

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

EDVALDO GERALDO JUNIOR

Glutamina em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Palotina
2014

EDVALDO GERALDO JUNIOR

Glutamina em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável do Setor Palotina da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável. Área de concentração: Produção de organismos aquáticos e impactos ambientais da atividade de Aquicultura.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Lilian C. Rosa da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Fábio Meurer

Palotina
2014



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor Palotina
Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento
Sustentável



TERMO DE APROVAÇÃO

EDVALDO GERALDO JUNIOR

“GLUTAMINA PARA ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO *Oreochromis niloticus*”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável - Setor Palotina da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte Banca Examinadora:

Professora Dra. Lilian Carolina Rosa da Silva
Presidente/Orientadora: Universidade Federal do Paraná

Dr. Darci Carlos Fornari
Membro: Empresa Genetic Fish Rise

Professora Dra. Lilian Dena dos Santos
Membro: Universidade Federal do Paraná

Palotina, 17 de julho de 2014

DEDICO

Aos meus amados pais, Edvaldo e Dora.

Ao meu irmão Cassio.

A minha avó Dirce e meu avô Jerson (*in memorian*).

A minha esposa Laura.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela dádiva da vida, por todas as bênçãos e por tudo que conquistei até hoje, que sempre está e estará ao meu lado em todos os momentos, me guiando, protegendo e abençoando imensamente.

À Profa. Dra. Lilian Carolina Rosa da Silva, pela orientação, por ter me aceitado e acreditado na minha pessoa, mesmo sabendo de minha inexperiência nesta área, por todo apoio dado nas horas de dificuldade e pela enorme contribuição para a minha formação. Muito obrigado!

Ao meu coorientador Prof. Dr. Fábio Meurer, pela amizade, incentivo e oportunidades.

Aos professores da Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável pelos ensinamentos.

A CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

Aos colegas de laboratório técnicos/doutorandos/mestrandos/graduandos: Gilson, Rafael, Augusto, Patrick, William, Guilherme, Katsciane, Fernanda, Marília e demais pessoas, que de alguma forma contribuíram com esta dissertação.

A minha estimada e amada mulher Laura Trevisan, pelo companheirismo, amor e compreensão.

A todos os meus amigos, em especial Thiago Dala Valle, Sérgio Eleutério Junior, Daniel Keller e Lauro Sirena Neto.

A galera da república Rancho da Pureza, ao qual tive o prazer de morar, Alan (primitivo), Vagner (farinha) e Renan (cumpadi).

As todas as amizades feitas em Palotina, em especial as pessoas com quem mais convivi, Dalton (boca de corimba), Andrei (neordental), André (cabeleira), Ricardo (dentinho) e família Buttini.

Agradeço de coração a todas as pessoas que fizeram parte da minha vida nesses últimos dois anos, gostaria de poder abraçar a todos, mas não posso. Enfim, obrigado, muito obrigado mesmo!

Glutamina em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

RESUMO

Este estudo foi realizado no Laboratório de Sistemas de Produção do Pescado, da Universidade Federal do Paraná, setor Palotina, e teve como objetivo avaliar o efeito da suplementação de L-glutamina em dietas para alevinos de tilápia do Nilo. Foram utilizados 450 alevinos (linhagem GIFT) revertidos sexualmente, com peso e comprimento iniciais de $0,15 \pm 0,03$ g e $2,11 \pm 0,20$ cm, distribuídos em um delineamento completamente casualizado, com cinco tratamentos e seis repetições. Os alevinos foram distribuídos em 30 caixas plásticas, com volume útil unitário de 60 L cada, em uma densidade de 15 alevinos por caixa plástica. As dietas formuladas foram isoprotéicas (30% de proteína digestível) e isoaminoacídicas para lisina e metionina + cistina, e suplementadas com cinco níveis crescentes de L-glutamina (0; 0,75; 1,5; 2,25 e 3%). Os peixes foram alimentados durante um período de 55 dias, três vezes ao dia (8, 13 e 18h), *ad libitum*. A temperatura da água permaneceu na faixa média dos 29,5 °C. Os parâmetros analisados foram: desempenho produtivo, parâmetros corporais, composição química da carcaça e altura das vilosidades intestinais. Ao final do período experimental, não foram observados ($P>0,05$) efeitos da L-glutamina sobre o desempenho produtivo e na composição química corporal dos alevinos. O aumento nos níveis de L-glutamina nas dietas, não influenciou ($P>0,05$) sobre a altura das vilosidades intestinais dos peixes. O estudo demonstra que as dietas suplementadas com diferentes níveis de L-glutamina, durante o período de 55 dias, não influenciaram sobre o desempenho produtivo, na composição química corporal e altura dos vilos de alevinos de tilápia do Nilo.

Palavras-chave: crescimento, suplementação, morfometria intestinal.

Glutamine in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

ABSTRACT

This study was conducted at the Laboratory of Fish Production Systems, Federal University of Paraná, Palotina sector, and aimed to evaluate the effect of L-glutamine supplementation in diets for Nile tilapia fingerlings. Were used 450 fingerlings (GIFT strain) sexually inverted initial weight and length of 0.15 ± 0.03 g and 2.11 ± 0.20 cm, distributed in a completely randomized design with five treatments and six replicates. The fingerlings were distributed into 30 plastic boxes, with unit working volume of 60 L each, at a density of 15 fingerlings per plastic box. The formulated diets were isoproteic (30% digestible protein) and isoaminoacid for lysine and methionine + cystine, and supplemented with five increasing levels of L-glutamine (0, 0.75, 1.5, 2.25 and 3%). The fish were fed over a period of 55 days, three times a day (8, 13 and 18h), *ad libitum*. The temperature of the water in the range of 29,5 °C. The parameters analyzed were: productive performance, body parameters, chemical composition of the carcass and height of intestinal villi. At the end of the experimental period ($P > 0.05$) effects of L-glutamine on productive performance and body composition of the fingerlings were not observed. Increased levels of L-glutamine in the diet did not influence ($P > 0.05$) on the height of intestinal villi fish. The study demonstrates that diets supplemented with different levels of L-glutamine, during the period of 55 days did not effect on productive performance, body composition and the villous height of the Nile tilapia.

Keywords: Grown up, supplementation, intestinal morphology.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da ABNT, disponível em: <<http://www.campuspalotina.ufpr.br/sites/default/files/RefABNT.pdf>>

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Gráfico demonstrando a pesca extrativa contra a produção.....	13
Figura 2 - Distribuição das unidades produtivas de tilápia.....	15
Figura 3 - Ilustração do epitélio intestinal de teleósteos.....	17
Figura 4 - Estrutura da glutamina.	19
Figura 5 – Fotomicrografia do segmento médio do intestino de alevinos tilápia do Nilo.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição percentual das dietas suplementadas com L-glutamina.....	23
Tabela 2 - Parâmetros de desempenho de alevinos de tilápia do Nilo	26
Tabela 3 - Médias da composição química corporal de alevinos de tilápia do Nilo.	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Cenário Aquícola Mundial	12
1.2 Tilápia do Nilo	14
1.3 Características Morfofuncionais do Intestino de Peixes Teleósteos	15
1.4 Glutamina	18
2 OBJETIVO	21
3 METODOLOGIA	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5 CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

A partir do levantamento realizado pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), a produção aquícola mundial vem apresentando um crescimento vertiginoso nos últimos anos, fato este comprovado através da piscicultura continental, que produziu 59,9 milhões de toneladas no ano de 2010, 7,5% a mais que 2009 (FAO, 2012). O Brasil, por sua vez, acompanha este crescimento forte e contínuo, destacando-se como o terceiro maior produtor aquícola das Américas (FAO, 2012). Em 2010, a produção aquícola nacional foi de 479.399 t, apresentando um aumento de 15,3% em relação à produção de 2009 (MPA, 2011).

De acordo com o MPA (2011), o crescimento do setor no país apresentou um incremento de aproximadamente 50% na produção durante os anos de 2009 a 2011, tornando a produção de pescado a que mais cresceu no mercado nacional de carnes, destacando-se à piscicultura continental, com cerca de 86% da produção total nacional (Brasil, 2010). Esta atividade gera um PIB pesqueiro de R\$ 5 bilhões, mobiliza em torno de 800 mil profissionais entre pescadores e aquicultores e proporciona 3,5 milhões de empregos diretos e indiretos (MPA, 2011).

Segundo o MPA (2011), a criação de tilápias representa 39% da produção da piscicultura continental brasileira, sendo o Nordeste o maior produtor com cerca de 37,88%, e em segundo lugar vem à região Sul com cerca de 26,47%. A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é considerada uma das espécies mais indicadas para a criação intensiva pela sua alta taxa de crescimento, adaptabilidade às mudanças no ambiente, facilidade de obtenção de larvas e por estar em um nível trófico baixo (EL-SAYED, 2006). Podem ser criadas em ambientes abertos ou fechados, com água doce, salobra ou marinha e com diferentes níveis tecnológicos (FURUYA et al., 2010). Apresenta hábito alimentar onívoro, possui ampla capacidade de utilizar energia e nutrientes dos ingredientes de origem vegetal e animal, possibilitando a formulação de dietas práticas de baixo custo ao produtor e de elevado valor nutritivo ao peixe (PEZZATO et al., 2004).

