

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

PEDRO OLIVEIRA MOREIRA

Óleo de soja, pré e pós processamento de rações para tilápia do Nilo
(*Oreochromis niloticus*)

Toledo

2014

PEDRO OLIVEIRA MOREIRA

Óleo de soja, pré e pós processamento de rações para tilápia do Nilo
(*Oreochromis niloticus*)

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

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo

Toledo

2014

Ficha Catalográfica - Elemento obrigatório* (APÓS CORREÇÕES-CÓPIA FINAL)

*Elaborado somente pela Biblioteca da UNIOESTE

FOLHA DE APROVAÇÃO

PEDRO OLIVEIRA MOREIRA

Óleo de soja, pré e pós processamento de rações para tilápia do Nilo
(*Oreochromis niloticus*)

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

COMISSÃO JULGADORA

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

Prof. Dr. Fabio Bittencourt
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Arcangelo Augusto Signor
Instituto Federal do Paraná

Aprovada em: 25 de fevereiro de 2014.

Local de defesa: Sala de treinamento do GEMAQ/*Campus* de Toledo.

Agradecimentos

A Deus, por tudo.

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná pela oportunidade concedida.

Agradeço à minha amada Rachel, pelo apoio, auxílio incansável sempre que precisei e principalmente pelos nossos filhos Lucas e Laura. Sou muito feliz ao lado de vocês.

Aos meus pais, Roberto e Eliane, por me apoiarem incondicionalmente nesta jornada. E aos meus irmãos Marcelo e Roberto. Minha gratidão não tem tamanho.

Aos meus avós, Ary, Yolanda, Orlando e Iole, pela experiência compartilhada, que muito me auxiliou.

Ao Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo por me aceitar como seu orientado.

E um agradecimento especial ao pessoal do GEMaQ, pelo auxílio nos experimentos e principalmente pela amizade.

Obrigado a todos.

Epígrafe

“Loucura é fazer duas vezes a mesma coisa e torcer para dar o mesmo resultado.”

Albert Einstein.

Óleo de soja, pré e pós processamento de rações para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Resumo - O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes formas de aplicação do óleo de soja em rações para tilápia do Nilo. Foram avaliados parâmetros de desempenho produtivo, composição centesimal do filé e bioquímica do sangue. Foram utilizados 192 peixes com peso médio de $15,34 \pm 0,6$ g e comprimento total de $8,61 \pm 2,11$ cm em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições. Os animais foram alimentados, por um período de 61 dias, com rações contendo o mesmo nível de inclusão de óleo de soja (3%) em três formas de aplicação: óleo pós extrusão, óleo anterior a extrusão, óleo anterior (50%) e posterior (50%) a extrusão e uma dieta controle isenta de óleo de soja. Os dados foram submetidos ao teste de homogeneidade e normalidade, a análise de variância (ANOVA) e teste de média Tukey em 5% de significância. Para os parâmetros de desempenho produtivo, bioquímicos e de composição centesimal não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre as três diferentes formas de aplicação do óleo de soja. No entanto, a dieta controle apresentou os menores resultados ($P < 0,05$) de desempenho produtivo e de triglicerídeos em relação às dietas que continham óleo de soja. O uso do óleo de soja concomitante ao de uma fonte de carboidrato proporcionou um melhor desempenho dos animais. As diferentes formas de aplicação do óleo de soja, para juvenis de tilápia do Nilo, não interferem nas variáveis analisadas.

Palavras chave: espécie exótica; lipídio; processamento de rações.

SOYBEAN OIL USED PRE AND POST PROCESSING DIETS FOR NILE TILAPIA

Abstract – The aim of this study was to evaluate the influence of different application forms of soybean oil in diets for Nile tilapia. We evaluated the performance parameters, file chemical composition and blood biochemistry. The animals were fed with diets containing the same inclusion level of soybean oil (3%) in three application forms: oil after extrusion, oil before extrusion, oil before (50%) and after (50%) extrusion and one control diet without soybean oil. The data were submitted to homogeneity and normality test, analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test at 5% of significance. There were no significant difference ($P>0.05$) for the parameters of performance, chemical composition and blood biochemistry among the three different forms of soybean oil application. However, the control diet showed the lowest values ($P<0.05$) of performance and triglycerides in relation to the diets with soybean oil. The use of soybean oil concomitant to a source of carbohydrate provided better performance of the animals. The different application forms of soybean oil, for Nile tilapia juveniles, not interfere in the analyzed variables.

Keywords: exotic species, lipid, feed processing

Dissertação de Mestrado elaborado e formatado conforme as normas da publicação científica da revista *Boletim Instituto de Pesca*. Disponível em: <<http://www.pesca.sp.gov.br/siteOficialBoletim.php>>.

Sumário

1. Introdução	12
2. Objetivo Geral	13
2.1 <i>Objetivos específicos</i>	14
3. Revisão.....	14
3.1 <i>Estado Atual da Pesca e Aquicultura</i>	14
3.2 <i>Espécie Estudada</i>	15
3.3 <i>Lipídeos e Carboidratos na Alimentação de Peixes</i>	16
3.4 <i>Lipídios</i>	17
3.5 <i>Carboidratos</i>	21
3.6 <i>Processamento de Rações</i>	24
4. Material e métodos	25
5. Resultados e Discussão.....	28
6. Conclusão	33
7. Referências.....	34

1. Introdução

Durante a última década, a aquicultura demonstrou um crescimento constante, alcançando 70% da produção mundial oriunda da pesca marinha e continental (FAO, 2012). Tendo em vista o panorama atual da pesca extrativa, bem como a importância da carne do pescado na alimentação humana, políticas que visem à geração de tecnologias com o objetivo de aumentar a produção aquícola são cada vez mais necessárias (Resende *et al.*, 2008). Nesse contexto a viabilidade econômica da produção de organismos aquáticos está associada entre outros aspectos, ao manejo e gerenciamento, sendo preciso observar também a quantidade e qualidade da água, densidade e o tipo de ração utilizada (Carvalho *et al.*, 2010).

Os peixes, como todos os animais, necessitam de energia para a manutenção dos seus processos fisiológicos vitais como natação, crescimento, reprodução entre outras funções. A energia utilizada pelos peixes provém do metabolismo dos carboidratos, lipídios e aminoácidos, para manutenção e desenvolvimento do organismo (Sargent *et al.*, 2002).

Um dos fatores que influenciam a intensificação do cultivo de peixes é o alto custo das rações que perfazem entre 40 e 70% dos custos de produção (Scorvo Filho *et al.*, 2010). Dessa forma, o adequado balanceamento da dieta é fundamental para o bom desempenho dos peixes e para a viabilidade econômica do cultivo.

A maneira mais fácil de aumentar o conteúdo de energia das rações é adicionando-se triglicerídeos, gorduras e óleos (Bertechini, 1997). No entanto, Cyrino (1995) relata que quanto maior o nível de inclusão de lipídios na ração, maior o depósito de gordura no peixe. Boscolo *et al.* (2006), testaram níveis de 3.300, 3.525, 3.750, 3.975 e 4.200 kcal/kg de energia digestível para larvas de tilápia-do-nilo e observaram que, quanto maior os níveis de energia proveniente do óleo de soja, menor a digestibilidade do amido e pior o desempenho das larvas, demonstrando que rações com alto teor de óleo de soja influenciam negativamente o desempenho produtivo.

Em mamíferos, sabe-se que os ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) podem interferir no metabolismo de carboidratos e lipídios (Worgall et al., 1998). Pesquisas feitas com salmão (*Salmo salar*) mostraram que os níveis de mRNA para receptores de glicose GLUT 4 no músculo branco foram modificados pelas dietas contendo diferentes ácidos graxos (Menoyo et al., 2006).

Embora não tenha sido estabelecida nenhuma exigência específica de carboidratos para os peixes, alguma forma de carboidrato digestível deve ser incluída na dieta (NRC, 2011). Os carboidratos como fonte de energia na dieta de animais domésticos é utilizada com sucesso. Sua utilização também é importante por permitir que ocorra a extrusão do pelete durante o processamento.

O processamento de rações é uma prática que visa melhorar a qualidade do alimento ou ração, melhorando a digestibilidade do nutrientes, destruindo ou inibindo a atividade de fatores antinutricionais, proporcionando melhor desempenho dos peixes (Rockey et al., 2010). A tecnologia da extrusão tornou-se muito utilizada para a produção de ração para organismos aquáticos, pois permitiu a utilização de uma maior diversidade de alimentos, propiciando rações de melhor qualidade (Davis e Arnold, 1995).

