et al., 2010), e que hoje, ocupa diversos reservatórios públicos brasileiros, com produção de diversas espécies de peixes.

O Brasil possui um grande potencial para o desenvolvimento da aquicultura, pois apresenta 8.400 km de costa marítima, 5.500.000 hectares em reservatórios de águas doces, comportando aproximadamente 12 % da água doce disponível no planeta, disponibilidade de

recursos hídricos, o clima extremamente favorável, a mão-de-obra abundante, a crescente demanda por pescado no mercado interno (Crepaldi et al., 2006), 3,5 milhões de km<sup>2</sup> de Zona Econômica Exclusiva, sementes e grãos de boa qualidade que podem ser processados e transformados em rações de alta qualidade, além de uma grande diversidade de espécies, contribuem para alavancar a atividade.

No ano de 2004 a região sul liderou a produção da aquicultura continental nacional, com 34% focada principalmente no cultivo de tilápias e carpas, porém a região nordeste superou esse total no ano de 2006. Já o Paraná, é o 11º estado produtor aquícola com mais de 40.000 toneladas produzindo principalmente tilápias e carpas.

Segundo Castagnolli (2004) o crescimento da produção de peixes de água doce, com destaque para tilápias e peixes redondos como pacu e tambaqui, além do seu híbrido tambacu, apresentaram crescimento de 230%, o que corresponde a mais de 50% de crescimento ao ano. Esse crescimento substancial da produção de pescados foi fortemente influenciado pela criação do Ministério da Pesca e Aquicultura em julho de 2009, e das políticas de fomento para o setor. De acordo com os dados do Ministério da Pesca e aquicultura (MPA, 2010), no ano de 2009 somente a aquicultura foi responsável por 415.649,0 toneladas de pescados produzidos, sendo que a piscicultura representa 337.353,0 toneladas, continuando ascendente, sendo a atividade agropecuária que mais cresce com 43,8%, superior a suinocultura (12,9%), avicultura (9,2%) e bovinocultura (-8,6%), demonstrando a capacidade que o Brasil possui neste setor, diante das outras atividades.

Se utilizado apenas 1% da capacidade hídrica para criação de organismos aquáticos, o Brasil seria o maior produtor de pescados do mundo, porém, ainda é o segundo em produção sul-americana, perdendo para o Chile (Scorvo Filho, et al., 2010). Contudo a atividade requer uma série de recursos de segurança, como capacidade de suporte, quantidades corretas de certos nutrientes na composição das rações para evitar o lançamento de efluentes por excreção dos animais, por isso é um trabalho que requer sustentabilidade para possibilitar a continuidade da produção e garantir a expansão e rentabilidade da atividade (Castagnolli, 2004).

### **Espécie estudada**

As tilápias (*Oreochromis niloticus*), originárias de rios e lagos da África, foram introduzidas no Brasil pela Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo em 1952, para conter a proliferação de algas e macrófitas aquáticas em represas (Ostrensky et al., 2008).

Porém, outros relatos estão disponíveis salientando que a tilápia foi transportada ao Brasil para povoar açudes públicos da região nordeste, através da implementação de um programa oficial de produção de alevinos de tilápias pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas), no ano de 1971 (Figueiredo Junior & Valente Júnior, 2008), e dessa forma incentivar o consumo de proteínas de alto valor biológico. A partir daí, iniciou-se o cultivo de tilápias por diversas partes do país, tanto para povoamento como para produção em pequena escala.

É uma espécie que tem se destacado na aquicultura mundial principalmente pela sua rusticidade, crescimento rápido, por produzir um filé com boa aceitação de mercado (Furuya et al., 2005), por apresentar versatilidade de cultivo (Meurer et al., 2002), fácil aceitação de rações durante todos os estágios do cultivo, hábito alimentar onívoro e por utilizar proteínas de origem vegetal (mais baratas) com mesma eficiência que proteínas de origem animal (mais caras) (Takishita et al. 2009). Além de outras diversas características favoráveis ao cultivo.

Devido a isso, o Brasil produziu 69.078 toneladas de tilápia em 2004, o que correspondeu a 25,58% de um total de 270.000 toneladas produzidas pela aquicultura brasileira. Sendo a região Nordeste a principal produtora com 41% do total de tilápias produzidas no Brasil, seguida pelas regiões Sul e Sudeste com 30,6% e 19,3%, respectivamente. Os principais estados Brasileiros produtores de tilápia, em 2004, foram Ceará, Paraná, São Paulo, Bahia e Santa Catarina (Ostrensky et al., 2008).

Em 2002 passou a ser a espécie de peixe mais cultivada. Dados mais recentes do MPA (2010) indica que sua produção já supera 132.000 toneladas, o que torna o segundo organismo aquático mais cultivado, atrás somente do camarão.

Toda essa produção é devido a técnicas estabelecidas de manejo, larvicultura, densidade de estocagem, nutrição, conversão alimentar, resistência a enfermidades, dentre outras técnicas realizadas cotidianamente.

A tilápia vem se consolidando como uma das espécies com maior potencial para aquicultura, tanto pelas suas próprias características quanto pelo grande número de informações sobre sua biologia e zootecnia, que permitem excelentes condições de produção. Entretanto, ainda há certas áreas que merecem uma atenção especial, como, por exemplo, o beneficiamento, as exigências de vitaminas e de minerais, ingredientes alternativos para rações e técnicas de manejo.

Por aproveitarem com eficiência uma série de alimentos, a tilápia é alvo de estudos básicos de nutrição de peixes, como por exemplo, a substituição de ingredientes por alimentos alternativos, assim como a inclusão de outros, que pode proporcionar ou não o mesmo

desempenho, principalmente porque a nutrição é relacionada com os maiores custos da produção de peixes. Porém os estudos de beneficiamento ainda são escassos. A tilápia apresenta ótima qualidade de carne e o filé é considerado o principal produto da industrialização, com boa aceitação no mercado consumidor por não apresentar espinhas em “Y”. Segundo Boscolo et al. (2001) o rendimento de filé pode chegar a 37% da matéria prima, porém, o peso apresenta maior influência nesse parâmetro sendo que o rendimento pode variar de 32,45 a 40,39% (Macedo-Viegas et al., 1997).

### **Digestibilidade**

Como a aquicultura nacional evoluiu a partir de 1990 de maneira surpreendente devido ao fomento de órgãos públicos, ao desenvolvimento tecnológico e à necessidade de produção de alimentos de origem animal de qualidade (Bittencourt, 2008), algumas normativas foram aplicadas, no intuito de explorar o ambiente de maneira correta, sem causar maiores prejuízos aos corpos d’água onde os animais estão mantidos, aos outros animais que ali convivem, ao meio ambiente e das pessoas que utilizam a água para suas necessidades diárias.

Com essa intensa demanda, surgiu a necessidade de elaborar rações que contemplassem as exigências nutricionais das principais espécies comerciais, ao mesmo tempo com que o peixe aproveitasse a maior quantidade possível dos nutrientes presentes. Dessa maneira iniciou-se os estudos de digestibilidade em peixes, a fim de encontrar o ingrediente mais digestível, que causasse menor prejuízo ao ambiente e de certo modo mais econômico.

Segundo Pezzato et al. (2002), várias metodologias e estruturas têm sido utilizadas para determinar os coeficientes de digestibilidade de ingredientes e rações para peixes. Dentre os métodos mais empregados, estão os tanques coletores, com captação das fezes liberadas no próprio recipiente, técnica essa que pode ser dividida em sistemas de Guelph e Guelph modificado, extrusão do conteúdo final do intestino, dissecação da porção distal do intestino e sucção mecânica anal, esses métodos podem ser mais ou menos eficientes quando realizados com determinadas espécies de peixes, isso devido a forma com que as fezes são liberadas na água.

A base de dados de digestibilidade de nutrientes para peixes é uma condição especial não só para a formulação de rações precisas, mas também para a regulação e controle dos resíduos lançados no corpo aquático e para se obter um melhor desempenho dos animais alimentados com esse determinado alimento.

A determinação da digestibilidade é o primeiro passo para se determinar o potencial de um ingrediente e seu uso em dietas para organismos aquáticos. Além de demonstrar que ingredientes com semelhantes composições químicas podem apresentar diferentes coeficientes de digestibilidade (Sampaio et al., 2001).

Um ingrediente alimentar pode surgir a partir da sua composição química, mas será de pouco valor real se não puder ser digerido e absorvido pela espécie alvo. O conhecimento da digestibilidade dos nutrientes dos ingredientes da ração utilizada na formulação de diversos alimentos para peixes é desejável para que a substituição efetiva de um ingrediente para o outro possa ser alcançada. Juntamente com a análise química, a determinação da digestibilidade pode permitir que uma estimativa mais completa do valor nutritivo de uma fonte específica em um alimento completo para peixes possa ser conhecida (Köprücü & Özdemir, 2005).

Para a expressão do potencial produtivo desejado de uma espécie, é necessária uma ração adequada às exigências nutricionais (Meurer et al., 2002) determinadas, preferencialmente, na forma de nutrientes digestíveis.

O desenvolvimento de dietas de alta qualidade nutricional, baixo impacto ambiental e economicamente rentável para o piscicultor, é uma necessidade para a indústria de alimentos balanceados para peixes, especialmente para o uso em sistemas de produção intensivos. Rações com estas características são possíveis quando se formulam com ingredientes de alto valor nutricional (Glencross et al., 2007) e utilizando a informação sobre digestibilidade de ingredientes determinados para cada espécie em particular.

Já são conhecidos os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) de diversos produtos que compõe uma ração para peixes, entretanto apenas algumas espécies são utilizadas nesses estudos, dentre elas, no cenário nacional, destacam-se a tilápia, o pacu, o tambaqui, o jundiá e o pintado. Por outro lado, no exterior, há outras espécies como o rockfish, linguado, truta, cobia, bacalhau, entre outros.

Por existir essa diversidade de espécies espalhadas ao longo do globo terrestre, e por cada uma ser nativa de certa região, há essa amplitude nos estudos de digestibilidade, todavia, todas essas pesquisas pretendem chegar à mesma conclusão, a eficiência de cada ingrediente para cada espécie de peixe. Dessa forma o estudo com digestibilidade em peixes é fundamental para que se possa reduzir os efluentes lançados no meio e estabelecer um padrão ótimo de alimentos para cada espécie de peixe que se deseja cultivar.

## Glicerol

O glicerol é um co-produto da indústria do biodiesel, que foi descoberto por Carl W. Scheele em 1779 durante o processo de saponificação do azeite de oliva. Em 1858, Pasteur observou sua formação como um subproduto da fermentação alcoólica, com concentração de etanol que pode variar de 2,5 a 3,6% (Vaz de Arruda et al., 2007).

O glicerol é obtido através do processo de transesterificação da molécula de triglicerídeos com álcool, porém apresenta algumas impurezas como água, sais, ésteres, álcool e óleo residual que lhe atribuem baixo custo (Ooi et al., 2004). Estima-se que aproximadamente 10% do volume total de biodiesel produzido corresponda ao glicerol. Segundo Gonçalves et al. (2006), para cada 90 m<sup>3</sup> de biodiesel produzidos pela reação de transesterificação, são gerados 10 m<sup>3</sup> de glicerol bruto.

Devido suas características de não toxicidade, ausência de cor e odor, o glicerol tem ampla aplicação na indústria. É utilizado na indústria farmacêutica para composição de capsulas, anestésicos, xaropes, pomadas entre outros produtos, na indústria alimentícia como umectante para molhos e sobremesas geladas, é um agente crioprotetor, além de possuir inúmeras outras aplicações (Silva et al., 2009) e tem sido relatado como uma matéria prima para novas fermentações industriais no futuro (Wang et al., 2001). De acordo com Silva et al. (2009) o glicerol pode substituir carboidratos tradicionais como glicose, sacarose e amido no processo de fermentação industrial.

