

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**AMINOGUT<sup>®</sup> EM DIETAS PARA LARVAS E ALEVINOS  
DE TILÁPIA DO NILO**

Autora: Thêmis Sakaguti Graciano  
Orientador: Wilson Massamitu Furuya  
Coorientadora: Maria Raquel Marçal Natali

Tese apresentada como parte das exigências para obtenção do título de DOUTORA EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Maringá  
Área de concentração – Produção Animal

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Julho – 2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**AMINOGUT<sup>®</sup> EM DIETAS PARA LARVAS E ALEVINOS  
DE TILÁPIA DO NILO**

Autora: Thêmis Sakaguti Graciano  
Orientador: Wilson Massamitu Furuya  
Coorientadora: Maria Raquel Marçal Natali

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Julho – 2012



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS


**AMINOGUT® EM DIETAS PARA LARVAS  
E ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO**

Autora: Thêmis Sakaguti Graciano  
Orientador: Prof. Dr. Wilson Massamitu Furuya

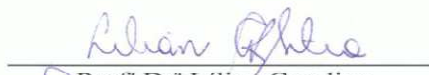
TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção  
Animal

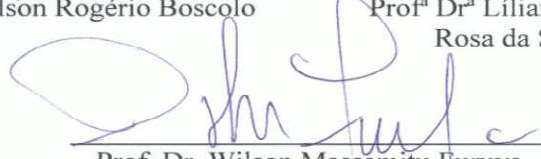
APROVADA em 16 de maio de 2012.

  
Profª Drª Alice Eiko Murakami

  
Profª Drª Fernanda Losi  
Alves de Almeida

  
Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo

  
Profª Drª Lillian Carolina  
Rosa da Silva

  
Prof. Dr. Wilson Massamitu Furuya  
(Orientador)

*“Uma longa viagem começa com um único passo”.*

Lao-Tsé

A minha mãe,

**Eliza Satie Sakaguti Graciano,**

exemplo de vida, meu braço direito e esquerdo,  
pelo amor, carinho, incentivo e formação de caráter.

Ao meu pai,

**Valmir Graciano,**

Meu protetor, minha fortaleza,  
pelo incentivo e suporte para que eu pudesse estudar e realizar meus sonhos,  
pela confiança, respeito, amor e carinho.

As minhas irmãs,

**Thaís Yúrica Sakaguti Graciano e Ticiania Sakaguti Graciano,**

pelo carinho, amor e amizade.

Aos meus amigos,

**Ariane Oliveira, Glace Anne Foltran, Raphael Vincenzo, Rogério Pierin, Rodrigo de Souza, Michelly Vaz, Odílio Poppi e Maricy Alexandrino,**

que me proporcionaram muitas alegrias ao longo destes anos,  
pela companhia, afeto e confiança.

O meu amor e gratidão,

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, eterna gratidão.

Ao professor Dr. Wilson Massamitu Furuya, pela orientação, ensinamentos, amizade, confiança e pelo incentivo a trabalhar com afinco e dedicação, pessoa essencial em minha vida.

A professora Dr<sup>a</sup> Maria Raquel Marçal Natali, gratidão imensa, pela coorientação, ensinamentos, ajuda, paciência e atenção.

Ao proprietário Luiz Eduardo Sanches, ao técnico Rafael Barboza de Andrade e aos os funcionários da Estação de Piscicultura Piracema, pela atenção e parceria na realização do projeto com larvas.

Ao grupo Ajinomoto do Brasil Indústria e Comércio de Alimentos Ltda – Divisão *Animal Nutrition*, pela parceria na realização do projeto.

Aos colegas de doutorado, Mariana Michelato, Dacley Hertes Neu, José Sérgio Righetti, Lorena Batista Moura, Luiz Vitor Vidal e Tadeu Orlandi Xavier, imensa gratidão pela ajuda, dedicação, amizade e trabalho em equipe.

Aos estagiários Aline Scarante, Marcos Vinícius Amaral, Leonardo Dantas Gongora, pela dedicação, auxílio e participação, que foram essenciais para conclusão deste trabalho.

Aos técnicos da Estação de Piscicultura da UEM – Codapar, Geraldo, Victor e Cleiton, pela amizade, parceria e prontidão, imenso respeito e carinho.

Às técnicas do Laboratório de Histologia, Maria dos Anjos e Eurides, pela atenção, confiança, ajuda e carinho.

Aos integrantes do Laboratório de Análise de Alimentos (LANA) por ter possibilitado a análise química das amostras coletadas.

A todos os amigos que influenciaram positivamente a minha vida

## **BIOGRAFIA**

Thêmis Sakaguti Graciano, filha de Valmir Graciano e Eliza Satie Sakaguti Graciano, nasceu em Paranavaí, Paraná, no dia 21 de maio de 1981.

Em março de 1999 iniciou no curso de Graduação em Medicina Veterinária, no Centro Universitário de Maringá – CESUMAR, concluindo-o em dezembro de 2003.

No ano de 2004, iniciou no curso de Pós-graduação em Clínica Médica e Cirúrgica de Pequenos Animais pela Sociedade Paranaense de Medicina Veterinária, Curitiba, Paraná, concluindo-o em 2006.

Em março de 2007, iniciou no curso de Pós-graduação em Zootecnia, em nível de mestrado, área de concentração produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de Nutrição de Peixes, concluindo-o em 2009.

Nesta data, submete-se à banca examinadora para defesa da tese de doutorado, no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá.



# ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>LISTA DE TABELA</b> .....	X
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	Xi
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	Xii
<b>RESUMO</b> .....	Xiii
<b>ABSTRACT</b> .....	Xiv
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	1
<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b> .....	1
1) Introdução Geral .....	2
2) Revisão de Literatura .....	4
2.1) Tilápia do Nilo.....	4
2.2) Características Morfofuncionais do Intestino de Peixes Teleósteos.....	6
2.3) Glutamina e Glutamato.....	11
2.3.1) Funções da Glutamina e Glutamato.....	15
2.3.2) Efeitos da Glutamina e Glutamato no Trato Intestinal.....	17

3) Literatura Citada.....	20
<b>OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO 2 – AminoGut® em dietas para alevinos de tilápia do Nilo: desempenho produtivo, composição corporal e morfometria intestinal.....</b>	<b>27</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>28</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>29</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>30</b>
<b>Material e Métodos.....</b>	<b>31</b>
<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>35</b>
<b>Conclusão.....</b>	<b>41</b>
<b>Literatura Citada.....</b>	<b>42</b>
<b>CAPÍTULO 3 – Desempenho produtivo e composição corporal de tilápias do Nilo alimentadas com AminoGut® no período de reversão sexual.....</b>	<b>46</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>47</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>49</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>49</b>
<b>Material e Métodos.....</b>	<b>50</b>

<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>54</b>
<b>Conclusão.....</b>	<b>61</b>
<b>Literatura Citada.....</b>	<b>62</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>64</b>

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>Capítulo 2 – AminoGut<sup>®</sup> em dietas para alevinos de tilápia do Nilo: desempenho produtivo, composição corporal e morfometria intestinal</b>	
Tabela 1 Composição das dietas com diferentes níveis de inclusão de AminoGut <sup>®</sup> .....	32
Tabela 2 – Valores de médias e respectivos desvios padrão de desempenho e composição corporal de tilápias do Nilo alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de AminoGut <sup>®</sup> .....	36
<b>Capítulo 3 – Desempenho produtivo e composição corporal de tilápias do Nilo alimentadas com AminoGut<sup>®</sup> no período de reversão sexual</b>	
Tabela 1. Composição da dieta controle utilizada na alimentação de tilápias do Nilo no período de reversão.....	52
Tabela 2. Valores médios e desvio padrão do desempenho produtivo de alevinos de tilápia do Nilo alimentadas com as dietas experimentais.....	55
Tabela 3. Valores médios e desvio padrão da e composição corporal de alevinos de tilápia do Nilo alimentadas com as dietas experimentais.....	58
Tabela 4. Preço dos ingredientes que compõem a ração para tilápia do Nilo na fase de reversão.....	59
Tabela 5. Custo das rações com os níveis crescentes de inclusão de AminoGut <sup>®</sup> em dietas para tilápias do Nilo no período de reversão de sexo.....	60

## LISTA DE FIGURAS

	Página
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b>	
Figura 1. Fotomicrografia representativa do intestino médio de juvenis de tilápia do Nilo destacando as vilosidades (V), epitélio da mucosa (M), célula caliciforme (C), túnica submucosa (SM), túnica muscular: circular interna (MC), longitudinal externa (ML) e túnica serosa (S). Coloração HE. Barra = 100 µm.....	9
Figura 2 Catabolismo da L-glutamina e L-ácido glutamato.....	13
Figura 3 Metabolismo da glutamina e ácido glutamato em células de mamíferos..	14
<b>Capítulo 2 – AminoGut<sup>®</sup> em dietas para alevinos de tilápia do Nilo: desempenho produtivo, composição corporal e morfometria intestinal</b>	
Figura 1. Conversão alimentar de alevinos de tilápia do Nilo com níveis crescentes de AminoGut <sup>®</sup> .....	37
Figura 2. Altura dos vilos intestinais de alevinos de tilápia do Nilo alimentadas com níveis crescentes de AminoGut <sup>®</sup> .....	39
Figura 3. Fotomicrografia representativa do intestino médio de juvenis de tilápia do Nilo, evidenciando a diferença na altura dos vilos entre os tratamentos, grupo controle (A) e grupo alimentado com 15g/kg de AminoGut <sup>®</sup> na dieta (B). Coloração HE. 200X. *Fonte: imagem capturada pela autora.....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS

**ATP** Adenosina Trifosfato

**g** gramas

**Gln** glutamina

**Glu** glutamato

**GP** ganho de peso

**kcal** Quilocaloria

**kg** quilograma

**L** Litro

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** Amônia

**ODC** ornitina descarboxilase

**ph** Potencial hidrogeniônico

**t** tonelada

## RESUMO

Foram realizados dois estudos para avaliar os níveis de AminoGut<sup>®</sup>, um produto comercial (Ajinomoto Nutrição Animal Ltda), fonte dos aminoácidos glutamina e glutamato, em dietas para alevinos e larvas de tilápia do Nilo, variedade Gift. No primeiro, com duração de 45 dias, foram utilizados 2.400 peixes revertidos sexualmente, durante a fase larval, com peso vivo médio inicial de 2,12 g ± 0,53 g. Os peixes foram distribuídos em um delineamento inteiramente ao acaso em 20 tanques, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 120 peixes/tanques. Utilizou-se um sistema intensivo de tanque-rede de 1m<sup>3</sup>, com renovação contínua de água (7 litros/minuto/tanque). A dieta controle foi elaborada com aproximadamente 294 g/kg de proteína digestível e 3.200 kcal/kg de energia digestível. O AminoGut<sup>®</sup> foi adicionado à dieta controle na proporção de 0; 5, 10; 15 e 20 g/kg em substituição ao aminoácido alanina. Os peixes foram alimentados três vezes/dia (8h00, 14h00, 18h00), até a saciedade aparente. Foi observado efeito quadrático (P<0,05) das dietas suplementadas com AminoGut<sup>®</sup> sobre o ganho de peso (12,2 g/kg), a taxa de conversão alimentar (12,0 g/kg), a taxa de eficiência proteica (12,1 g/kg) e a altura dos vilos (12,8 g/kg). O segundo trabalho foi realizado com 26.000 larvas, com 1 dia de idade durante a fase de reversão sexual para populações de machos, com peso vivo médio inicial de 8,86 mg ± 0,002 g, originados da Piscicultura Piracema, Iguaraçu – PR, com duração de 30 dias. Os peixes foram distribuídos em um delineamento inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 1.300 larvas/tanque de 500 litros cada. Foi utilizada dieta controle com aproximadamente 500 g/kg de proteína bruta/kg e 3.840 kcal/kg de energia digestível. À dieta controle foi adicionado o AminoGut<sup>®</sup> na proporção de 0; 5, 10; 15 e 20 g/kg em substituição a alanina. Cada dieta foi fornecida diariamente 10 vezes/dia, em intervalos de uma hora, no período das 8h00 às 17h00. Houve um efeito linear (P<0,05) sobre o ganho de peso, a conversão alimentar, a sobrevivência e a taxa de eficiência proteica. Concluiu-se que a suplementação de AminoGut<sup>®</sup> na dieta teve efeito positivo no desempenho produtivo e no aumento da altura dos vilos intestinais de alevinos e no desempenho produtivo e sobrevivência de larvas de tilápias do Nilo, nos níveis de 12 g/kg e 20 g/kg, respectivamente.

**Palavras-chave:** crescimento, glutamina, glutamato, intestino, peixe

## ABSTRACT

Two studies were carried out to assess the levels of AminoGut<sup>®</sup>, a commercial product (Ajinomoto Animal Nutrition Ltd.), the source of glutamine and glutamate amino acids in diets for fingerlings and larvae of Nile tilapia, Gift strain. In the first experiment which lasting 45 days, 2,400 fish were used, sexually reversed during the larval stage, with average weight of 2.12 g  $\pm$  0.53 g. The fish were distributed in a completely randomized design in 20 tanks, with five treatments and four replications, totaling 120 fish/tank. It was used an intensive system with 1m<sup>3</sup> cages with continuous water (7 liters/min/tank). The control diet was prepared with approximately 294g/kg of digestible protein and 3,200 kcal/kg of digestible energy. The AminoGut<sup>®</sup> was added to control diet at a rate of 0, 5, 10, 15 and 20 g/kg to replace the amino acid alanine. Fish were fed three times/day (8:00, 14:00, 18:00) to apparent satiation. It was observed a quadratic effect ( $P < 0.05$ ) for diets supplemented with AminoGut<sup>®</sup> on weight gain (12.2 g/kg), feed conversion rate (12.0 g/kg), protein efficiency ratio (12.1 g/kg) and villous height (12.8 g/kg). The second study was conducted with 26,000 larvae at 1 day of age during the sexual reversion to populations of males, with average weight of 8.86 mg  $\pm$  0.002 g, from Piracema farming, Iguaraçu – PR, lasting 30 days. The fish were distributed in a completely randomized design, with five treatments and four replications, totaling 1,300 larvae/tank of 500 liters each. Control diet was used with approximately 500 g/kg of crude protein and 3840 kcal/kg of digestible energy. In the control diet AminoGut<sup>®</sup> was added at a ratio of 0, 5, 10, 15 and 20 g/kg as a substitute for alanine. Each diet was fed daily 10 times/day at intervals of one hour, between 8:00 to 17:00. There was a linear effect ( $P < 0.05$ ) on weight gain, feed conversion survival and protein efficiency ratio. It was concluded that diet supplementation of the AminoGut<sup>®</sup> had a positive effect on growth performance and increased the intestinal villi height of fry and on growth performance and survival of larvae of Nile tilapia, in the levels of 12 g/kg and 20 g/kg, respectively.