A inclusão de óleo na ração é prática comum na nutrição animal, no entanto, pelo fato do óleo interferir na expansão do amido, seu uso antes da extrusão é limitado. Para concluir a inclusão, se faz um banho de óleo na ração após a extrusão, prática que também contribui para melhor aparência do produto e diminui a porcentagem de finos na ração.

Este trabalho tem por objetivo avaliar diferentes formas de inclusão do óleo de soja sobre o desempenho de juvenis de tilápia do Nilo.

2. Objetivo Geral

O presente trabalho tem por objetivo, avaliar a forma de aplicação do óleo de soja, anterior e/ou após o processamento, para alimentação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

2.1 Objetivos específicos

- Avaliar o desempenho produtivo da tilápia do Nilo alimentada com rações contendo 3% de inclusão de óleo de soja;
- Avaliar o rendimento de carcaça, a porcentagem de gordura visceral, índice hepatossomático e composição química da tilápia do;
- Avaliar as variáveis hematológicas (colesterol e triglicerídeo) para a tilápia do Nilo.

3. Revisão

3.1 Estado Atual da Pesca e Aquicultura

A produção mundial de peixes oriundos de captura e da aquicultura alcançou cerca de 154 milhões de toneladas em 2011, sendo que 130 milhões foram destinados à alimentação humana (FAO, 2012). Em 2013 o Brasil ocupou a posição número 19 no ranking dos maiores produtores, com aproximadamente 0,75% da produção mundial oriunda da pesca e aquicultura (MPA, 2103).

No ranking mundial de consumo per capita a Ásia consumiu 2/3 de todo o pescado destinado a alimentação humana (20,7 Kg/ano). A América Latina e Caribe apresentaram um consumo de 9,9 kg/ano (FAO, 2012). O Brasil nos últimos oito anos aumentou o consumo de 4,0 para 9,0 kg per capita/ano, mas ainda está longe dos 12 kg que a OMS recomenda por habitante por ano (ONU, 2013).

Na última década a pesca marinha teve seu crescimento estagnado enquanto a aquicultura alcançou um recorde histórico em 2010, com uma produção mundial de cerca de 60 milhões de toneladas, onde 66% desta produção foi utilizado rações, o que destaca a importância de dietas balanceadas para o crescimento da aquicultura mundial (FAO, 2012). De acordo com o MPA (2013) no triênio 2009-2011 a produção aquícola brasileira recebeu um incremento de 51,2%, com a maior parcela sendo

oriunda da piscicultura continental com 86,6% do total da produção. A produção aquícola nacional em 2011 foi de 628.704 toneladas de pescados, e a tilápia do Nilo respondeu por aproximadamente 40%.

O Brasil possui condições favoráveis para o desenvolvimento da aquicultura, tem um volume estimado de 5,3 milhões de hectares de grandes reservatórios naturais e artificiais, considerado junto às condições climáticas adequadas e a disponibilidade de rações completas para a piscicultura, representam um potencial de expansão da criação intensiva de peixes de água doce no país (Zaniboni Filho e Sampaio, 2004). Se utilizado apenas 1% do potencial hídrico para criação de organismos aquáticos, o Brasil seria o maior produtor de pescados do mundo, porém, atualmente é o segundo em produção sul-americana, perdendo para o Chile (Scorvo Filho *et al.*, 2010).

3.2 Espécie Estudada

Nativas da África, Israel e Jordânia, as tilápias se espalharam pelo mundo nos últimos 50 anos e hoje são produzidas em mais de 100 países em diversos climas, sistemas de produção e salinidade (Zimmermann e Fitzsimmons, 2004).

As tilápias (*Oreochromis niloticus*) foram introduzidas no Brasil pela Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, em 1952, para conter a proliferação de macrófitas aquáticas em represas (Ostrensky *et al.*, 2008). Alimentam-se dos níveis primários da cadeia trófica, aceitam grande variedade de alimentos e respondem com a mesma eficiência à ingestão de proteínas de origem vegetal e animal, características que conferem vantagens produtivas à espécie (Takishita *et al.*, 2009).

De hábito alimentar onívoro, tem preferência por itens vegetais, cuja digestão é favorecida pelo baixo pH estomacal e elevado comprimento intestinal, além de uma ampla distribuição de enzimas digestivas ao longo do intestino, que permite a assimilação de uma grande variedade de itens alimentares (Tengjaroenkul *et al.*, 2000).

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma das espécies mais promissoras para a piscicultura por apresentar rápido crescimento em sistema intensivo, rusticidade e por possuir carne com boas características organolépticas e filé sem espinhos intramusculares (Botaro, 2007). A tilápia tem como principal produto da industrialização o filé, com boa aceitação por não apresentar espinhas em “Y”.

A tilápia se consolidou como uma das espécies com maior potencial para aquicultura, tanto pelas suas características quanto pelo grande número de informações sobre sua biologia e zootecnia, que permitem excelentes condições de produção. Em 2012 foi a espécie de peixe mais cultivada no Brasil. Dados recentes do MPA (2013) indicam que sua produção supera 250.000 toneladas. O grupo das tilápias é o segundo mais produzido no mundo, ficando atrás apenas das carpas (FAO 2012).

Devido seu destaque na aquicultura, a tilápia do Nilo é alvo de diversos estudos básicos com relação a sua nutrição, como por exemplo, novos ingredientes e suas inclusões na dieta, no entanto, o processamento ou as formas de inclusão de ingredientes, muitas vezes não recebem a devida atenção, fator este que pode interferir diretamente na qualidade do produto extrusado e que pode permitir um melhor desempenho produtivo dos animais com custo mínimo.

3.3 Lipídeos e Carboidratos na Alimentação de Peixes

A quantidade e o tipo de gordura dietética são particularmente importantes na composição corporal e no desempenho do pescado produzido. A quantidade de gordura na carcaça do pescado é primariamente determinada pela relação energia:proteína da dieta, desta forma, níveis adequados de carboidratos e lipídios nas dietas são fatores determinantes do sucesso da criação (Pezzato *et al.*, 2004).

O bom desempenho de um peixe, entre outros fatores, é dependente do balanço entre energia digestível (ED) e proteína bruta (PB), ED:PB da ração. O excesso de energia pode levar a uma inibição do consumo antes que o animal tenha ingerido a quantidade de proteína necessária para o seu desenvolvimento, além de

levar a um acúmulo desnecessário de gordura, característica indesejável para peixes criados em cativeiro (NRC 2011).

Proteínas, carboidratos e lipídios são combustíveis metabólicos que podem ser utilizados para a obtenção de energia. Entretanto os lipídios possuem elevado valor calórico, liberando energia disponível para os peixes a aproximadamente $38,5 \text{ kJ g}^{-1}$, enquanto proteínas ($23,6 \text{ KJ g}^{-1}$) e os carboidratos ($17,3 \text{ KJ g}^{-1}$) possuem menor densidade energética (Glencross, 2009). Por esse motivo os lipídios são o nutriente mais eficiente para a obtenção de energia.

Enquanto nos peixes carnívoros os lipídios correspondem à principal fonte de energia, seguido das proteínas, para algumas espécies herbívoras e/ou onívoras, como a tilápia do Nilo, alimentos com polissacarídeos complexos são consumidos e conseguem ser digeridos e aproveitados como fonte energética.

3.4 Lipídios

A bibliografia sobre lipídio em peixes é vasta e bastante incompleta, desta forma, muitos aspectos do seu metabolismo são desconhecidos ou deduzidos do conhecimento sobre mamíferos. Além disso, muito do conhecimento atual sobre a nutrição lipídica dos peixes foi gerado por estudos visando o desenvolvimento da aquicultura de espécies de águas frias e temperadas (Garcia *et al.*, 2012).

Os ácidos graxos são os principais constituintes dos lipídeos, aos quais conferem suas propriedades gerais. São obtidos a partir da hidrólise de gorduras e óleos naturais e classificados, conforme a cadeia carbônica, quando não apresentam duplas ligações entre carbonos (denominados ácidos graxos saturados), ou apresentando uma ou mais duplas ligações entre carbonos (denominados ácidos graxos mono e poliinsaturados, respectivamente) (Kampbell, 2000).

Para a absorção de lipídios ocorre a ação dos sais biliares produzidos pelo fígado. Estes sais têm uma ação detergente sobre os lipídios, e formam as micelas que facilitam a atuação das enzimas digestivas, lipases e fosfolipases, que atuam sobre lipídios e fosfolipídios, respectivamente. Os lipídeos são absorvidos principalmente na forma de ácidos graxos e monoglicerídeos. Os ácidos graxos de cadeia curta, de

cadeia longa e monoglicerídeos são absorvidos por difusão pelo enterócito onde ocorre a ressíntese de triglicerídeos no citoplasma através da formação dos quilomícrons (união de triglicerídeos a lipoproteínas, juntamente com colesterol, fosfolípidios e vitaminas lipossolúveis) os quais através de exocitose, são enviados para fora da célula (Baldisserotto, 2009).