Estudos mais recentes têm colocado o glicerol como potencial fonte energética para animais. Alguns autores verificaram a digestibilidade e a inclusão desse alimento para diversas espécies, dentre elas suínos (Lammers et al., 2008 a,c; Della Casa et al., 2009), aves (Cerrate et al., 2006; Lammers et al., 2008b), vacas (Chung et al., 2007), novilhos (Wang et al., 2009) e codornas (Batista, 2010).

O glicerol ocorre naturalmente em formas combinadas com os glicerídeos, em todas as gorduras animais e óleos vegetais (Berenchtein et al., 2010). Está presente em diversas espécies, incluindo protistas unicelulares e mamíferos. No entanto, é difícil ser encontrado na forma livre, pois geralmente se encontra combinado a ácidos graxos como os ácidos: oléico, palmítico e esteárico (Vaz de Arruda et al., 2007).

Embora o glicerol possa ser uma atrativa fonte de energia para alimentação animal, possui uma série de limitações específicas, como a sua composição química e, principalmente, o baixo conteúdo energético comparado a óleos e gorduras, além da ausência ou reduzido teor

dos ácidos graxos que pode provocar possíveis efeitos nas atividades metabólicas dos animais (Dasari, 2007).

### **Hematologia em peixes**

O sangue funciona como um meio de transporte, conduzindo nutrientes do trato digestivo para os tecidos, exceto o epitelial e o cartilaginoso. Por isso, seu estudo é estratégico e necessário para a avaliação do quadro homeostático em peixes (Satake, et al., 2009).

Porém, pouco se conhece sobre as concentrações normais dos parâmetros bioquímicos e hematológicos, embora estudos sobre a circulação sanguínea e os tecidos hematopoiéticos dos peixes marinhos e de água doce já existam há mais de 70 anos (Soldatov, 2005), ainda não há padrão metodológico. Dentre os principais problemas enfrentados destaca-se a variação dos dados, que pode estar relacionado a idade do peixe, a qualidade da água em que o animal está sendo criado ou habita, o sexo dos animais, e a maneira com que foram manejados ou capturados, além da grande diversidade de espécies de peixes distribuída ao redor do globo terrestre.

A padronização dos parâmetros hematológicos dos peixes é fundamental, pois, auxilia na determinação de influências de dietas, enfermidades e até mesmo outras situações de estresse ambiental (Silveira & Rigores, 1989) assim como a resistência ao estresse.

Os parâmetros hematológicos podem contribuir para informações adicionais sobre a saúde e o sistema imunológico dos peixes (Tavares-Dias et al., 2008), e posteriormente auxiliar nos trabalhos de manejo, relacionando-os com as adversidades ambientais (Ranzani-Paiva et al., 1999).

O conhecimento das respostas hematológicas para diferentes dietas podem ser usadas para formular novas estratégias que sejam viáveis na alimentação (Bicudo et al., 2009), e avaliar se as condições estabelecidas estão produzindo espécies saudáveis no cultivo. Segundo Peng et al. (2008) a utilização de óleos vegetais na dieta dos peixes pode contribuir para a diminuição da concentração de colesterol no plasma, devido a existência de ácidos graxos que podem afetar a absorção dos esteróis.

A análise dos parâmetros hematológicos e bioquímicos é uma ferramenta importante para avaliar a higidez e monitorar esses processos mórbidos que podem ocorrer nos peixes e, portanto, indispensável para o diagnóstico da saúde do animal (Satake, et al., 2009).

Os parâmetros bioquímicos também são influenciados por todos os processos descritos anteriormente, mas os bioquímicos refletem os órgãos alvos de toxicidade, provocados também,

por modificações no ambiente aquático. Dentre as modificações intrínsecas, pode ocorrer elevação da glicose no plasma sanguíneo e elevação na produção de lactato (Agrahari et al., 2007). Porém, essas perturbações na composição bioquímica do sangue acontecem rapidamente, em alguns segundos, quando os peixes sofrem alguma manipulação (Velisek et al., 2011).

O colesterol total é composto pelos triglicerídeos que tem como função principal armazenar e fornecer energia celular.

O colesterol é um dos componentes da membrana das células animais, precursor de hormônios esteróides, ácidos biliares e vitamina D. Grande parte do que é produzido no corpo é sintetizado a partir do Acetil-Coa no fígado (Hirako et al., 2010). As lipoproteínas HDL, LDL e VLDL, desempenham um papel importante no transporte e metabolismo lipídico. Embora o HDL (lipoproteínas de alta densidade ou também chamado de “colesterol bom”) seja encontrado em baixas concentrações em mamíferos, nos teleósteos ocorre em maior quantidade. Em contraste o VLDL (lipoproteínas de densidade muito baixa) e o LDL (lipoproteínas de densidade baixa ou também denominado de “colesterol ruim”) são encontrados em níveis mais baixos ou insignificamente (Metcalf et al., 1999). O HDL é responsável pelo ciclo reverso do colesterol, retirando gordura das artérias e levando até o fígado para que possa ser sintetizadas.

Embora existam poucas informações a esse respeito, Borges et al. (2004) obtiveram resultados de glicose, proteínas totais, triglicerídeos, colesterol total, colesterol HDL e colesterol LDL para jundiá, que serve de parâmetro para comparação.

Outros resultados de trabalhos realizados com diferentes espécies e contendo informações a cerca de alguns parâmetros bioquímicos do sangue podem ser visualizados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Concentrações bioquímicas do sangue de diferentes espécies de peixes.

Peixes	Prot	Trig	Cole	HDL	Glic	VLDL	LDL	Fonte
Jundiá	3,5 a 4,9	138 a 546	110 a 240	62 a 98	43 a 78	-	10 a 65	Borges et al. (2004)
Tilápia	1,81 a 3,98	-	-	-	60	-	-	Bittencourt et al. (2003)
Tilápia	-	-	189 a 318	-	46 a 69	-	-	Hrubec et al. (2000)
Carpa	2,1 a 5,76	68 a 200	65 a 264	-	63 a 86	-	-	Nicula et al. (2010)
Salmão	2,7 a 3,8	238 a 244	196 a 200	-	62 a 68	-	-	Nicula et al. (2010)
Truta*	-	-	305	103	-	21	91	Gilman et al. (2003)
Bagre Africano	5,7	63 a 78	81 a 98	-	-	-	-	Omitoyn et al. (2005)

\*Peixes alimentados com fitoesteróis que reduz o colesterol

A concentração de glicose plasmática, assim como o cortisol, é utilizada como um dos principais indicadores de estresse em peixes, especialmente em razão de seus valores permanecerem elevados por mais tempo em indivíduos estressados, podendo variar de acordo com o estímulo estressante a que os mesmos são submetidos e com o ambiente em que são mantidos (Lorenz, 2010).

### Composição centesimal

Mesmo o pescado sendo um alimento altamente nutritivo e que traz benefícios ao organismo humano, sua utilização na mesa dos brasileiros ainda é pouco expressiva e encontra-se abaixo do valor mínimo recomendado pela FAO (Veit et al., 2011).. O consumo per capita brasileiro fica por volta de 6 a 7 de kg por habitante ao ano (Ostrensky et al., 2008), enquanto o recomendado pela Organização Mundial para a Saúde (OMS) é de 12 kg de peixe por habitante ao ano.

Segundo Bruschi (2001) o interesse sobre o pescado tem crescido nos últimos anos, principalmente devido às suas características nutricionais, que se aproxima da composição química de aves, bovinos e suínos, sendo encontrados elevados teores de proteína, e quantidade de gordura variável, porém com inúmeras vantagens nutricionais.

A composição química dos peixes é extremamente variável e depende de vários fatores, como: a época do ano, do tipo, quantidade e qualidade do alimento consumido, do estágio de maturação sexual, da idade e da parte do corpo analisada, é de importância básica para a padronização dos produtos alimentares com base em critérios alimentares seguros, pois

fornece subsídios para decisões de caráter nutricional, acompanhamento de processos industriais e seleção de equipamentos para otimização econômico-tecnológica (Contreras-Guzmán, 1994). Mas principalmente, informar o padrão adequado de nutrientes presentes no corpo do pescado, que será utilizado como matéria-prima, para a elaboração de futuros produtos.

Devido a essa propriedade da carne do pescado, em alterar seu padrão centesimal em função da alimentação, já estão sendo realizados estudos para transformar a carne do peixe num produto diferencial e nutracêutico, principalmente utilizando-se de óleos vegetais, que empregam maior quantidade de ácidos graxos da série ômega-3 (Higuchi, 2010).

Portanto, a composição centesimal do peixe, pode, inclusive, determinar seu preço de venda, assim como o tempo de prateleira, informações importantes e essenciais para a comercialização do produto.

### **Referências bibliográficas**

Agrahari, S., Pandey, K.C., Gopal, K. (2007) Biochemical alteration induced by monocrotophos in the blood plasma of fish, *Channa punctatus* (Block). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 88, p. 268-272.

Batista, E. (2010) avaliação nutricional do glicerol para codornas de corte. Dissertação (mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual de Maringá, 69 p.

Berenchtein, B., Costa, L.B., Braz, D.B., Almeida, V.V., Panhoza Tse, M.L., Miyada, V.S. (2010) Utilização de glicerol na dieta de suínos em crescimento e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 7, p. 1491-1496.

Bicudo, I.J., Sado, R.Y., Cyrino, J.E.P. (2009) Growth and haematology of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, fed diets with varying protein to energy ratio. *Aquaculture Research*, v. 40, p. 486-495.

Bittencourt, N.L.R., Molinari, L.M., Scoaris, D.O., Pedroso, R.B., Nakamura, C.V., Ueda-Nakamura, T., Abreu Filho, B.A., Dias Filho, B.P. (2003) Haematological and biochemical values for Nilo tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in semi-intensive system. *Acta scientiarum Biological Sciences*, v. 25, n. 2, p. 385-389.

Bittencourt, F. (2008). Cultivo de pacu *Piaractus mesopotamicus* sob diferentes densidades em tanque-rede no Reservatório de Itaipu. Dissertação (mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon - PR, 48 p, 2008.

Borges, A., Scotti, L.V., Siqueira D.R., Jurinitz, D.F., Wassermann, G.F. (2004) Hematologic and serum biochemical values for jundiá (*Rhamdia quelen*). *Fish Physiology and Biochemistry*, v. 30, p. 21-25.

Boscardim, N.R. (2008). A produção aquícola brasileira. In: Ostrensky, A., Borguetti, J.R., Soto, D. *Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer*. Brasília, 276 p.

Boscolo, W.R., Hayashi, C., Soares, C.M., Furuya, W.M., Meurer, F. (2001) Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápia 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.

Bruschi, F.L.F. (2001) Rendimento, composição química e perfil de ácidos graxos de pescados e seus resíduos: uma comparação. Trabalho de conclusão de curso. (Oceanografia). Universidade do Vale do Itajaí, 65 p, 2001.

Camargo, S.O., Pouey, J.L., Martins, C. (2005) Parâmetros eritrocitários do jundiá (*Rhamdia quelen*) submetido a dieta com diferentes níveis de proteína. *Ciência Rural*, v. 35, n. 6, p. 1406-1411.

Camargo, S.G.O., Pouey, J.L.O.F. (2005) Aquicultura – Um mercado em expansão. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 11, n. 4, p. 393-396.

Castagnolli, N., (2004) Estado da Arte da Aquicultura brasileira. In: Cyrino, J.E.P., Urbinati, E.C., Fracalossi, D.M., Castagnolli, N. *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*. São Paulo, TecArt, p. 533.

Cerrate, S., Yan, F., Wang, Z., Coto, C., Sacakli, P., Waldroup, P.W. (2006) Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. *International Journal of Poultry Sciences*, v. 5, n. 11, p. 1001-1007.

Chung, Y.H., Rico, D.E., Martinez, C.M., Cassidy, T.W., Noirot, V., Ames, A., Varga, G.A. (2007) Effects of feeding dry glycerin to early postpartum Holstein dairy cows on lactational performance and metabolic profiles. *Journal of Dairy Sciences*, v. 90, n. 12, p. 5682-5691.