**Key words:** growth, glutamine, glutamate, fish, intestine



# CAPÍTULO 1

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

## INTRODUÇÃO

### 1 – Introdução Geral

A aquicultura é a atividade agropecuária que mais tem crescido em todo o mundo, nos últimos anos. As estatísticas mais recentes da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) mostraram que a produção mundial de pescado em 2008, envolvendo a pesca extrativa (90.800.160 t) e a aquicultura (68.348.943 t), foi de 159.149.103 t (FAO, 2008). De 2000 a 2007 a produção mundial de tilápias pela aquicultura cresceu 110,55% contra 192,96% da produção brasileira, que representa 3,8% da produção mundial. A tilápia do Nilo é uma espécie economicamente importante em países de clima tropical e subtropical e valorizada no mercado internacional (Sea Food, 2009). Segundo a FAO (2010), em 2006, as tilápias foram os peixes mais produzidos no mundo, ficando atrás apenas das carpas. Já em 2007, as tilápias foram os peixes mais produzidos no Brasil, sendo a maior produção liderada pelo Nordeste (37,88%), com destaque para o Ceará (25.600 t); em segundo lugar, a maior produção foi observada na região Sul, (26,47%), seguida de perto pelo Sudeste (24,59%), em que São Paulo foi o maior estado produtor (16.407 t); em quarto lugar, o Centro Oeste (10,71%), sendo que Goiás participou com quase 80% nesta região, e por último, o Norte, produzindo menos que 1% do total nacional, que foi de 95.091 toneladas anualmente (IBAMA, 2007). Em 2010, foi estimada uma produção nacional de tilápias do Nilo de 133 mil toneladas (MPA, 2010).

O Brasil apresenta potencial para se tornar um grande fornecedor mundial de pescado, possuindo disponibilidade de quase seis milhões de hectares de águas represadas em açudes e grandes reservatórios, construídos principalmente com a

finalidade de geração de energia hidroelétrica, que podem ser utilizados para a produção comercial de peixes em tanques-rede, dispensando o alagamento de novas terras e reduzindo os gastos com a construção de viveiros (Rotta, 2003).

A tilápia do Nilo é o teleósteo mais bem-sucedido na piscicultura brasileira pelo rápido crescimento, facilidade de obtenção de larvas e rusticidade (Degani & Revach, 1991). São criadas em ambientes abertos ou fechados, com água doce, salobra ou marinha e com diferentes níveis tecnológicos (Furuya et al., 2010). De hábito alimentar onívoro possui elevada capacidade de utilizar energia e nutrientes dos ingredientes de origem vegetal e animal, possibilitando a elaboração de dietas práticas de mínimo custo e elevado valor nutritivo (Pezzato et al., 2004).

Em tanques-rede, a contribuição do alimento natural é limitada e os peixes estão submetidos a uma maior pressão de produção e estresse, sendo recomendada a utilização de dietas completas para atender as exigências nutricionais em suas diferentes fases de desenvolvimento. O desenvolvimento de dietas de alto valor nutricional, ambientalmente corretas e, economicamente viáveis, depende dos conhecimentos sobre as espécies produzidas, principalmente em relação ao manejo alimentar e exigências nutricionais (Portz, 2001). Há necessidade de se determinar as exigências nutricionais de aminoácidos para cada espécie, avaliando seus efeitos sobre o crescimento e a composição corporal, assim como sobre a qualidade da carne (Pezzato et al., 2004).

Dentre os aminoácidos pouco estudados para peixes estão a glutamina (Gln) e o glutamato (Glu) que possuem funções metabólicas específicas e importantes, demonstradas pela suplementação destes aminoácidos nas dietas de aves e suínos sobre o desempenho produtivo. Como a Gln e Glu são aminoácidos não essenciais existem poucas informações na literatura sobre suas concentrações na composição química das matérias-primas utilizadas na alimentação animal (Yi & Allee, 2006).

A Gln possui ações importantes sobre a resposta imune e a integridade do intestino, sendo nesses órgãos o principal substrato energético para células de proliferação rápida, como os enterócitos intestinais e linfócitos (Cynober, 1999). Além disso, a Gln fornece metade da exigência de nitrogênio para a síntese de purinas e pirimidinas para a renovação celular (Lobley et al., 2001), síntese proteica e redução do catabolismo proteico (Yi & Allee, 2006).

A hidrólise da Gln resulta na formação de Glu, que pode ser utilizado na síntese proteica ou convertido em  $\alpha$ -cetoglutarato, que será oxidado completamente no ciclo de Krebs, resultando na produção de 30 mols de ATP para cada mol de Gln (Souba et al., 1990; Van Der Hulst, 1993).

Desta forma, torna-se importante o estudo do efeito trófico da Gln e Glu sobre a mucosa intestinal, sobre os parâmetros de desempenho produtivo e níveis de inclusão em dietas para tilápia do Nilo.

## 2 – Revisão de Literatura

### 2.1. Tilápia do Nilo

As tilápias pertencem à família *Cichlidae*, nativas da África. Esta espécie foi amplamente difundida pelo mundo, por vários séculos, principalmente em países de clima tropical ou subtropical, introduzidas deliberadamente ou acidentalmente. Somente nas décadas de 1920 e 1950, as tilápias passaram a ser criadas de forma intensiva. Das 100 espécies relatadas, calcula-se que 20 são exploradas em cativeiro e, as mais conhecidas, são a *Tilapia rendalli*, *Tilapia zilli*, *Oreochromis mossambicus*,

*Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus* e *Oreochromis urolepis hornorum*, além de outros híbridos interespecíficos (Lund & Figueira, 1989).

No Brasil, a tilápia do Nilo foi introduzida na região nordeste em 1971, originária da Costa do Marfim no Oeste africano e, a partir daí, foi distribuída em todo território nacional. O interesse na criação de tilápia cresceu rapidamente na década de 1990, por causa da introdução da tecnologia de reversão sexual, contribuindo para o desenvolvimento da tilapicultura na produção de peixes para pesque-pague e indústrias de processamento no Sul e Sudeste (Lovshim, 2002).

A técnica de reversão sexual durante a fase larval tem como objetivo a obtenção de populações de machos, já que as fêmeas não apresentam o mesmo crescimento dos machos, por direcionar os nutrientes ingeridos para a reprodução. Essa técnica, também permite e evitar a reprodução em cativeiro e a introdução de espécies exóticas em reservatórios. Por meio do melhoramento genético pela seleção e cruzamentos, diversas linhagens são desenvolvidas para permitir os melhores índices zootécnicos (Cyrino, 2004).

A criação de tilápias ganhou destaque em virtude das características de rápido crescimento, precocidade e rusticidade e por possuir carne com boas características organolépticas e possibilidade de comercialização de filés sem espinhas intramusculares (Degani & Revach, 1991). De hábito alimentar onívoro, a tilápia consome ração logo após o início da alimentação exógena, utilizando eficientemente os carboidratos como fonte de energia (Degani & Revach, 1991; Tengjaroenkul et al., 2000), o que permite reduzir os custos com a alimentação (Pezzato et al., 2002), uma vez que possuem adaptações morfológicas e fisiológicas como dentes faríngeos, pH estomacal ácido e intestino longo (Kubarik, 1997).

No Brasil, a criação de tilápias passou do sistema tradicional em tanques de terra para a criação intensiva, principalmente em tanques-rede, pela disponibilidade de uma extensa área alagada apropriada, uma alternativa para produção intensiva para os mercados interno e externo (Rotta, 2003).

## 2.2. Características Morfofuncionais do Intestino de Peixes Teleósteos

Dentre os grupos de vertebrados, os peixes possuem o mais simples ou menos diferenciado sistema digestório, em concordância com sua posição na escala evolutiva (De Silva & Anderson, 1995), mas que apresentam o maior número de especializações morfológicas, provavelmente porque exploram diferentes níveis tróficos do ecossistema aquático (Loures & Lima, 2001). As características anatômicas do aparelho digestório se encontram em estreita dependência com a natureza dos alimentos, as características do habitat, o estado nutricional e desenvolvimento do indivíduo, sendo manifestadas especialmente no trato gastrointestinal, através de adaptações e modificações (Seixas Filho et al., 2001). Os peixes são classificados segundo os seus hábitos alimentares distintos em herbívoros, carnívoros e onívoros, de forma que apresentam diversas adaptações do sistema digestório conforme a especialização requerida para ingerir, digerir e absorver os diferentes tipos de alimentos. A filogenia deve ser levada em consideração, porque espécies com hábitos alimentares semelhantes, mas de famílias distintas, podem apresentar diferenças nos componentes do sistema digestório (Baldisseroto, 2002). Portanto, o conhecimento morfofuncional do sistema digestório dos peixes tem grande importância para a formulação e elaboração de dietas que atendam às exigências dos peixes, considerando o hábito alimentar e suas particularidades, buscando melhorias no desempenho produtivo e saúde dos animais.

Assim como as modificações na estrutura anatômica do intestino dos peixes dependem do hábito alimentar da espécie, o comprimento relativo do intestino depende da natureza do alimento. Os peixes com hábito alimentar herbívoro apresentam o intestino mais longo e os peixes carnívoros possuem o intestino curto (Kapoor et al., 1975), enquanto em espécies onívoras, como as tilápias, o intestino é longo (Loures & Lima, 2001).

O tubo digestivo se inicia na boca e termina no orifício anal, não sendo separado em intestino delgado e grosso, como nos mamíferos. As dilatações e estreitamentos desse tubo determinam seus diferentes compartimentos ou partes constituintes. Baseado nos aspectos embriológicos, Bértin (1958) dividiu o aparelho digestório em: a) intestino cefálico – que compreende a cavidade bucal e faringe; b) intestino anterior – esôfago e estômago (se presente) até os orifícios hepatopancreáticos ou até o esfíncter pilórico; c) intestino médio – que é o intestino propriamente dito, cujo limite posterior é marcado pela válvula íleorretal ou por glândulas retais; e d) intestino posterior – que inclui o reto (quando presente) e ânus. Segundo Castro (2002), a classificação de Bértin (1958) é a mais utilizada no Brasil, citada por autores como, Gomide (1996), Seixá Filho (1998), Santos (1999) e Souza (1999).

No intestino médio é que ocorre a maior parte da absorção dos nutrientes, íons e água oriundos 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). Nessa porção do intestino ocorre a absorção de nutrientes em suas formas menores (monossacarídeos, aminoácidos e ácidos graxos). Outras estruturas que auxiliam na digestão são as dobras e cristas do epitélio mucoso no intestino médio que aparecem em grande quantidade e variedade e que servem para aumentar a superfície de

secreção e absorção. Nos peixes em jejum, essas estruturas diminuem muito, como também o diâmetro e o comprimento do intestino. Intestinos mais curtos apresentam maior número de dobras, melhorando a eficiência de absorção dos nutrientes ingeridos, como no caso das espécies carnívoras (Rotta, 2003). Por ter um hábito alimentar onívoro, a tilápia do Nilo possui um intestino longo em comparação ao tamanho do seu corpo o que também vem favorecer o papel absorptivo de nutrientes para essa espécie (Arandas et al., 2011).

Histologicamente (Figura 1), o intestino de peixes teleósteos é composto por uma túnica mucosa, constituída por epitélio cilíndrico simples e lâmina própria formada por tecido conjuntivo que varia de frouxo a moderadamente denso, altamente vascularizada. Os peixes não possuem a muscular da mucosa, que separa a lâmina própria da túnica submucosa. Abaixo da mucosa, aparece a túnica submucosa formada por tecido conjuntivo, repleta de plexos submucosos (gânglios nervosos) e vasto número de vasos sanguíneos, formando uma rede capilar e nervosa que se conecta com a parte basal do enterócito. A túnica muscular é organizada em duas camadas distintas de músculo liso denominadas de circular interna e longitudinal externa (Takashima & Hibiya, 1995; Gargiulo et al., 1998) e a túnica serosa é formada inteiramente de tecido conjuntivo frouxo e revestida por mesotélio (Takashima & Hibiya, 1995).

A superfície da mucosa intestinal dos peixes tem numerosas projeções, denominados vilos, que são evaginações da mucosa (epitélio e lâmina própria) que se projetam na luz do intestino com o objetivo de aumentar a área de superfície para a digestão e absorção intestinal (Junqueira & Carneiro, 2004). Os vilos são recobertos pelo epitélio, que é constituído pelas células caliciformes (produtoras de muco), enterócitos (células absorptivas e mais abundantes) e células enteroendócrinas (produtoras de hormônios) (Boleli et al., 2002).



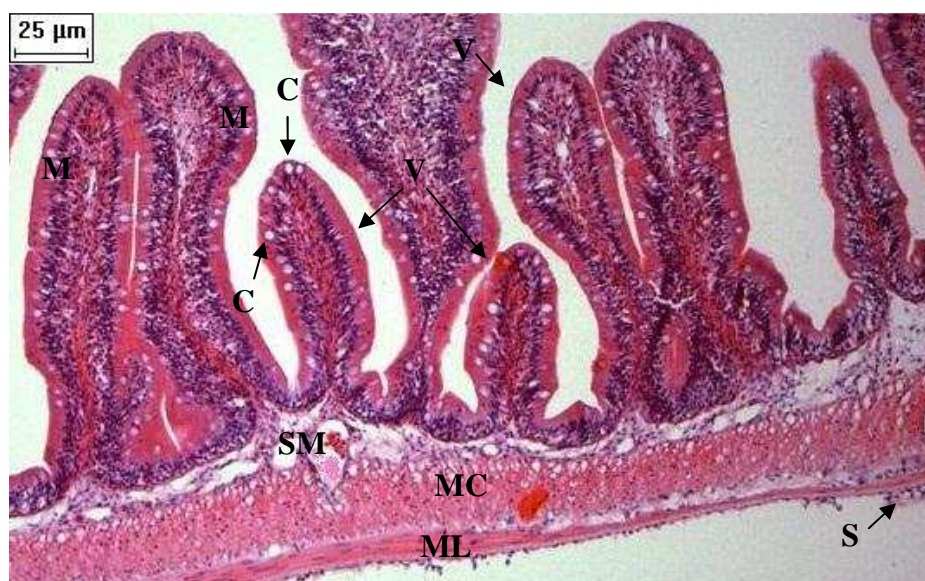


Figura 1 – Fotomicrografia representativa do intestino médio de juvenis de tilápia do Nilo destacando as vilosidades (V), epitélio da mucosa (M), célula caliciforme (C), túnica submucosa (SM), túnica muscular: circular interna (MC), longitudinal externa (ML) e túnica serosa (S). Coloração HE. 100X. \* Fonte: imagem capturada pela autora.