A composição lipídica e o perfil de ácidos graxos dos tecidos animais podem variar de acordo com a habilidade da espécie em metabolizar um dado lipídio e pela composição do alimento da dieta (Olsen *et al.*, 2004). Em peixes, assim como em outras espécies de animais monogástricos, a composição lipídica tecidual reflete a alimentação e pode ser alterada pela manipulação da dieta (Ribeiro *et al.*, 2008).

Conforme destacado por Sargent *et al.* (2002) além da composição da dieta, a especificidade de oxidação de ácidos graxos pelos peixes é um fator importante na determinação do perfil dos ácidos graxos depositados nos tecidos. De forma geral, observa-se que as exigências nutricionais em ácidos graxos essenciais variam com a espécie, tamanho do peixe, temperatura da água, entre outras.

A interação entre alguns ácidos graxos pode interferir na sua absorção e metabolização, como é o caso do ácido aracdônico (AA) e do ácido eicosapentenóico (EPA), onde o AA é o principal substrato para a produção de eicosanóides, sendo que os produtos derivados deste ácido graxo são biologicamente mais ativos que os eicosanóides derivados de outros ácidos graxos poli insaturados (PUFA) C20, como o EPA (Jump, 2002). Além disso, ocorre uma competição entre o AA e os outros C20 PUFA, principalmente com o EPA pelo sistema de enzimas que formam os eicosanóides, como as prostaglandinas, prostaciclina, tromboxanos, leucotrienos, lipoxinas entre outros (Sargent *et al.*, 2002; Jump, 2002).

Pezzato *et al.* (2004) relatam que as fontes de lipídios mais utilizadas na alimentação de animais de produção são os de origem vegetal, como o óleo de soja, por apresentarem preço mais acessível. Os óleos e as gorduras são fontes energéticas facilmente encontradas no mercado e apresentam altas taxas de energia e considerável quantidade de ácidos graxos essenciais (Meurer *et al.* 2002; Boscolo *et al.*, 2006).

Dentre as fontes de energia utilizadas pelos peixes, os lipídios se destacam por seu elevado valor energético, por sua aplicabilidade na confecção de dietas comerciais e por sua função transportadora de vitaminas lipossolúveis A, D, E e K (Pezzato *et al.*, 2004). Ribeiro *et al.* (2008) destacam que além de importante fonte de energia, os lipídeos são uma importante fonte de ácidos graxos essenciais.

Os lipídeos são responsáveis pelo bom funcionamento das membranas celulares, que são compostas tipicamente por uma bicamada de lipídios, sendo os fosfolipídeos e seus ácidos graxos os principais constituintes da membrana (Lehninger *et al.*, 2002). Os principais ácidos graxos que formam os fosfoglicerídeos das membranas de peixes são 16:0, 18:1 n9, EPA e docosaexenóico (DHA), onde os ácidos graxos altamente insaturados (HUFA) – n3 representam 50% dos fosfolipídeos dos peixes (Sargent *et al.*, 2002).

Estudos têm demonstrado que as exigências de ácidos graxos essenciais nos peixes diferenciam consideravelmente entre as espécies. Segundo Sanches (2004), além dos níveis adequados de lipídeos, é fundamental o perfil de ácidos graxos essenciais na dieta para a promoção de bom desempenho dos peixes. Os metabólitos dos ácidos graxos linoléico (LA), linolênico (LNA), AA, EPA e DHA, são os ácidos graxos precursores das moléculas biologicamente ativas, necessárias para muitos processos fisiológicos, sendo considerados essenciais quando não são sintetizados pelo organismo ou quando o seu ácido graxo C18 homólogo não satisfaz a exigência em ácido graxo essencial (Tocher, 2010).

Pouco são os estudos desenvolvidos sobre as exigências lipídicas das espécies tropicais de água doce. Martino *et al.* (2002), com ensaios preliminares com espécimes selvagens e criadas em cativeiro de pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*), observaram que a concentração de ácidos graxos 18:2, n-6 nos peixes confinados eram consideravelmente altas (24% do teor de lipídio) enquanto nos animais selvagens a concentração ficou em torno de 6,4% do total de lipídios. Resultados que podem ser explicados pela presença deste ácido graxo na dieta e sua consequente incorporação no tecido adiposo corporal.

A tilápia do Nilo necessita de quantidades iguais de 18:2 e 18:3, enquanto o bagre do canal e a truta arco-íris exigem ácidos graxos da série n-3 em maior

quantidade (Garcia *et al.*, 2012). Essas diferenças podem ser explicadas pelo fato de ácidos graxos essenciais serem componentes dos fosfolipídeos das membranas, que devem estar em estado fluido para o bom funcionamento em diversas temperaturas. A fluidez da membrana depende do balanço adequado de ácidos graxos essenciais saturados e insaturados que compõe os fosfolipídeos presentes, o papel do n-3 é de manter a fluidez da membrana a baixas temperaturas (Fracalossi e Lovell, 1995).

De acordo com Boscolo *et al.* (2002), o óleo de soja apresenta 8.485 kcal/kg de energia digestível e 89,85% de digestibilidade aparente (CDA), demonstrando que a tilápia absorve eficientemente a energia desta fonte alimentar. Boscolo *et al.* (2006), trabalhando com dietas com diferentes níveis de inclusão observou que aquelas com altos teores de lipídio podem influenciar negativamente o metabolismo animal e a composição da carcaça, com acúmulo indesejável de gordura, além de dificultar e encarecer o processo de extrusão da dieta.

Murray *et al.* (1977) sugeriram que altos níveis de lipídeos nos ingredientes podem reduzir a digestibilidade das proteínas para peixes. No entanto, a redução na digestibilidade da proteína em ingredientes com altos níveis de lipídios pode estar relacionada à formação de peróxidos (complexos proteico-lipídicos oxidados) que ocorrem em ingredientes com alto teor de gordura, seja pela qualidade da gordura utilizada ou pelo processo a que foi submetida a dieta. Meurer *et al.* (2002) observou que a tilápia não utiliza eficientemente os lipídios como fonte energética em níveis acima de 5% da dieta, aumentando a deposição de gordura corporal e destaca a importância de níveis adequados de inclusão para a dieta da espécie.

Segundo Sakabe (2007), a inclusão dos óleos de soja degomado e de linhaça, ricos em ácidos graxos, linoléico e linolênico respectivamente nas dietas experimentais não promoveram melhora no desempenho de tilápias entre os tratamentos contendo 100% OS; 75% OS + 25% OL; 50% OS + 50% OL; 25% OS + 75% OL e 100% OL. Desta forma a relação custo benefício é preponderante para a escolha do óleo de soja como fonte de ácidos graxos para dieta da tilápia de Nilo no estudo dos parâmetros de desempenho produtivo, em concordância com NRC (2011), que destaca a importância do LA para a tilápia do Nilo. Sargent *et al.* (2002), destaca que

os lipídios presentes nas sementes de oleaginosas tem o ácido graxo linoléico (LA) como principal PUFA. .

3.5 Carboidratos

Entre os nutrientes de relevância na nutrição, os carboidratos representam uma preocupação para a piscicultura, uma vez que seu aproveitamento é bastante variável em função do hábito alimentar, clima da região, tipo de carboidrato e forma como é processado (Vieira *et al.*, 2003). O grupo de ingredientes de origem vegetal ricos em carboidratos, geralmente amido e polissacarídeos não amiláceos, são predominantes, apresentam grande potencial de utilização em dietas para peixes, tendo em vista sua disponibilidade como produto e subproduto da agroindústria aliado a baixo custo, o que representa considerável economia na formulação de dietas (Fracalossi *et al.*, 2012).

Segundo Lehninger (2002) existem três classes principais de carboidratos: monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos. O monossacarídeo mais abundante é a glicose, molécula de combustível mais importante para a maioria dos organismos. Os oligossacarídeos consistem de cadeias de dois a dez unidades de monossacarídeos. E os polissacarídeos consistem em cadeias muito longas de unidades de monossacarídeos, na maioria das vezes um único monossacarídeo se repete inúmeras vezes, por exemplo, o amido que é formado por unidades repetidas de glicose.