Contreras-Guzmán, E.S. (1994) *Bioquímica de pescados e derivados*. Jaboticabal: Funep.

Crepaldi, D.V., Faria, P.M.C., Teixeira, E.A., Ribeiro, L.P., Costa, A.A.P., Melo, D.C., Cintra, A.P.R., Prado, S.A., Costa, F.A.A., Drumond, M.L., Lopes, V.E., Moraes, V.E. (2006). A situação da aquacultura e da pesca no Brasil e no mundo. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v. 30, n. 3/4, 81-85.

Dasari, M. (2007) Crude glycerol potential described. *Feedstuffs Reprint*, v. 79, n. 3, p. 1-3.

Della Casa, G., Bochicchio, D., Faeti, V., Marchetto, G., Poletti, E., Rossi, A., Garavaldi, A., Panciroli, A., Brogna, N. (2009). Use of pure glycerol in fattening heavy pigs. *Meat Science*, v. 81, p. 238-244.

FAO Fisheries Department, Fishery Information Data and Statistics Unit. Fishstat plus: universal software for fishery statistical time series. Aquaculture production: quantities 1950-2005, Aquaculture production: values 1984-2005; Capture production: 1950-2005. Version 2.30. Roma: FAO, 2007. Disponível em <http://www.fao.org>.

Figueiredo Júnior, C.A., Valente Júnior, A.S. (2008) Cultivo de tilápias no Brasil, origens e cenário atual. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Rio Branco, AC, 2008.

Furuya, W.M., Botaro, D., Macedo, R.M.G., Santos, V.G., Silva, L.C.R., Silva, T.C., Furuya, V.R.B., Sales, P.J.P. (2005) Aplicação do Conceito de Proteína Ideal para Redução dos Níveis de Proteína em Dietas para Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 5, p. 1433-1441.

Gilman, C.I., Leusch, F.D.L., Breckenridge, W.C., MacLatchy, D.L. (2003) Effects of a phytosterol mixture on male fish plasma lipoprotein fractions and testis P450scc activity. *General and Comparative Endocrinology*, v. 130, n.2, p. 172-184.

Glencross, B.D., Booth, M., Allan, G.L. (2007) A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, v. 13, p. 17-34.

Gonçalves, V.L.C., Pinto, B., Musgueira, L.C., Silva, J.C., Mota, C.J.A. (2006) Biogásolina: Produção de éteres e ésteres de glicerina. In: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel. Brasília. Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica, 2006. p. 14-19.

Governo do Estado do Paraná. (2009). Disponível em: <http://www.cidadao.pr.gov.br/mancheteunica.php?storyid=61151> Acessado dia 22/02/2011

Hazin, F.H.V. (2006) A pesca na zona econômica exclusiva, zee: sua importância para o Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v. 1, n. 1, p. 10-18.

Higuchi, L.H. Óleos vegetais obtido por extração mecânica em rações para a tilápia do Nilo: Desempenho e quantificação de ácidos graxos. Dissertação mestrado 2010. Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Toledo, 56p., 2010.

Hirako, S., Kim, H.J., Arai, T., Chiba, H., Matsumoto, A. (2010) Effect of concomitantly used fish oil and cholesterol on lipid metabolism. *Journal of Nutrition Biochemistry*, v. 21, p. 573-579.

Hrubec, T.C., Cardinale, J.L. & Smith, S.A. (2000) Hematology and plasma chemistry reference intervals for cultures tilapia (*Oreochromis hybrid*). *Veterinary Clinical Pathology*, 29, 7-12.

Köprücü, R., Özdemir, Y. (2005) Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, v. 250, p. 308-316.

Lammers, P.J., Kerr, B.J., Weber, T.E., Dozier, W.A., Kidd, M.T., Bregendahl, K., Honeyman, M.S. (2008a) Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. *Journal of Animal Science*, v. 86, p. 602-608.

Lammers, P.J., Kerr, B.J., Honeyman, M.S., Stalder, K., Dozier, W.A., Weber, T.E., Kidd, M.T., Bregendahl K. (2008b) Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. *Poultry Science*, v. 87, p. 104-107.

Lammers, P.J., Kerr, B.J., Weber, T.E., Bregendahl, K., Lonergan, S.M., Prusa, K.J., Ahn, D.U., Stoffregen, W.C., Dozier, W.A., Honeyman, S. M. (2008c). Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerin-supplemented diets. *Journal of Animal Science*, v. 86, p. 2962-2970.

Lorenz, E.K. (2010) Densidade de estocagem de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) em tanques-rede de pequenos volumes. Dissertação. Mestrado em Zootecnia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste. Marechal Cândido Rondon, PR, 70 p, 2010.

Macedo-Viegas, E.M., Souza, M.L.R., Kronka, S.N. (1997) Estudo da carcaça da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em quatro categorias de peso. *Revista Unimar*, v. 19, n. 3, p. 863-870.

Metcalf, V.J., Brennan, S.O., Chambers, G., George, P.M. (1999) High density lipoprotein (HDL), and not albumin, is the major palmitate binding protein in New Zealand long-finned (*Anguilla dieffenbachi*) and short finned eel (*Anguilla australis schmidtii*). *Biochimica et Biophysica Acta*, v. 1429, p. 467-475.

Meurer, F., Hayashi, C., Boscolo, W.R., Soares, C.M. (2002) Lipídeos na alimentação de alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, p. 566-573.

MPA. Ministério da Pesca e Aquicultura. (2010) Produção pesqueira e aquícola: Estatística 2008 e 2009. Brasília, 30p.

Nicula, M., Bura, M., Simiz, E., Banatean-Dunea, I., Patruica, S., Marcu, A., Lunca, M., Szelei, Z. (2010) Researches concerning reference values assessment of serum biochemical parameters in some fish species from *Acipenseridae*, *Cyprinidae*, *Esocidae* and *Salmonidae* Family. *Animal Science and Biotechnologies*, v. 43, n. 1, p. 498-505.

Omitoyin, B.O., Adesehinwa, A.O.K., Edibite, L.E. (2005) Reproductive performance and serum biochemistry of female *Clarias gariepinus* broodstock raised in pond effluent water. *Tropical and Subtropical Agrosystem*, v. 5, n. 3, p. 117-122.

Ooi, T.L., Yong, K.C., Hazimah, A.H., Dzulkefly, K., Wan-Yunus, W.M.Z. (2004) Glycerol residue- A rich source of glycerol and medium chain triglycerides *Journal of Oil Science*, v. 53, p. 29-33.

Ostrensky, A., Boeger, W.A., Chammas, M.A. (2008) Potencial para o desenvolvimento da aquicultura no Brasil. In: Ostrensky, A., Borguetti, J.R., Soto, D. *Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer*. Brasília, 276 p.

Peng, S., Chen, L., Qin, G.J., Hou, J., Yu, N., Long, Z., Ye, J., Sun, X. (2008) Effects of replacement of dietary fish oil by soybean oil on growth performance and liver biochemical composition in juvenile black seabream, *Acanthopagrus schlegeli*. *Aquaculture*, v. 276, p. 154-161.

Pezzato, L.E., Miranda, E.C., Quintero Pinto, L.G., Furuya, W.M., Barros, M.M., Magalhães Rosa, G.J., Lanna, E.A.T. (2002) Avaliação de dois métodos de determinação de coeficientes de digestibilidade aparente com a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). *Acta Scientiarum*, v. 24, n. 4, p. 965-971.

Ranzani-Paiva, M.J.T., Salles, F.A., Eiras, J.C., Eiras, A.C., Ishikawa, C.M. & Alexandrino, A.C. (1999) Análises hematológicas de curimatá (*Prochilodus scrofa*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) das estações de piscicultura do Instituto de Pesca, Estado de São Paulo. *B. Inst. Pesca.*, 25, 77-83.

Sampaio, F.G., Hisano, H., Yamaki, R.A., Kleemann, G.K., Pezzato, L.E., Barros, M.M. (2001) Digestibilidade aparente das farinhas de peixe nacional e importada e das farinhas de

sangue tostada e spray-dried, pela tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.). Acta Scientiarum, v. 23, p. 891-896.

Satake, F., Ishikawa, M.M., Hisano, H., Pádua, S.B., Tavares-Dias, M. (2009) Relação peso-comprimento, fator de condição e parâmetros hematológicos de dourado *Salminus brasiliensis* cultivado em condições experimentais. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa, Dourados - MS, 24 p.

Scorvo Filho, J.D., Frascá-Scorvo, C.M.D., Alves, J.M.C., Souza, F.R.A. (2010) A tilapicultura e seus insumos, relações econômicas. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 39, p. 112-118.

Silva, G.P., Mack, M., Contiero, J. (2009) Glycerol: A promising and abundant carbon source for industrial microbiology. Biotechnology Advances, v. 27, p. 30-39.

Silveira, R., Rigores, C. (1989) Características hematológicas normais de *Oreochromis aureus* em cultivo. Revista Latinoamericana de Acuicultura, v. 39, p. 54-56.

Soldatov, A.A. (2005) Peculiarities of organization and functioning of the fish red blood system. Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology, v. 41, n. 3, p. 272-281.

Takishita, S.S.; Lanna, E.A.T.; Donzele, J.L., Bomfin, M.A.D., Quadros, M., Souza, M.P. (2009) Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-nylo. Revista Brasileira de Zootecnia. v. 38, n. 11, p. 2099-2105.

Tavares-Dias, M., Moraes, F.R. & Imoto, M.E. (2008) Hematological parameters in two neotropical freshwater teleost, *Leporinus macrocephalus* (Anostomidae) and *Prochilodus lineatus* (Prochilodontidae). Biosci. J., 24, 96-101.

Vaz de Arruza, P., Rodrigues, R.C.L.B., Felipe, M.G.A. (2007) Glicerol um subproduto com grande capacidade industrial e metabólica. Revista Analytica, v. 26, p. 56-62.

Veit, J.C., Freitas, J.M.A., Reis, E.S., Maluf, M.L.F., Feiden, A., Boscolo, W.R. (2011). Caracterização centesimal e microbiológica de *nuggets* de mandi-pintado (*Pimelodus britskii*). Semina (no prelo).

Velisek, J., Stara, A., Li, Z.H., Silovska, S., Turek, J. (2011) Comparison of the effects of four anesthetics on blood biochemical profiles and oxidative stress biomarkers in rainbow trout. *Aquaculture*, v. 310, p. 369-375.

Wang, Z.X., Zhuge, J., Fang, H., Prior, B.A. (2001) Glycerol production by microbial fermentation: a review. *Biotechnology Advances*, v. 19, p. 201–223.

Wang, C., Liu, Q., Huo, W.J., Yang, W.Z., Dong, K.W., Huang, Y.X., Guo, G. (2009) Effects of glycerol on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. *Livestock Science*, v. 121, p. 15-20.

## Capítulo 1

### Energia digestível de diferentes fontes de gliceróis para a tilápia do Nilo

**Resumo:** Este estudo foi realizado com o objetivo de determinar os valores de energia digestível de diferentes fontes de glicerol para a tilápia do Nilo. Foram utilizados 40 peixes com peso médio de  $343,12 \pm 77,71$  g, distribuídos em quatro tanques de 180 litros com fundo cônico, num delineamento experimental em quadrado latino. Foram elaboradas quatro dietas experimentais, sendo uma referência e três testes, compostas com a inclusão de 20% do alimento teste e 80% da dieta referência. Como indicador foi utilizado o óxido de cromo<sup>III</sup> (0,1% da dieta). Os gliceróis avaliados foram: glicerol bruto óleo vegetal (GBV), glicerol semi-purificado misto (GSM) e glicerol semi-purificado vegetal (GSV), em que foram obtidos os valores de energia digestível de 3058,55; 2610,55; 1754,70 kcal.kg<sup>-1</sup>, respectivamente, não sendo observado diferenças entre os valores de energia digestível dos gliceróis GBV e GSM, que foram superiores ao GSV.