As células caliciformes são secretoras de glicoproteínas (muco), cuja função é lubrificar e proteger o epitélio do intestino e, as células enteroendócrinas são produtoras de hormônios como gastrina, colecistoquinina, secretina e polipeptídeo inibidor gástrico (Junqueira & Carneiro, 2004).

Os enterócitos são células polarizadas que constituem a maior população de células epiteliais que revestem o intestino (Van Dongen et al., 1976). O enterócito é a célula de absorção final e digestão com capacidade para transportar monômeros para o interior da célula e para a corrente sanguínea, através da membrana basolateral. Entre as fendas intercelulares dos enterócitos se encontram os linfócitos, que desempenham um papel importante na defesa imunológica do trato digestório (Burkitt et al., 2000).

O intestino médio de peixes não apresenta criptas como nos demais vertebrados e a função de proliferação e renovação celular do epitélio do vilo é realizada por células

indiferenciadas na base do vilão que realizam inúmeras mitoses para formação de novas células (Jobling, 1995). O número e tamanho dos vilos dependem do número de células que o compõem, quanto maior o número de células, maior o tamanho do vilão (Burkitt et al., 2000). Durante o processo de diferenciação e migração para o vilão, ocorre aumento no tamanho absoluto das células e no tamanho relativo do citoplasma, no número de mitocôndrias, do retículo endoplasmático e de microvilosidades das células. Ao mesmo tempo em que os enterócitos adquirem novas aptidões metabólicas, passam a expressar receptores e transportadores relacionados com o processo de absorção e a secretar enzimas digestivas (Van Dongen et al., 1976).

O desenvolvimento da mucosa intestinal consiste no aumento da altura e densidade dos vilos, que corresponde a um aumento no número de suas células epiteliais (enterócitos, células caliciformes e enteroendócrinas). Ocorrendo pelo processo de renovação celular (proliferação e diferenciação) com mitoses ou por perda de células (extrusão) que ocorrem nas criptas (Maiorka et al., 2002).

No caso dos peixes, a renovação celular ocorre na base do vilão, para preservar as estruturas da mucosa intestinal e permitir a manutenção adequada da digestão e absorção dos nutrientes pelos enterócitos presentes nos vilos. O tamanho e a densidade 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, maximizando a digestão e absorção intestinal para maior ganho de peso (Boleli et al., 2002).

O intestino posterior dos peixes possui algumas estruturas diferentes da porção cranial, apresentando uma redução no comprimento e complexidade das vilosidades da mucosa. Possui grande número de células caliciformes e células enteroendócrinas menos numerosas (Takashima & Hibiya, 1995). Nessa segunda porção do intestino

ocorre à entrada de macromoléculas por pinocitose (mecanismo de penetração de fluidos na célula através da invaginação da membrana celular, com a formação de vesículas internas (Rotta, 2003).

### 2.3. Glutamina e Glutamato

A Gln é primariamente sintetizada no músculo esquelético, fígado e astrócitos (células de sustentação do tecido nervoso) a partir de Glu, sob a ação da enzima Gln sintetase, responsável em promover a interação entre o Glu e a amônia. A Gln pode também ser sintetizada a partir da valina e isoleucina em combinação com a amônia. A reação inversa é controlada pela Glutaminase que determina se o tecido é consumidor ou produtor de Gln (Forti et al., 2003). A Gln é um aminoácido glicogênico neutro, que apresenta em sua estrutura dois grupos nitrogenados facilmente mobilizáveis. A Gln, juntamente com a alanina, é a principal molécula utilizada no transporte de grupos amino dos tecidos até o fígado, ocorrendo a remoção do nitrogênio, e o esqueleto carbônico é destinado a gliconeogênese (Nelson & Cox, 2003). A hidrólise da Gln resulta na formação de Glu, que pode ser utilizado na síntese proteica ou convertido em  $\alpha$ -cetoglutarato, que será oxidado completamente no ciclo de Krebs, resultando na produção de 30 mols de ATP para cada mol de Gln (Souba et al., 1990; Van Der Hulst, 1993).

A Gln, junto com o Glu, geralmente se encontram em concentrações relativamente altas em proteínas vegetais e animais (Wu & Knabe, 1995). A Gln é o aminoácido livre mais abundante na circulação e nos espaços intracelulares e, atua como precursor da síntese de aminoácidos, nucleotídeos, ácidos nucleicos, açúcares

aminados, proteínas e muitas outras moléculas biologicamente importantes (Smith, 1990).

A Gln é considerada um aminoácido essencial em situações de estresse, quando a captura da Gln pelo intestino, rins e linfócitos excedem a quantidade liberada e retirada das reservas de aminoácidos disponíveis no organismo. Em situações de estresse prolongado, a proteólise do músculo esquelético e a translocação de aminoácidos para outros órgãos aumentam, diminuindo a quantidade de Gln no plasma e na mucosa intestinal, que começa a atrofiar, pois a Gln é um aminoácido essencial para o *turnover* das células intestinais (Smith & Wilmore, 1990).

A Gln é utilizada em altas taxas por células isoladas do sistema imune, como linfócitos, macrófagos e neutrófilos e pode realçar muitos parâmetros funcionais, tais como a proliferação de células T, a diferenciação de linfócitos B, a secreção e atividade de fagocitose dos macrófagos, a apresentação de antígenos e a produção de citocinas (Newsholme, 2001), além de atuar na produção de superóxido pelos neutrófilos, que provoca morte bacteriana, estimular apoptose e ser precursor da glutatona responsável pela defesa antioxidante das células (Newsholme et al., 2003). Desta forma, a Gln aumenta 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 (Boelens et al., 2001).

Foi demonstrado, em aves e suínos, que a Gln pode ser considerada um aminoácido essencial para animais jovens, o seu organismo não consegue sintetizá-lo em quantidades adequadas para atender suas exigências nutricionais (Yi & Allee, 2006). É também considerado um aminoácido condicionalmente essencial quando há condições inflamatórias, como infecção ou ferimento (Newsholme, 2001), períodos de estresse, como desmame, sepse, transporte e exercício ou durante o período de

crescimento rápido dos tecidos (Wu et al., 1998; Li et al., 2007), ou no caso de quadros de doença com catabolismo (Smith & Wilmore, 1990).

Além de sua utilização para a síntese de proteína, a Gln é degradada pela Glutaminase para formar Glu em todas as células animais que contêm mitocôndrias, sendo o intestino delgado, os rins e os leucócitos seus principais sítios de catabolismo. A interconversão de Gln e Glu constitui em um ciclo intracelular, intercelular ou interórgãos de Gln e Glu nos animais (Wu, 1998). A via comum entre esses aminoácidos é a metabolização da Gln em Glu mais amônia pela Glutaminase (Figura 2). O Glu é degradado a  $\alpha$ -cetogluturato via transaminação através da enzima Glu sintetase (Reeds & Burrin, 2001). O Glu também pode ser transformado em Gln pela ação da Gln sintetase (Maiorka et al., 2002).

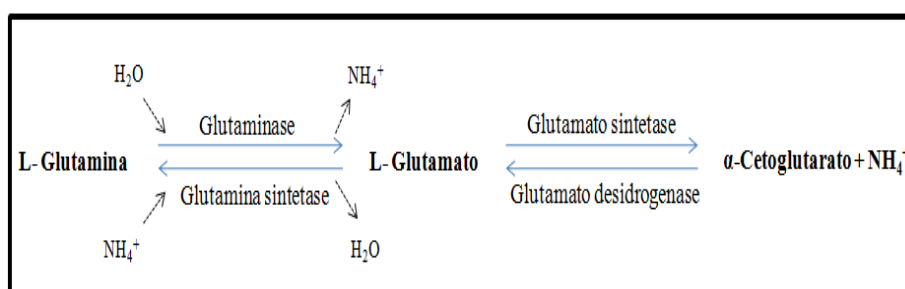


Figura 2 – Catabolismo da L-glutamina e L-glutamato

Adaptado: Nelson & Cox (2003).

Há duas vias para o metabolismo da Gln e Glu. Na primeira, o nitrogênio da porção amida e amino da Gln são utilizados para a síntese de purinas, pirimidinas e açúcares. Na segunda, as cadeias de carbono e o grupo  $\alpha$ -amino da Gln entram na via, sendo destinados a diferentes vias metabólicas, como por exemplo, para a gliconeogênese, síntese de glutatona, ciclo de Krebs ( $\alpha$ -cetogluturato) e para a síntese de outros aminoácidos, como a ornitina, arginina, como pode ser observado na Figura 3 (Wu, 1998).

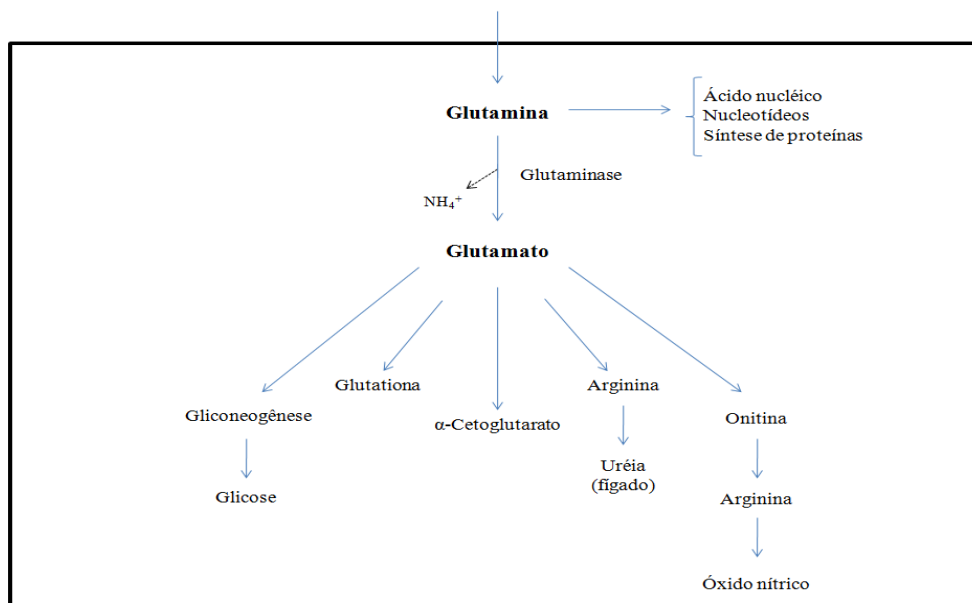


Figura 3 – Metabolismo da glutamina e glutamato em células de mamíferos  
Fonte: Newsholme et al. (2003).

O Glu pode doar seu grupo amino para a nova síntese de aminoácidos (transaminação) ou pode perder o grupo amino, como amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), através da desaminação para 2-oxoglutarato. No fígado, músculo esquelético e astrócitos o Glu e  $\text{NH}_4^+$  podem ser combinados pela ação da Gln sintetase para a produção de Gln. Esta Gln pode, em seguida, ser exportada para fora da célula (Newsholme, 2003).

Esta divisão bioquímica do metabolismo da Gln reflete a compartimentalização intracelular, visto que a síntese de purinas, pirimidinas e açúcares ocorre no citoplasma e o catabolismo do esqueleto carbônico é iniciado pela desaminação da glutaminase mitocondrial fosfato dependente (Curthoys & Watford, 1995).

*In vivo*, o Glu é o mais abundante aminoácido intracelular e a Gln é o mais abundante aminoácido extracelular. O Glu não atravessa facilmente as membranas celulares, porque tem uma carga total de -1 em pH 7,4 e os transportadores de aminoácidos capazes de transportar o Glu na célula estão presentes em baixa densidade na membrana plasmática, com exceção das células especializadas na metabolização do Glu localizadas no sistema nervoso central (Newsholme, 2003).

### 2.3.1. Funções da Glutamina e Glutamato

A Gln tem papel versátil no metabolismo e na fisiologia (Curi et al., 2005), importante na gliconeogênese, na síntese de ureia, na homeostase do pH, na neurotransmissão e na diferenciação e crescimento celular (Cynober, 1999). A Gln é precursora da síntese dos nucleotídeos, as purinas e pirimidinas, principal substrato energético de células de proliferação rápida, como enterócitos intestinais e linfócitos ativados (Cynober, 1999), e para outros tipos de células, como linfócitos intraepiteliais, células embrionárias e trofoblastos (Curi et al., 2005), macrófagos e células renais, fornecendo ATP para o *turnover* de proteínas intracelulares, transporte de nutrientes através da membrana plasmática, crescimento e migração celular, assim como para manutenção da integridade da célula (Li et al., 2007).

A Gln aumenta a expressão de genes relacionados ao metabolismo de nutrientes e à sobrevivência das células. Estes genes incluem a ornitina descarboxilase (ODC), proteínas do choque térmico e óxido nítrico sintase. A ornitina descarboxilase é uma enzima chave para a síntese de poliaminas que estimulam a síntese de DNA e de proteína. As proteínas do choque térmico são essenciais por proteger as células da morte e o óxido nítrico sintase, converte a arginina em ácido nítrico, uma molécula de sinalização que regula praticamente todas as funções celulares (Curi et al., 2005).

Nos rins, atua como principal doador de amônia proveniente da quebra da Gln em Glu para formação de  $\text{NH}_4^+$ . A Gln e o Glu desempenham papéis importantes na síntese de amônia produzida pela metabolização dos aminoácidos no fígado, sendo reciclada e o excesso excretado. O grupo amino desses aminoácidos é transferido para o  $\alpha$ -cetogluturato no citosol dos hepatócitos para a formação de Glu, que será então transportado para a mitocôndria em que  $\text{NH}_4^+$  será formado. O excesso de amônia de

outros tecidos é convertido no grupo n-amida da Gln e transportada para a mitocôndria do hepatócito (Nelson & Cox, 2003).