O NRC (2011) proteínas e lipídeos são fontes de energia altamente disponíveis para peixes. E embora os peixes não tenham exigências dietéticas específicas por carboidratos, a inclusão deste nutriente na formulação de dietas constitui importante fonte de energia, que pode reduzir o catabolismo de proteínas para gerar energia e para a gliconeogênese, e assim minimizar a emissão de compostos nitrogenados na água (Fracalossi *et al.*, 2012).

No ambiente natural aquático, onde as fontes de carboidratos são relativamente escassas, os sistemas digestório e metabólico dos peixes se adaptaram para utilizar proteína e lipídio como fonte energética (Garcia *et al.*, 2012). Entretanto,

algumas espécies, além das proteínas e lipídios, utilizam os carboidratos como fonte de energia. Como exemplo, a tilápia do Nilo, espécie onívora de água quente que digere cerca de 70 % da energia bruta do amido cru. Sendo que a digestibilidade do amido pode ser aumentada com o processamento da dieta para obtenção do amido gelatinizado (NRC, 2011).

Uma grande quantidade de enzimas é produzida pelo pâncreas e secretada no intestino e nos cecos pilóricos (quando houver), como amilases que quebram os carboidratos (Baldisseroto, 2009). A atividade da enzima digestiva amilase é detectada em todos os peixes de importância econômica, porém, amplamente variável em função do hábito alimentar (Hidalgo *et al.*, 1999). As funções digestórias capazes de hidrolisar uma maior variedade de itens alimentares contendo carboidratos são mais desenvolvidas em peixes herbívoros e onívoros do que em carnívoros (Krogdahl *et al.*, 2005).

Os carboidratos são absorvidos na forma de monossacarídeos, a glicose e a galactose entram no enterócito via membrana apical através de um simporte $\text{Na}^+/\text{Glicose}$. A glicose sai do enterócito via membrana basolateral através do transportador GLUT 2 ou por exocitose, enquanto o sódio é bombeado para fora pela bomba de Na^+/K^+ (Silveira *et al.*, 2009).

A capacidade de peixes onívoros na utilização de maiores concentrações de carboidratos na dieta se deve à maior atividade da amilase no trato digestório (Hidalgo *et al.*, 1999). No jundiá foi observado um decréscimo da atividade enzimática da amilase com a diminuição do carboidrato da dieta, o que ressalta o caráter indutivo das enzimas em resposta ao substrato (Melo 2004). Pedrotti (2011), comparando a microbiota intestinal da tilápia do Nilo e do jundiá, em relação a diferentes fontes de carboidratos, milho, trigo, mandioca, arroz e dextrina, e observou um maior número de bactéria amilolíticas no intestino da tilápia para mandioca e milho, fator que influencia diretamente na digestibilidade do alimento.

Entre os carboidratos, o amido é o mais digestível para animais monogástricos (Lima *et al.*, 2006). No entanto, usado em excesso na dieta pode resultar em uma maior deposição de gordura corporal, além da baixa utilização de outros nutrientes devido à diminuição do consumo da dieta (NRC, 2011).

O amido representa a principal reserva de energia dos vegetais, sendo armazenado no citoplasma celular na forma de grânulos densos, quase cristalinos e insolúveis, sendo composto por duas macromoléculas: a amilose, cadeia linear de glicoses unidas por ligações α 1-4, e a amilopectina, cadeia ramificada de glicoses unidas por ligações α 1-4 e α 1-6 (Kaukpetoon e Wang, 2007).

A proporção amilose:amilopectina na presença de lipídios e interação com condições de processamento, tamanho do grânulo e presença de inibidores de amilase são fatores que estão intimamente ligados a eficiência da digestibilidade do amido (Kaukpetoon e Wang 2007; Fracalossi *et al.*, 2012). Gominho-Rosa (2000) encontrou valores de digestibilidade melhores para o amido cru em relação ao amido gelatinizado para o pacu (*Piractus mesopotamicus*).

As barreiras físicas para a digestão do amido incluem a cutícula da semente, a matriz protéica que envolve os grânulos de amido e a baixa solubilidade do amido por si só. Alguns processos como a trituração, por exemplo, rompem a cutícula, mas normalmente têm pouco efeito sobre a matriz protéica que envolve o amido ou sobre sua solubilidade. A utilização mais completa do amido requer um maior grau de rompimento do grânulo de amido, que pode ser obtido através do processamento apropriado. Os tratamentos que envolvem umidade, calor e pressão causam o rompimento da matriz protéica que recobre e encapsula o grânulo de amido e aumentam a sua eficiência de utilização (Rockei *et al.*, 2010).

O tratamento por calor modifica a composição e disponibilidade do amido. No processo de extrusão a combinação de pressão, temperatura, umidade e corte mecânico resulta em mudanças físicas e químicas que gelatinizarão o amido (Cheng e Hardy, 2003). Esse cozimento durante a extrusão modifica os níveis estruturais do amido, o que o torna mais digestível para a tilápia do Nilo. Esse procedimento propicia uma maior uniformidade à ração e melhor aceitação dos ingredientes da mistura, diminuindo a seletividade alimentar e reduzindo as perdas por lixiviação de nutrientes (Vieira *et al.*, 2005). Possibilita, ainda, a destruição parcial de alguns fatores antinutricionais, aumentando a eficiência alimentar (Pezzato 1995) e reduzindo a carga de poluentes na água (Meurer *et al.*, 2005).

Lin *et al.* (1997), observaram melhor crescimento para a tilápia híbrida alimentada com amido gelatinizado comparado a glicose ou outros monossacarídeos. Provavelmente a rápida absorção da glicose pode ter disponibilizado energia em quantidade suficiente, fazendo com que os peixes atingissem a saciedade antes de ingerirem a quantidade ideal de proteína e ácidos graxos essenciais. Segundo Fracalossi *et al.* (2012), o efeito de carboidratos dietéticos na atividade de enzimas do metabolismo intermediário em peixes ainda não está adequadamente elucidado e necessita de mais estudos.

3.6 Processamento de Rações

O processamento de rações tem como objetivos: alteração de sua forma física ou do tamanho de partículas; conservação; aumento da aceitabilidade ou digestibilidade; modificação de sua composição nutricional e inibição de fatores antinutricionais (Dalle, 1996). O processo de extrusão de alimentos é praticado há mais de 60 anos, a primeira aplicação comercial deste equipamento foi para produzir aperitivos de milho (Rokey *et al.* 2010). Hoje é amplamente utilizado para a confecção de rações para aquicultura.

A extrusão consiste em submeter o alimento a variações abruptas de pressão, elevando a interna e diminuindo a externa, com o auxílio de alta temperatura (>120°C) e umidade (23 a 28%), causando modificações físicas e químicas nos alimentos, gelatinização do amido expondo os nutrientes contidos no interior das células vegetais à ação digestiva (Dalle, 1996).

A fração dos alimentos com valor nutricional podem ser degradadas, transformadas ou perdidas e, que muitas vezes, não são consideradas em virtude do desconhecimento das alterações promovidas durante o processamento. Bertipaglia *et al.* (2008), trabalhando com extrusão de soja e milho, não observaram melhora na digestibilidade *in vitro*, no entanto, observou a redução da quantidade de inibidor de tripsina quando as misturas desses grãos são processadas a 120°C.

Quando ocorre a gelatinização do amido durante a extrusão, ele se torna solúvel e absorve grandes quantidades de água, contribui para a expansão e

envelopamento do produto final, além de influenciar na densidade da dieta (Rokey *et al.*, 2010).

São abundantes as informações sobre os efeitos da temperatura e pressão sobre o produto final, no entanto, a forma de inclusão do alimento, pré ou pós processamento na alimentação de peixes é bastante escassa. Da mesma forma, são escassas as pesquisas com alimentos extrusados sobre o efeito do processamento térmico no óleo de soja. Segundo Rokey *et al.*, (2010), quando a extrusão é realizada a baixas umidades (<20 %) e altas temperaturas (>150 °C), é bastante provável que os complexos de lipídio/amido e lipídio/proteína vão ser formados. Os ácidos graxos livres e lipídios polares são especialmente reativos nestas situações. No entanto esses complexos não interferem na digestibilidade dos ingredientes.

Pelo fato do óleo interferir negativamente na expansão do produto final e dificultar a obtenção de péletes com densidade interessante a aquicultura, preferencialmente que flutuem, este pode ser aplicado por aspensão sobre o produto final seco, a fim de evitar o viés do óleo na pré-mistura. No entanto são escassos os resultados da forma de inclusão do óleo de soja e os efeitos sobre o desempenho dos peixes.

4. Material e Métodos

O experimento de desempenho produtivo foi realizado no Laboratório de Aquicultura do GEMAQ, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná *Campus* de Toledo - PR.