**Palavras-chave:** Aquicultura, digestibilidade, energia alternativa, subproduto do biodiesel, tilapicultura.

### *Digestible energy values of different glycerol sources for Nile tilapia*

**Abstract:** *This study was carried out to determine the digestible energy values of different sources of glycerol by Nile tilapia. Forty fish weighing  $343.12 \pm 77.71$  g were distributed in four 200-liter digestibility system, in a randomized Latin Square Design. Four experimental diets were elaborated: a reference and three tests diets containing 20% of each glycerol source and 80% of the reference diet. Chromic oxide<sup>III</sup> was used as inert indicator. (0.1% of the diet). The glycerol sources evaluated were: crude vegetable oil glycerol (GBV), semi-purified mixture glycerol (GSM), and semi-purified vegetable glycerol (GSV), where the digestible energy values of 3058.55; 2610.55 and 1754.70 kcal.kg<sup>-1</sup> were obtained, respectively, not being observed differences between the digestible energy of glycerol GBV and GSM, which were higher than the GSV.*

**Keywords:** *Aquaculture, digestibility, alternative energy, biodiesel byproduct, tilapia culture.*

## 1. Introdução

A tilápia do Nilo (*O. niloticus*) é a espécie de peixe dulcíaquícola mais cultivada no Brasil (Marengoni, 2006). Apresenta rusticidade ao manejo, rápido crescimento, qualidade de carne e boa aceitação pelo mercado consumidor.

Os altos custos com alimentação, que podem ultrapassar 50% (Cheng et al., 2003) têm colaborado para aumentar pesquisas com avaliação de alimentos alternativos e subprodutos industriais. Portanto, é importante conhecer o valor nutritivo de um alimento para que o mesmo possa compor uma dieta balanceada, objetivando maior resposta produtiva dos peixes e a conservação do meio ambiente.

O conhecimento da digestibilidade de ingredientes é uma importante ferramenta para aferir a qualidade de um ingrediente ou dieta, apontando o seu valor nutricional, e parte dos nutrientes não assimilados que irão fazer parte dos resíduos acumulados no meio aquático (Furuya et al., 2001).

O estudo com alimentos alternativos estimula dar subsídios para a fabricação de rações, que, além de ser menos onerosas e com a mesma qualidade nutricional, proporcione desempenho produtivo semelhante ao daquelas formuladas com alimentos convencionais (Signor et al., 2007).

O glicerol desempenha um papel fundamental no metabolismo (Min et al., 2010), sendo um componente estrutural importante de triglicerídeos e fosfolipídios, produzindo energia nas vias glicolítica e ácido carboxílico (Lin, 1977). É um subproduto da indústria do biodiesel e, muitas vezes, seu resíduo é descartado, tornando-se um poluente. Segundo Thompson e He (2006), a cada litro de biodiesel produzido são gerados 79 g de glicerina (glicerol bruto). Produto esse que pode ser aplicável na alimentação de animais. Utilizando subprodutos e resíduos como alternativa empresarial, pode-se diminuir o impacto ambiental e evitar o encaminhamento desses materiais a aterros sanitários (Costa Neto et al., 2000).

Com a perspectiva de utilizar o glicerol como fonte de energia para peixes, tendo em vista a disponibilidade do produto e o alto preço dos insumos, esse trabalho foi realizado com o objetivo de determinar os valores de energia digestível de diferentes fontes de glicerol para tilápias do Nilo.

## 2. Material e métodos

O trabalho foi realizado no Laboratório de Digestibilidade do Grupo de Estudos em Manejo na Aquicultura – GEMAQ, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Unioeste, *Campus* Toledo, Paraná.

Foram utilizadas 40 tilápias do Nilo com peso médio de  $343,12 \pm 77,71$  g, distribuídas em quatro tanques de 180 litros com fundo cônico, aeração constante por meio de soprador de ar central e aquecimento da água. O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino, constituído por quatro tratamentos e quatro repetições.

Foram elaboradas quatro rações, sendo uma referência (Tabela 2) e três dietas-teste que continham 80% da dieta referência e 20% do glicerol avaliado. As fontes de glicerol foram glicerol bruto óleo vegetal (GBV), glicerol semipurificado misto (GSM) e glicerol semipurificado vegetal (GSV). Foi utilizado óxido de cromo<sup>III</sup> como indicador inerte na proporção de 0,1%. Os ingredientes foram moídos em moinho tipo martelo com peneira de 0,5 milímetros de diâmetros. Após moagem dos ingredientes, os mesmos foram pesados, homogeneizados e umedecidos para processamento das rações referência e testes, que foram preparadas de forma extrusada (extrusora Ex-Micro<sup>®</sup>).

Os peixes foram alimentados cinco vezes ao dia (08h30min, 12h00min, 13h30min, 15h30min e 16h00min), durante 60 dias. Duas vezes ao dia (07h30min e às 17h00min) realizou-se a limpeza dos tanques com renovação de 50% do volume da água para remoção dos metabólitos suspensos na água.

**Tabela 2.** Composição percentual da dieta referência.

Ingrediente	g.kg <sup>-1</sup>
Milho, grão moído	176,8
Milho, amido	100,0
Soja, farelo	340,0
Vísceras, farinha de vísceras de aves	80,0
Arroz, quirera	120,0
Trigo, grão moído	80,0
Milho, glúten 60	40,0
Fosfato bicálcio	30,0
Soja, óleo	17,0

DL-metionina 99	1,6
Sal	5,0
Suplemento mineral e vitamínico <sup>1</sup>	8,0
Vitamina C <sup>2</sup>	0,4
Antifúngico	1,0
Antioxidante <sup>3</sup>	0,2
<b>Total</b>	<b>100</b>

<sup>1</sup>Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 24.000 UI; Vit. D3, 6.000 UI; Vit. E, 300 mg; Vit. K3, 30 mg; Vit. B1, 40 mg; Vit. B2, 40 mg; Vit. B6, 35 mg; Vit. B12, 80 mg; Ác. fólico, 12 mg; Pantotenato Ca, 100 mg; Vit. C, 600 mg; Biotina, 2 mg; Colina, 1.000 mg; Ferro, 200 mg; Cobre, 35 mg; Manganês, 100 mg; Zinco, 240 mg; Iodo, 1,6 mg; Cobalto, 0,8 mg.

<sup>2</sup>Vitamina C monofosfatada 35% de ácido ascórbico.

<sup>3</sup> Butil Hidroxi Tolueno.

A dieta foi formulada com base nos valores de Rostagno et al., (2005).

O método de coleta de fezes utilizado foi de Guelph modificado, preconizado por Pezzato et al. (2002). Após adaptação dos peixes durante sete dias, iniciou-se o processo de coleta de fezes com duração de oito dias, para formar o “pool” de fezes, que foram congeladas (-20 °C) para posteriores análises. Posteriormente às coletas, as fezes foram secas em estufas de ar forçado a 55 °C por 48 horas e moídas para a realização das análises.

Os parâmetros de condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), pH e oxigênio dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) da água foram mensurados uma vez por semana com auxílio de potenciômetros digitais portáteis (Hanna Instruments<sup>®</sup>), enquanto a temperatura da água (°C) foi aferida diariamente por meio de termômetro, pela manhã, antes da troca de água.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes da ração foram determinados de acordo com a fórmula descrita por Mukhopadhyay e Ray (1997).

$$Dtd = 100 - 100 \left( \frac{\% Id}{\% If} \right)$$

$$Dan = 100 - 100 \left( \frac{\% Id}{\% If} \times \frac{\% Nf}{\% Nd} \right)$$

$$Dms = \frac{100}{\% ing} \left( Ddt - \frac{\% drf}{100} \times Ddr \right)$$

$$Dni = \frac{100}{\% ing} \left( Dnt - \frac{\% drf}{100} \times Dnr \right)$$

Em que:

*Dtd* é a digestibilidade total da dieta referência e da dieta teste (%);

*Dan*, a digestibilidade aparente dos nutrientes nas dietas referências e teste (%);

*Id*, o indicador na dieta;

*If*, o indicador nas fezes;

*Nf*, o nutriente nas fezes;

*Nd*, o nutriente na dieta;

*Dms*, a digestibilidade aparente da matéria seca do ingrediente;

*Ddt*, a digestibilidade total da dieta teste;

*drf*, a dieta referência;

*Ddr*, a digestibilidade total da dieta referência;

*Dni*, a digestibilidade aparente do nutriente do ingrediente;

*Dnt*, a digestibilidade do nutriente da dieta teste;

*Dnr*, a digestibilidade do nutriente da dieta referência.

As análises de matéria seca, proteína bruta e matéria mineral das dietas referência, dietas-teste e fezes foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade do GEMAq – Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, e a energia bruta e o óxido de cromo<sup>III</sup> no Laboratório de Nutrição Animal (LANA), da Universidade Estadual de Maringá (UEM), seguindo o protocolo proposto por Silva e Queirós (2002).

Na Tabela 3 encontram-se os valores médios da composição química das dietas referência e testes.

**Tabela 3.** Composição química centesimal da dieta referência e dietas testes.

Item	Referência	GBV	GSM	GSV
MS (%)	94,95	96,53	97,06	96,77
EB (Kcal/kg)	4322	4570	4423	4435
PB (%)	27,00	23,39	23,34	24,10
MM (%)	2,11	2,17	2,09	1,28

GBV = glicerol bruto óleo vegetal; GSM = glicerol semipurificado misto; GSV = glicerol semipurificado vegetal; MS = matéria seca; EB = energia bruta; PB = proteína bruta; P = fósforo; MM = matéria mineral.

A composição química verificada para os diferentes tipos de glicerol foram 0,055; 0,042 e 0,065% de proteína bruta, 5247,30; 3216,80 e 3760,05 kcal de energia bruta por kg do produto, 97,46; 85,68 e 95,62% de matéria seca e 4,45; 3,26 e 2,49% de matéria mineral para

o glicerol bruto óleo vegetal, glicerol semipurificado misto e glicerol semipurificado vegetal, respectivamente (base em matéria natural).

Os dados foram submetidos a análise de variância e quando observadas diferenças ( $P < 0,05$ ), as médias foram comparadas pelo teste de Duncan em 5% de significância, utilizando o Programa Estatístico Computacional SAEG (UFV, 1997).

### 3. Resultados

Durante o período experimental os fatores físicos e químicos da água dos tanques como oxigênio dissolvido ( $4,57 \pm 0,64 \text{ mg.L}^{-1}$ ), condutividade elétrica ( $81,25 \pm 3,94 \text{ } \mu\text{S.cm}^{-1}$ ), pH ( $6,86 \pm 0,26$ ) e temperatura ( $24,97 \pm 1,55 \text{ } ^\circ\text{C}$ ), permaneceram dentro dos limites toleráveis pela espécie (Ridha e Cruz, 2001).

O valor do coeficiente de digestibilidade aparente (CDa) da energia bruta do glicerol semipurificado misto foi superior ( $P < 0,05$ ) a do glicerol bruto vegetal e do glicerol semipurificado vegetal, não havendo diferença estatística entre as duas últimas fontes de glicerol (tabela 4). Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta dos diferentes gliceróis estudados não apresentaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ).

**Tabela 4.** Coeficientes de digestibilidade aparente e valores de energia digestível de diferentes fontes de glicerol

Item	Fonte de glicerol			
	GBV	GSM	GSV	CV (%)
CDa EB (%)	58,29 <sup>b</sup>	81,15 <sup>a</sup>	46,67 <sup>b</sup>	6,08*
CDa PB (%)	59,04	60,70	59,18	1,54
ED (kcal/kg)	3058,55 <sup>a</sup>	2610,65 <sup>a</sup>	1754,70 <sup>b</sup>	8,40*

\*Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças pelo teste de Duncan ( $P < 0,05$ )

GBV = glicerol bruto óleo vegetal; GSM = glicerol semipurificado misto; GSV = glicerol semipurificado vegetal; CDa EB = coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta; CDa PB = coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta; ED = energia digestível; CV = Coeficiente de Variação.