No fígado, a Gln tem importância no metabolismo do nitrogênio, produção de energia, gliconeogênese e controle dos níveis de amônia no sangue. A formação de amônia a partir da Gln é vital para a regulação do equilíbrio ácido-básico dos animais. O papel da Gln e o Glu no metabolismo do nitrogênio se deve aos grupos amino agruparem com o grupo  $\alpha$ -amino e amida (Newsholme et al., 2003), fornecendo metade da exigência de nitrogênio para a síntese de purinas e pirimidinas e também para alguns aminoácidos (Lobley et al., 2001). Este duplo enlace de nitrogênio permite a Gln ter a função de transportadora de nitrogênio, proporcionando nitrogênio em seus produtos para a síntese de ureia e amônia (Newsholme et al., 2003).

A Gln atuar como sinal ou regulador de demandas metabólicas, aumentando a síntese de proteína e diminuindo a degradação de proteína no músculo esquelético e estimulando a síntese de glicogênio no fígado (Smith, 1990; Haussinger et al., 1994). A Gln estimula a secreção de hormônios anabólicos, como insulina e hormônio do crescimento, e inibe a produção de hormônios catabólicos, como os glicocorticoides, favorecendo, portanto, a deposição de proteína e o crescimento celular nos animais (Curthoys & Watford, 1995).

Bioquimicamente, o Glu pode desempenhar algumas funções realizadas pela Gln, como produção de ATP, síntese de arginina e glutatona (Curthoys & Watford, 1995). No entanto, algumas funções-chaves da Gln, não podem ser realizadas pelo Glu, como a síntese de nucleotídeos, ativação da meta de rapamicina em mamíferos (mTOR-mammalian Target Of Rapamycin) e a regulação da expressão da Ornitina Descarboxilase (ODC).



A Gln aumenta a atividade da meta de rapamicina em mamíferos (mTOR-mammalian Target Of Rapamycin), uma proteína-quinase que regula a síntese intracelular de proteína (Curi et al., 2005). Em 1990, Wu & Thompson demonstraram que o aumento da concentração extracelular de Gln estimula a síntese proteica e inibe a proteólise no músculo esquelético dos animais, incluindo aves (Wu, 2007).

### 2.3.2. Efeitos da Glutamina e Glutamato no Trato Intestinal

O trato gastrointestinal é o principal local de consumo e de utilização de Gln (Burrin et al., 2000). As células da mucosa do trato digestório, assim como outras células de proliferação rápida, têm uma exigência obrigatória de Gln, que pode envolver o papel da Gln como fornecedora de metade da exigência de nitrogênio para a síntese de purinas e pirimidinas via ação da carbamoil-fosfato sintetase II do citosol (Lobley et al., 2001).

A Gln é um dos principais combustíveis da mucosa do intestino delgado e precursor essencial da síntese intestinal de glutatona, óxido nítrico, poliaminas, nucleotídeos purina e pirimidina e aminoácidos (alanina, citrulina e prolina). Estes aminoácidos também são obrigatórios para a manutenção da integridade da mucosa intestinal e da massa da mucosa intestinal (Wu, 1998).

A Gln é um precursor em potencial da síntese de N-acetil-glicosamina e N-acetil-galactosamina, substratos para a síntese de glicoproteínas que podem ter um papel crítico na síntese intestinal de mucina e, portanto, na manutenção da barreira passiva à invasão bacteriana (Khan et al., 1999).

Ainda não é bem conhecido o mecanismo pelo qual a Gln estimula a proliferação das células intestinais. Os mecanismos sugeridos para a ação trófica é que a oxidação da

Gln estimula a troca de sódio/hidrogênio ( $\text{Na}^+/\text{H}^+$ ) na membrana luminal do enterócito, levando a maior absorção iônica na membrana plasmática e um aumento da atividade específica da enzima ODC (Rhoads et al., 1997), que promove o aumento da atividade da proteína quinase, ativando a mitogênese (Maiorka, 2004).

Em mamíferos, foi observado recentemente que as células da mucosa intestinal das criptas e das vilosidades sintetizam simultaneamente Gln, sugerindo seu papel no intestino não seja estritamente metabólico. Isto pode indicar que a Gln tem um papel mais regulatório que metabólico ao ativar uma série de genes associados com progressão o ciclo celular das células na mucosa e, que a inibição da síntese de Gln inibe tanto a proliferação, quanto a diferenciação em culturas de células da mucosa (Reeds & Burrin, 2001).

O metabolismo do Glu no lúmen intestinal é maior que o da Gln no sangue arterial e, a presença de altas concentrações de Glu no lúmen intestinal tem pouco efeito (~25%) sobre a utilização intestinal de Gln. Isto sugere que o Glu da dieta tem papéis funcionais importantes no intestino que, aparentemente, são diferentes daqueles da Gln arterial (Reeds et al., 2000). O intestino delgado tem um papel importante no catabolismo da Gln arterial circulante e dos aminoácidos da dieta, e a maior parte da Gln (dois terços) e quase todo o Glu da dieta é catabolizada pela mucosa do intestino delgado (Wu, 1998).

Em estado pós-prandial, a absorção de Gln pelo intestino ocorre a partir do lúmen, através da membrana da borda em escova do enterócito. Quanto maior a concentração de Gln no lúmen, maior a sua absorção através do sistema transportador de nitrogênio dependente de sódio, com liberação no sangue do sistema porta. O trato gastrointestinal extrai ao redor de 20% da Gln circulante em estado pós-absortivo, e mais de 90% da extração de Gln pelo intestino delgado ocorre nas células da mucosa (Souba et al.,

1990), sendo que o intestino remove até 25% do fluxo sistêmico de Gln e que esta tem um papel importante na manutenção da função do sistema da mucosa intestinal (Reeds e Burrin, 2001).

De acordo com Fischer da Silva (2001) a suplementação com Gln pode aumentar a taxa de transporte nas microvilosidades através da síntese de nucleotídeos para o desenvolvimento da mucosa intestinal com aumento da altura e densidade dos vilos. Além disso, a Gln dá suporte a um aumento na atividade metabólica dos enterócitos bem como sua proliferação, maturação e migração, bem como na manutenção da função dos linfócitos no intestino (Alverdy et al., 1992).

Na produção animal, pesquisas referentes à suplementação de Gln e Glu em dietas na melhoria do desempenho produtivo já foram descritas em leitões (Wu et al. 1996; Burrin et al., 2000; Ewtushik et al., 2000; Lackeyram et al., 2001; Liu et al., 2002) e aves (Maiorka, 2000 e 2002; Murakami et al., 2007; Lopes, 2008; Sakamoto, 2009).

A inclusão de componentes denominados de agentes tróficos na dieta pode estimular o desenvolvimento da mucosa intestinal, aumentando a mitose e conseqüentemente o tamanho dos vilos (Maiorka et al., 2002). Entre os vários agentes tróficos usados na dieta estão a Gln e Glu, que pelo papel na manutenção da estrutura da mucosa intestinal têm sido muito pesquisados na área da saúde humana e na criação animal.

### Literatura Citada

ALVERDY, J.A.; AOYS, E.; WEISS-CARRINGTON, P. et al. The effect of Glutamineenriched TPN on gut immune cellularity. **Journal Surgery Research**, v.52, p.34–38, 1992.

ARANDAS, J.K.G.; LUDKE, M.C.M.M., ELTON LIMA SANTOS, E.L. et al. **Análise histológica do intestino delgado da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2011. Disponível em: <<http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/R0764-1.pdf>> Acesso em: 17 jan. 2011.

BÉRTIN, L. Appareil digestif. In: GRASSE, P.P. (Ed). **Traité de zoologie**. 13 ed. Paris: Masson, 1958, p. 1249 – 1301.

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

BOELENS, P.G.; NIJVELDT, R.J.; HOUDIJK, A.P. et al. Glutamine alimentation in catabolic state. **The Journal of Nutrition**, p.2569 – 2577, 2001.

BURKITT, H.G.; YOUNG, G.; HEATH, J.W. WEATHER. **Histologia Funcional**. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2000.

BURRIN, D.G.; STOLL, B.; JIANG, R. et al. Minimal enteral nutrient requeriments for intestinal growth in neonatal pigs: how much is enough. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.71, p.1603-1610, 2000.

CASTRO, E.F. **Estudos histológico, histoquímico e histoquantitativo de células endócrinas do estômago e intestino médio de peixes (Teleostei) de água doce, com diferentes hábitos alimentares**. 2002. 103f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

CURI, R.; LAGRANHA, C.J.; DOI, S.Q. et al. Molecular mechanisms of Glutamine action. **Journal Cell Physiology**, v. 204, p. 392-401, 2005.

CURTHOYS, N.P.; WATFORD, M. Regulation of Glnse activity and Glutamine metabolism. **Annual Review of Nutrition**, v.15, p.133–159, 1995.

CYNOBER, L.A. Glutamine metabolism in stressed patients (abstract). In: PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL CONGRESS ON AMINO ACIDS, Germany, 1999.

CYRINO, J.E.P.; URBINATTI, E.C.; FRACALOSSO, D.M. et al. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo, SP: TecArt, 2004, 533 p.

DEGANI, G.; REVACH, A. Digestive capabilities of three commensal fish species: carp, *Cyprinus carpio* L., tilapia, *Oreochromis aureus* x *O. niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1882). **Aquaculture and Fisheries Management**, v.22, p.397-403, 1991.

DE SILVA, S.S.; ANDERSON, T.A. **Fish Nutrition in Aquaculture**. London: Chapman & Hall Aquaculture Series. 1995. 319 pp.

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

EWTUSHIK, A. L., R.; BERTOLO, F. P. ; BALL, R. O. 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. **Fishery and aquaculture statistics**, 2008. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/fi/stat/summary/a-0a.pdf> Acesso em: 02 jul. 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION (FAO). **Statistical databases**. 2010. Disponível em: <http://www.fao.org> Acesso em: 07 jul. 2011.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, E.; BARROS, M.M.; BOSCOLO, W.R.; CYRINO, J.E.P.; FURUYA, V.R.B.; FIEDEN, A. **Tabelas brasileiras para a nutrição animal de tilápias**. Toledo: GFM, 2010b, 100p.

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

GARGIULO, A.M.; CECCARELLI, P.; DALL'AGLIO, C. 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.

GOMIDE, A.T.M. **Anatomia funcional e morfometria comparative do tubo digestivo de trairão (*Hoplias cf lacerdae* Ribeiro, 1908) (Characiformes, Eurythrinidae) em diferentes classes de tamanho**. 1996. 76f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

HAUSSINGER, D.; LANG, F.; GEROK, W. Regulation of cell function by cellular hydration state. **American Journal Physiology**, v.267, p.E343-E355, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Estatística da pesca 2005, Brasil – Grandes Regiões e Unidades da Federação**. Brasília: IBAMA, 2007. 108p.

JOBLING, M. **Environmental biology of fishes. Fish and Fisheries Series 16**. London: Chapman & Hall. 1995. 455p.

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

LI, P.; YIN, Y.L.; LI, D.F.; KIM, S.W.; WU, G. 2007. Amino acids and immune function. **British Journal of Nutrition**, v.98, p.237-252, 2007.

LACKEYRAM, D.; YUE, X.; FAN, M.Z. 2001. Effects of dietary supplementation of crystalline L-Glutamine on the gastrointestinal tract and whole body

growth in early-weaned piglets fed corn and soybean meal –based diets. **Journal Animal Science**, v.79, Suppl.1 (Abstr.)

LIU, T.; JIAN, P. ; XIONG, Y.Z. et al. Effects of dietary Glutamine and Glutamate supplementation on small intestinal structure, active absorption and DNA, RNA concentration in skeletal muscle tissue of weaned piglets during d 28 to 42 of age. *Asian- Aust. Journal Animal Science*, v.15, n.2, p.238-242, 2002.

LOBLEY, G.E., HOSKIN, S.O.; MCNEIL, C.J. Glutamine in animal science and production. **Journal of Nutrition**, 131:255S-2531S, 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.

LUND. V.X.; FIGUEIRA, M.L.O.A. **Criação de tilapias**. São Paulo, SP: livraria nobel, 1989, 550p.

KHAN, J.; LIBOSHI, Y.; CUI, L. et al. Alanyl –Glutaminesupplemented parenteral nutrition increase luminal mucus gel and decreases permeability in the rat small intestine. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, v. 23, p.24-31, 1999.

KAPOOR, B.G.; SMITH, H.; VERIGHINA, I.A. The alimentary canal and digestion in teleosts. **Advances Marine Biology**, v.13, p.109-139, 1975.

MACARI, M; FURLAN, R.L; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. FUNEP, Jaboticabal, 2002.

MAIORKA, A.; SILVA, A.V.F.; SANTIN, E. et al. Influência da suplementação de Glutamina sobre o desempenho e o desenvolvimento de vilos e criptas do intestino delgado de frangos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52, n.5, p.487-490, 2000.

MAIORKA, A.; BOLELI, I.C.; MACARI, M. Desenvolvimento e reparo da mucosa intestinal. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZÁLES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**, Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. 375p.

MAIORKA, A. Impacto da saúde intestinal na produtividade avícola. **V SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA**. 05 a 07 de abril de 2004 – Chapecó, SC – Brasil.

MPA - Ministério da Pesca e Aquicultura. **Produção pesqueira e aquícola: estatística 2008 e 2009**. Brasília, DF. 30 p, 2010. Disponível em: [www.mpa.gov.br](http://www.mpa.gov.br). Acesso em: 18 dez. 2011.

MURAKAMI, A.E.; SAKAMOTO, M.I.; NATALI, M.R.M. 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.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Leningher – Princípios da Bioquímica**. 3ed. São Paulo: Editora Sarvier. 2003. 1119p.

NEWSHOLME, P. Why is L-Glutamine metabolism important to cells of immune system in health, postinjury, surgery or infection? **The Journal of Nutrition**, v.131, p.2515-2522, 2001.

NEWSHOLME, P.; LIMA, M.M.R.; PROCOPIO, J.T.C. et al. Glutamine and Glutamate as vital metabolites. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.36, p.153-163, 2003.

PEZZATO, L.E. **Digestibilidade em peixes**. 2001. 82f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M. 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.; BARROS, M.M.; FRACALOSI, D.M. 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.; DIAS, C.T.S.; CYRINO, J.E.P. Regressão segmentada como modelo na determinação de exigências nutricionais de peixes. **Scientia Agrícola**, v.57, p. 601-707, 2000.

REEDS, P.J.; BURRIN, D.G.; JAHOR, F. Intestinal Glutamate metabolism. **The Journal of Nutrition**, v.130, p.978-982, 2000.

REEDS, P.J.; BURRIN, D.G. Glutamine and the bowel. **Journal of Nutrition**, v. 131, p.2505S -2508S, 2001.