A criação de tilápias começou a ganhar destaque no cenário aquícola brasileiro a partir da década de 90. O desenvolvimento de novas técnicas voltadas para a reprodução e a seleção de linhagens mais produtivas contribuiu para impulsionar a produção (HISANO & PORTZ, 2007). Com o intuito de melhorar geneticamente o plantel, no ano de 2002, a empresa GENOMAR, desenvolveu uma nova linhagem da tilápia nilótica, chamada de Supreme Tilápia, sendo atualmente a linhagem mais produtiva do mundo (ZIMMERMANN

& FITZSIMMONS, 2004). Podemos destacar, entre suas características, o seu rápido crescimento, fácil obtenção de alevinos, boa conversão alimentar e um melhor rendimento de filé (FURUYA et al., 2010).

O desenvolvimento de dietas, que apresentem alto valor nutritivo, que sejam ambientalmente corretas e economicamente viáveis, varia de acordo com o conhecimento sobre as espécies em produção, principalmente em relação ao manejo alimentar e as exigências nutricionais (PORTZ, 2000). Existe a necessidade de se determinar as exigências nutricionais de aminoácidos para cada espécie, avaliando seus efeitos sobre o desempenho zootécnico, composição corporal e sobre a qualidade da carne (PEZZATO et al., 2004).

Dentre os aminoácidos pouco estudados para peixes, alguns podem ser candidatos à suplementação, já que existem evidências recentes que demonstram que esses aminoácidos possuem função específica, atuando na regulação metabólica e necessária para a manutenção do animal (LI et al., 2009). Dentre esses aminoácidos pode ser destacada a arginina, glutamina e glutamato (OEHME et al., 2010).

A glutamina apresenta ações importantes sobre a resposta imune e a integridade do intestino, sendo encontrada nesses órgãos a principal fonte energética para células de proliferação rápida, a exemplo dos enterócitos intestinais e linfócitos (CYNOBER, 1999). Outra vantagem é que este aminoácido fornece metade da exigência de nitrogênio para a síntese de purinas e pirimidinas, importante para a renovação celular (LOBLEY et al., 2001).

Sendo assim, é de suma importância à realização de pesquisas a respeito dos efeitos da glutamina sobre a mucosa intestinal, nos parâmetros de desempenho produtivo e os níveis seguros de inclusão em dietas para alevinos de tilápia do Nilo.

1.1 Cenário Aquícola Mundial

Aquicultura é o cultivo de organismos aquáticos, sob condições controladas, para benefícios econômicos ou sociais, e segundo a FAO (2012), três fatores caracterizam esta atividade: o organismo produzido deve possuir ao menos um ciclo da sua vida em meio aquático, que exista um manejo para a produção, e a criação deve possuir um proprietário, ou seja, não é um bem coletivo como são os recursos pesqueiros explorados pela pesca.

A aquicultura, quando comparada aos outros segmentos de produção animal, é um dos ramos que mais cresce no mundo. De 2000 a 2010, a produção de organismos aquáticos cresceu a uma taxa média anual de 6,6%, sendo superior à taxa de crescimento da produção de frango, que foi de 3,7% a.a. no mesmo período (MPA, 2011). Parte desse crescimento

pode ser creditada à ampliação das áreas de cultivo, introdução de novas tecnologias, melhoramento genético das espécies cultivadas e as pesquisas aplicadas no setor, o que vem contribuindo para uma produção cada vez maior.

Em contrapartida, a pesca extrativa vem apresentando tendências de estagnação ou queda desde os anos 90 (Figura 1). Com a super exploração dos recursos pesqueiros nas últimas décadas, o crescimento rápido da aquicultura tem sido a única forma de acompanhar esta crescente demanda mundial pelo consumo de pescados (FAO, 2012). Porém, a aquicultura ainda é uma atividade complementar a exploração dos recursos pesqueiros. Segundo dados da FAO (2012), atualmente, 55% da produção mundial de pescados são oriundos da pesca extrativa, contra 45% de origem cultivada. Porém, as perspectivas são de que a produção substitua a exploração.

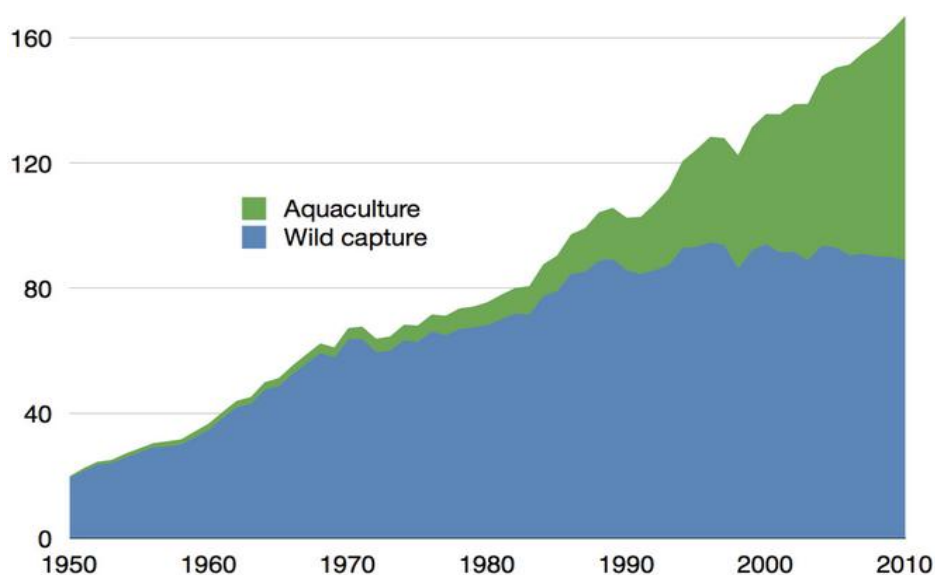


Figura 1 - Gráfico demonstrando a pesca extrativa contra a produção aquícola, em milhões de toneladas, referente aos anos de 1950 – 2010. Fonte: FAO, 2012.

De acordo com o Instituto Earth Policy (2013), a produção mundial de pescado cultivado (66 milhões de toneladas) ultrapassou a produção de carne bovina (63 milhões de toneladas). O peixe é uma excelente fonte de proteína animal e de outros nutrientes essenciais, contribuindo na alimentação de numerosas regiões. Em 2006, mais de 75% da produção mundial de peixe foi consumida – 16.7 quilos por pessoa – e até 2030 este consumo deve aumentar para 20 quilos por ano (AES, 2013).

1.2 Tilápia do Nilo

O nome tilápia abrange cerca de 70 espécies de peixes taxonomicamente classificadas na família Cichlidae, nativas da África e Palestina (WATANABE et al., 2002). No entanto, Stickney (1997) afirma que somente as espécies: *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis aureus*, *Tilapia rendalli* e seus híbridos, apresentam interesse para aquicultura.

A tilápia se espalhou pelo mundo nos últimos 50 anos, sendo hoje produzida em mais de 100 países, sendo considerada uma espécie cosmopolita e talvez se torne o mais importante grupo de espécies aquícolas no século 21 (SHELTON, 2002). A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) compõem o grupo de peixes que mais cresce em termos de comercialização, especialmente pelo aumento da produção desta espécie na China e outros países em desenvolvimento, como o Brasil (HEMPEL, 2002).

Esta espécie vem sendo considerada uma das espécies mais indicadas para a criação intensiva, pois apresenta rápido crescimento, boa conversão alimentar, consumo de ração artificial desde a fase larval (MEURER et al., 2000), fácil adaptação às mudanças no ambiente, apresenta um nível trófico baixo (EL-SAYED, 2006), utiliza com grande eficiência carboidratos como fonte de energia (TENGGARONKUL et al., 2000), permitindo desta maneira a minimização dos custos com sua alimentação (PEZZATO et al., 2002). Apresenta ainda carne branca de textura firme e sem espinhos em “Y”, sendo propícios para a filetagem, tendo o filé como seu produto final e bastante apreciado pelo mercado consumidor. Muito provavelmente, devido a todas essas características positivas, a tilapicultura contribuiu com mais de um milhão de toneladas nas últimas estatísticas pesqueiras mundiais da FAO (2010).

No Brasil, a tilápia do Nilo foi introduzida em 1971, trazida da Costa do Marfim (CASTAGNOLLI, 1992) e hoje representa mais de 90% das tilápias criadas no país (MPA, 2008). Conforme MPA (2008) foram identificadas 8.855 unidades produtivas desta espécie, distribuídas por todos os estados do país, com exceção do Amazonas, onde a legislação vigente não permite a sua criação, e a maior concentração dos produtores dessa espécie ocorrendo nos Estados do Sul, com 41% do total (Figura 1). Segundo MPA (2011), a criação de tilápias representa 39% da produção piscícola continental brasileira.