As diferentes fontes de glicerol apresentaram diferenças quanto aos valores de energia digestível ( $P < 0,05$ ). O menor valor de energia digestível foi obtido com o glicerol semipurificado vegetal (GSV), não sendo observado diferenças quanto aos valores de energia digestível entre os gliceróis bruto vegetal (GBV) e glicerol semipurificado misto (GSM).

#### 4. Discussão

O valor de energia digestível do glicerol bruto vegetal é próximo ao obtido com o milho e farelo de soja, como pode ser observado nos trabalhos realizados por Pezzato et al., (2002) e Oliveira Filho & Fracalossi (2006). No entanto, destaca-se que apesar do elevado valor de energia bruta do mesmo, as tilápias não utilizaram eficientemente o alimento como fonte de energia, o que pode ser observado pelo baixo coeficiente de digestibilidade aparente deste alimento. Contrariamente, apesar do menor valor de energia bruta, o glicerol semipurificado misto apresentou maior coeficiente de digestibilidade aparente ( $P < 0,05$ ), o que resultou em valor de energia digestível comparável com o obtido com o glicerol bruto óleo vegetal.

Foi observado que as diferentes fontes de glicerol apresentaram baixo valor de proteína bruta, de 0,042 a 0,065%, o que corresponde a um coeficiente de digestibilidade aparente de 59 a 60%. Esses resultados de CDa são inferiores aos coeficientes de alimentos alternativos como o sorgo alto tanino submetido ao processo de silagem (Furuya et al., 2004), e de ingredientes convencionais como o milho, farelo de soja e farelo de trigo, como demonstrados por Boscolo et al. (2002) e Pezzato et al. (2002), ambos para a tilápia do Nilo (*O. niloticus*).

Apesar do menor valor de energia digestível do glicerol em relação ao óleo de soja (Boscolo et al., 2002), este pode contribuir para a alimentação das tilápias como fonte energética, pois, uma vez absorvido, pode ser convertido em glicose via gliconeogênese (Emmanuel et al., 1983) ou oxidado para produção de energia pela glicólise e ciclo do ácido cítrico (Rosebrough et al., 1980). Essa via metabólica é importante para o fornecimento de energia (Robergs e Griffin, 1998), reduzindo tanto os ácidos graxos livres quanto os níveis de colesterol (François, 1994), por outro lado, o glicerol não contém os ácidos graxos que os óleos possuem, apenas a energia líquida que, segundo Lehninger et al., (1995) é de apenas 5% da molécula do triacilglicerol, portanto, o mesmo é um alimento diferencial, que pode ser aplicado como fonte energética, suprimindo a necessidade de energia das rações práticas para peixes.

Os resultados de CDa encontrados no presente estudo foram inferiores aos observados por Lammers et al. (2008a) para suínos em crescimento (86,95%), Lammers et al. (2008b) para poedeiras comerciais (88,38% de energia metabolizável/kg) e Dozier et al. (2008) para frangos de corte (3434 kcal de energia metabolizável/kg), mas isso pode estar diretamente relacionado ao organismo dos animais que são distintos entre si.

Lammers et al. (2008a) destacaram que o glicerol bruto é uma fonte de energia prontamente disponível e pode desempenhar um papel importante no cumprimento das necessidades energéticas para a produção de suínos. Em peixes, a biodisponibilidade do glicerol ainda é pouco conhecida. Além dos aspectos técnicos, a busca por alimentos alternativos de menor custo é importante para viabilizar economicamente a criação de peixes (Signor et al., 2007).

O melhor aproveitamento energético foi obtido com o glicerol semipurificado misto. No entanto, destaca-se que o glicerol vegetal bruto pode ser utilizado como fonte energética pelo elevado valor de energia bruta, enquanto que o glicerol semipurificado vegetal apresenta baixo valor de energia bruta e baixa utilização pela tilápia do Nilo. Contudo, todas as fontes de glicerol podem ser utilizadas na alimentação da tilápia do Nilo (*O. niloticus*).

## 5. Agradecimentos

Os autores agradecem o Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura – GEMaQ, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *campus* Toledo e Universidade Estadual de Maringá pelo auxílio nos trabalhos e disponibilização do glicerol.

## 6. Referências Bibliográficas

Boscolo, W.R., Hayashi, C. & Meurer, F. (2002) Apparent Digestibility of the Energy and Nutrients of Conventional and Alternatives Foods for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.). *Braz. J. Anim. Sci.*, 31, 539-545.

Cheng, Z.J., Hardy, R.W. & Usry, J.L. (2003) Effect of lysine supplementation in plant protein-based diets on the performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and apparent digestibility coefficients of nutrients. *Aquaculture*, 215, 255-265.

Costa Neto, P.R., Rossi, L.F.S., Zagonel, G.F. & Ramos, L.P. (2000) The utilization of used frying oil for the production of biodiesel. *Quím. Nova*, 23, 531-537.

Dozier, W.A., Keer, B.J., Corzo, A., Kidd, M.T., Weber, T.E. & Bregendahl, K. (2008) Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. *Poult. Sci.*, 87, 317-322.

Emmanuel, B., Berzins, R. & Robblee, A.R. (1983) Rates of entry of alanine and glycerol and their contribution to glucose synthesis in fasted chickens. *Br. Poult. Sci.*, 24, 565-571.

François, A. (1994) *Glycerol in Nutrition*. Comptes Rendus de Academie Agriculture de France, 2, 63-76.

Furuya, W.M., Silva, L.C.R., Neves, P.R., Botaro, D., Hayashi, C.; Furlan, A.C. & Santos, V.G. (2004) Apparent digestibility coefficients of energy and protein of low and high tannin silage sorghum for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Cienc. Rural*, 34, 1213-1217.

Furuya, W.M., Pezzato, L.E., Miranda, E.C., Furuya, V.R.B. & Barros, M.M. (2001) Apparent digestibility coefficients of energy and nutrients of some ingredients for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) (Thai strain). *Acta Sci.*, 23, 465-469.

Lammers, P.J., Kerr, B.J., Weber, T.E., Dozier, W.A., Kidd, M.T., Bregendahl, K. & Honeyman, M.S. (2008a) Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 86, 602-608.

Lammers, P.J., Kerr, B.J., Honeyman, M.S., Stalder, K., Dozier, W.A., Weber, T.E., Kidd, M.T. & Bregendahl K. (2008b) Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. *Poult. Sci.*, 87, 104-107.

Lehninger, A.L., Nelson, D.L. & Cox, M.M. (1995) *Principles of Biochemistry*. Sarvier, 2<sup>nd</sup> edition. 839p. São Paulo, SP.

Lin, E.C.C. (1977) Glycerol utilization and its regulation in mammals. *Annu. Rev. Biochem.*, 46, 765-795.

Marengoni, N.G. (2006) Production of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Chitralada strain) reared in cages with different stocking densities. *Arch. Zootec.*, 55, 127-138.

Min, Y.N., Yan, F., Liu, F.Z., Coto, C. & Waldroup, P.W. (2010) Glycerin-A new energy source for poultry. *Int. J. Poult. Sci.*, 9, 1-4.

Mukhopadhyay, N. & Ray, A.K. (1997) The apparent total and nutrient digestibility of sal seed (*Shorea robusta*) meal in rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. *Aquac. Res.*, 28, 683-689.

Oliveira Filho, P.R.C. & Fracalossi, D.M. (2006) Apparent digestibility coefficients of feed ingredients for jundia juveniles. *Braz. J. Anim. Sci.*, 35, 1581-1587.

Pezzato, L.E., Miranda, E.C., Barros, M.M., Pinto, L.G.Q., Furuya, W.M. & Pezzato, A.C. (2002) Apparent digestibility of ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Braz. J. Anim. Sci.*, 31, 1595-1604.

Ridha, M.T. & Cruz, E.M. (2001) Effect of biofilter media on water quality and biological performance of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. reared in a sample recirculating system. *Aquac. Eng.*, 24, 157-166.

Robergs, R.A. & Griffin, S.E. (1998) Glycerol: Biochemistry, pharmacokinetics and clinical and practical applications. *Sports Med.*, 3, 145-167.

Rosebrough, R.W., Geis, E., James, P., Ota, H. & Whitehead, J. (1980) Effects of dietary energy substitutions on reproductive performance feed, efficiency and lipogenic enzyme activity on large white turkey hens. *Poult. Sci.*, 59, 1485-1492.

Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F., Lopes, D.C., Ferreira, A.S. & Barreto, S.L.T. (2005). *Brazilian tables for poultry and pigs: food composition and nutritional requirements*. Federal University of Viçosa, 2<sup>nd</sup> edition. 141p. Viçosa, MG.

Silva, D.J. & Queiroz, A.C. (2002) *Food Analysis (Chemical and biological methods)*. 3<sup>rd</sup> edition, Federal University of Viçosa. 235p. Viçosa, MG.

Signor, A.A., Boscolo, W.R., Feiden, A., Signor, A. & Reidel, A. (2007) Wheat midlings in the Nile tilapia feeding (*Oreochromis niloticus* L.): digestibility and performance. *Cienc. Rural*, 37, 1116-1121.

Thompson, J.C. & He, B.B. (2006) Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstock. *Appl. Eng. Agric.*, 22, 261-265.

UFV. Federal University of Viçosa. SAEG. (1997) *System for statistical analysis and genetics*. Version 7.1, Viçosa, MG.

## Capítulo 2

### Inclusão de glicerol na dieta de juvenis de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

**Resumo:** O presente trabalho teve como objetivo avaliar a inclusão de glicerol na dieta de juvenis de tilápias do Nilo, e seu efeito sobre o desempenho zootécnico, alterações bioquímicas no sangue e composição centesimal na carcaça dos peixes. Foram utilizados 300 juvenis de tilápias do Nilo com peso inicial médio de  $29,15 \pm 8,40$  g e  $11,55 \pm 0,87$  cm de comprimento, distribuídos em 20 caixas de fibra de vidro com capacidade de 250 litros em um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições, por um período de 79 dias. Os animais foram alimentados com rações contendo quatro níveis de inclusão de glicerol (2,5; 5,0; 7,5 e 10%) além de uma dieta controle, isenta do alimento. Foram analisados o desempenho dos animais através do peso final (PF), comprimento final (CF), sobrevivência (SO), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), taxa de crescimento específico (TCE) fator de condição (FC), índice hepatossomático (IHS) e gordura visceral (GV). Para as avaliações dos parâmetros bioquímicos foram avaliados proteína (PROT), triglicerídeos (TRIG), colesterol (COLE), lipoproteína HDL, glicose (GLIC), e lipoproteínas VLDL e LDL. Para a determinação da composição centesimal foram avaliados a umidade, lipídeos, proteínas e cinzas. Não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para os parâmetros de desempenho zootécnico. Com relação aos parâmetros bioquímicos, apenas a lipoproteína HDL teve diferença estatística ( $P < 0,05$ ), sendo superior no grupo de peixes alimentados com 0,0 e 7,5%, não diferindo dos animais que foram alimentados com 5,0 e 10,0%. Para a composição centesimal dos juvenis de tilápia não foi verificada diferença significativa, com exceção dos lipídeos ( $P < 0,05$ ), que tiveram os maiores valores nos peixes alimentados com 5,0% de glicerol, e os menores nos peixes alimentados com 10,0% do alimento. O glicerol pode ser utilizado em rações para peixes como suplemento energético, fornecendo energia, até o nível de 10%, sem causar danos para o desempenho zootécnico, composição bioquímica e centesimal dos peixes.