RHODS, J.M.; ARGENZIO, R.A.; CHEN, W. et al. L-Glutamine stimulates intestinal cell proliferation and activates mitogen-activated protein kinases. **American Journal Physiology**, v.272, p.949-953, 1997.

RIBEIRO, R.P. Espécies exóticas. In: MOREIRA, L.M.M. et al. **Fundamentos da moderna aquicultura**. Canoas, RS: ULBRA. 2001, 91-121.

ROTTA, M.A. **Boas práticas de manejo (BPMs) para produção de peixes em tanques-rede**. Documentos, Embrapa Pantanal, ISSN 1517-1973;47), Corumbá, MS, 27p., 2003.

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

SANTOS, C.A.N. **Anátomo-histologia funcional do aparelho digestivo de Brycon nattareri Günther, 1864 (Teleostei, Characiforme, Bryconidae)**. 1999. 119f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

SEA FOOD. **Tilapia priduction to rebound in 2009**. Disponível em: <<http://www.seafoodsource.com/marketlandingdetail.aspx?id=390>> Acesso em: 22 abr. 2009.

SEIXA FILHO, J.T. **Anatomia funcional comparativo e sistemas enzimáticos de Teleostei (Pisces) de água doce com hábitos alimentares diferentes**. 1998. 189f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

SELF, J.T.; SPENCER, T.E.; JOHNSON, G.A. et al. Glutamine synthesis in the developing porcine placenta. **Biology of Reproduction**, v.70, p.1444-1451, 2004.

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, 2010.

SMITH, R.J. Glutamine metabolism and its physiologic importance. **Journal Parenteral and Enteral Nutrition**, v.14, p.40S-44S, 1990.

SMITH, R.J.; WILMORE, D.W. Glutamine nutrition and requirements. **Journal Parenteral and Enteral Nutrition**, v.14, p.94 -99, 1990.

SOUBA, W.; KLIMBERG, V. The role of Glutamine in maintaining a healthily gut and supporting the metabolic response to injury and infection. **Journal Parenteral and Enteral Nutrition**, v.48, p.383-391, 1990.

SOUZA, S.N. **Avaliação da estrutura do aparelho digestivo de alevinos de surubim, *Pseudoplatystoma corruscans* Agassiz, 1829 (Siliriformes, Siluroidei, Pimelodidae) relacionada com sua capacidade de selecionar e digerir alimento**. 1999. 95f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

TAKASHIMA, F.; HIBIYA, T. **An atlas of fish histology – normal and pathological features**. 2.ed Tokyo: Kondansha Ltda, 1995, 195p.

TAUDOU, G.; WIART, J.; PIAJEL, J. Influence of amino acid deficiency and tRNA aminoacylation on DNA synthesis and DNA polymerase activity during secondary immune response in vitro. **Molecular Immunology**, v.20, p.255, 1983.

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

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

VAN DONGEN, J.M.; VISSER, W.J.; DAEMS, W. et al. The relation cell proliferation and ultrastructural development in rat intestinal epithelium. **Cell Tissue Research**, v.174, p.183-199, 1976.

WATFORD, M. Glutamine and Glutamate Metabolism across the Liver Sinusoid. **Journal of Nutrition**. 130: 983S–987S, 2000. Disponível em: [jn.nutrition.org](http://jn.nutrition.org). acesso dia: 17/01/2011.



WU, G.; KNABE, D.A, YAN, W.; FLYNN, N.E. Glutamine and Glucose metabolism in enterocytes of the neonatal pig. **American Journal of Physiology**. 268, R334-R342, 1995.

WU, G. Intestinal mucosal amino acid catabolism. **The Journal of Nutrition**, v.128, p.1249–1252, 1998.

WU, G. **Papéis importantes da Gln na nutrição e produção animal**. Especial Ajinomoto. 2007. Disponível em: <[http://www.lisina.com.br/upload/ajinomoto\\_br.pdf](http://www.lisina.com.br/upload/ajinomoto_br.pdf)> Acesso em 24 jan. 2011.

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.; ALLEE, H.J.; LIU, J.W. et al. Apparent ileal digestibility of amino acids in soybean meal, menhaden fish meal, catfish meal and spray-dried plasma in Young broilers. **Poultry Science**, v.80, p.283-293, 2001.

YI, G.F.; ALLEE, G.L. [2006] Revisão de literatura: Glutamina (Gln) e Glutamato (Glu). Disponível em: <<http://www.lisina.com.br>>. Acesso em: 24 jan. 2011.

ZIEGLER, T. R.; EVANS, M. E.; FERNÁNDEZ-ESTÍVARIZ, C. et al. Trophic and cytoprotective nutrition for intestinal adaptation, mucosal repair, and barrier function. **Annual Review of Nutrition**, v.23, p.229–261, 2003.

## **OBJETIVO GERAL**

Avaliar a utilização de AminoGut<sup>®</sup> em dietas para alevinos e larvas de tilápias do Nilo, variedade Gift, por meio do desempenho produtivo, composição química da carcaça, morfometria da mucosa intestinal e viabilidade econômica.

## **CAPÍTULO 2**

**AminoGut<sup>®</sup> em dietas para alevinos de tilápia do Nilo:  
desempenho produtivo, composição corporal e morfometria intestinal**

## **AminoGut<sup>®</sup> em dietas para alevinos de tilápia do Nilo: desempenho produtivo, composição corporal e morfometria intestinal**

**RESUMO** – O presente estudo teve o objetivo de avaliar os efeitos do produto comercial AminoGut<sup>®</sup> (Ajinonoto, SP), fonte de glutamina e glutamato sobre o desempenho produtivo, a composição corporal e morfometria intestinal de alevinos de tilápia do Nilo. Foram utilizados 2.400 peixes revertidos sexualmente durante a fase larval, variedade Gift, com peso vivo médio inicial de 2,12 g ± 0,53 g, distribuídos em um delineamento inteiramente ao acaso em 20 tanques-rede, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 120 peixes/tanque-rede. Utilizou-se o sistema intensivo de tanque-rede (3.000m<sup>2</sup>), com renovação contínua de água (7 litros/minuto/tanque). Foi utilizada dieta controle com aproximadamente 294/kg proteína digestível e 3.280 kcal/kg de energia digestível. O AminoGut<sup>®</sup>, foi adicionado à dieta controle na proporção de 0, 5, 10, 15 e 20 g/kg em substituição ao aminoácido alanina. Cada dieta foi fornecida diariamente três vezes/dia, às 8h00; 14h00 e 18h00, durante 45 dias. Ao final do experimento, 15 peixes/tanque-rede foram utilizados para análise da composição química corporal e três peixes/tanque-rede para análise histológica do segmento médio do intestino. Para a morfometria da altura dos vilos foram analisados 100 vilos/peixe, perfazendo um total de 1.200 mensurações por tratamento. Foi observado um efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) das dietas suplementadas com AminoGut<sup>®</sup> sobre o ganho de peso (12,2 g/kg), a taxa de conversão alimentar (12,0 g/kg), a taxa de eficiência proteica (12,1 g/kg) e a altura de vilos (12,8 g/kg). Não houve diferenças ( $P > 0,05$ ) na composição química da carcaça entre os tratamentos. A suplementação de 12 g/kg de AminoGut<sup>®</sup> em dietas para alevinos de tilápia do Nilo promove o aumento da altura dos vilos intestinais e resulta em melhora do desempenho produtivo.

**Palavras-chave:** ganho de peso, glutamato, glutamina, intestino médio, vilos

## **AminoGut<sup>®</sup> in diets for Nile tilapia fingerlings: performance, body composition and intestinal morphology**

**ABSTRACT** – The present study was to evaluate the effects of the commercial product AminoGut<sup>®</sup> (Ajinomoto, SP), a source of glutamine and glutamate on growth performance, body composition and intestinal morphology of Nile tilapia fingerlings. Were used 2,400 fish sexually reversed during the larval stage, variety Gift, with average weight of  $2.12 \text{ g} \pm 0.53 \text{ g}$ , distributed in a completely randomized design in 20 cages, with five treatments and four replicates, totaling 120 fish/cage. It was used the intensive system of cages ( $1\text{m}^3$ ) with continuous water (7 liters/min/tank). Control diet was used with approximately 294 g/kg of digestible protein and 3,280 kcal/kg of digestible energy. The AminoGut<sup>®</sup> was added to control diet at a rate of 0, 5, 10, 15 and 20 g/kg to replace the amino acid alanine. Each diet was fed three times daily at 8:00, 14:00 and 18:00, for 45 days. At the end of the experiment, 15 fish/cages were used to analyze the chemical composition and three fish/cages for histological analysis of the middle segment of the intestine. For the morphometry of the villi height were analyzed 100 villi/fish, a total of 1,200 measurements per treatment. It was observed a quadratic effect ( $P < 0.05$ ) of the diets supplemented with AminoGut<sup>®</sup> on weight gain (12.2 g/kg), feed conversion rate (12.0 g/kg), the efficiency rate protein (12.1 g/kg) and villus height (12.8 g/kg). There were no differences ( $P > 0.05$ ) in the chemical composition of the carcass between treatments. Supplementation of 12 g/kg of AminoGut<sup>®</sup> in diets for Nile tilapia increased villi height and results in improved growth performance

**Key words:** glutamate, glutamine, midgut, weight gain, villi

## Introdução

A aquicultura é o setor agropecuário que mais se desenvolve no Brasil, sendo a tilápia do Nilo, a espécie mais produzida na representatividade das espécies cultivadas (FAO, 2010). As tilápias se destacam pelo rápido crescimento, precocidade, rusticidade e pela elevada capacidade de utilizar energia e nutrientes dos ingredientes de origem vegetal e animal, o que possibilita a elaboração de dietas com elevado valor nutritivo, ambientalmente corretas e, economicamente viáveis (Pezzato et al., 2004), permitindo a prática de suplementação com aminoácidos sintéticos.

A glutamina (Gln) é um aminoácido glicogênico neutro, primariamente sintetizado no músculo esquelético, no fígado e, pelos astrócitos do tecido nervoso, a partir de glutamato (Glu) e amônia, sob a ação da enzima glutamina sintetase (Self et al., 2004). A reação inversa é controlada pela glutaminase, que degrada a Gln para formar Glu em todas as células animais que contêm mitocôndrias (Wu, 2007). O Glu é utilizado na síntese proteica ou convertido em  $\alpha$ -cetoglutarato, que será oxidado no ciclo de Krebs, resultando na produção de 30 mols de ATP para cada mol de Gln (Souba et al., 1990; Van Der Hulst, 1993).

A Gln é a principal molécula utilizada no transporte de grupos amino dos tecidos até o fígado, em que ocorre à remoção do nitrogênio, e o esqueleto carbônico é destinado a gliconeogênese (Nelson & Cox, 2003). A Gln participa na homeostase do pH e na neurotransmissão, além de ser precursora da síntese de aminoácidos, nucleotídeos, ácidos nucleicos, açúcares aminados, glutationa, óxido nítrico, poli-aminas e ureia (Cynober, 1999; Newsholme, 2001). A Gln é o principal substrato energético para células de divisão rápida, como os enterócitos, os linfócitos e as células renais, fornecendo ATP para o “turnover” das proteínas intracelulares, para o transporte

de nutrientes através da membrana plasmática e para o crescimento e migração celular (Li et al., 2007).

A Gln é considerada um aminoácido condicionalmente essencial para animais jovens, em que a capacidade de síntese pode não atender às suas exigências nutricionais (Yi & Allee, 2006) ou, quando há doenças que resultem em quadros catabólicos (Smith & Wilmore, 1990) e, em condições inflamatórias, como infecção ou ferimento (Newsholme, 2001).

O presente trabalho foi conduzido para avaliar os efeitos do AminoGut<sup>®</sup>, fonte de Gln e Glu sobre o desempenho produtivo e morfometria da altura dos vilos intestinais de alevinos de tilápia do Nilo.

### **Material e Métodos**

O experimento foi realizado no sítio Água Verde em Guaíra – PR, no período de dezembro de 2009 a fevereiro de 2010, durante 45 dias.

Foram utilizados 2.400 peixes revertidos sexualmente durante a fase larval, da variedade GIFT, com peso vivo médio inicial de  $2,12 \text{ g} \pm 0,53 \text{ g}$ , originados da Estação Experimental de Piscicultura da UEM – Codapar, Floriano – PR.

Os peixes foram distribuídos em um delineamento inteiramente ao acaso em 20 tanques-rede com  $1 \text{ m}^3$  cada, alojados em um tanque de terra de  $3.000 \text{ m}^2$ , com profundidade média de 1,0 m e taxa de renovação diária de 0,5%, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 120 peixes/tanque.

A cada semana, foram mensuradas as medidas de pH, temperatura (8h00 e 16h00) e oxigênio dissolvido (mg/L) da água de cada tanque, através de "kit" digital portátil (YSI, USA).

A dieta foi elaborada com base em valores de aminoácidos totais dos alimentos, de forma a atender as exigências para a espécie (Furuya, 2010) (Tabela 1).

Tabela 1. Composição das dietas com diferentes níveis de inclusão de AminoGut®

(g/kg)	AminoGut® (g/kg)				
	0	5	10	15	20
Milho, grão	304,01	301,51	299,01	296,51	294,01
Arroz, quirera	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Soja, farelo	478,00	478,00	478,00	478,00	478,00
Vísceras de aves, farinha	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Soja, óleo	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Fosfato bicálcico	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
DL-metionina 99%	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
L-lisina HCl 99%	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
L-treonina 98,5%	2,53	2,53	2,53	2,53	2,53
L-alanina	20,00	17,50	15,00	12,50	10,00
AminoGut® <sup>1</sup>	0,00	5,00	10,00	15,00	20,00
Antifúngico <sup>2</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Antioxidante <sup>3</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Cloreto de colina 75%	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Supl. Min. VIT DSM <sup>4</sup>	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Vitamina C monofosfato <sup>5</sup>	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Composição calculada (g/kg)					
Amido	297,72	296,16	294,61	293,05	291,49
Proteína bruta <sup>6</sup>	320,43	320,50	320,57	320,64	320,71
Proteína digestível	294,13	294,22	294,32	294,41	294,50
Energia digestível, kcal/kg <sup>6</sup>	3280,00	3280,00	3280,00	3280,00	3280,00
Fibra bruta <sup>6</sup>	35,62	35,57	35,52	35,47	35,42
Extrato etéreo <sup>6</sup>	54,11	54,02	53,94	53,85	53,76
Cálcio <sup>6</sup>	7,66	7,65	7,63	7,62	7,60
Fósforo disponível <sup>6</sup>	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10
Metionina + cistina total	9,23	9,23	9,22	9,22	9,21
Lisina total	15,93	15,93	15,92	15,92	15,91
Treonina total	12,06	12,06	12,05	12,05	12,04
Triptofano total	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95

<sup>1</sup>AminoGut®: L-Glutamina e L-Ácido Glutâmico, aminoácidos produzidos por fermentação de matéria-prima de origem agrícola como o açúcar ou o xarope da cana-de-açúcar, mínimo de 10% L-glutamina e mínimo 10% de L-ácido glutâmico (Ajinomoto Animal Nutrition, São Paulo, SP, Brasil); <sup>2</sup>MoldZapAquativa®. Composição: dipropionato de amônia, ácido acético, ácido sórbico e ácido benzoico - Alltech do Brasil Agroindustrial Ltda; <sup>3</sup>Banox®. Composição: BHA, BHT, galato de propila e carbonato de cálcio - Alltech do Brasil Agroindustrial Ltda; <sup>4</sup>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; <sup>5</sup>Vitamina C (Lutavit C®): sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico com (3500 mg de vitamina C/kg); <sup>6</sup>De acordo com Furuya et al. (2001a,b), Pezzato et al. (2002) e Guimaraes et al. (2008a,b).