Foram elaboradas quatro dietas (Tabela 1), três destas diferiram apenas na forma de inclusão do óleo de soja (anterior ao processamento - OAE, posterior ao processamento - OPE, e 50% de inclusão anterior e 50% de inclusão posterior ao processamento - OAPE) e uma dieta controle contendo o mesmo nível de energia das anteriores, porém sem a inclusão do óleo (SO).

Para a confecção das dietas os ingredientes foram moídos em moinhos do tipo martelo com peneira de 0,5 milímetros de diâmetro, misturados e extrusados (extrusora Ex-Micro®) com 3mm de diâmetro. Após a extrusão, secagem em estufa de ventilação forçada e resfriamento as rações OPE e OAPE receberam a fração final de óleo e foram

homogeneizadas em um misturador rotativo vertical por um período de 15 minutos. Em seguida foram armazenadas em freezer a -7 °C durante todo o experimento.

As exigências nutricionais foram baseadas nos valores estimados para tilápias na fase de pós-reversão sexual até 100 g, conforme Furuya *et al.* (2010).

Tabela 1: Composição percentual e centesimal das rações experimentais com diferentes formas de inclusão de óleo de soja para juvenis de tilápias do Nilo.

Ingredientes	Tratamentos			
	OPE	OAE	OAPE	SO
Milho grão	25,69	25,69	25,69	21,60
Farelo de soja 45%	19,45	19,45	19,45	12,68
Farelo de trigo	20,00	20,00	20,00	10,01
Arroz quirera	10,00	10,00	10,00	28,00
Farinha de vísceras	10,00	10,00	10,00	17,00
Óleo de soja	3,00	3,00	3,00	0,00
Farinha de carne e ossos	5,55	5,55	5,55	4,48
Farinha de penas	5,00	5,00	5,00	5,00
Premix ¹	0,50	0,50	0,50	0,50
Sal	0,30	0,30	0,30	0,30
Antifúngico	0,20	0,20	0,20	0,20
Antioxidante	0,02	0,02	0,02	0,02
L-lisina	0,16	0,16	0,16	0,17
DL-metionina	0,09	0,09	0,09	0,05
L-treonina	0,04	0,04	0,04	0,02
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Nutrientes e Energia	OPE	OAE	OAPE	SO
Amido %	31,89	31,89	31,89	38,57
Cálcio	1,19	1,19	1,19	1,35
ED. Tilápia Mcal/Kg	3,17	3,17	3,17	3,17
Fibra bruta %	3,74	3,74	3,74	2,53
Fósforo Total %	1,00	1,00	1,00	1,00
Gordura %	6,87	6,87	6,87	4,16
Linoléico%	2,61	2,61	2,61	1,41
Linolênico%	0,44	0,44	0,44	0,39
Lisina Total %	1,44	1,44	1,44	1,44
Metionina Total %	0,50	0,50	0,50	0,50
Treonina Total %	1,12	1,12	1,12	1,12
Proteína Bruta % ²	31,861	30,947	30,506	31,415

¹ 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.

²Análise realizada no LQA - UNIOESTE.

OPE: óleo aplicado posteriormente a extrusão; OAE: óleo aplicado antes da extrusão; OAPE: 50% do óleo aplicado antes e 50% aplicado posteriormente a extrusão; SO: dieta sem o uso de óleo de soja (controle).

No desenvolvimento do experimento com os peixes, com duração de 61 dias, foi utilizado um sistema de recirculação com 16 caixas de fibra de vidro, com volume de 500 litros cada e sistema de aeração constante por meio de um soprador central. Foram

distribuídos, aleatoriamente, 192 alevinos de tilápia do Nilo, revertidos sexualmente, com peso médio de $15,34 \pm 0,6$ g e comprimento total de $8,61 \pm 2,11$ cm. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições. Os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia (8h00, 11h00, 14h00 e 17h00), até a saciedade aparente.

Os parâmetros de qualidade de água como pH, oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) e condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) foram aferidos semanalmente com o aparelho YSI Professional Plus Multiparameter Water Quality Meter, enquanto a temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) foi medida diariamente.

Ao final do experimento, os peixes foram mantidos em jejum por 24h, para esvaziamento do trato gastrointestinal; posteriormente foram anestesiados com benzocaína (153,81 mg/l) para determinação do desempenho produtivo dos animais tais como: ganho em peso (g) $[(\text{peso final}) - (\text{peso inicial})]$ (GP); comprimento total final (CF); conversão alimentar aparente $[(\text{consumo de ração})/(\text{ganho em peso})]$ (CAA); sobrevivência; e consumo de ração (g) $[(\text{consumo de ração final})/(\text{numero de animais})]$ (CR). Concomitantemente, foi realizada a coleta de sangue para avaliação dos parâmetros bioquímicos colesterol (COLE) e triglicérides (TRIG). A coleta de sangue foi realizada por punção da veia caudal, onde colheu-se, com o auxílio de uma seringa, 2,0 ml de amostra. Os parâmetros bioquímicos foram avaliados com o auxílio de kits específicos da marca Analisa®.

Em seguida 12 peixes de cada tratamento foram utilizados para determinação do rendimento corporal (%) $[(\text{peso eviscerado})/(\text{peso final}) \times 100]$ (RC); do índice de gordura viscerossomática $[(\text{peso da gordura visceral})/(\text{peso final}) \times 100]$ (IGV); do índice hepatossomático $[(\text{peso do fígado})/(\text{peso final}) \times 100]$ (IHS); e da composição centesimal do filé. O protocolo anestésico foi adaptado de Rocha et al (2012).

As análises de composição centesimal da ração e do filé dos peixes (inicial e final) foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Alimentos (LQA) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, conforme as técnicas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Os métodos utilizados foram a secagem direta para a determinação da umidade, extração em Soxhlet com éter de petróleo para a determinação do extrato etéreo, método de Kjeldhal para determinação do teor de proteína pela quantificação de nitrogênio e incineração em mufla para a quantificação das cinzas. Todas as amostras foram analisadas em duplicata.

A partir do teor de proteína nas amostras dos filés, foi calculado o valor produtivo de proteína aparente $(\text{ganho em peso em proteína do filé}/\text{total de proteína ingerida}) \times 100$.

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

5. Resultados e Discussão

As variáveis limnológicas se mantiveram relativamente estáveis durante o período experimental, dentro da faixa de conforto e máxima produtividade da espécie (El-Sayed 2006). O valor médio de temperatura foi de $28,82 \pm 1,12$ °C, oxigênio dissolvido $4,51 \pm 0,55$ mg.L⁻¹, pH $7,36 \pm 0,39$ e condutividade elétrica $16,55 \pm 2,03$ µS.cm⁻¹.

Os valores médios das variáveis de desempenho produtivo das tilápias que receberam as dietas com os diferentes métodos de inclusão do óleo e a dieta controle estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios de desempenho produtivo da tilápia do Nilo em função da suplementação de óleo aplicado anterior ou posterior a extrusão.

Variáveis	Tratamentos				CV (%)	P
	OPE	OAE	OAPE	SO		
Peso Inicial (g)	15,39	15,23	15,23	15,39	1,85	0,75
Ganho de Peso individual (g)	115,03 ^a	128,38 ^a	123,94 ^a	94,57 ^b	12,76	0,00
Comprimento Total Final (cm)	18,84 ^a	19,04 ^a	18,87 ^a	17,5 ^b	4,04	0,00
Rendimento Corporal (%)	84,7	84,55	84,49	83,16	1,70	0,49
Índice de Gordura Viscerosomática (%)	1,80 ^a	2,54 ^{ab}	2,40 ^{ab}	2,85 ^b	22,23	0,01
Índice Hepatosomático (%)	1,80 ^{ab}	1,46 ^b	1,81 ^{ab}	2,14 ^a	17,31	0,01
Conversão Alimentar Aparente	1,11 ^a	1,14 ^a	1,13 ^a	1,25 ^b	5,63	0,00
Consumo de Ração (g)	128,39 ^{bc}	146,72 ^a	140,39 ^{ab}	117,44 ^c	9,33	0,00
Sobrevivência (%)	100	100	100	100	0,00	0,00
Colesterol	155,27	148,63	170,31	166,01	15,03	0,61
Triglicerídeos	137,91 ^b	163,92 ^{ab}	184,56 ^{ab}	202,57 ^a	20,10	0,02

OPE: óleo aplicado posteriormente a extrusão; OAE: óleo aplicado antes da extrusão; OAPE: 50% do óleo aplicado antes e 50% aplicado posteriormente a extrusão; SO: dieta sem o uso de óleo de soja (controle). CV = Coeficiente de variação.