### *Glycerol inclusion in diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles*

**Abstract:** *The present study aimed to evaluate the glycerol inclusion in diet of Nile tilapia juveniles and its effects on the growth performance, biochemical changes in blood and*

*carcass composition of fish. We used 300 juvenile Nile tilapia with average initial weight of  $29,15 \pm 8,40$  g and  $11,55 \pm 0,87$  cm in length, distributed in 20 tanks of glass fiber with a capacity of 250 liters in a completely randomized design with five treatments and four replications for a period of 79 days. The animals were fed diets containing four levels of inclusion of glycerol (2,5; 5,0; 7,5 and 10%) and a control diet, free of food. We analyzed the performance of animals through the final weight (FW), length (FL), survival (SO), weight gain (WG), feed conversion (FC), specific growth rate (SGR) condition factor (CF), hepatosomatic index (IHS) and visceral fat (VF). For the evaluation of biochemical parameters were evaluated protein (PROT), triglycerides (TRIG), cholesterol (COLE), HDL lipoprotein, glucose (GLUC) and VLDL and LDL lipoproteins. To determine the chemical composition were evaluated moisture, lipids, protein and ash. There was no significant difference ( $P > 0,05$ ) for the parameters of live performance. With respect to biochemical parameters, only HDL lipoprotein was statistical difference ( $P < 0,05$ ), being higher in groups fed with 0,0 and 7,5%, did not differ from animals that were fed 5,0 and 10,0%. For the centesimal composition of tilapia juvenile was not significant difference, except for lipids ( $P < 0,05$ ), which had the highest values in fish fed with 5,0% glycerol, and lowest in fish fed 10,0% of the food. Glycerol can be used in fish ration as energy supplement, providing power, to the level of 10%, without causing damage to the growth performance, biochemical and centesimal composition of fish.*

## **Introdução**

Nas últimas décadas a aquicultura vem crescendo constantemente, e dentre os cultivos de organismos aquáticos a tilapicultura é objeto de destaque. Com essa forte demanda, houve uma mudança gradual nos sistemas de cultivo e por consequência, uma dependência por alimentos formulados (El Sayed & Kawanna, 2008) que atendam as necessidades biológicas das espécies.

Dentre as rações práticas para peixes, uma das maiores exigências é quanto à energia disponível no alimento, seja para manutenção, crescimento ou reprodução, pois a energia dietária para os peixes provém do uso das proteínas, lipídeos e carboidratos (Graeff & Tomazelli, 2007).

A parcela energética de diversos alimentos convencionais utilizados em rações para peixes é conhecida, por outro lado, alguns alimentos alternativos desconhecidos podem ser aplicados eficientemente para alimentação de tilápias. Um desses alimentos é o glicerol.

O glicerol é um co-produto da indústria do biodiesel que tem baixo valor econômico (Chi et al., 2007) e foi proposto como uma potencial fonte energética para suínos (Lammers et al., 2008a) e aves (Lammers et al., 2008b). No entanto, o valor nutritivo do glicerol pode variar de acordo com o processamento da ração e a matéria prima utilizada.

Uma vez digerido, absorvido e transferido para o fígado e tecidos, o glicerol pode ser convertido em glicose via gliconeogênese (Emmanuel et al., 1983) ou oxidado para a produção de energia através da glicólise e do ciclo do ácido cítrico (Rosebrough et al., 1980). A absorção do glicerol pode variar entre 70 a 95% (Kerr & Dozier, 2008) devido possivelmente ao seu baixo peso molecular fazendo com que ocorra a absorção passivamente, ao contrário da assimilação dos ácidos graxos de cadeia longa, que requerem a formação de uma micela (Dozier et al., 2008).

Apesar da sua alta absorção no intestino dos animais, o excesso de glicerol pode ser apenas parcialmente metabolizado no organismo, e o restante excretado. Esse efeito é maior quando os animais são submetidos a altos níveis de inclusão do produto na alimentação (Dasari, 2007).

Como é desconhecido o uso desse alimento para peixes, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho produtivo de juvenis de tilápias do Nilo, a composição sanguínea e centesimal dos animais alimentados com níveis crescentes de glicerol na ração.

## **Material e Métodos**

O trabalho foi realizado na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Unioeste, Toledo, Paraná, no Laboratório de Aquicultura do Grupo de Estudos em Manejo na Aquicultura – GEMAAq.

Foram utilizados 300 juvenis de tilápias do Nilo com peso inicial médio de  $29,15 \pm 8,40$  g e  $11,55 \pm 0,87$  cm de comprimento. Os peixes foram distribuídos em 20 caixas de fibra de vidro com capacidade de 250 litros, com aeração constante por meio de soprador de ar central e recirculação de água. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições.

Foram elaboradas cinco rações (tabela 5), sendo uma referência (sem inclusão do glicerol) e quatro com níveis crescentes de glicerol (2,5; 5,0; 7,5 e 10%). Os ingredientes foram moídos em moinhos do tipo martelo com peneira de 0,5 milímetros de diâmetro e a ração foi processada de maneira extrusada (extrusora Ex-Micro®) com 3mm de diâmetro. Os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia (8h00, 11h00, 14h00 e 17h00), até a saciedade aparente por um período de 79 dias.

**Tabela 5.** Composição percentual e química das rações experimentais com diferentes níveis de glicerol para juvenis de tilápias do Nilo.

Ingredientes	Níveis de inclusão				
	0	2,5	5	7,5	10
Milho Grão	38,94	35,42	31,89	28,36	24,83
Soja farelo 45%	16,88	17,74	18,60	19,44	20,30
Farinha de					
Vísceras	18,4	18,35	18,31	18,26	18,22
Trigo Farelo	14,00	14,25	14,50	14,75	15,00
Glicerol <sup>1</sup>	-	2,5	5,0	7,5	10
Arroz quirera	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Farinha de Peixe	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Premix <sup>2</sup>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Sal	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
DL-Metionina	0,201	0,201	0,202	0,202	0,202
Ácido Propiônico	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
L-Lisina	0,108	0,089	0,07	0,051	0,032
BHT	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
<b>Atendimento</b>					
Amido	32,1	29,97	27,84	25,71	23,58
Calcio	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
ED Tilápia	3135	3135,6	3136,23	3136,84	3137,45
Fibra	3,33	3,33	3,33	3,34	3,34
Fósforo	1,0	1,0	1,0	0,99	0,99
Gordura	4,58	4,48	4,37	4,26	4,15
Lisina	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
Metionina	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Proteína bruta	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0
Treonina	1,08	1,08	1,09	1,09	1,1

<sup>1</sup>Glicerol bruto óleo vegetal (GBV): baseado na energia digestível.

<sup>2</sup>Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 24.000 UI; Vit. D3, 6.000 UI; Vit. E, 300 mg; Vit. K3, 30 mg; Vit. B1, 40 mg; Vit. B2, 40 mg; Vit. B6, 35 mg; Vit. B12, 80 mg; Ác. Fólico, 12 mg; Pantotenato Ca, 100 mg; Vit. C, 600 mg; Biotina, 2 mg; Colina, 1.000 mg; Ferro, 200 mg; Cobre, 35 mg; Manganês, 100 mg; Zinco, 240 mg; Iodo, 1,6 mg; Cobalto, 0,8 mg.

Os parâmetros de qualidade de água como pH, oxigênio dissolvido ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e condutividade elétrica ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ) foram aferidos semanalmente, enquanto a temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ) foi mensurada diariamente. Amônia e fósforo foram analisados mensalmente segundo protocolo proposto por Mackreth et al. (1978) para o fósforo e Strickland e Parson (1972) para amônia.

Após o período experimental, os peixes foram mantidos em jejum por 24 horas e após esse período, os animais foram insensibilizados em eugenol ( $60 \text{ mg.L}^{-1}$ ) para realização das medidas individuais de peso (g), comprimento total (cm) e análises sanguíneas. Três peixes de

cada tanque foram insensibilizados em gelo para retirada de gordura visceral e fígado. Esses mesmos animais foram encaminhados ao Laboratório de Controle de Qualidade do Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura – GEMAA para realização de análises centesimais.

Os dados de desempenho avaliados foram o peso final médio (PF), comprimento final médio (CF), sobrevivência (SO), ganho de peso (GP), conversão alimentar aparente (CAA), taxa de crescimento específico (TCE), fator de condição (FC), índice hepatossomático (IHS) e gordura visceral (GV).

Para as coletas sanguíneas capturaram-se três peixes de cada unidade experimental, aleatoriamente, retirou-se uma alíquota de 2,0mL, por punção caudal, com auxílio de uma seringa heparinizada. Posteriormente, realizou-se análises bioquímicas de proteínas totais ( $\text{g.dL}^{-1}$ ), triglicerídeos ( $\text{mg.dL}^{-1}$ ), colesterol total ( $\text{mg.dL}^{-1}$ ), HDL ( $\text{mg.dL}^{-1}$ ), glicose ( $\text{mg.dL}^{-1}$ ), VLDL ( $\text{mg.dL}^{-1}$ ) e LDL ( $\text{mg.dL}^{-1}$ ). As amostras foram centrifugadas a 2.500 rpm por cinco minutos para a determinação das análises.

Para a realização das análises utilizou-se “kits” específicos “*Gold Analisa Diagnóstica*®” e procedidas conforme instruções do fabricante, sendo realizada leitura em espectrofotômetro.

A composição centesimal dos animais seguiu o preconizado pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) para análises de proteínas, extrato etéreo, umidade e matéria mineral.

Os dados foram submetidos ao teste de homogeneidade, normalidade, análise de regressão e à análise de variância (ANOVA) SAS (Statistic Analyses System, 2004), quando observado diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) foi aplicado o teste de média Tukey em 5% de significância.

## Resultados

Os parâmetros físicos e químicos da água dos tanques de cultivo, oxigênio dissolvido  $5,12 \pm 1,06 \text{ mg.L}^{-1}$ , pH  $7,00 \pm 0,16$ , condutividade elétrica  $70,48 \pm 18,83$  e temperatura da água  $27,52 \pm 1,04 \text{ }^\circ\text{C}$ , se encontraram dentro das condições propícias para o cultivo da espécie (Rhida & Cruz, 2001). Por outro lado, parâmetros como amônia e fósforo apresentaram valores elevados durante o período experimental com teores de  $0,30 \pm 0,01$  para amônia e  $0,82 \pm 0,01$  para o fósforo.

Não houve diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) sobre os parâmetros zootécnicos dos juvenis de tilápia do Nilo entre os distintos níveis de inclusão do glicerol na ração (tabela 6).

**Tabela 6.** Desempenho produtivo de juvenis de tilápias do Nilo alimentados com ração contendo diferentes níveis de glicerol.

	Glicerol (%)					C.V(%)
	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0	
PF	145,94±36,93	142,13±35,31	139,95±32,85	145,35±34,06	142,95±27,47	6,78ns
CF	19,43±1,57	19,15±1,62	19,27±1,43	19,53±1,49	19,47±1,37	1,93ns
SO	88,33±8,39	85,00±25,75	96,67±6,66	95,00±10,00	96,67±3,85	14,47ns
GP	116,50±4,46	113,18±14,58	111,02±8,99	116,37±10,32	113,06±7,18	13,73ns
CAA	1,33±0,11	1,55±0,69	1,29±0,08	1,25±0,06	1,16±0,03	24,00ns
TCE	1,88±0,08	1,74±0,35	1,96±0,04	1,97±0,07	1,93±0,07	8,95ns
FC	1,94±0,04	1,99±0,05	1,92±0,03	1,92±0,07	1,92±0,04	2,69ns
IHS	1,75±0,29	2,32±0,79	1,98±0,22	2,09 ±0,14	2,08±0,20	19,47ns
GV	6,59±5,12	6,66±2,68	7,39±3,35	6,57±3,16	6,59±3,61	54,44ns

PF = peso final (g); CF = comprimento final (cm); SO = sobrevivência (%); GP = ganho de peso médio (g); CAA = conversão alimentar aparente; TCE = taxa de crescimento específico (%); FC = fator de condição; IHS = índice hepatossomático; GV = gordura visceral (g).  
ns = não significativo.