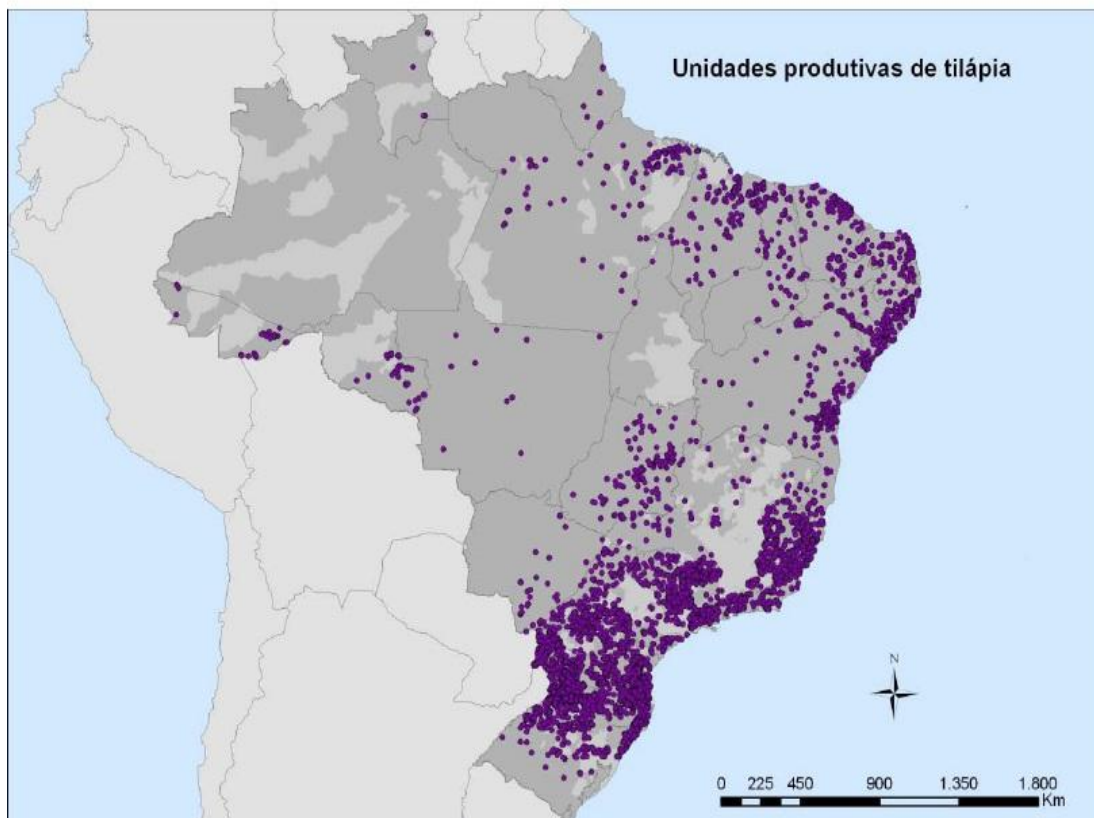


Figura 2 - Distribuição das unidades produtivas de tilápia (pontos roxos) em todo território nacional. Fonte: Censo Aquícola Nacional, 2008.

Com o crescimento da piscicultura, a demanda por alevinos de boa qualidade é de extrema importância para a cadeia produtiva. A nutrição nesta fase torna-se um pré-requisito básico para o sucesso das etapas subsequentes do cultivo (HAYASHI et al., 2002). Entretanto, a nutrição de alevinos é um dos grandes entraves na produção, à exigência de uma ração que proporcione um alto rendimento nutricional, baixo custo para o produtor e com mínimo de impacto ao meio ambiente, é fundamental para uma piscicultura sustentável. Atualmente, os estudos tendem a buscar soluções nutricionais, com o uso de dietas suplementadas por aminoácidos na fase de alevinagem.

1.3 Características Morfofuncionais do Intestino de Peixes Teleósteos

O aparelho digestório dos peixes teleósteos de água doce vem sendo amplamente estudado e descrito morfológicamente, para determinar a função das estruturas especializadas, em relação a diferentes hábitos alimentares desse grupo (RODRIGUES et al., 2008). Presente no grupo dos vertebrados, os peixes possuem o mais simples ou menos diferenciado sistema digestório, de acordo com sua posição na escala evolutiva (DE SILVA

et al., 1995), mas que apresentam o maior número de especializações morfológicas, provavelmente porque habitam diferentes níveis tróficos presentes no ecossistema aquático (LOURES et al., 2001).

O intestino dos peixes é um tubo relativamente simples, inicia-se na válvula pilórica e termina no reto, não sendo dividido em intestino delgado e grosso, como nos mamíferos. Apresenta glândulas digestivas e um suprimento abundante de vasos sanguíneos e de linfa, onde se completa a digestão iniciada no estômago. No intestino é onde acontece a maior parte da absorção dos nutrientes, íons e água provindos da dieta, sendo os produtos da digestão mantidos em solução, o que facilita a absorção. Nos peixes, além da função de digestão e absorção, o intestino pode desempenhar outras funções, como auxiliar na osmorregulação ou na respiração (ROTTA, 2003).

Os peixes são classificados conforme seu hábito alimentar, distintos em: herbívoros, carnívoros, detritívoros e onívoros (RINGO et al., 2003). Desta forma, apresentam variadas adaptações anatômicas do aparelho digestório, demonstrando estreita relação com a natureza dos alimentos, as características do habitat, o estado nutricional e o estágio de desenvolvimento do indivíduo, manifestados especialmente neste aparelho, por adaptações e modificações (ROTTA, 2003; SEIXAS-FILHO et al., 2000).

O intestino possui uma sequência de dobras ou pregas, chamadas de vilosidades intestinais. Os vilos são evaginações da mucosa (epitélio e lâmina própria) que se projetam na luz do intestino para aumentar a área de superfície para a digestão e absorção intestinal (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004) e são formados pelas células caliciformes, enterócitos e enteroendócrinas (BOLELI et al., 2002), formando a chamada “borda da escova” (Figura 2). As células caliciformes que possuem um citoplasma vacuolizado são secretoras de glicoproteínas (muco) e lubrificam e protegem o epitélio do intestino (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004), sendo o enterócito a célula de absorção final e digestão, as células enteroendócrinas são produtoras de hormônios como gastrina, colecistoquinina, secretina e polipeptídeo inibidor gástrico. As pregas têm como finalidade aumentar a área de absorção intestinal.

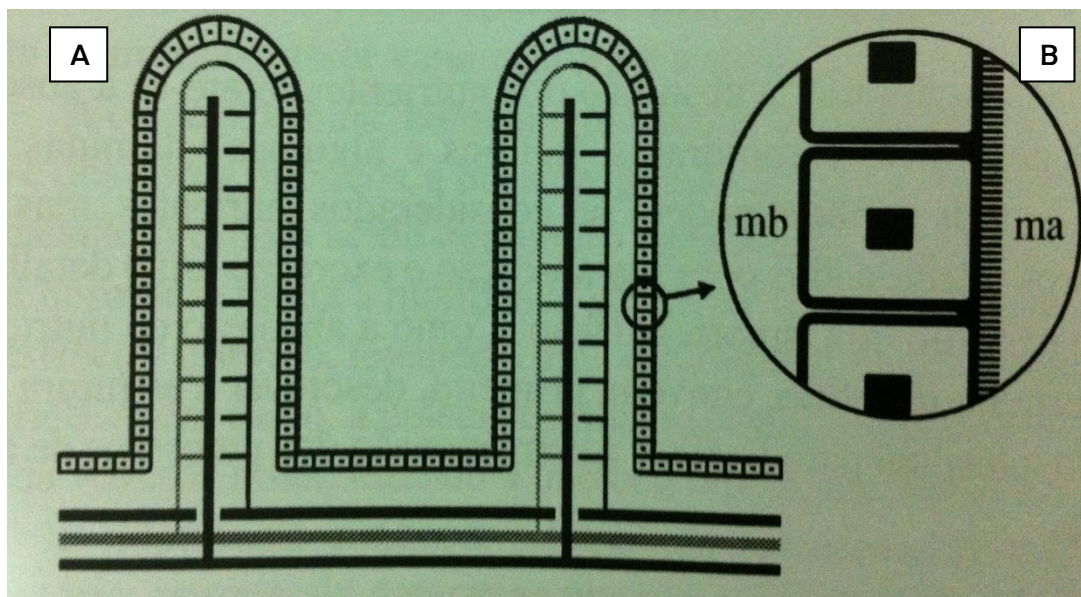


Figura 3 - Ilustração do epitélio intestinal de teleostes, demonstrando as vilosidades (A) e ampliado, os enterócitos (B). ma – membrana apical (com os microvilos); mb – membrana basolateral. Capilares arteriais em cinza, capilares venosos em preto – traço fino e capilares linfáticos em preto – traço grosso. Fonte: Baldisserotto (2002).