Foi utilizada dieta controle com aproximadamente 294g/kg de proteína digestível e 3.280 kcal/kg de energia digestível. A Gln e o Glu foram adicionados à dieta controle na forma do produto comercial AminoGut<sup>®</sup> (Ajinomoto Animal Nutrition, São Paulo, SP, Brasil) na proporção de 0; 5, 10; 15 ou 20 g/kg, em substituição ao aminoácido alanina.

O AminoGut<sup>®</sup> é um produto comercial, que apresenta o mínimo de 10% L-Glutamina e 10% de L-Ácido Glutâmico, aminoácidos produzidos a partir da fermentação de matérias-primas de origem agrícola como o açúcar ou o xarope da cana-de-açúcar.

Os alimentos foram moídos em moinho martelo e passados em peneira com abertura de malha de 0,5 mm de diâmetro. Em seguida foram extrusados em matriz de 2,5 mm de diâmetro, desidratados em estufa de ventilação forçada (55 °C), durante 24 horas, atividades que foram realizadas no laboratório do GEMAg (Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura) da Unioeste – Toledo, Paraná

Os peixes foram alimentados diariamente três vezes/dia, às 8h00; 14h00 e 18h00. O arraçoamento foi manual e fornecido até saciedade aparente.

Todos os peixes foram pesados em balança digital (0,01 g) no início e ao final do experimento. Ao término do período experimental, foi retirada uma amostra de 15 peixes/tanque-rede para análise de composição corporal e três peixes/tanque-rede para análise histológica. Os peixes foram abatidos por superdosagem de benzocáína (0,3 g/L).

Foram determinadas as variáveis de ganho de peso, consumo e conversão alimentar, sendo que para a determinação da taxa de eficiência proteica e eficiência de retenção de nitrogênio foram utilizadas as expressões descritas por Jauncey & Ross (1982), respectivamente:

$TEP = GP/PC$ , sendo:  $TEP$  = taxa de eficiência proteica;  $GP$  = ganho de peso (g);  $PC$  = proteína consumida (g).  $ERN = (Nf.Pf - Ni.Pi)/Nc$ , sendo:  $ERN$  = eficiência de retenção de nitrogênio;  $Nf$  = nitrogênio final (%);  $Pf$  = peso final (g);  $Ni$  = nitrogênio inicial (%);  $Pi$  = peso inicial(g);  $Nc$  = nitrogênio consumido (g).

Para a composição corporal, os peixes foram moídos em moedor de carne, após a retirada das vísceras, até obter uma polpa homogênea. Posteriormente, foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 48 horas e moídas em moinho bola.

As análises das dietas e composição corporal dos peixes foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, seguindo a metodologia citada por Silva & Queiroz (2002).

A morfologia intestinal foi realizada no Laboratório de Histotécnica Animal/DCM/UEM. Foram dissecadas porções de aproximadamente 5 cm de comprimento do intestino médio (45 cm abaixo da junção do estômago com o intestino), de 12 peixes/tratamento. As amostras foram colocadas em placa de isopor, abertas longitudinalmente, lavadas com solução salina, fixadas em solução de formol 10% por 12 horas, desidratadas em séries ascendentes de álcoois, diafanizadas em xilol, e incluídas em parafina, para a obtenção de cortes histológicos semisseriados. Foram realizados cortes de 5 µm de espessura que foram corados pelo método de Hematoxilina-Eosina (HE).

A fotodocumentação (captura de imagens) foi realizada no Laboratório de Captura de Imagens DCM/UEM através de uma câmera digital de alta resolução (Pro - Series da Media Cybernetics; Olympus, Japão), acoplada ao microscópio (Olympus Bx 41, Japão) em objetiva de 20X, utilizando o sistema de imagens computadorizado (Image Pro Plus – Versão 5.2- Media Cibernética). A morfometria intestinal foi realizada em

100 vilos por animal perfazendo um total de 1200 medidas por tratamento em que, foi mensurada a altura dos vilos. Foram mensurados somente, vilos intestinais íntegros.

Os dados foram submetidos às análises de variância e regressão polinomial por meio do programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas) da Universidade Federal de Viçosa (1982).

### **Resultados e Discussão**

Os valores médios de pH, temperatura e oxigênio dissolvido da água mensurados durante o período experimental foram respectivamente:  $6,6\pm 0,9$ ;  $27,22\pm 1,72^{\circ}\text{C}$  e  $5,61\pm 0,33$  mg/L. Estes valores apresentam dentro da faixa considerada adequada para a espécie, de acordo com Sipaúba-Tavares (1995).

Foi observado efeito quadrático ( $P<0,05$ ) da utilização de dietas suplementadas com níveis crescentes de AminoGut<sup>®</sup>, em que foram estimados os melhores valores para o ganho de peso (12,2 g/kg), a taxa de conversão alimentar (12,2 g/kg), a taxa de eficiência proteica (11,8 g/kg) e a altura de vilos (12,8) g/kg. Não foi observado efeito ( $P>0,05$ ) dos níveis crescentes de AminoGut<sup>®</sup> sobre a eficiência de retenção de nitrogênio e sobrevivência.

Silva et al. (2010), trabalhou com alevinos de tilápia do Nilo (0,60 a 65 g) e observou efeito linear sobre o ganho de peso ( $P<0,05$ ), com níveis crescentes de AminoGut<sup>®</sup> (dietas isenta de AminoGut<sup>®</sup> ou com 10, 20 ou 30 g/kg) e não observaram influências sobre os demais parâmetros de desempenho. No entanto, Yan & Qiu-Zhou (2006) utilizando níveis de 0; 4; 8; 12; 16 ou 20 g/kg de Gln para juvenis de carpa comum, observaram melhora de todos os parâmetros de desempenho produtivo em

peixes alimentados com 12 g/kg de Gln na dieta, a mesma concentração recomendada para alevinos de tilápia do Nilo do presente trabalho.

Os resultados obtidos para desempenho produtivo, morfometria intestinal e composição química corporal estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2– Valores de médias e respectivos desvios padrão de desempenho e composição corporal de tilápias do Nilo alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de AminoGut<sup>®</sup>

	AminoGut <sup>®</sup> (g/kg) <sup>1</sup>					Equação (P<0,05)
	0	5	10	15	20	
GP(g) <sup>2</sup>	37,72±1,00	50,76±5,62	48,55±2,90	51,92±1,56	46,85±6,94	Y=38,89+2,139x-0,087x <sup>2</sup> R <sup>2</sup> = 0,82
CA <sup>2</sup>	1,24±0,03	0,94±0,10	0,98±0,06	0,92±0,03	1,03±0,14	Y=1,212-0,049x+0,002x <sup>2</sup> R <sup>2</sup> = 0,84
TEP <sup>2</sup>	2,20±0,05	2,92±0,32	2,80±0,17	2,99±0,09	2,70±0,40	Y=2,268+0,118x-0,005x <sup>2</sup> R <sup>2</sup> = 0,82
ERN (%)	48,35±0,33	50,04±5,54	47,86±2,16	51,18±1,54	46,19±6,84	NS
Sob (%)	99,67±0,58	99,75±0,50	99,33±1,15	99,33±0	99,67±1	NS
H-vilo (µm) <sup>2</sup>	128,6±24,71	217,8±12,20	258,1±27,47	240,2±9,39	225,6±14,80	Y=132,8+19,51x-0,759x <sup>2</sup> R <sup>2</sup> = 0,96
Um (g/kg)	702,0±0,51	710,0±0,71	704,6±0,31	707,8±0,79	702,2±0,48	NS
PB (g/kg)	180,8±0,61	184,4±0,23	186,2±0,71	181,1±0,42	181,6±0,03	NS
EE (g/kg)	91,7±0,09	83,9±0,34	84,9±0,48	85,2±0,36	86,2±0,52	NS
MM (g/kg)	36,5±0,15	36,6±0,48	36,7±0,05	37,1±0,10	36,2±0,21	NS

<sup>1</sup>AminoGut<sup>®</sup>: mínimo de 10% L-glutamina e mínimo de 10% de L-ácido glutâmico (Ajinomoto Animal Nutrition, São Paulo, SP, Brasil); <sup>2</sup>Efeito quadrático (P<0,05): GP= ganho de peso; CA= conversão alimentar; TEP= taxa de eficiência proteica; H-vilo= altura dos vilos; Abreviaturas: ERN= eficiência de retenção de nitrogênio; Sob= sobrevivência; Um= umidade; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral.

A influência do AminoGut<sup>®</sup> sobre o aumento do ganho de peso, provavelmente ocorreu pela síntese proteica mais eficiente pelos animais que receberam dietas suplementadas com esses aminoácidos, que pode ser observado pela maior taxa de eficiência proteica (Tabela 2). A Gln atua como um regulador de demandas metabólicas

e é aproveitada como fonte de nitrogênio para promover a síntese de aminoácidos não essenciais e para deposição proteica (Newsholme et al., 2003), estimulando a síntese muscular (Forti et al., 2003) e reduzindo o catabolismo no músculo esquelético, de forma a promover o aumento do ganho de peso e o crescimento dos animais (Newsholme et al., 2003).

A Gln e o Glu são aminoácidos intercambiáveis e, este duplo enlace, fornece nitrogênio para a síntese de purinas, pirimidinas e aminoácidos (alanina, citrulina e prolina) e para a síntese de ureia a partir da amônia intraluminal para auxiliar no transporte de sódio e cloro (Wu, 1998; Forti et al., 2003), atuando como substrato energético para o sistema celular e, como precursores da síntese de moléculas biologicamente importantes (Smith, 1990).

Considerando, a Gln como um agente trófico, capaz de melhorar a renovação celular e estimular o desenvolvimento dos vilos intestinais, seus efeitos sobre o ganho de peso podem estar relacionados a melhor conversão alimentar obtida pelos peixes suplementados com AminoGut<sup>®</sup> (Figura 1).

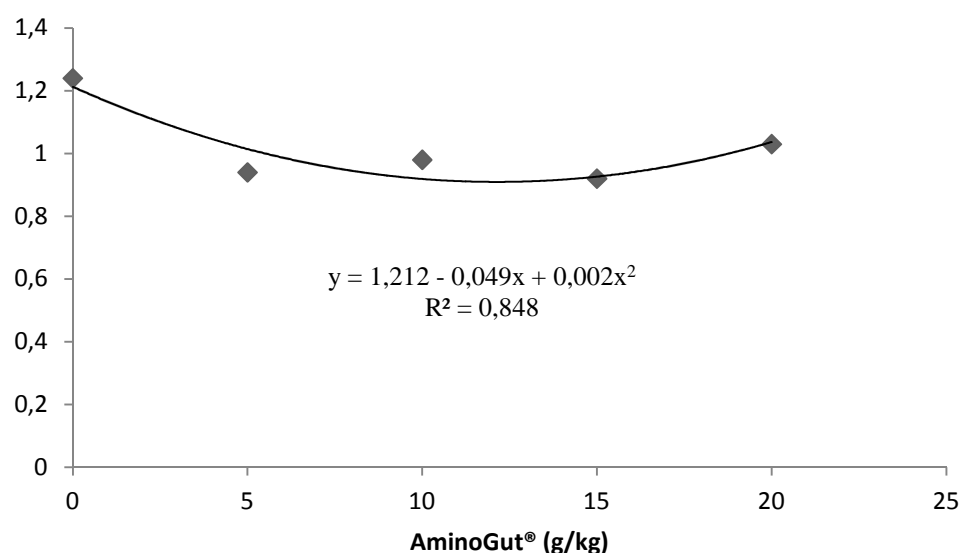


Figura 1. Conversão alimentar de alevinos de tilápia do Nilo alimentados com dietas com níveis crescentes de AminoGut<sup>®</sup>

A Gln promove aumento da síntese de nucleotídeos para o desenvolvimento da mucosa intestinal, com aumento na altura e densidade dos vilos, resultando em melhor digestão e absorção de nutrientes, e conseqüentemente, melhora na conversão alimentar, favorecendo o crescimento (Fischer da Silva, 2001).

O melhor desempenho produtivo das tilápias do Nilo que foram suplementadas com AminoGut<sup>®</sup> pode estar associado a muitos efeitos metabólicos da Gln, entre eles, o estímulo para síntese de hormônios anabólicos, como a insulina e o hormônio do crescimento e a inibição da produção de hormônios catabólicos, como os glicocorticoides (Curthoys & Watford, 1995).

Não foi observado influência da suplementação na composição corporal dos alevinos (Tabela 2), que pode ser justificada pelo perfil de aminoácidos da dieta, ser de alta qualidade, não acarretando prejuízo ao grupo não suplementado. A ausência de diferenças na composição corporal dos animais também pode ter ocorrido pela Gln exógena apresentar maiores efeitos em situações de desafio (Ribeiro et al., 2004), como estresse, sepse e transporte (Wu et al, 1998) ou doenças (Smith & Wilmore, 1990), nessas situações, há aumento do catabolismo proteico, prejudicando a síntese primária de glutamina no tecido muscular (Newsholme et al., 2003).