O peso final variou de 139,95 (5% de inclusão) a 145,94 gramas (0% de inclusão), conseqüentemente, o ganho de peso foi menor e maior nos mesmos tratamentos. A conversão alimentar aparente foi superior no tratamento que ocorreu maior mortalidade (2,5% de inclusão de glicerol), situando-se próxima em todos os outros tratamentos testados, assim como a taxa de crescimento específico dos animais que não foi influenciada pela alimentação. Por outro lado, o fator de condição mais elevado foi observado quando fornecido ração com 2,5% de inclusão de glicerol na dieta. Todavia, esses resultados ficaram bem próximos em todos os níveis adicionados à ração. O índice hepatossomático não demonstrou interação ( $P>0,05$ ) com os diferentes níveis de glicerol na dieta. Entretanto o maior valor observado está relacionado ao tratamento com adição de 2,5% do produto. A gordura visceral dos animais permaneceu próxima em todos os níveis testados, mostrando semelhança entre os tratamentos.

Os parâmetros bioquímicos sanguíneos (tabela 7) não sofreram diferenças estatísticas ( $P>0,05$ ), com exceção do HDL ( $P<0,05$ ). Por outro lado, proteínas totais, triglicérides, colesterol total, glicose, colesterol de muito baixa e baixa densidades (VLDL e LDL) foram análogos estatisticamente.

**Tabela 7.** Composição bioquímica dos parâmetros sanguíneos dos juvenis de tilápias do Nilo, alimentados com diferentes níveis de glicerol.

	Tratamentos					C.V.(%)
	0,0%	2,5%	5,0%	7,5%	10,0%	
PROT	3,94±0,57	4,41±0,83	4,29±0,74	4,27±0,37	4,17±0,45	14,59ns
TRIG	144,11±68,56	120,71±47,73	141,02±59,86	171,16±65,63	105,98±23,56	40,17ns
COLE	206,98±63,81	221,09±18,29	191,47±18,10	183,46±53,15	174,42±15,78	20,21ns
HDL	78,84±18,80a	50,70±16,22b	65,46±15,57ab	77,88±20,70a	58,98±15,86ab	26,43*
GLIC	63,42±31,72	54,26±12,97	57,36±17,05	68,29±9,46	53,84±15,55	32,55ns
VLDL	41,48±37,99	27,00±8,69	29,00±11,97	53,82±37,93	21,20±4,71	72,44ns
LDL	100,58±77,92	143,40±17,31	97,00±26,73	79,12±54,72	94,24±21,50	42,15ns

PROT = proteínas totais (g.dL<sup>-1</sup>); TRIG = triglicerídeos (mg.dL<sup>-1</sup>); COLE = colesterol total (mg.dL<sup>-1</sup>); HDL = colesterol de alta densidade (mg.dL<sup>-1</sup>); GLIC = glicose (mg.dL<sup>-1</sup>); VLDL = colesterol de muito baixa densidade (mg.dL<sup>-1</sup>); LDL = colesterol de baixa densidade (mg.dL<sup>-1</sup>).

\*Significativo em 5% pelo teste Tukey.

O conteúdo de proteínas totais no sangue dos juvenis de tilápias apresentou similaridade ( $P > 0,05$ ). Os triglicerídeos mesmo não sendo diferentes estatisticamente tiveram seu menor valor encontrado nos peixes alimentados com 10% de glicerol, assim como a concentração de colesterol, glicose e VLDL. A concentração de HDL foi superior nos tratamentos sem inclusão do glicerol e no tratamento que continha 7,5% de adição ( $P < 0,05$ ), e inferior no tratamento com conteúdo de 2,5% do alimento. Já o LDL, colesterol de baixa densidade teve menores índices nos peixes que foram alimentados com 7,5% de glicerol na dieta.

A composição centesimal dos animais pode ser visualizada na tabela 8. A umidade foi próxima em todos os tratamentos, não apresentando diferenças estatísticas. Os lipídeos apresentaram valores superiores e inferiores ( $P < 0,05$ ) quando dispostos 5 e 10% de inclusão, respectivamente. As proteínas musculares não foram diferentes entre os tratamentos, variando entre 15,03 a 15,71%, assim como as cinzas que também não apresentaram diferenças significativas por entre as diferentes inclusões do glicerol.

**Tabela 8.** Composição centesimal dos juvenis de tilápias do Nilo alimentados com diferentes níveis de glicerol.

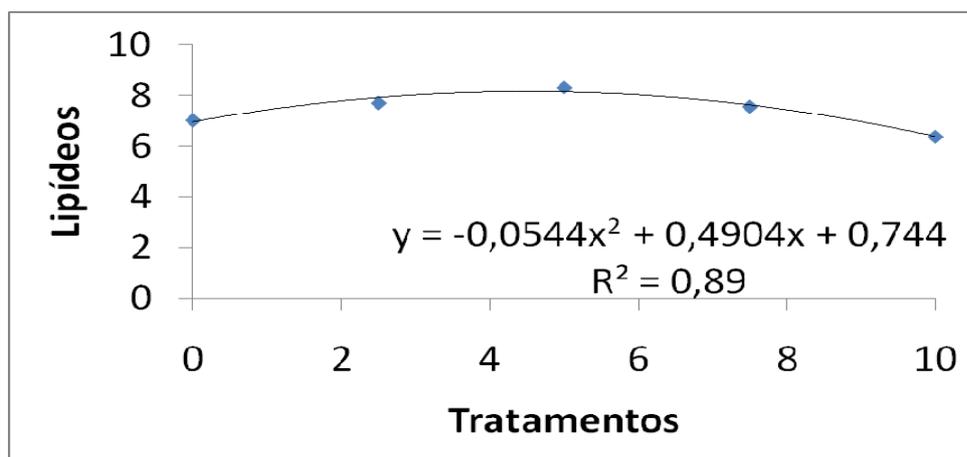
	Tratamentos					C.V.(%)
	0,0%	2,5%	5,0%	7,5%	10,0%	
Umidade	71,61±2,84	69,93±4,18	69,89±1,78	70,85±1,13	72,25±2,24	3,84ns
Lipídeos <sup>1</sup>	7,04±1,21ab	7,72±1,38ab	8,34±1,01b	7,58±1,40ab	6,39±1,49a	19,30*
Proteínas	15,58±1,68	15,71±0,75	15,59±1,17	15,36±1,10	15,03±1,18	7,74ns
Cinzas	4,88±0,72	5,22±1,76	4,62±0,70	5,04±0,72	4,93±0,78	20,39ns

\*Letras distintas na mesma linha indicam diferenças estatísticas pelo teste Tukey em 5% de significância.

ns= não significativo.

<sup>1</sup> efeito polinomial:  $y = -0,0544x^2 + 0,4904x + 0,744$ ;  $r^2 = 0,89$

O efeito polinomial observado entre os teores de lipídeos da composição centesimal e os distintos tratamentos com inclusão de glicerol na dieta estão apresentados na figura 1. A maior deposição de lipídeos, derivando a equação, está na faixa de 4,51% de glicerol, a partir desse teor. Há uma diminuição no acúmulo de gordura na carcaça das tilápias.

**Figura 1.** Efeito polinomial entre os lipídeos e os diferentes tratamentos.

## Discussão

Os peixes aproveitam eficientemente as diversas fontes de energia vegetal e animal que são comumente utilizadas em rações, inclusive o glicerol, que em até 10% de inclusão, não promoveu diferenças com os juvenis de tilápias do Nilo. Corroboram o estudo, o resultado da pesquisa de Vargas et al. (2007) com alevinos de tilápia, em que alimentando-as com diferentes fontes lipídicas, não encontraram diferenças significativas no desempenho da

espécie. Assim como o observado por Graeff e Tomazelli (2007) com carpas na fase de crescimento.

O conhecimento sobre o desempenho de peixes alimentados com glicerol ainda é incipiente, por outro lado, para suínos e aves já há informação quanto ao aproveitamento desse ingrediente. Lammers et al. (2008c) relatam que suínos em crescimento utilizam até 10% de glicerol na alimentação sem causar danos produtivos aos animais, o mesmo foi reportado por Min et al. (2010) para frangos, que com 10% de adição do produto não ocorre prejuízos produtivos. Por outro lado, Della Casa et al. (2009) relatam que para suínos em fase de terminação, 10% de inclusão ocorre queda no crescimento. Como observado no presente estudo, até o máximo em que foi incluído o produto, não houve perdas no ganho de peso dos animais, nem outro sinal clínico que compromete a hígidez dos mesmos.

Embora possa ocorrer menor ingestão de nutrientes pelos peixes quando submetidos a altos teores de energia na ração ou deposição excessiva de lipídeos na carcaça, isso não ocorreu com os juvenis de tilápias, talvez pelas formulações resultarem em dietas isoenergéticas com um balanço proteína/energia que atendessem a exigência dessa espécie, sendo próximo ao utilizado por Furuya et al. (2006). Porém, a gordura visceral nos animais foi superior a 4,0% em todos os tratamentos, que é superior ao relatado por Boscolo et al. (2004) alimentando tilápias do Nilo em fase de crescimento, com níveis crescentes de óleo de soja.

Outro fator que deve ser levado em consideração é que o glicerol gerado a partir do biodiesel sofre um processamento em que não restam ácidos graxos na sua composição, por isso, ele não deve ser um alimento substituto aos óleos, mas sim, um alimento diferencial, que pode suprir as demandas energéticas dos peixes. Provavelmente, pelo fato de não haver ácidos graxos no glicerol, houve maior deposição de gorduras nas vísceras dos animais do que os observados por Boscolo et al. (2004).

Possivelmente ocorreu o efeito poupador de proteínas (Kim & Lee, 2005), com a utilização dos lipídeos da dieta potencializando esse nutriente para o ganho de peso dos peixes, que não foi diferente entre os animais que receberam os específicos teores do glicerol na dieta.

Alimentos de origem vegetal estão sendo comumente utilizados em substituição aos alimentos de origem animal, visando a redução dos efluentes da piscicultura. Os óleos vegetais em geral apresentam várias vantagens, principalmente por ter em suas moléculas a presença de ácidos graxos que participam do metabolismo lipídico. Peng et al. (2008) estudando juvenis de black seabram, (*Acanthopagrus schlegeli*) sugerem que as misturas de

fontes energéticas vegetais e animais são eficazes. Richard et al. (2006) recomendam a utilização parcial de óleos vegetais e animais, assim como a mistura das duas fontes na nutrição do European seabass (*Dicentrarchus labrax*), sem ocorrer diminuição no desempenho produtivo dos animais mas com efeito hipocolesterolêmico.

Com relação aos parâmetros bioquímicos do sangue, os juvenis de tilápia do atual estudo seguiram o mesmo comportamento do *Leporinus macrocephalus* e foi superior ao *Prochilodus lineatus* observados por Tavares-Dias et al. (2008) quando analisados os teores de glicose e proteínas totais dessas duas espécies de peixes neotropicais que viviam em condições normais de cultivo, o que demonstra que a glicose é distinta para cada grupo de peixes e os distintos hábitos alimentares, além disso, pode-se sugerir que os animais estavam em ambientes confortáveis, isto porque a aeração nos tanques foi contínua. Para tilápias em fase de crescimento cultivadas em sistema semi intensivo, Bittencourt et al. (2003) relatam que a média de concentração de glicose é de  $60 \text{ mg.dL}^{-1}$  e de proteínas totais de  $3 \text{ g.dL}^{-1}$ , o que é similar ao observado com os juvenis de tilápias alimentados com glicerol.

Poucas são as observações a respeito dos parâmetros bioquímicos dos peixes, mas Borges et al. (2004) destacam que para machos de jundiá, os valores normais de glicose, proteínas totais, triglicerídeos, colesterol total, colesterol HDL e colesterol LDL variam de 43 a  $78 \text{ mg.dL}^{-1}$ ; 3,5 a  $4,9 \text{ g.dL}^{-1}$ ; 138 a  $546 \text{ mg.dL}^{-1}$ ; 110 a  $240 \text{ mg.dL}^{-1}$ ; 62 a  $92 \text{ mg.dL}^{-1}$ ; e 10 a  $65 \text{ mg.dL}^{-1}$ , respectivamente. Todavia, esses valores podem ser sobrepostos quando os animais são alimentados com fontes energéticas que fornecem maior conteúdo calórico e faz com que esses resultados possam oscilar como é o caso das tilápias nutridas com inclusão de glicerol.