A absorção e digestão intestinal estão relacionadas com a proliferação celular que ocorre nas criptas, pois à medida que suas células sofrem mitoses vão sendo deslocadas para a região basal do vilos para que ocorra a diferenciação celular, sendo então deslocadas para a região apical dos vilos para exercerem sua função (BOLELI et al., 2002). Os peixes não apresentam criptas como os vertebrados e a função de proliferação celular do epitélio do vilos são realizados por células indiferenciadas na base do vilos que fazem inúmeras mitoses para formação de novas células (JOBILING, 1995).

O desenvolvimento da mucosa intestinal consiste no aumento da altura e densidade dos vilos, o que corresponde a um aumento no número de suas células epiteliais (enterócitos, células caliciformes e enteroendócrinas). Esse processo ocorre por renovação celular (proliferação e diferenciação), resultado das divisões mitóticas realizadas pela célula e pela perda de células (extrusão), fato que ocorre normalmente no ápice dos vilos (MAIORKA et al., 2002).

Portanto, o equilíbrio entre esses dois processos de renovação, garante que as estruturas da mucosa intestinal sejam mantidas e para que desta maneira ocorra à manutenção da digestão e absorção dos nutrientes pelos enterócitos presentes nos vilos. A densidade e o tamanho dos vilos estão relacionados com a perda de células e renovação celular pelo epitélio da mucosa intestinal, o desequilíbrio do processo de renovação celular a favor de um aumento na proliferação tem papel relevante, pois maximiza a digestão e absorção intestinal

para maior ganho de peso. Assim, vários componentes da dieta têm sido testados para melhorar o crescimento da mucosa intestinal (BOLELI et al., 2002).

Por este motivo, o conhecimento morfofuncional do sistema digestório dos peixes tem grande importância para atender as exigências nutricionais, a formulação e elaboração de dietas que suprem às exigências dos peixes, considerando o hábito alimentar e suas particularidades, buscando melhorias no desempenho produtivo e saúde dos animais.

1.4 Glutamina

A glutamina é um aminoácido gliconeogênico mais abundante na circulação e no espaço intracelular, além de ser precursor da síntese de aminoácidos, nucleotídeos, ácidos nucléicos, açúcares aminados, proteínas e muitas outras moléculas importantes biologicamente (SMITH, 1990). Pode ser sintetizado por todos os tecidos, sendo que, a maior síntese de glutamina ocorre no músculo esquelético (VAN DER HULST, 1993), possui funções metabólicas específicas e importantes, e é considerado um aminoácido condicionalmente essencial em algumas espécies, quando há condições inflamatórias, como infecção ou ferimento (NEWSHOLME, 2001) ou no caso de quadros de doença com catabolismo (SMITH; WILMORE, 1990).

A sua estrutura apresenta dois grupos nitrogenados facilmente mobilizáveis, um grupo alfa-amino e uma amida (Figura 3), sendo esses grupos nitrogenados o que a diferencia dos outros aminoácidos, pois funciona como veículo para intercâmbio tissular de nitrogênio e amônia da periferia para os órgãos viscerais (DARMAUN et al., 2000). Há duas enzimas responsáveis diretas pela síntese e degradação da glutamina: glutamina sintetase e glutaminase.

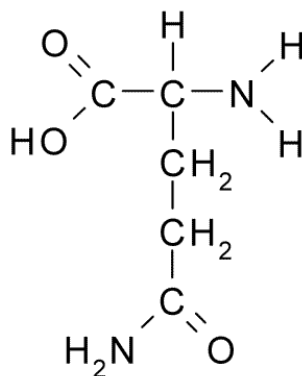


Figura 4 - Estrutura da glutamina (MURRAY et al., 2002).

A glutamina encontra-se livre em maior quantidade no tecido muscular esquelético e no plasma, além de ser o principal elemento metabólito para os enterócitos (MAIORKA et al., 2002), possuindo função de aumentar a resposta linfocítica à estimulação de mitógenos (TAUDOU et al., 1983), evitando assim o risco de fragilidade da barreira entre o conteúdo bacteriano do lúmen intestinal e a circulação, enfraquecendo o tecido linfóide associado ao intestino (BOELENS et al., 2001). Também pode atuar como sinal ou regulador de demandas metabólicas, aumentando a síntese e diminuindo a degradação de proteína no músculo esquelético e estimulando a síntese de glicogênio no fígado (HAUSSINGER et al., 1994). Também possui importância na gliconeogênese, síntese de uréia, homeostase do pH, neurotransmissão e diferenciação e crescimento celular. A glutamina é o principal substrato energético de células de proliferação rápida, como enterócitos intestinais e linfócitos ativados (CYNOBER, 1999).

Logo após a ingestão da dieta, a absorção de glutamina acontece no lúmen intestinal por meio das microvilosidades dos enterócitos, sendo que quanto maior a concentração de glutamina no lúmen, maior será seu transporte através do sistema transportador de nitrogênio, (SOUBA et al., 1990).

Além do importante papel no desenvolvimento da mucosa intestinal, a glutamina possui também outras funções na estrutura da mucosa, como ser precursora de n-acetilglucosamina e n-acetilgalactosamina para a síntese de mucina e também garantindo a eficiência das junções de oclusão, componentes estes usados para garantir a manutenção da barreira passiva de entrada bacteriana na mucosa (WU et al., 1995).

A glutamina é considerada um aminoácido não essencial, mas em condições de estresse passa a ser essencial, pois o intestino nestas condições retira este aminoácido da circulação para apoiar o metabolismo e função celular (WHITNEY et al., 1983). A captura da

glutamina pelo intestino, rins e linfócitos excede a quantidade liberada e retirada das reservas disponíveis no organismo. Em situações de estresse prolongado a proteólise do músculo esquelético e a translocação de aminoácidos para os órgãos aumenta, diminuindo a quantidade de glutamina no plasma, nos tecidos e na mucosa intestinal que começa a atrofiar devido ao aumento da permeabilidade da mucosa intestinal e número aumentado de bactérias (WILMORE et al., 1988). A L-glutamina tem sido bastante utilizada na alimentação de animais monogástricos como aves e suínos (WU et al., 1996; LACKEYRAM et al., 2001), apresentando efeitos positivos em relação a sua utilização, principalmente quando os animais são submetidos a situações de estresse. Para peixes alguns estudos já foram realizados para determinar a importância da suplementação desse aminoácido para as diversas espécies, sendo encontrados efeitos positivos da suplementação desse aminoácido para melhorar o desempenho produtivo e também relacionado às características morfológicas do intestino.

Yan e Qiu-Zhou (2006) em estudo com juvenis de carpa comum (*Cyprinus carpio*), observaram que os peixes alimentados com 1,2% de L-glutamina apresentaram melhora no desempenho, aumento da altura das vilosidades intestinais e melhora na função intestinal dos peixes com aumento da atividade das enzimas do intestino. Oehme et al. (2010) em estudos com salmão do Atlântico (*Salmo salar*) durante a fase de transição para o mar observaram que a suplementação de arginina e glutamina na ração apresentou um efeito positivo sobre a ração alimentar e o crescimento dos animais,.

Em estudos com juvenis de tilápia do Nilo (SILVA et al., 2010) observaram que a adição de L-glutamina e L-glutamato (AminoGut[®]) melhorou o ganho de peso e altura das vilosidades intestinais dos alevinos, sendo que a inclusão de 1,67% foi o nível mais adequado para promover o desenvolvimento da mucosa intestinal. Já Quadros (2010) em estudos também com tilápia do Nilo observaram efeitos diferentes já que não houve melhora no desempenho dos animais com a suplementação de L-glutamina na ração, mais quando esses animais foram expostos a uma infecção bacteriana a suplementação de L-glutamina na ração proporcionou a redução na mortalidade e nos sintomas da infecção bacteriana.

A nutrição possui um profundo efeito sobre o desempenho dos animais, principalmente nas fases iniciais. Informações precisas, sobre a nutrição de alevinos de tilápia do Nilo são necessárias, bem como determinar a quantidade e qualidade da ração e a sua influência sobre a produção desses animais (EL-SAYED et al., 2003). Esses componentes denominados de agente tróficos estimulam o desenvolvimento da mucosa intestinal, aumentando a mitose e, portanto, o tamanho dos vilos (MAIORKA et al., 2002). Existem vários agentes tróficos usados na dieta e, entre eles, a glutamina tem sido muito pesquisada

não só para os animais de criação, mas também para humanos, por seu papel na manutenção da estrutura da mucosa intestinal e também para minimizar os efeitos do estresse a que esses animais possam ser expostos.