A análise morfológica da parede do segmento médio intestinal de alevinos de tilápia do Nilo apresentou preservação da organização das túnicas mucosa, submucosa, muscular e serosa, independentemente do nível de suplementação. Foi observado que a mucosa intestinal possui vilosidades de aspecto foliáceo e irregulares em sua altura, revestidas por epitélio simples cilíndrico com células caliciformes. Não foram observadas criptas intestinais. Estas características são descritas para peixes teleósteos (Takashima & Hibiya, 1995) e especificamente para tilápias (Gargiulo et al., 1998).

Na análise morfométrica da altura dos vilos (Figura 2) foi possível verificar o efeito trófico da suplementação de AminoGut<sup>®</sup>, cujos valores médios mensurados foram 128,6  $\mu\text{m}$  (controle), 217,8  $\mu\text{m}$  (5g/kg), 258,1  $\mu\text{m}$  (10g/kg), 240,2  $\mu\text{m}$  (15 g/kg) e 225,6  $\mu\text{m}$  (20g/kg).

Corroborando com estes resultados, Silva et al. (2010) e Yan & Qiu-Zhou (2006) obtiveram aumento da altura dos vilos intestinais, para tilápia do Nilo e carpa comum, respectivamente.

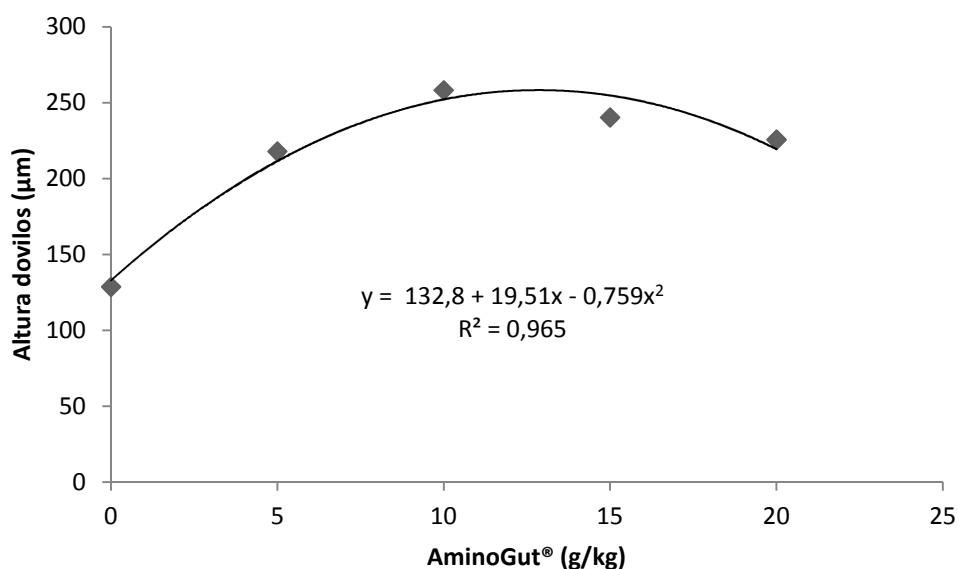


Figura 2. Altura dos vilos intestinais de alevinos de tilápia do Nilo alimentadas com níveis crescentes de AminoGut<sup>®</sup>

O aumento da altura das vilosidades intestinais (Figuras 3) provavelmente ocorreu porque a Gln e o Glu são substratos energéticos para a proliferação dos enterócitos e favorece a renovação do epitélio da mucosa intestinal, através do aumento das mitoses na base do vilos. Como resultado, ocorre aumento do número de células e da altura das vilosidades, maximizando a digestão e absorção intestinal pelo aumento da superfície de

contato, melhorando a conversão alimentar (Boleli et al., 2002).

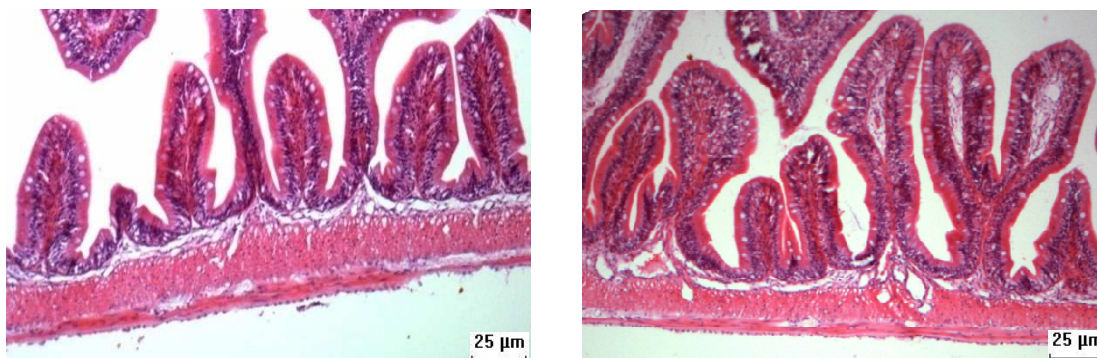


Figura 3 – Fotomicrografia representativa do intestino médio de juvenis de tilápia do Nilo, evidenciando a diferença na altura dos vilos entre os tratamentos, grupo controle (A) e grupo alimentado com 15g/kg de AminoGut<sup>®</sup> na dieta (B). Coloração HE. 200X. \*Fonte: imagem capturada pela autora.

As células da mucosa do trato digestório têm uma exigência obrigatória de Gln, que envolve o seu papel, como fornecedora de metade da exigência de nitrogênio para a síntese de purinas e pirimidinas via ação da carbamoil-fosfato sintetase (Lobley et al., 2001), permitindo assim a renovação celular constante. O mecanismo sugerido para a ação trófica é que a oxidação da Gln estimula a troca entre sódio/hidrogênio ( $\text{Na}^+/\text{H}^+$ ) na membrana luminal do enterócito, levando a maior absorção iônica na membrana plasmática e ao aumento da atividade da enzima ornitina descarboxilase (ODC) que estimula a síntese de DNA e proteínas, que ativa a mitogênese (Rhoads et al., 1997).

Os efeitos da Gln e Glu na manutenção da estrutura da mucosa intestinal, na melhoria do desempenho produtivo e na função imune de animais jovens, já foram demonstrados em aves (Maiorka et al., 2000; Murakami et al., 2007; Lopes, 2008; Sakamoto, 2009) e suínos (Burrin et al., 2000; Ewtushik et al., 2000; Lackeyram et al., 2001; Liu et al., 2002).

Neste estudo, foi possível determinar que a suplementação de altos níveis de AminoGut<sup>®</sup> na dieta resulta em menor desempenho dos animais, como observado nos



alevinos que receberam 20 g/kg de AminoGut<sup>®</sup> na dieta (Tabela 2), sugerindo que a inclusão deste produto, deva respeitar uma dosagem segura para evitar o efeito de toxidez e queda na produção. Ainda que haja efeito negativo da suplementação de AminoGut<sup>®</sup> em altas doses, o desempenho produtivo dos peixes não suplementados (tratamento controle) foi pior quando comparado aos peixes suplementados com 20 g/kg AminoGut<sup>®</sup>.

### **Conclusão**

A suplementação de 12g/kg de AminoGut<sup>®</sup> é adequada em dietas para alevinos de tilápia do Nilo, demonstrado pela melhora do desempenho produtivo e do aumento da altura dos vilos intestinais.

### Literatura Citada

- BURRIN, D.G.; STOLL, B.; JIANG, R. et al. Minimal enteral nutrient requirements for intestinal growth in neonatal pigs: how much is enough. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.71, p.1603-1610, 2000.
- BOLELI, I.C.; MAIORKA, A.; MACARI, M. 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
- CURTHOYS, N.P.; WATFORD, M. Regulation of Glutaminase activity and Glutamine metabolism. *Annual Review Nutrition*, v.15, p.133–159, 1995.
- CYNOBER, L.A. **Glutamine metabolism in stressed patients**. In: Proceedings of International Congress on Amino Acids. (Abstract) Germany: 1999.
- EWTUSHIK, A. L., R.; BERTOLO, F. P. ; BALL, R. O. Intestinal development of early-weaned piglets receiving diets supplemented with selected amino acids or polyamines. **Journal Animal Science**, v.80, p.653-662, 2000.
- FISCHER DA SILVA, A.V. **Efeitos da restrição alimentar precoce e da glutamina no desempenho e na mucosa intestinal em frangos**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, 2001. 77p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2001.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION (FAO). **Statistical databases**. 2010. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acesso em: 07 jul. 2011.
- FORTI, F.; CANCELLIERO, K.M. et al. O efeito da Gln no músculo esquelético desnervado. **Saúde Revista**, v.5, n.9, p.59-65, 2003.
- FURUYA, W.M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V.R.B.; BOTARO, D.; SILVA, D.C.R.; NEVES, P.R. Exigências de metionina+cistina total e digestível para alevinos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* (L.)), baseadas no conceito de proteína ideal. **Acta Scientiarum**, v.23, n.4 p.885-889, 2001a.
- FURUYA, W.M. et al. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, 2001b.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, E.; BARROS, M.M. et al. **Tabelas brasileiras para a nutrição animal de tilápias**. Toledo: GFM, 2010, 100p.
- GARGIULO, A.M.; CECCARELLI, P.; DALL'AGLIO, C. 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.

- GUIMARÃES, I.G; PEZZATO, L.E; BARROS, M.M. Amino acid availability and protein digestibility of several protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture Nutrition**, v.14, p.396-404, 2008 a.
- GUIMARÃES, I.G; BARROS, M.M; TACHIBANA, L. Nutrient digestibility of cereal grain products and by-products in extruded diets for Nile tilapia. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.39, p.781-789, 2008 b.
- HAUSSINGER, D.; LANG, F.; GEROK, W. Regulation of cell function by cellular hydration state. **American Journal Physiology**, v.267, p.E343-E355, 1994.
- LI, P.; YIN, Y.L.; LI, D.F.; KIM, S.W.; WU, G. 2007. Amino acids and immune function. **British Journal of Nutrition**, v.98, p.237-252, 2007.
- LIU, T.; JIAN, P. ; XIONG, Y.Z. et al. Effects of dietary Glutamine and Glutamate supplementation on small intestinal structure, active absorption and DNA, RNA concentration in skeletal muscle tissue of weaned piglets during d 28 to 42 of age. Asian- Aust. **Journal Animal Science**, v.15, n.2, p.238-242, 2002.
- JAUNCEY, K.; ROSS, B. **A guide to tilapia feed and feeding**. Scotland: University of Stirling, 1982. 111p.
- LACKEYRAM, D.; YUE, X.; FAN, M.Z. 2001. Effects of dietary supplementation of crystalline L-Glutamine on the gastrointestinal tract and whole body growth in early-weaned piglets fed corn and soybean meal –based diets. **Journal Animal Science**, v.79, Suppl.1 (Abstr.)
- LI, P.; YIN, Y.L.; LI, D.F.; KIM, S.W.; WU, G. 2007. Amino acids and immune function. **British Journal of Nutrition**, v.98, p.237-252, 2007.
- LIU, T.; JIAN, P. ; XIONG, Y.Z.; ZHOU, S.Q.; CHENG, X.H. Effects of dietary Glutamine and Glutamate supplementation on small intestinal structure, active absorption and DNA, RNA concentration in skeletal muscle tissue of weaned piglets during d 28 to 42 of age. Asian- Aust. **Journal Animal Science**, v.15, n.2, p.238-242, 2002.
- LOBLEY, G.E., HOSKIN, S.O.; MCNEIL, C.J. Glutamine in animal science and production. *Journal of Nutrition*, v.131, 255S-2531S, 2001.
- LOPES, K.L.A.M. **Suplementação de Glutamina em dietas iniciais para frango de corte**. 2008. 82f. Tese (Doutorado em Ciência animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.
- MAIORKA, A.; SILVA, A.V.F.; SANTIN, E. et al. Influência da suplementação de Glutamina sobre o desempenho e o desenvolvimento de vilos e criptas do intestino delgado de frangos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52, n.5, p.487-490, 2000.
- MURAKAMI, A.E.; SAKAMOTO, M.I.; NATALI, M.R.M. 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.

- NELSON, D.L.; COX, M.M. **Leninger – Princípios da Bioquímica**. 3ed. São Paulo: Editora Sarvier. 2003. 1119p.
- NEWSHOLME, P. Why is L-Glutamine metabolism important to cells of immune system in health, postinjury, surgery or infection? **The Journal of Nutrition**, v.131, p.2515-2522, 2001.
- NEWSHOLME, P.; LIMA, M.M.R.; PROCOPIO, J.T.C. et al. Glutamine and Glutamate as vital metabolites. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.36, p.153-163, 2003.
- PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FRACALOSSO, D. M. et al. Nutrição de Peixes. In: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSO, D. M. et al. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004. p.75-169.
- RIBEIRO, S.R.; PINTO JÚNIOR, P.E.; MIRANDA, A.C. 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.
- RHODS, J.M.; ARGENZIO, R.A.; CHEN, W. et al. L-Glutamine stimulates intestinal cell proliferation and activates mitogen-activated protein kinases. **American Journal Physiology**, v.272, p.949-953, 1997.
- SAKAMOTO, M.I. **Desempenho, desenvolvimento e atividade enzimática da mucosa intestinal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com Glutamina e nucleotídeos**. 2009. 95f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.
- SELF, J.T.; SPENCER, T.E.; JOHNSON, G.A.; HU, J.B.; BAZER, F.W.; WU, G. Glutamine synthesis in the developing porcine placenta. **Biology of Reproduction**, v. 70, p. 1444-1451, 2004.
- SILVA, L.C.A.R.; FURUYA, W.M.; NATALI, M.R.M.; SCHAMBER, C.R.; SANTOS, L.D.; VIDAL, L.V.O. Desempenho e morfometria intestinal de juvenis de tilápia-do-nylo alimentados com dietas suplementadas com L-glutamina e L-glutamato. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1175-1179, 2010.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- SMITH, R.J.; WILMORE, D.W. Glutamine nutrition and requirements. **Journal Parenteral and Enteral Nutrition**, v.14, p.94 -99, 1990.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H.S. **Limnologia aplicada à aqüicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 72p. 1995.
- SOUBA, W.; KLIMBERG, V. The role of Glutamine in maintaining a healthily gut and supporting the metabolic response to injury and infection. **Journal Parenteral and Enteral Nutrition**, v.48, p.383-391, 1990.