Os peixes que receberam as dietas suplementadas com o óleo de soja independentemente da forma de aplicação, tiveram o melhor ganho em peso, comprimento total e conversão alimentar aparente (CAA) comparativos à dieta controle (SO).

Avaliando a digestibilidade do óleo de soja para a tilápia do Nilo, Boscolo et al. (2002) relataram 89,85% de digestibilidade aparente e 8.485 kcal/kg de energia digestível, que demonstra o bom aproveitamento deste nutriente pela espécie. Neu et al. (2013) utilizando o glicerol como fonte de energia em níveis crescentes (2,5; 5,0; 7,5 e 10%) em substituição ao amido, não observou diferença no desempenho produtivo dos peixes. Segundo os mesmos autores o glicerol, quando encontrado na sua forma livre, mesmo apresentando bom valor energético, possui reduzido teor ou ausência dos ácidos graxos, que possui efeitos nas atividades metabólicas dos animais.

O óleo de soja é fonte de energia e ácidos graxos essenciais como o linoléico (LA), apresentando em sua composição 53,93% deste (Rostagno et al., 2005). A tilápia do Nilo apresenta exigência de 1% deste ácido graxo na dieta (Rodrigues et al., 2009). No presente trabalho as dietas que continham níveis de ácido graxo LA de 2,61% apresentaram os melhores valores de desempenho produtivo em relação a dieta SO que continha 1,1%. Ainda não se sabe com precisão, mas acredita-se que óleo de soja tenha um bom perfil de ácidos graxos, principalmente linoléico (n6) e linolênico (n3) com relação de 6:1 que pode ser a ideal pra tilápia, ou próximo do ideal. Os lipídeos, quando inclusos na dieta, fornecem não somente energia, mas também são fontes de ácidos graxos essenciais, transportadores de vitaminas lipossolúveis e precursores de hormônios e outras moléculas bioativas (Lehninger *et al.* 2002), o que provavelmente influenciou na melhora da performance.

Rockey et al (2010), relataram a ocorrência de complexos lipídios/amido e lipídios/proteína durante o processo de extrusão, mas que não afetam a disponibilidade destes nutrientes, que corrobora com o resultado encontrado neste trabalho. Pois independente da forma de inclusão do óleo não verificou-se diferenças no desempenho produtivo. Resultado que pode estar relacionado ao atendimento em ácido graxo linoléico para as três dietas, independente de existir interferência do

processo de extrusão sobre a disponibilidade do óleo ou perda para o ambiente por lixiviação.

Observou-se que para a inclusão de óleo, diminuiu a inclusão de 6% de amido na ração (tabela 1), e os melhores resultados de desempenho produtivo estão associados às dietas que continham óleo independente da forma de aplicação, pode-se inferir que a utilização dessas duas fontes energéticas em uma mesma dieta é positiva, esse melhor desempenho pode estar ligado ao fato do óleo além da função energética, possuir importância no metabolismo de carboidratos. Worgall et al. (1998), concluíram que ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) podem regular a expressão de genes envolvidos no metabolismo de carboidratos e lipídios. Dessa forma podemos inferir que neste estudo o ácido graxo LA, PUFAs presente em maior quantidade na dieta, interferiu de forma positiva no metabolismo do amido e desempenho dos peixes.

Boscolo et al. (2004) relataram aumento nos rendimentos de carcaça e filé da tilápia do Nilo através da inclusão de lipídeos na dieta pela adição do óleo de soja (até 5,9%). Neste estudo, o rendimento corporal não foi influenciado significativamente pelos diferentes níveis de óleo.

Lanna et al. (2004) trabalhando com dietas práticas e nível de inclusão de fibra bruta (6, 9, 12%) sem e com óleo de soja (10%), observaram um acúmulo excessivo de gordura visceral em tilápias do Nilo de 30 gramas nos tratamentos com óleo de soja. Meurer et al. (2002), testando níveis de 3 a 12% de lipídeos, constataram redução linear no desempenho de alevinos de tilápia e aumento linear na porcentagem de gordura corporal. No presente trabalho o menor acúmulo de gordura visceral foi encontrado para a dieta OPE que diferiu da dieta SO, o que pode estar relacionado à perda de óleo por lixiviação para água, fazendo com que a quantidade realmente ingerida pelos peixes tenha sido levemente menor aos demais tratamentos.

Brown et al. (1992), trabalhando com juvenis de *sunshine bass*, perceberam uma proporcionalidade entre os níveis de carboidratos digestíveis dietéticos e o IHS, onde a maior utilização dos carboidratos estava ligada a maior deposição de glicogênio hepático e conseqüentemente, ao aumento do tamanho deste órgão. No presente

trabalho foi verificado nos peixes alimentados com a dieta SO, com maior nível de carboidrato, os maiores valores de IHS.

Alguns estudos têm sido conduzidos em diferentes espécies com o intuito de avaliar o índice hepatossomático e o peso da gordura visceral como forma de quantificar o estoque energético (Portz e Furuya 2012). No presente trabalho a dieta SO apresentou o maior IHS e IGV. No entanto esses valores não foram suficientes para interferir ($P < 0,05$) no RC.

Os carboidratos, quando adicionados à dieta em quantidades acima da capacidade do peixe em utilizá-los como energia, podem resultar em maior deposição de gordura corporal, além de reduzir o consumo de outros nutrientes pela diminuição da ingestão causada pela sensação de saciedade (NRC 2011). Após a ingestão, os níveis de glicose sanguínea aumentam rapidamente e permanecem elevados por várias horas (Gouveia e Davies 2004).

No mercado de rações para animais de companhia é comum a inclusão de óleo de cobertura ao pélete, com a função de melhorar a aceitabilidade e palatabilidade do extrusado pelo animal. No presente trabalho a aplicação do óleo de soja anterior a extrusão ocasionou um maior consumo de ração em relação as dietas OPE e SO, indicando que o processo de extrusão pode interferir na aceitabilidade e palatabilidade do óleo de soja para tilápias.

O colesterol é o precursor de hormônios esteróides que regulam processos metabólicos importantes no interior das células, precursor da vitamina D, além dos ácidos biliares que ajudam na digestão de gotículas de lipídeos fazendo-as mais acessíveis para o ataque das enzimas, entre outras funções (Lehninger et al., 2002). Apesar dos valores de referência para as variáveis bioquímicas do sangue de tilápias não estarem bem definidas, os valores encontrados neste trabalho (148,63 a 170,31 mg.dL^{-1}) são inferiores aos encontrados por Hrubec et al. (2000), que relatou oscilações de 189 a 318 mg.dL^{-1} para tilápia. No entanto, não foi observada diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos neste trabalho.

O maior valor de triglicerídeos foi observado para os animais alimentados com a dieta SO, assim como IHS e IGV, esses valores podem ser explicados pelo fato da glicose estimular a secreção de insulina pelo pâncreas, que por sua vez estimula a

lipogênese, que é caracterizada pela produção de ácidos graxos e triglicerídeos, que são armazenados no fígado e tecido adiposo (Henre, 2002).

O valor produtivo da proteína (VPP), que indica quanto da proteína bruta consumida na dieta foi convertida em proteína corporal, variou de 36,48 a 29,04% (Figura 1). O grupo de peixes que recebeu a dieta SO foi menos eficiente na deposição de proteína corporal, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos ($P < 0,05$), obtendo valor mais baixo de VPP. Isto significa que para estes peixes, a cada 1 g de proteína ingerida resultou em um incremento de 0,29 g de proteína no filé, e deste modo, os outros 0,61 g ingeridas foram utilizados para produção de energia, deposição de gordura e/ou foram parcialmente excretadas com as fezes.

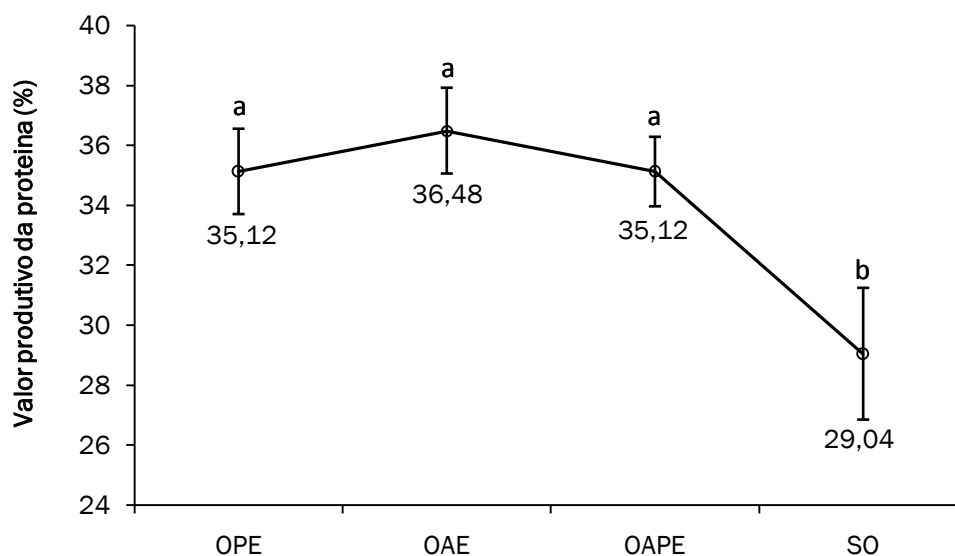


Figura 1. Valor produtivo de proteína (VPP) em função da inclusão de óleo de soja, de diferentes formas, nas rações para juvenis de tilápia do Nilo ($p = 0,001$).