Alguns aminoácidos podem ser candidatos à suplementação, já que existem evidências recentes que demonstram que esses aminoácidos possuem função específica, atuando na regulação metabólica necessária para a manutenção, crescimento, reprodução e resposta imune (LI et al., 2009). Dentre esses aminoácidos pode ser destacada a arginina, glutamina e glutamato (OEHME et al., 2010).

Vários autores (KITZ et al., 2001; SAKAMOTO 2009; ABREU et al., 2010) já descreveram o uso de L-glutamina em dietas para suínos e frangos de corte, porém há poucos estudos com peixes se comparado aos demais monogástricos. Sendo assim, não se sabe ao certo os níveis de L-glutamina e os efeitos que este aminoácido pode causar as várias espécies de peixes existentes.

2 OBJETIVO

Avaliar o desempenho produtivo, a composição química corporal e a morfometria intestinal de alevinos de tilápia do Nilo, por meio de dietas suplementadas com os níveis 0; 0,75; 1,50; 2,25 e 3% de L-glutamina.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Sistemas de Produção do Pescado, no Setor Palotina da Universidade Federal do Paraná, entre os dias 24 de maio e 18 de julho de 2013.

Foram utilizados 450 alevinos de tilápia do Nilo (linhagem GIFT), revertidos sexualmente durante a fase larval, oriundas da Piscicultura Venites de Toledo – PR, com peso vivo inicial de $0,15 \pm 0,03$ g, e comprimento inicial de $2,11 \pm 0,20$ cm. Os alevinos foram distribuídos em 30 caixas plásticas com volume útil unitário de 60 L cada, totalizando 15 alevinos em cada caixa plástica, em um delineamento completamente casualizado, com cinco tratamentos e seis repetições.

Cada caixa plástica possui um sistema de aeração constante, com pedra micro porosa ligada em uma mangueira conectada a um soprador central de 1 CV, mantendo o oxigênio entre 6 e 8 mg/L. O sistema de recirculação é composto por uma caixa de decantação de 500 L com aquecedores com termostato de 3000 W (somadas as suas potências) e um biofiltro físico-biológico composto por uma caixa de 500 L. A temperatura da água permaneceu na média de 29,5°C. A troca de água foi realizada diariamente por meio de sifonagem antes da primeira e depois da última alimentação, para remoção de fezes e resíduos, substituindo cerca de 10% do volume total de cada caixa plástica.

As dietas experimentais (Tabela 1) foram formuladas para serem, isoprotéicas (30% de proteína digestível) e isoaminoácídicas para lisina e metionina + cistinas, e suplementadas com cinco níveis crescentes de L-glutamina (0; 0,75; 1,5; 2,25 e 3%). As dietas formuladas tiveram como base, o farelo de soja e milho, e óleo de soja.

Para o preparo das dietas, primeiro os ingredientes foram selecionados e processados em um moinho de facas com peneira de 0,05 mm. Feito isto, os ingredientes secos foram pesados, e misturados manualmente. Logo após foi adicionado o óleo de soja e água na temperatura de 55°C, e misturados novamente até se obter uma massa consistente. As dietas foram então peletizadas, de acordo com a granulometria da boca dos peixes e colocadas para secar em estufa de ventilação forçada, por um período de 24h, a uma temperatura de 50 a 60°C. Posteriormente foram identificadas e armazenadas em freezers para seu uso durante o experimento.

O arraçoamento foi *ad libitum*, realizado três vezes ao dia (8, 13 e 18h) durante 55 dias.

Tabela 1 - Composição percentual das dietas suplementadas com L-glutamina

Ingredientes (%)	Nível de inclusão (%)				
	0	0,75	1,50	2,25	3,00
Farelo de soja	66,51	66,51	66,51	66,51	66,51
Milho	20,22	20,22	20,22	20,22	20,22
Inerte ⁴	3,00	2,25	1,50	0,75	0
Óleo de soja	4,74	4,74	4,74	4,74	4,74
Fosfato bicálcico	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
Premix vitamínico-mineral ¹	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Sal comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
BHT ²	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Glutamina	0,00	0,75	1,50	2,25	3,00
Calcário	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Ácido linoleico (%)	3,34	3,34	3,34	3,34	3,34
Amido (%)	21,37	21,37	21,37	21,37	21,37
Arginina Total (%)	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38
Cálcio (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Cistina (%)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
ED ⁵ tilápia (kcal kg ⁻¹)	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	4028,27	4028,27	4028,27	4028,27	4028,27
Fenilalanina (%)	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70
Fibra bruta (%)	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25
Fósforo total (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Gordura (%)	6,23	6,23	6,23	6,23	6,23
Histidina (%)	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Isoleucina (%)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Leucina (%)	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63
Lisina total (%)	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93
Matéria Mineral (%)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Matéria seca (%)	90,22	90,22	90,22	90,22	90,22
PD (%)	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Proteína Bruta (%)	33,52	33,52	33,52	33,52	33,52
Treonina Total (%)	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29
Met+cistina total (%)	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Valina Total (%)	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
Triptofano Total (%)	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43

¹ Suplemento mineral e vitamínico (Supre Mais): composição por kg: Vit. A = 1200.000 UI; vit. D3 = 200.000 UI; vit. E = 12.000 mg; vit. K3 = 2.400 mg; vit. B1 = 4.800 mg; vit. B2 = 4.800 mg; vit. B6 = 4.000 mg; vit. B12 = 4.800 mg; ác. Fólico = 1.200 mg; pantotenato de Ca = 12.000 mg; vitamina C = 48.000 mg; biotina = 48 mg; colina = 65.000 mg; niacina = 24.000 mg; Fe = 10.000 mg; Cu = 600 mg; Mg = 4.000 mg; Zn = 6.000 mg; I = 20 mg; Co = 2 mg e Se = 20 mg;

² Butil Hidroxi Tolueno.

³ Valores calculado segundo NRC (1993).

⁴ Ingrediente utilizado em substituição a glutamina.

⁵ Energia digestível.

As variáveis químicas da qualidade de água (amônia e pH) foram mensurados semanalmente pela manhã, seguindo a metodologia de Koroleff (1976) para determinação da amônia, e para as medidas de pH foi utilizado um pHmetro digital (MS TECPON modelo MPA 210). A temperatura e o oxigênio eram aferidos diariamente, por meio de um oxímetro digital (LT LUTRON modelo 5510), antes da primeira e última sifonagem.

Todos os alevinos foram pesados em balança digital (0,01 g) no início e ao final do experimento. Ao final do período experimental, os alevinos foram mantidos em jejum por 24 horas e depois foram abatidos em água gelada (± 1 °C). Após isto, os alevinos foram pesados e medidos individualmente, por meio de balança digital (0,01 g) e paquímetro (cm), respectivamente.

Para os parâmetros de desempenho, foram determinadas as variáveis de peso final (g), comprimento total (cm), largura (cm), altura (cm), ganho de peso (g) e conversão alimentar aparente. Para os parâmetros corporais, foram avaliados peso total (PT), peso eviscerado (PEVC), peso do tronco (PTR), peso do hepatopâncreas (PHS) e índice hepatossomático (IHS). Para a composição química corporal, foram quantificados valores de proteína bruta, extrato etéreo, umidade e cinzas.

Para determinar o ganho de peso, consumo, conversão alimentar e determinação do índice hepatossomático, foram utilizados as expressões descritas por Jauncey & Ross (1982), respectivamente:

$$GP = PF - PI$$

Leia-se:

GP = Ganho de peso (g);

PF = Peso final (g);

PI = Peso inicial (g).

$$CAA = \frac{\text{CONSUMO}}{GP}$$

Leia-se:

CAA = Conversão alimentar aparente;

GP = Ganho de peso (g).

$$IHS = \frac{PF}{PV} \times 100$$

Leia-se:

IHS = índice hepatossomático;

PF = peso do fígado (g);

PV = peso vivo (g).

Para determinação da composição química corporal, os peixes foram moídos em moedor de carne até se obter uma polpa homogênea. Posteriormente, no Laboratório de Bromatologia da Universidade Federal do Paraná, setor Palotina, foram realizadas as análises de proteína bruta, extrato etéreo, umidade e matéria seca. Seguindo a metodologia descrita Silva & Queiroz (2002).

Para a morfometria da mucosa intestinal, foram coletadas porções de aproximadamente 5 cm de comprimento do intestino médio (15 cm abaixo da junção do estômago com o intestino) de três peixes de cada unidade experimental. As amostras foram colocadas em placa de isopor, abertas longitudinalmente, lavadas com solução salina, fixado em solução de formol a 10% por seis horas, desidratadas em série ascendente de álcool, diafanizadas em xilol, e incluídas em parafina, para a obtenção de cortes histológicos semiseriados. Foram realizados cortes de 5 µm de espessura que foram corados pelo método de hematoxilina-eosina. A captura de imagens foi realizada em fotomicroscópio ZEISS (AxioCam ERc 5s) em objetiva de 10X, utilizando o sistema de imagens computadorizado (Image Pro Plus – Versão 4.5 - Media Cibernética). A morfometria da mucosa intestinal foi realizada em 20 vilos por animal, perfazendo um total de 180 medidas por tratamento, sendo mensurada a altura dos vilos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ($P > 0,05$) através do programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas) da UFV (2007).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis químicas da qualidade de água das caixas experimentais não variaram ($P > 0,05$) em função dos tratamentos, os valores médios para temperatura, oxigênio dissolvido, pH e amônia, foram de, respectivamente $29,5 \pm 2,3^\circ\text{C}$, $7,22 \pm 0,12$ mg/L, 6,3 mg/L e 0,07 mg/L. De modo geral, as variáveis químicas da qualidade da água do presente experimento permaneceram dentro da faixa estipulada para a espécie (SIPAÚBA-TAVARES, 1995).