Para tilápias híbridas (*Oreochromis hybrid*) alimentadas com uma dieta comercial, Hrubec et al. (2000) encontraram valores médios de glicose e colesterol em torno de 46 e 189 ( $\text{mg.dL}^{-1}$ ) respectivamente, porém, com intervalos que podem alcançar quantidades de 69 e 318 ( $\text{mg.dL}^{-1}$ ). O que nos permite inferir que a nutrição dos animais pode determinar a quantidade de elementos séricos constituintes. Rodrigues et al. (2010) alimentando pacus com fontes de fibras observaram menores teores de colesterol nos peixes alimentados com menor quantidades de fibras, já os triglicerídeos não tiveram diferenças. Segundo Baldisserotto (2002), o colesterol é formador de hormônios esteróis, responsáveis pelo crescimento dos peixes, e quando há redução do crescimento, ocorre maior acúmulo da concentração de colesterol sanguíneo. No atual estudo, esse parâmetro não foi evidenciado, pois não ocorreu diferenças significativas nos parâmetros de desempenho dos animais, inclusive os mesmos

continuaram ganhando peso até o dia em que o experimento terminou, ou seja, o ganho de peso dos animais foi constante, assim como os teores de colesterol no sangue dos animais.

O colesterol é um precursor de hormônios e vitaminas necessários para os processos vitais de reprodução e manutenção da saúde dos animais (Caula et al., 2008), porém o seu excesso de ingestão de alimentos que contém colesterol provoca aumento da concentração na corrente sanguínea, contribuindo para sua deposição na corrente sanguínea. Todavia, valores concretos desse elemento para peixe é desconhecido, e geralmente se faz comparações com os diferentes métodos de cultivos, sobretudo quando alimentados com alimentos energéticos. Portanto, acredita-se que as tilápias embora apresentem maior quantidades de colesterol LDL ao HDL, se encontram em condições normais de saúde, fato este que pode ser comprovado pelos valores do fator de condição que os peixes de cada tratamento apresentaram, ou seja, as condições em que os animais estavam submetidos não era maléfica, também expressada pelo ganho de peso dos indivíduos.

A composição centesimal do pescado tem grande importância para a padronização dos produtos alimentares a base de critérios nutricionais, principalmente, sob o ponto de vista das unidades beneficiadoras (Macedo-Viegas et al., 2002). A composição dos animais foi distinta apenas para o conteúdo lipídico, e o valor apresentado é superior ao reportado por Francis et al. (2006) que observaram teores de lipídeos em torno de  $50,0 \text{ mg.g}^{-1}$  (5,0%) em juvenis de *Maccullochella peelii peelii*, já o teor protéico e de cinzas foi próximos nos dois estudos, por outro lado a umidade foi superior, o que pode estar relacionado a fonte de óleo utilizada, e provavelmente o glicerol tenha a capacidade de reter a umidade da carne dos peixes, como pode ser observado na tabela 8.

Outro fato que pode ter contribuído para não ocorrer diferenças ou maior acúmulo de gordura na carcaça dos animais é devido as rações serem constituídas de forma a se apresentarem isoenergéticas, ou seja, embora houve maior inclusão de glicerol entre os tratamentos, a mesma foi formulada para atender 3135 kcal de energia digestível por kg da ração. Houve relação inversa entre umidade e lipídeos, porém isso pode variar entre as espécies, hábitos alimentares, idade, sexo, estação do ano e principalmente pelo alimento ofertado aos animais.

Como as análises centesimais foram realizadas com o peixe inteiro, o conteúdo de cinzas pode ser influenciado pela cabeça, pele, espinhas, coluna vertebral e nadadeiras, aumentando os índices de matéria mineral na carcaça. Porém, esses valores ainda são inferiores quando o peixe é submetido a processos de defumação onde a matéria mineral pode

atingir 10% da constituição corporal (Feiden et al., 2009), e superior quando comparados a análises do filé (Simões et al., 2007).

Dessa forma, há variação do aproveitamento e utilização dessa fonte energética conforme a espécie animal e seu respectivo tamanho. Todavia, as tilápias aproveitam bem essa fonte, ressaltada pelo ganho de peso que não apresentou diferenças, e dessa forma, devido a disponibilidade do produto, o mesmo poderá ser incluso em rações para suprir a demanda energética que esteja escassa sem causar prejuízo no desempenho e higidez dos peixes.

### Referências bibliográficas

Baldisserotto, B. (2002) Fisiologia de peixes aplicado a piscicultura. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 211p.

Borges, A., Scotti, L.V., Siqueira D.R., Jurinitz, D.F., & Wassermann, G.F. (2004) Hematologic and serum biochemical values for jundiá (*Rhamdia quelen*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 30, 21-25.

Boscolo, W.R., Hayashi, C., Meurer, F., Feiden, A. & Wolff, L. (2004) Desempenho e características de carcaça de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) alimentadas com rações contendo diferentes níveis de gordura. *Acta Sci. Anim. Sci.*, 26, 443-447.

Caula, F.C.B., Oliveira, M.P., Maia, E.L. (2008) Teor de colesterol e composição centesimal de algumas espécies de peixes do estado do Ceará. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 28, 959-963.

Chi, Z., Pyle, D., Wen, Z., Frear, C. & Chen, S. (2007) A laboratory study of producing docosahexaenoic acid from biodiesel-waste glycerol by microalgal fermentation. *Process Biochemistry*, 42, 1537-1545.

Dasari, M. (2007) Crude glycerol potential described. *Feedstuffs Reprint*, 79, 1-3.

Della Casa, G., Bochicchio, D., Faeti, V., Marchetto, G., Poletti, E., Rossi, A., Garavaldi, A., Panciroli, A. & Brogna, N. (2009). Use of pure glycerol in fattening heavy pigs. *Meat Science*, 81, 238-244.

- Dozier, W.A., Kerr, B.J., Corzo, M.T., Kidd, T.E., Weber, K. & Bregendahl K. (2008) Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. *Poultry Science*, 87, 317–322.
- El Sayed, A.F.M. & Kawanna, M. (2008) Effects of dietary protein and energy levels on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock in a recycling system. *Aquaculture*, 280, 179-184.
- Emmanuel, B., Berzins, R. & Robblee, A.R. (1983) Rates of entry of alanine and glycerol and their contribution to glucose synthesis in fasted chickens. *Br. Poult. Sci.*, 24, 565-571.
- Feiden, A., Massago, T., Boscolo, W.R., Signor, A.A., Zorzo, A.L., Weirich, C.E. (2009) Rendimento e análise bromatológica do lambari do rabo vermelho *Astyanax sp* (Pisces: Characidae) submetido ao processo de defumação. *Semina*, 30, 859-866.
- Francis, D.S., Turchini, G.M., Jones, P.L. & De Silva, S.S. (2006) Effects of dietary oil source on growth and fatty acid composition of Murray cod, *Maccullochella peelii peelii*. *Aquaculture*, 253, 547-556.
- Furuya, W.M., Santos, V.G., Silva, L.C.R., Furuya, V.R.B. & Sakaguti, E.S. (2006) Exigências de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-Nilo. *Rev. Bras. Zootec.*, 35, 937-942.
- Graeff, A. & Tomazelli, A. (2007) Fontes e níveis de óleos na alimentação de carpa comum (*Cyprinus carpio*, L.) na fase de crescimento. *Ciência e Agrotecnologia*, 31, 1545-1551.
- Hrubec, T.C., Cardinale, J.L. & Smith, S.A. (2000) Hematology and plasma chemistry reference intervals for cultures tilapia (*Oreochromis hybrid*). *Veterinary Clinical Pathology*, 29, 7-12.
- Instituto Adolfo Lutz, *Métodos físico-químicos para análises de alimentos*. (2008) Edição IV.1ª Edição digital. Zenebon, O., Pascuet, N.S. & Tiglea, P. (org.). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 1020 p.

Kerr, B.J. & Dozier, W.A. (2008) Crude glycerin for monogastrics feeds. *Render Magazine*, 37, 10-11.

Kim, L.O. & Lee, S.M. (2005) Effects of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of bagrid catfish, *Pseudobagrus fulvidracus*. *Aquaculture*, 243, 323-329.

Lammers, P.J., Kerr, B.J., Weber, T.E., Dozier, W.A., Kidd, M.T., Bregendahl, K. & Honeyman, M.S. (2008a) Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 86, 602-608.

Lammers, P.J., Kerr, B.J., Honeyman, M.S., Stalder, K., Dozier, W.A., Weber, T.E., Kidd, M.T. & Bregendahl K. (2008b) Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. *Poult. Sci.*, 87, 104-107.

Lammers, P.J., Kerr, B.J., Weber, T.E., Bregendahl, K., Lonergan, S.M., Prusa, K.J., Ahn, D.U., Stoffregen, W.C., Dozier, W.A. & Honeyman, S. M. (2008c). Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerin-supplemented diets. *J. Anim. Sci.*, 86, 2962-2970.

Macedo-Viegas, E.M., Souza, M.L.R., Zuanon, J.A.S., Faria, R.H.S. (2002) Rendimento e composição centesimal de filés *in natura* e pré-cozido em truta arco-íris, *Oncorhynchus mykiss* (Wallbaum). *Acta Scientiarum. Animal Science*, Maringá, 24, 1191-1195.

Mackereth, J.F.H., Heron, J. & Talling, J.F. (1978) *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Freshwater Biological Association, 36, 121 p.

Min, Y.N., Yan, F., Liu, F.Z., Coto, C. & Waldroup, P.W. (2010). Glycerin-A new energy source for poultry. *Int. J. Poult. Sci.*, 9, 1-4.

Peng, S., Chen, L., Qin, J.G., HOU, J., Yu, N., Long, Z., Ye, J. & Sun, X. (2008) Effects of replacement of dietary fish oil by soybean oil on growth performance and liver biochemical composition in juvenile black seabram (*Acanthopagrus schlegeli*). *Aquaculture*, 276, 154-161.

Richard, N., Mourente, G., Kaushik, S. & Corraze, G. (2006) Replacement of a large portion of fish oil by vegetable oils does not affect lipogenesis, lipid transport and tissue lipid uptake in European seabass (*Dicentrarchus labrax*, L.). *Aquaculture*, 261, 1077-1087.

Ridha, M.T. & Cruz, E.M. (2001) Effect of biofilter media on water quality and biological performance of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. reared in a sample recirculating system. *Aquac. Eng.*, 24, 157-166.

Rodrigues, R.A., Fernandes, J.B.K., Fabregat, T.E.H.P., Sakomura, N.K. (2010) Desempenho produtivo, composição corporal e parâmetros fisiológicos de pacu alimentado com níveis crescentes de fibra. *Pesq. Agropec. Bras.*, 45, 897-902.

Rosebrough, R.W., Geis, E., James, P., Ota, H. & Whitehead, J. (1980) Effects of dietary energy substitutions on reproductive performance feed, efficiency and lipogenic enzyme activity on large white turkey hens. *Poult. Sci.*, 59, 1485-1492.

SAS Institute Inc. *SAS User's guide statistics*. (2004) 9<sup>a</sup> ed, Cary, North Caroline: SAS Institute Inc., 9.1.3.

Simões, M.R., Ribeiro, C.F.A., Ribeiro, S.C.A., Park, K.J., Murr, F.E.X. (2007) Composição físico-química, microbiológica e rendimento do filé de tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*). *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 27, 608-613.

Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. (1972) *A practical handbook of sea water analysis*. Fish Res. Board of Canada, Ottawa, 310p.

Vargas, R.J., Souza, S.M.G., Tognon, F.C., Gomes, M.E.C. & Kessler, A.M. (2007). Desempenho de alevinos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídeos. *R. Bras. Agrociência*, 13, 377-3