OPE: óleo aplicado posteriormente a extrusão; OAE: óleo aplicado antes da extrusão; OAPE: 50% do óleo aplicado antes e 50% aplicado posteriormente a extrusão; SO: dieta sem o uso de óleo de soja (controle).

A composição centesimal dos peixes é extremamente variável e dependente de vários fatores e tem como objetivo informar o padrão de nutrientes presentes no corpo do pescado, que será utilizado como matéria prima para a elaboração de futuros produtos. Devido a carne do pescado alterar seu padrão centesimal em função da alimentação, tem se realizado trabalhos para transformar a carne do peixe em um produto diferencial e nutracêutico, principalmente utilizando-se os óleos

vegetais que apresentem maior quantidade de ácidos graxos da família ômega-3 (Higuchi et al., 2013). No entanto neste trabalho não foi observada diferença na composição centesimal do filé de juvenis de tilápia, independente da presença ou ausência do óleo de soja na dieta ou pela forma de aplicação do (tabela 3). Um fato que pode ter contribuído para não ser observado maior acúmulo de gordura na análise, foi a utilização apenas do filé e não do peixe inteiro, que indica que nesta fase de desenvolvimento da tilápia o óleo não está associado a maior deposição de gordura intramuscular e sim a melhora do desempenho produtivo pela sua importância fisiológica.

Tabela 3. Composição centesimal de carcaças de tilápias do Nilo alimentadas com dietas contendo óleo aplicado anterior e/ou posterior ao processamento da ração (base na matéria natural).

Variável* (%)	Tratamentos (%)					CV (%)
	Amostra Inicial	OPE	OAE	OAPE	Controle	
Umidade	86,72	82,97	82,247	82,830	82,274	0,86
Extrato Etéreo	0,24	1,45	1,891	1,304	1,889	3,80
Proteína Bruta	12,98	16,35	16,465	15,794	16,107	37,70
Matéria Mineral	0,85	1,674	2,360	1,436	1,504	48,41

OPE: óleo aplicado posteriormente a extrusão; OAE: óleo aplicado antes da extrusão; OAPE: 50% do óleo aplicado antes e 50% aplicado posteriormente a extrusão; SO: dieta sem o uso de óleo de soja (controle). CV = Coeficiente de variação

*($P > 0,05$)

6. Conclusão

A forma de aplicação do óleo de soja não interfere no desempenho produtivo de tilápia do Nilo e recomenda-se o uso do óleo de soja em rações para juvenis de tilápia do Nilo.

7. Referências

- Baldisserotto B. (2009) *Fisiologia de peixes aplicado à piscicultura*. pp. 350. editoraufsm, Santa Maria.
- Bertechini A. G. (1997) Nutrição de monogástricos. In: BERTECHINI, A. G. *Classificação dos nutrientes*. Lavras: UFLA/FAEPE. p. 11-34.
- Bertipaglia L. M. A., Melo G. M. P., Sugohara A., Melo W. J., Bertipaglia L. A. (2008) Alterações bromatológicas em soja e milho processados por extrusão. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37, 2003-2010.
- 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.). *Brazilian Journal Animal Science* 31, 539-545.
- Boscolo W. R., Faiden A., Signor A., Signor A. A., Bard J. J., Ishida F. A. (2006) Energia digestível para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia* 35. 629-233.
- Boscolo W. R., Hayashi C., Feiden A., Meurer F., Wolff L. (2004) Desempenho e características de carcaça de tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) alimentadas com rações contendo diferentes níveis de gordura. *Acta Scientiarum Animal Sciences* 26, 443-447.
- Botaro D., Furuya W. M., Silva L. C. R., Santos L. D., Silva, T. S. de C., Santos V. G (2007) Redução da proteína da dieta com base no conceito de proteína ideal para tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques-rede. *Revista brasileira de Zootecnia* 36, 517-525.
- Brown M.L.; Nematipour G.R.; Gatlin D.M. (1992) Dietary protein requirement of juvenile sunshine bass at different salinities. *The Progressive of Fish Culturist* 54, 148-156.
- Campbell M.k. (2000) *Bioquímica*. Artmed Editora, Porto Alegre, pp.752.
- Carvalho E. D., Camargo A. L. S., Zanatta A. S. (2010) Desempenho produtivo da tilápia do nilo em tanques-rede numa represa pública: modelo empírico de classificação. *Ciência Rural* 40, 1616-1622.
- Cheng Z. J. & Hardy R. W. (2003) Effects of extrusion and expelling processing, and microbial phytase supplementation on apparent digestibility coefficients of nutrients in full-fat soybeans for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 218, 501-514.
- Cyrino J.E.P. (1995) Regulação nutricional do alimento. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE PEIXE E CRUSTÁCEOS, 1., 1995, Campos do Jordão. Anais... Campos do Jordão: Conselho Brasileiro de Nutrição Animal, p.69-91.

- Dale N. (1996) Improving nutrient utilization by ingredient and dietary modification. *Word Poultry* 12, 33-39.
- Davis D. A. & Arnold C. R. (1995) Effects of two extrusion processing conditions on the digestibility of four cereal grains for *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 133, 287-294.
- El-Sayed A. F. M. (2006) *Tilapia Culture*. CABI publishing, Massachusetts, EUA.
- FAO, Fisheries and Aquaculture Department. (2012) The State of World Fisheries and Aquaculture 2012, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 209.
- Fracalossi D. M., Rodrigues A.P.O., Gominho-Rosa M. C (2012) Carboidratos e Fibras. In: : Fracalossi D. M. & Cyrino J. E. P. [Ed.]. *Nutriaqua: Nutrição e Alimentação de Espécies de Interesse para a Aquicultura Brasileira*. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 101-120.
- Fracalossi, D. M. & Lovell, R. T. (1995) Growth and polar fatty acid composition of year-1 channel cat fish fed various lipid sources at two water temperatures. *The Progressive Fish-Culturist* 57. 287-298.
- Furuya W. M., Pezzato L. E., Barros M. M., Boscolo W. R., Cyrino J. E. P, Furuya V. R. B., Feiden A. (2010). *Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias*. GFM, Toledo, Brasil.
- Garcia, A. S., Gonçalves, L. U., Cavalli, R. O. & Viegas, E. M. M. (2012) Lipídios. In: Fracalossi D. M. & Cyrino J. E. P. [Ed.]. *Nutriaqua: Nutrição e Alimentação de Espécies de Interesse para a Aquicultura Brasileira*. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 79-100.
- Glencross, D.B. (2009) Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. *Reviews in Aquaculture* 1, 71-124.
- Gomes L. C.; Chippari-Gomes A. R.; Lopes N. P.; Roubach R.; Araujo-Lima C. A. R. M. (2001) Efficacy of benzocaine as an anesthetic in juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. *Journal of the World Aquaculture Society* 32, 426-431.
- Gominho-Rosa, M. do C. (2000) Efeito dos níveis de amido cru e cozido sobre a digestibilidade do próprio amido, da proteína bruta e da matéria seca em dietas práticas para o pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887). Dissertação (Mestrado em Aquicultura). Programa de Pós-graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Gouveia A. & Davies S. J. (2004) Modulation of the post-prandial plasma glucose profile in juvenile european sea bass *Dicentrarchus labrax* fed diets varying in starch complexity. *Journal of the World Aquaculture Society* 35, 392-400.
- Henre G. I., Mommsen T. P., Kroghdahl A. (2002) Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. *Aquaculture Nutrition* 8, 175-194.
- Hidalgo M. C., Urea E., Sans A. (1999) Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits. Proteolytic and amylose activities. *Aquaculture* 170, 267-283.