Não foi observada mortalidade decorrente ao uso de dietas suplementadas com L-glutamina durante o período experimental. Os níveis crescentes de L-glutamina presente nas dietas não influenciaram ($P>0,05$) no desempenho e na eficiência alimentar (Tabela 2).

Tabela 2 - Parâmetros de desempenho de alevinos de tilápia do Nilo suplementados com L-glutamina.

Variáveis	L-glutamina (%)					CV ¹
	0	0,75	1,50	2,25	3,00	
Peso final (g)	9,21	8,44	8,51	7,75	9,13	0,59
Comprimento total (cm)	7,79	7,72	7,76	7,44	7,80	0,15
Largura (cm)	1,04	1,05	1,05	0,98	1,04	0,03
Altura (cm)	2,37	2,35	2,36	2,24	2,38	0,06
Rendimento de carcaça (%)	5,36	4,66	4,38	4,32	5,02	0,44
Ganho médio de peso (g)	6,95	6,38	6,85	5,77	7,67	0,70
Conversão alimentar	1,30	1,34	1,21	1,34	1,04	0,13

¹ Coeficiente de variação

Os resultados de desempenho corroboram com os dados obtidos por Quadros (2010), onde as dietas suplementadas com L-glutamina não apresentaram melhora no desempenho de tilápias do Nilo adultas, alimentadas durante 32 dias, em níveis crescentes de 0 a 4% de L-glutamina. Silva (2008) também não encontrou diferença nos parâmetros de desempenho de juvenis de tilápia do Nilo, alimentadas durante 47 dias, com dietas suplementadas com Aminogut[®], em uma proporção de 0 a 3% da dieta. No entanto, Yan e Qiu-Zhou (2006), em estudos realizados com juvenis de carpa comum (*Cyprinus carpio*), forneceram durante 80 dias, dietas contendo 0; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 e 2% de L-glutamina, observaram que os peixes alimentados com 1,2% de L-glutamina demonstraram um efeito positivo nos parâmetros de desempenho.

Um melhor desempenho dos animais alimentados com dietas contendo L-glutamina pode ocorrer devido à glutamina participar do ciclo de uréia e na degradação de proteínas. Além de ser um importante precursor outros aminoácidos, açúcares aminados, nucleotídeos, proteínas e outras moléculas biologicamente importantes, conforme descrito por Smith & Wilmore (1990) e Newsholme (2001). Vários estudos (WU et al., 1996; LACKEYRAM et al., 2001; SILVA et al., 2010) demonstram a melhora no desempenho e na eficiência alimentar dos animais que receberam dietas contendo L-glutamina. Isto ocorre por causa da sua capacidade de atuar como regulador das demandas metabólicas, podendo ser aproveitada como fonte de nitrogênio para promover a síntese de aminoácidos não essenciais e para deposição proteica (NEWSHOLME et al., 2003), agindo desta forma como estímulo para

síntese muscular (FORTI et al., 2003) e reduzindo o catabolismo no músculo esquelético, promovendo um aumento no ganho de peso e crescimento dos animais (NEWSHOLME et al., 2003).

Embora não tenha sido constatada diferença significativa, foi observado uma diferença numérica na conversão alimentar e no ganho de peso médio dos alevinos, quando o nível de suplementação de L-glutamina aumentou para 3%. É possível, que as diferenças estatísticas do presente estudo não tenham sido detectadas, pelo motivo das interações agressivas ocorridas nos cardumes (KAUFMANN, 1983; KARAVANICH et al., 1993), sendo observado este comportamento em todas as unidades experimentais.

Não foi observada diferença ($P > 0,05$) na composição química corporal dos alevinos de tilápia do Nilo, alimentados com dietas suplementadas com L-glutamina (Tabela 3), podendo ser justificada pelo perfil de aminoácidos presente nas dietas serem de alta qualidade, atendendo todas as exigências nutricionais da espécie durante a fase de alevinagem, não acarretando prejuízos aos peixes não suplementados com L-glutamina.

Entretanto, observou-se que os valores de proteína bruta e extrato etéreo apresentaram um aumento do nível 0% até o nível máximo de suplementação de L-glutamina na ração de 3%. O aumento de gordura na carcaça pode estar relacionado com a piora na eficiência de retenção da proteína na carcaça que levou a utilização de aminoácidos e a oxidação de seus esqueletos carbônicos em lipídeo sendo esta depositada na forma de gordura visceral na carcaça.

A L-glutamina age no transporte de nitrogênio entre os tecidos para a formação de aminoácidos para a síntese de proteína muscular, sendo importante para composição do músculo esquelético (FORTI et al., 2003). Esta falta de diferenças na composição corporal dos alevinos de tilápia do Nilo pode ter sido ocasionada pelo fato da L-glutamina exógena ter maiores efeitos em situações de estresse, como infecções e queimaduras (RIBEIRO et al., 2004).

Tabela 3 - Médias da composição química corporal de alevinos de tilápia do Nilo suplementadas com L-glutamina.

Variáveis (%)	L-glutamina (%)					CV ¹
	0	0,75	1,50	2,25	3,00	
Proteína bruta	13,97	14,5	14,01	14,99	15,19	0,55
Extrato etéreo	1,68	2,08	3,69	3,57	3,44	0,94
Água	74,95	76,01	75,78	75,7	75,69	0,40
Matéria seca	3,73	3,45	2,95	3,38	3,22	0,29

¹ Coeficiente de variação

As análises morfológicas das vilosidades intestinais do segmento médio do intestino da tilápia do Nilo apresentaram organização normal das túnicas intestinais compostas pelas camadas da mucosa, submucosa, muscular e serosa (Figura 4), independente do nível de inclusão de L-glutamina. A camada mucosa apresentou epitélio simples colunar com células caliciformes normais, as vilosidades apresentaram aspecto foliáceo e irregularidades quanto a sua altura, não sendo observada a presença de criptas intestinais. As características citadas para estes animais alimentados com níveis crescentes de L-glutamina se encontram na normalidade para peixes teleosteos em geral (TAKASHIMA et al., 1995) e também para as tilápias (GARGIULO et al., 1998).

Na análise morfométrica da altura dos vilos, não foram encontradas diferenças significativas ($P>0,05$), nos peixes alimentados com níveis crescentes de L-glutamina na dieta, sendo observados os valores de 349,25; 378,10; 362,51; 325,72 e 350,66 μm para os níveis de 0; 0,75; 1,50; 2,25 e 3% de L-glutamina, respectivamente.

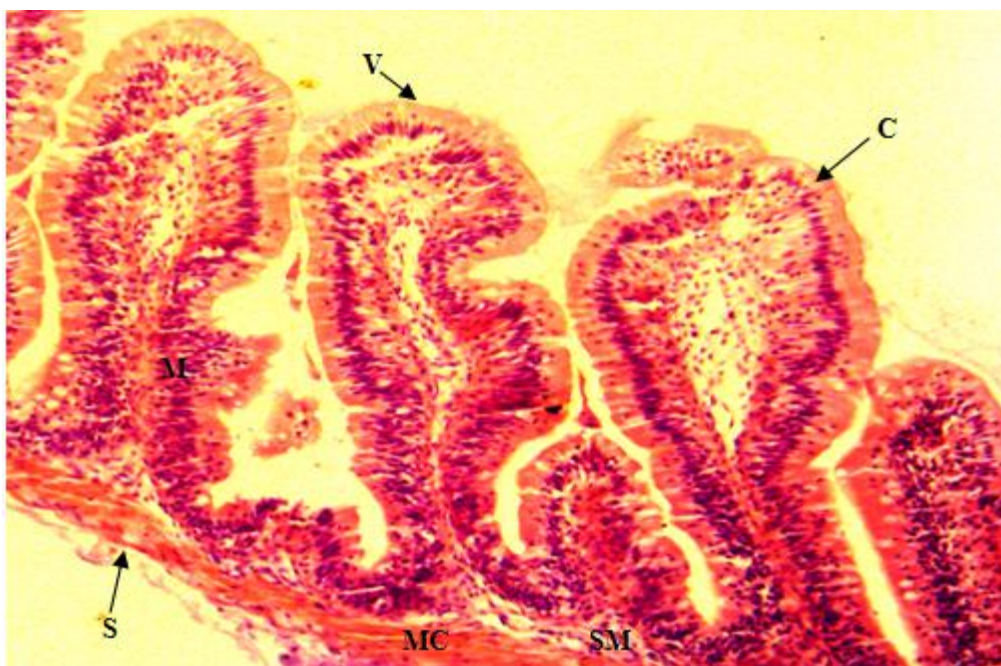


Figura 5 – Fotomicrografia do segmento médio do intestino de alevinos tilápia do Nilo suplementados com L-glutamina. Em destaque as vilosidades (V), epitélio da mucosa (M), túnica submucosa (SM), túnica muscular (MC), túnica serosa (S) e célula caliciforme (C). Coloração HE. Objetiva de 10X.

Yi et al. (2001), apresentam dados semelhantes ao deste experimento em estudos realizados com frangos de corte, o fornecimento de uma dieta suplementada com 1% de L-glutamina, não influenciou a altura das vilosidades, em comparação a dieta controle de milho

e soja. Kitt et al. (2001) também não encontraram diferenças na altura das vilosidades de suínos suplementados na dieta com 1% de L-glutamina. Porém, alguns autores, em estudos realizados com peixes relatam sucesso no uso da L-glutamina para promover o crescimento das vilosidades intestinais, conforme relataram Yan e Qiu-Zhou (2006), onde observaram que juvenis de carpa comum, alimentados com 1,2% de L-glutamina, demonstraram aumento da altura das vilosidades intestinais e melhora na função intestinal dos peixes, apresentado uma alta atividade das enzimas do intestino. Silva et al (2010), concluíram que adição de 1,67% de L-glutamina e L-glutamato em dietas para juvenis de tilápia do Nilo, é adequado para promover o desenvolvimento da mucosa intestinal.

O mecanismo pelo qual a L-glutamina estimula a proliferação de células intestinais não é bem conhecido. Rhoads et al (1997), em pesquisas realizadas com suínos, sugeriram que existem dois eventos associados com a oxidação da L-glutamina e a proliferação de células intestinais: estimulação das trocas sódio/hidrogênio (Na^+/H^+) na membrana do enterócito e aumento da atividade específica da enzima ornitina descarboxilase (ODC), aumentando a produção de poliaminas, que atuam na maturação e regeneração da mucosa intestinal (WANG et al., 1998).

Também foi demonstrado por REEDS et al. (2001) que as células das vilosidades e das criptas intestinais sintetizam simultaneamente a glutamina, sugerindo que este aminoácido pode não ter um papel estritamente metabólico no intestino. A glutamina apresenta uma função regulatória, ativando assim uma série de genes associados com o ciclo de progressão das células na mucosa, a anulação da síntese deste aminoácido ocasiona na diminuição da proliferação e da diferenciação de células da mucosa (RHOADS et al., 1997; BLIKSLAGER et al., 1999; REEDS et al., 2001).

Dietas suplementadas com L-glutamina e fornecidas a animais monogástricos, como suínos, frangos e peixes, já foi descrita por diversos autores (WU et al., 1995; MAIORKA, 2000 e 2002; MURKAMI et al., 2007; SAKAMOTO, 2009; YAN e QIU-ZHOU 2006 e SILVA et al., 2010). Nestes trabalhos, foram demonstradas melhoras no desempenho e nas características da mucosa intestinal, principalmente em condições onde existia desafio, tornando-se uma ferramenta importante para o bom desenvolvimento e manutenção do estado fisiológico de animais deprimidos ou submetidos ao estresse.

A falta de resposta na altura das vilosidades, ao qual poderia apresentar alterações funcionais na capacidade de absorção da mesma, corrobora com o fato de não demonstrarem alterações na organização morfológica da parede e no ganho de peso, podendo ser justificado pela falta de desafio nas condições experimentais. A ausência de efeitos da suplementação de

níveis crescentes de L-glutamina nas rações para a tilápia do Nilo para os parâmetros de desempenho, composição química da carcaça e morfometria da mucosa intestinal comprova que para esta fase de vida das tilápias do Nilo não há melhora de desempenho dos animais alimentados com L-glutamina e que este aminoácido não interferiu na composição da mucosa do intestino dos animais avaliados.

É necessário levar em conta que os melhores resultados obtidos quando adicionado a L-glutamina na ração são em animais mais jovens, principalmente em suínos durante a fase de desmama. Desta maneira, é possível que os melhores resultados com adição desse aminoácido possa ser obtido durante a fase de reversão sexual da tilápia ou em situações onde os animais são submetidos a fatores de estresse.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que as dietas suplementadas com diferentes níveis de L-glutamina, durante o período de 55 dias, não influenciaram o desempenho produtivo, composição química corporal e altura dos vilos de alevinos de tilápia do Nilo.

REFERÊNCIAS

ABREU, M. L. T. et al. Glutamina, nucleotídeos e plasma de suíno em rações de leitões desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.520-525. 2010.

AGRICULTURE AND ENVIRONMENTAL SERVICES - AES. **Fish to 2030**. Disponível em:

<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/17579/831770WPOP11260ES003000Fish0to02030.pdf?sequence=1>. Acessado em: 12/04/2014.

BALDISSEROTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria: Editora UFSM, 2002. 212p.

BALLESTRAZZI, R. et al. The effect of dietary coconut oil on reproductive traits and egg fatty acid composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture International**, v.11, p.289-299, 2003.

BLIKSLAGER, A. T. et al. Glutamine and transforming growth factor-alpha stimulate extracellular regulated protein kinase and enhance recovery of villous surface area in porcine ischemic-injured intestine. **Surgery**, n.125, p.186-194. 1999.

BOELENS, P. G. et al. Glutamine alimentation in catabolic state. **The Journal of Nutrition**, p.2569-2577, 2001.

BOLELI, I. C. et al. Estrutura funcional do trato digestório. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZÁLES, E.P. (Ed.) **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**, Jaboticabal:FUNEP/UNESP, 2002. p.75-96.

BRASIL. Ministério de Pesca e Aquicultura (MPA). **Boletim estatístico de pesca e aquicultura**. 2010.

CASTAGNOLLI, N. **Piscicultura de água doce**. Jaboticabal:Funep, São Paulo. 1992. 189p.

CYNOBER, L. A. **Glutamine metabolism in stressed patients (abstract)**. Proceedings of international Congress on amino acids (Germany). p.5, 1999.

DARMAUN, D. et al. Does the fate of enterally administered glutamine depend on its molecular form? Bound versus free amino acid. **Nutrition**, v.16, p.1101-1102. 2000.

DE SILVA, S. S. et al. **Fish Nutrition in Aquaculture**. London: Chapman & Hall Aquaculture Series. 1995. 319p.

EARTH POLICY INSTITUTE. **Farmed Fish Production Overtakes Beef 2013**. Disponível em: http://www.earth-policy.org/plan_b_updates/2013/update114. Acessado em: 14/03/2014.

EL-SAYED, A. M. et al. Effects of dietary protein levels on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock reared at different water salinities. **Aquaculture**, v.220, p.619-632, 2003.

EL-SAYED, A. M. et al. Effects of dietary lipid source on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock reared at different water salinities. **Aquaculture**, v.248, p.187-196, 2005.

EL-SAYED, A. M. **Tilapia culture**. London:Cabi. 2006. 277p.

EWTUSHIK, A. L. et al. Intestinal development of early-weaned piglets receiving diets supplemented with selected amino acids or polyamines. **Journal Animal. Science**, v.80, p.653-662, 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Aquaculture Production Statistics 2000- 2009**. Rome, Italy. 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture**, Roma, 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Estatísticas 2010**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/013/i1820e/i1820e.pdf>>. Acessado em: 14/02/2014.

FORTI, F. et al. O efeito da glutamina no músculo esquelético desnervado. **Saúde Revista**, v.5, n.9, p.59-65, 2003.

FURUYA, W. M. et al. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. Ajinomoto Animal Nutrition, São Paulo. 2010. 98p.

GARGIULO, A. M. et al. Histology and ultrastructure of the gut of the tilapia (*Tilapia spp.*), a hybrid teleost. **Anatomic Histology and Embryology**, v.27, p.89-94, 1998.

GUNASEKERA, R. M. et al. Effect of dietary protein level on puberty, oocyte growth and egg chemical composition in the tilapia, (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.134, p.169-183, 1995.

HAUSSINGER, D. et al. Regulation of cell function by cellular hydration state. **American Journal Physiology**, v.267, p.E343-E355, 1994.

HAYASHI, C. et al. Exigência de proteína digestível para larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.823-828, 2002.

HEMPEL, E. **Tilapia, the new whitefish**. Seafood International. AGRA. Europe, London, v.17, n.10, p.16-20, 2002.

HISANO, H. & PORTZ, L. Redução de custos de rações para a tilápia: a importância da proteína. **Bahia Agrícola**, Salvador, v.8, n.1, p. 42-45. 2007.