- Higuchi, L.H., Faiden, A., matsushita, M., santarosa, M., Zanqui, A. B., Bittencourt, F., Boscolo, W.R. (2013) Quantificação de ácidos graxos de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com diferentes fontes de óleos vegetais. *Semina: Ciências Agrárias* 34, 1913-1924.
- 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 2008. *Métodos físico-químicos para análises de alimentos*. Zenebon, O., N. S. Pascuet e P. Tiglea, organizadores. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, Brasil.
- Jump D. B. (2002) The biochemistry of n-3 polyunsaturated fatty acids. *Journal of biology and Chemistry* 277, 8755-8758.
- Krogdahl A., Henre G. I., Mommsen T. P. (2005) carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages. *Aquaculture Nutrition* 11, 103-122.
- Kuakpetoon D., Wang Y. J. (2007) Internal structure and physicochemical properties of corn starches as revealed by chemical surface gelatinization. *Carbohydrate Research* 342, 2253-2263.
- Lanna E. A. T., Pezzato L. E., Furuya W. M., Vicentini C. A., Cecon P. R., Barros M. M. (2004) Fibra bruta e óleo em dietas práticas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista brasileira de zootecnia*. 33, 2177-2185.
- Lehninger, A.L., Nelson, D.L., Cox, M.M. (2002) *Principles of Biochemistry*. 3rd edition. 839p. São Paulo, SP.
- Lima, R. L. e M. C. M. M. Ludke 2011. Utilização de ingredientes energéticos pela tilápia do Nilo. *Revista Eletrônica Nutritime* 8,1418-1430.
- Lin J. H., Cui Y., Hung S. S. O., Shiao S. Y. (1997). Effect of feeding strategy and carbohydrate source on carbohydrate utilization by white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) and hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*). *Aquaculture* 148, 201-211.
- Martino R. C., Cyrino J. E. P., Portz L., Trugo L. C. (2002) Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipid. *Aquaculture* 209. 233-246.
- Menoyo D., Diez A., Lopes-Bote C. J., Casado S., Obach A., Bautista J. M. (2006) Dietary fat type affects lipid metabolism in atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and differentially regulates glucose transporter Glut 4 expression in muscle. *Aquaculture* 261, 294-304.
- MPA. Ministério da pesca e Aquicultura. (2013) Boletim estatístico da pesca e aquicultura para o ano de 2011 – versão preliminar. Brasília, 60.
- Melo, J. F. B. (2004) Digestão e metabolismo do Jundiá *Rhamdia quelen* submetido a diferentes regimes alimentares. Tese (Doutorado em Ciências). São Carlos. 80f. programa de Pós-graduação em ciências Fisiológicas, Universidade Federal de São Carlos.

- 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* 33, 566-573.
- Meurer F., Bombardelli R. A., Hayashi C., Fornari D. C. (2005) Grau de moagem dos alimentos em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante o período de reversão sexual. *Acta Scientiarum* 27, 81-85.
- Murray M.W., Andrews W., Deloach H.L. (1977) Effects of dietary lipids, dietary protein and environmental temperature on growth, feed conversion and body composition of channel catfish. *Journal of Nutrition* 107, 272-280.
- Nações Unidas no Brasil. Consumo per capita de peixes cresce no Brasil, diz FAO. Disponível em: <http://www.onu.org.br/consumo-per-capita-de-peixes-cresce-no-brasil-diz-fao/>. Acesso em 10 nov. 2013.
- National Research Council [NRC] 2011. *Nutrient requirements of fish and shrimp*. National Academy of Science, Washington, 135-162.
- Neu D. H., Furuya W. M., Boscolo W.R., Potrich F. R., Lui T. A., Feiden A. (2013) Glycerol inclusion in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles. *Aquaculture Nutrition* 19, 211-217.
- Olsen Y. (2004) Live Food technology of cold-water marine fish larvae. In: E. Moksness., E, Kjorsvik., Y. Olsen. *Culture of cold-water marine fish*. Oxford, 73-128.
- 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.
- Owens F. N. (1986) Limits starch digestion in the ruminant small intestine. *Journal of Animal Science* 63, 1634-1648.
- Pedrotti, F. S. (2011) Microbiota intestinal de jundiá (*Rhamdia quelen*) e tilápia (*Oreochromis niloticus*) alimentados com diferentes fontes de carboidratos. Dissertação (Mestrado em Aquicultura). Programa de Pós- graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis
- Pezzato L. E., Barros M. M., Fracalossi D. M., Cyrino, J. E. P. (2004) Nutrição de Peixes. In: Cyrino J.E.P., Urbinati E. C., Fracalossi D. M., Castagnolli N. *Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce*. pp. 239-268. TecArt, São Paulo.
- Pezzato L. E., Moura M. A. M., Barros M. M., Pezzato A. C., Cantelmo O. A. (1995) Estabilidade física de péletes protegidos por diferentes produtos impermeabilizantes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 32, 731-737.
- Portz L. & Furuya W. M. F (2012) Energia, Proteína e Aminoácidos. In Fracalossi D. M. & Cyrino J. E. P. [Ed.]. *Nutriaqua: Nutrição e Alimentação de Espécies de Interesse para a Aquicultura Brasileira*. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 37-64.

- Resende E. K. de., Ribeiro R. P., LEGAT, A.P., BENITES C. (2008) Melhoramento genético em peixes – uma revolução na aquicultura do Brasil. 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: < http://www.infobibos.com/Artigos/2008_3/MelhoramentoPeixes/index.htm >. Acesso em: 24/06/2012.
- Ribeiro P. A. P., Logato P. V. R., Paula D. A. J., Costa A. C., Murgas L. D. S., Freitas, R.T.F.F. (2008) Efeito do uso de óleo na dieta sobre a lipogênese e o perfil lipídico de tilápias do Nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37. 1331-1337.
- Rodrigues C., Lorenzo A. A., Martim, V. (2009). Nutrición Lipídica. In: Sans F. La *Nutrición y Alimentación em Piscicultura*. 972-979. CSIC, Madrid.
- Rokey G. J., Plattner B., Souza, E. M. (2010) Feed extrusion process description. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39, 510-518.
- 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) *Tabelas brasileiras para aves e suínos - Composição de alimentos e exigências nutricionais*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 186p.
- Sanches L. E. F. Substituição do óleo de soja por óleo de tilápia e óleo de vísceras de aves em rações para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). 2004. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- Sakabe. R (2007) Suplementação alimentar com ácidos graxos essenciais para tilápias do Nilo: desempenho produtivo, hematológico e granuloma por corpo estranho. Dissertação (Mestrado em Aquicultura). Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita. Jaboticabal.
- 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* 39, 112-118.
- Sargent L. R., Tocher D. R., Bell J. G. (2002) The Lípids. In: Halver J. E. *Fish Nutrition*. 181-257. Academic Press, San Diego.
- Silveira U. S., Logato P. V. R., Pontes E. da C. (2009) Utilização e metabolismo dos carboidratos em peixes. *Nutritime* 6, 817-836.
- Takishita S. S., Lanna E. A. T., Donzele J. L., Bomfim M. A. D., Quadros M., Souza M. P. (2009) Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38, 2099-2105
- Tengjaroenkul B., Smith B. J., Caceci T., Smith S. A. (2000). Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 182, 317-327.
- Tocher D. R. (2010) Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquaculture Research* 41. 717-732.

- Wilson R. P. (2002). Amino Acids and Proteins. In: Halver, J. E. e R. W. Hardy. *Fish Nutrition*. 143-179.
- Worgall T. S., Sturley S. L., Seo T., Osborne T. F., Deckelbaum R. J. (1998) polyunsaturated fatty acids decrease expression of promoters with sterol regulatory elements by decreasing levels of mature sterol regulatory element-binding protein. *The Journal of Biological Chemistry* 273, 25537-25540.
- Vieira J. S., Logato P. V. R., Ribeiro P. A. P., Freitas R. T. F. de F., Fialho E. T. (2005) Efeito do processamento milho sobre o desempenho e composição de carcaça de Piaba (*Leporinus friderici*) criada em tanques-rede. *Ciência Agrotecnologia* 29, 453-458.
- Zamboni Filho ., Sampaio L. A. Cultivo de peixes em tanques-rede na região sul do Brasil. In: *Congresso da sociedade brasileira de aqüicultura e biologia aquática*, 1., 2004. Anais... Vitória: Aquimerco, 2004. p. 29.
- Zimmermann S., Fitzsimmons k. (2004) Tilapicultura intensiva. In: Cyrino J.E.P., Urbinati E. C., Fracalossi D. M., Castagnolli N. *Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce*, pp. 239-268. TecArt, São Paulo.