JOBLING, M. **Environmental Biology of fishes**. Fish and Fisheries Series 16. 1995, 455p.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica**. 10 ed. Rio de Janeiro:Guanabara Koogan, 2004. 488p.

KARAVANICH, C. et al. Agnostic encounters in the American Lobster, *Homarus americanus*: do they remember their opponents? **The Biological Bulletin**, v.185, p.321-322, 1193.

KAUFMANN, J. H. On the definitions and functions of dominance and territoriality. **Biological Reviews**, v.58, p.1-20, 1983.

KITT, S. J. et al. Effects diet and crystalline glutamine supplementations of growth performance and small intestine morphology of weanling pigs. **Journal Animal Science**, v.79, p.10, 2001.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. pg. 117-181. In: Grasshoff, K. (ed.) **Methods of seawater analysis**. Verlag Chemie Weinheim, 1976.

LACKEYRAM, D. et al. Effects dietary supplementation of crystalline L-glutamine on the gastrointestinal tract and whole body growth in 15 early- weaned piglets fed corn and soybean meal – based diets. **Journal Animal Science**, 79, 230-231. 2001.

LANNA, E. A. T. et al. Digestibilidade aparente do trânsito gastrintestinal em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em função da fibra bruta da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2186-2192, 2004.

LI, P. et al. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. **Amino Acids**, v.37, p.43-53. 2009.

LOBLEY, G. E. et al. Glutamine in animal science and production. **Journal of Nutrition**, v.131, p.255-2531, 2001.

LOPES, K. L. A. M. **Suplementação de glutamina em dietas iniciais para frango de corte**. 2008. 82f. Tese (Doutorado em Ciencia animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiania, 2008.

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

MAIORKA, A. et al. Influência da suplementação sobre o desempenho e o desenvolvimento de vilos e criptas do intestino delgado de frangos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52, p.487-490, 2000.

MAIORKA, A. et al. Desenvolvimento e reparo da mucosa intestinal. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZÁLES, E. (Eds) **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**, Jaboticabal:FUNEP/UNESP, 2002. p.113-124.

MEURER, F. et al. Utilização de levedura spray driedna alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Acta Scientiarum**, v.22, n.2, p 479-484, 2000.

MEURER, F. et al. Lipídios na alimentação de alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*O. niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.02, p.566-573, 2002.

MPA – Ministério da pesca e aquicultura. **Censo aquícola 2008**. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Censo_maio2013-2.pdf>. Acessado em: 10/02/2014.

MPA – Ministério da pesca e aquicultura. **Estatística da Pesca e Aquicultura 2011**. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20MPA%202011FINAL3.pdf>. Acessado em: 10/02/2014.

MURAKAMI, A. E. et al. Supplementation of Glutamine and vitamin E on the morphometry of the intestinal mucosa in broiler chickens. **Poultry Science**, v.86, p.488-495, 2007.

MURRAY, R. K. et al. **Harper: Bioquímica**. (São Paulo: Editora Atheneu), 2002. p.860.

NEWSHOLME, P. Why is L-glutamine metabolism important to cells of the immune system in health, post injury, surgery or infection? **The Journal of Nutrition**, 2001.

NEWSHOLME, P. et al. Glutamine and Glutamate as vital metabolites. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.36, p.153-163, 2003.

OEHME, M. et al. Dietary supplementation of glutamate and arginine to Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) increases growth during the first autumn in the sea. **Aquaculture**, v.310, p.156-163, 2010.

PEZZATO, L. E. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.

PEZZATO, L. E. et al. Nutrição de Peixes. In: CYRINO, J.E.P. et al. (Ed.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: Tec Art, 2004. p.75-169.

PORTZ, L. et al. Regressão segmentada como modelo na determinação de exigências nutricionais de peixes. **Scientia Agrícola**, v.57, p. 601-707, 2000.

QUADROS, M. **Efeitos da suplementação de glutamina na ração de tilápia do Nilo sobre o desempenho e resistência à infecção bacteriana**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2010. 63p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2010.

REEDS, P. J. et al. Glutamine and the bowel. **Journal of Nutrition**, v.131, p.2505S-2508S. 2001.

RHOADS, J. M. et al. L-glutamine stimulates intestinal cell proliferation and activates mitogen-activated protein kinase. **American Journal of Physiology**, n.272, p.G943- G953. 1997.

RIBEIRO, S. R. et al. Weight loss and morphometric study of intestinal mucosa in rats after massive intestinal resection. influence of a glutamine-enriched diet. **Revista do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de São Paulo**, v.59, n.6, p.349-356, 2004.

RINGO, E. et al. Electron microscopy of the intestinal microflora of fish. **Aquaculture**, Amsterdam, n. 227, p.395-415, 2003.

RODRIGUES, S. S. et al. Anatomia do tubo digestório de *Leporinus macrocephalus* Garavello & Britski, 1988 (Characiformes, Anostomidae) em relação ao seu hábito alimentar. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 24, n. 3, p.86-95, 2008.

ROTTA, M. A. **Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura**. Documentos 53 – EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. ISSN: 1517-1973, 2003. 48 p.

SAKAMOTO, M. I. **Desempenho, desenvolvimento e atividade enzimática da mucosa intestinal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com Glutamina e nucleotídeos**. 2009. 95 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

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

SHELTON, W. L. Tilapia culture in the 21 century. In: Guerrero III, R.D. (Ed.) **Proceedings of the International Forum on Tilapia Farming in the 21 Century**. Los Baños, Philippines. 2002. p.1-28.

SMITH, R. J. Glutamine metabolism and its physiologic importance. **Journal of parenteral and enteral nutrition**. 14:40S-44S. 1990.

SMITH, R. J. and WILMORE, D. W. Glutamine nutrition and requirements. **Journal of parenteral and enteral nutrition**. 14:94S-99S. 1990.

SILVA, S. S.; QUEIROZ, S. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2 ed. Imprensa Universitária: Viçosa, 2002. 235p.

SILVA, L. C. R. **L-Glutamina e L-Glutamato em dietas para tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2008. 50 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá. 2008.

SILVA, L. C. R. et al. Desempenho e morfometria intestinal de juvenis de tilápia-do-nilo alimentados com dietas suplementadas com L-glutamina e L-glutamato. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.6, p.1175-1179, 2010.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia aplicada à aquicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1995.

SOUBA, W. W. et al. Gut glutamine metabolism. **Journal of parenteral and enteral nutrition**, n.14(4 suppl.), p.45S -50S. 1990.

STICKNEY, R. R. Tilapia update 1996. **World Aquaculture**, v.28, p.20-25, 1997.

TAUDOU, G. et al. Influence of amino acid deficiency and RNA aminoacylation on DNA synthesis and DNA polymerase activity during secondary immune response in vitro. **Molecular Immunology**, v.20, p.255, 1983.

TENGJAROENKUL, B. et al. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v.182, p.317-327, 2000.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG**. Versão 9.1. Viçosa, MG, 2007. 52p.

VAN DER HULST, R. Glutamine and the preservation of gut integrity. **Lancet**, v.341, p.1363-1365, 1993.

VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá: EDUEM, 1996. 169p.

WANG, J. Y. et al. Synergistic induction of ornithine decarboxylase by asparagine and gut peptides in intestinal crypt cells. **American Journal of Physiology**, n.274(43), p.C1476-C1484. 1998.

WATANABE, W. O. et al. Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trend, and challenges. **Reviews in Fisheries Science**, v.10, p.465-498, 2002.

WHITNEY, E.; CATALDO, A. **Understanding normal and clinical nutrition**. New York: West Publishing Co., 1983. 220p.

WILMORE, D.; SMITH, R. The gut a central organ after surgical stress. **Surgery**, v.104, p.917-923, 1988.

WU, G. et al. Glutamine and glucose metabolism in enterocytes of the neonatal pig. **American Journal Physiology**, v.37, p.R334-R342, 1995.

WU, G. et al. Dietary glutamine supplementation prevents jejunal atrophy in weaned pigs. **Journal of Nutrition**, v.126, p.2578-2584. 1996.

YAN, L.; QIU-ZHOU, X. Dietary glutamine supplementation improves structure and function of intestine of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Aquaculture**, v. 256, p.389-394, 2006.

YI, G. F. et al. Apparent ileal digestibility of amino acids in soybean meal, menhaden fish meal, catfish meal and spraydried plasma in young broilers. **Poultry Science**, v.80, Suppl. 1(Abstr.). 2001.

ZAMBONI-FILHO, E. **Piscicultura das espécies exóticas de água doce**. In: C.R.; POLI, A.T.B; ANDREATTO, E.R.; BELTRAME, E. (Eds.) Aquicultura – Experiências Brasileiras. Florianópolis: Multitarefa, 2004. p.309-336.

ZIMMERMANN, S. & FITZSIMMONS, K. Tilapicultura Intensiva. In: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSO, D. M.; CASTAGNOLLI, N. (Eds) **Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva**, TecArt, São Paulo, 2004. p.239-266.