- TAKASHIMA, F.; HIBIYA, T. **An atlas of fish histology – normal and pathological features**. 2.ed Tokyo: KondanshaLtda, 1995, 195p.
- WU, G. Intestinal mucosal amino acid catabolism. **The Journal of Nutrition**, v.128, p.1249–1252, 1998.
- WU, G. **Papéis importantes da Gln na nutrição e produção animal. Especial Ajinomoto**. 2007. Disponível em: <[http://www.lisina.com.br/upload/ajinomoto\\_br.pdf](http://www.lisina.com.br/upload/ajinomoto_br.pdf)> Acesso em 24 jan. 2011.
- VAN DER HULST, R. Glutamine and the preservation of gut integrity. **Lancet**, v.341, p.1363-1365, 1993.
- 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.; ALLEE, H.J.; LIU, J.W. et al. Apparent ileal digestibility of amino acids in soybean meal, menhaden fish meal, catfish meal and spray-dried plasma in Young broilers. **Poultry Science**, v.80, p.283-293, 2001.
- YI, G.F.; ALLEE, G.L. **Revisão de literatura: Glutaminae Glutamato**. 2006. Disponível em: <<http://www.lisina.com.br>>. Acesso em: 24 jan.2011.

## **CAPÍTULO 3**

**Desempenho produtivo e composição corporal de tilápias do Nilo alimentadas com AminoGut<sup>®</sup> no período de reversão sexual**

## **Desempenho produtivo e composição corporal de tilápias do Nilo alimentadas com AminoGut<sup>®</sup> no período de reversão sexual**

**RESUMO** – O presente trabalho teve o objetivo de avaliar os efeitos do produto comercial AminoGut<sup>®</sup> (Ajinonoto, SP), fonte de glutamina e glutamato, sobre o desempenho produtivo e a composição corporal de larvas de tilápia do Nilo. Foram utilizados 26.000 larvas, variedade Gift, com um dia de idade durante a fase de reversão sexual para populações de machos, com peso vivo médio inicial de  $8,86 \text{ mg} \pm 0,002 \text{ g}$ , originados da Piscicultura Piracema, Iguaraçu – PR. Os peixes foram distribuídos em um delineamento inteiramente ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 1.300 larvas/tanque de 500 litros cada. Foi utilizada dieta controle com 500 g/kg de proteína bruta e 3.840 kcal/kg de energia digestível. O AminoGut<sup>®</sup> foi adicionado a dieta controle na proporção de 0, 5, 10, 15 e 20 g/kg em substituição à alanina. Cada dieta foi fornecida diariamente 10 vezes/dia, em intervalos de 1 hora, no período de 8h00 às 17h00, durante 30 dias. Para os dados de desempenho produtivo foi observado um aumento linear sobre o ganho de peso, conversão alimentar, sobrevivência e a taxa de eficiência proteica. A inclusão de 20 g/kg de AminoGut<sup>®</sup> melhorou os parâmetros de desempenho produtivo de larvas no período de reversão sexual, com efeito pronunciado na sobrevivência.

**Palavras-chave:** crescimento, glutamato, glutamina, sobrevivência

## **Performance and body composition of Nile tilapia fed diets supplemented with AminoGut<sup>®</sup> during sex reversal period**

**ABSTRACT** – The present study was to evaluate the effects of the commercial product AminoGut<sup>®</sup> (Ajinonoto, SP), a source of glutamine and glutamate, on performance and body composition of Nile tilapia larvae. A study was conducted with 26,000 larvae Gift strain, with one day of age during the sex reversal in populations of males, with average weight of 8.86 mg±0.002g, from the Piracema farming, Iguaraçu–PR. The fish were distributed in a completely randomized design with five treatments and four replications, totaling 1,300 fish/tank of 500 liters each. Control diet was used with approximately 500 g/kg of crude protein and 3,840 kcal/kg of digestible energy. The AminoGut<sup>®</sup> was added to the control diet at a ratio of 0, 5, 10, 15 and 20g/kg in the alanine substitution. Each diet was provided daily 10 times per day at intervals of one hour, from 8:00 until 17:00, for 30 days. For performance data was observed a linear increase on weight gain, feed conversion, survival and protein efficiency rate. The supplementation of 20 g/kg of AminoGut<sup>®</sup> improved the performance parameters of larvae production in the period of sex reversal, with a pronounced effect on fish survival.

**Key Words:** glutamate, glutamine, growth, survival



## Introdução

A aquicultura é o setor agropecuário que mais se desenvolve no Brasil, sendo a tilápia do Nilo, a espécie de peixe mais utilizada em confinamento (MPA, 2010), por causa da rusticidade, rápido crescimento, boa conversão alimentar e também por consumir ração desde a fase larval (Alceste & Jorry, 1998). Outra vantagem é a utilização eficiente da energia e nutrientes dos ingredientes de origem vegetal e animal, possibilitando a elaboração de dietas nutritivas, ambientalmente corretas e economicamente viáveis (Pezzato et al., 2004), permitindo a prática de suplementação com aminoácidos sintéticos.

A sobrevivência final no processo de reversão sexual é baixa, pelos problemas relacionados ao manejo, qualidade da água e nutrição, causando redução no crescimento e produção de larvas de tilápias para posterior fase de engorda (Popma & Lovshin, 1994).

A Glutamina (Gln) é considerada o principal substrato energético de células de proliferação rápida, como os enterócitos e linfócitos (Cynober, 1999), uma vez que fornece cerca da metade da exigência de nitrogênio para a síntese de purinas e pirimidinas (Lobley et al., 2001), promovendo melhora na imunidade (Taudou et al., 1983) e na integridade da mucosa intestinal (Wu, 1998). Atua na gliconeogênese, na síntese de ureia, homeostase do pH, neurotransmissão, diferenciação e crescimento celular.

A glutamina (Gln) é primariamente sintetizada no músculo esquelético, no fígado e, pelos astrócitos do tecido nervoso, a partir de glutamato (Glu) e amônia, sob a ação da enzima glutamina sintetase (Self et al., 2004). A reação inversa é controlada pela glutaminase, que degrada a Gln para formar Glu em todas as células animais que contêm mitocôndrias (Wu, 2007). O Glu é utilizado na síntese proteica ou convertido

em  $\alpha$ -cetogluturato, que será oxidado no ciclo de Krebs, resultando na produção de 30 mols de ATP para cada mol de Gln (Souba et al., 1990; Van Der Hulst, 1993).

A Gln é considerada um aminoácido condicionalmente essencial para animais jovens, em que a capacidade de síntese pode não atender às suas exigências nutricionais (Yi & Allee, 2006) ou, quando há doenças que resultem em quadros catabólicos (Smith & Wilmore, 1990) e, em condições inflamatórias, como infecção ou ferimento (Newsholme, 2001).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização de Gln e Glu em dietas para a tilápia do Nilo, no período de reversão sexual, por meio do desempenho produtivo, composição corporal e viabilidade econômica.

### **Material e métodos**

O experimento foi realizado na Piscicultura Piracema, em Iguaraçu – PR, durante 30 dias, no período de fevereiro a março de 2011.

Foram utilizadas 26.000 larvas, variedade Gift, com um dia de idade, durante a fase de reversão sexual para populações de machos, originados da Piscicultura Piracema, Iguaraçu – PR, cujo peso vivo médio inicial foi de  $8,86 \text{ mg} \pm 0,03$  e comprimento médio de  $8,51 \text{ mm} \pm 0,02$ .

Durante os sete primeiros dias as larvas foram adaptadas e mantidas em 5 tanques retangulares (3 m de comprimento x 0,45m de largura e 0,3 m de altura), com coluna de água de 20 cm de altura, alojadas na densidade de 5.200 larvas/tanque.

As dietas experimentais foram fornecidas desde o primeiro dia de vida, através de alimentador automático com volume unitário de 1 L de ração, programadas para realizar 10 alimentações/dia.

Quando as larvas completaram sete dias de idade foram distribuídas em um delineamento inteiramente ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 1.300 larvas/tanque.

Os tanques eram construídos em tela plástica com abertura de malha de 1 mm, (cada um com 1,0 x 1,0 x 0,5 m de comprimento, altura e largura, respectivamente), totalizando volume unitário útil de 0,5 m<sup>3</sup> cada, com renovação contínua de água (2 litros/minuto/tanque) e, distribuídas em uma estufa de tanque de terra escavado, com distância de 1 m entre eles.

Foi utilizada dieta controle com aproximadamente 500 g/kg de proteína bruta e 3.840 kcal/kg de energia digestível. Os aminoácidos Gln e Glu foram adicionados à dieta controle na forma do produto comercial AminoGut<sup>®</sup> (Ajinomoto Animal Nutrition, São Paulo, SP, Brasil), na proporção de 0; 5, 10; 15 ou 20 g/kg, em substituição à alanina (Tabela 1).

O AminoGut<sup>®</sup> é um produto comercial, que apresenta o mínimo de 10% L-Glutamina e 10% de L-Ácido Glutâmico, aminoácidos produzidos a partir da fermentação de matérias-primas de origem agrícola como o açúcar ou o xarope da cana-de-açúcar.

Os alimentos foram finamente moídos em moinho martelo com peneira com abertura de malha de 0,5 mm. Após esse procedimento, a ração foi peneirada em tela com abertura de malha 0,5 mm. A adição do hormônio 17- $\alpha$ -metiltestosterona foi realizada segundo Shelton et al. (1981) após a adição e homogeneização de todos os ingredientes. A ração foi estendida sobre uma lona e, exposta em ambiente ventilado por 24 horas para evaporação do álcool.

Tabela 1. Composição da dieta controle utilizada na alimentação de tilápias do Nilo no período de reversão

Ingrediente	g/1000 g
Farinha de vísceras de aves	650,00
Farelo de soja	130,00
Milho	137,50
Óleo de soja	40,00
L-alanina 98	20,00
Fosfato bicálcico	10,00
Sal comum	5,00
Suplemento mineral e vitamínico <sup>1</sup>	7,00
Vitamina C monofosfatada <sup>2</sup>	0,50
BHT <sup>3</sup>	0,20
Composição determinada	g/1000 g
Matéria seca (g) <sup>4</sup>	870,6 ± 0,72
Proteína bruta (g) <sup>5</sup>	500,43 ± 0,55
Energia digestível (kcal/kg) <sup>6</sup>	3840,00 ± 0,00
Extrato etéreo (g) <sup>4</sup>	100,66 ± 0,07
Matéria mineral (g) <sup>4</sup>	72,4 ± 0,06
Ácido glutâmico (g) <sup>5</sup>	77,5 ± 0,93
Alanina (g) <sup>5</sup>	36,6 ± 0,73
Lisina (g) <sup>5</sup>	31,2 ± 0,11
Treonina (g) <sup>5</sup>	18,9 ± 0,07
Metionina (g) <sup>5</sup>	8,6 ± 0,05
Metionina + cistina (g) <sup>5</sup>	14,1 ± 0,06
Arginina (g) <sup>5</sup>	27,3 ± 0,14
Histidina (g) <sup>5</sup>	10,4 ± 0,04
Isoleucina (g) <sup>5</sup>	19,0 ± 0,07
Leucina (g) <sup>5</sup>	35,0 ± 0,09
Fenilalanina + tirosina (g) <sup>5</sup>	35,2 ± 0,08
Valina (g) <sup>5</sup>	21,4 ± 0,07
Triptofano (g) <sup>5</sup>	5,1 ± 0,01

<sup>1</sup>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;<sup>2</sup>Vitamina C: (420 mg/g);<sup>3</sup>BHT: Butil-hidroxi-tolueno (antioxidante);<sup>4</sup>Composição determinada no Laboratório de Análises de Alimentos da UEM;<sup>5</sup>Composição determinada no Laboratório da Ajinomoto do Brasil Indústria e Comércio de Alimentos Ltda –Ajinomoto Animal Nutrition;<sup>6</sup>Calculada, de acordo com Furuya (2010).

Os peixes foram alimentados 10 vezes/dia, sete dias da semana, em intervalos de 1 hora, no período de 8h00 às 17h00. O arraçoamento foi manual e até saciedade aparente.

Coletas semanais de 30 larvas/tanque foram realizadas para mensuração do peso em balança analítica (0,0001 g) e comprimento total em paquímetro digital (0,01 cm).

As análises químicas das dietas foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos (LANA) do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, seguindo as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002). As análises de aminoácidos foram realizadas pelo Laboratório da Ajinomoto do Brasil em Cromatógrafo Líquido de Alto Desempenho (HPLC), modelo Shimatzu.

Ao final do experimento, após jejum de 24 horas, 120 peixes de cada unidade experimental foram pesados individualmente em balança analítica (0,0001 g) e o comprimento total foi mensurado por meio de paquímetro digital (0,1 mm), individualmente. Uma amostra de 300 peixes, de cada unidade experimental, foi coletada para análise da composição corporal. Os peixes foram abatidos por superdosagem de benzocaína (0,3 g/L).

Para a composição corporal, os peixes foram moídos em multiprocessador de alimentos (Walita Compact Mega RI 2831; Hungria), até obter uma polpa homogênea. Posteriormente, foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 48 horas e moídas em moinho bola. As análises de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, cinzas corporal foram realizadas no LANA, seguindo a metodologia citada por Silva & Queiroz (2002).

Os dados individuais de ganho de peso, conversão alimentar, taxa de eficiência proteica, sobrevivência, foram obtidos, respectivamente, por meio das equações:

$GP = Pf - Pi$ ;  $CA = C/GP$ ;  $TEP = GP/PC$ ; em que:  $GP$  = ganho de peso (mg);  $Pf$  = peso final (mg);  $Pi$  = peso inicial (mg);  $CA$  = conversão alimentar;  $C$  = consumo (mg);  $TEP$  = taxa de eficiência proteica;  $PC$  = proteína consumida (mg).

Para a análise econômica, foi cotado o preço dos alimentos (R\$) utilizados na formulação da ração e determinados os dados de consumo de ração por tratamento durante o período experimental. O valor comercial do AminoGut<sup>®</sup> foi cotado em dólar (\$) e o valor foi convertido em Reais (R\$). O custo em ração para produção de 1.000 larvas vivas foi obtido por meio da expressão:

$$CR = (CKG \times RO \times 1000) / (TS \times 10)$$

Sendo;  $CR$  = custo em ração/1000 larvas vivas, R\$;  $CKG$  = custo do kg de ração com diferentes níveis de AminoGut<sup>®</sup>;  $RO$  = ração ofertada em cada tratamento com diferentes níveis de AminoGut<sup>®</sup>, kg e  $TS$  = taxa de sobrevivência.

Os dados para a análise econômica foram obtidos pelas equações:  $CS = CA \cdot NI / 1000$ ;  $CRS = CRc + CS \cdot C$ ; em que:  $CS$  = custo da suplementação (R\$);  $CA$  = custo de 1000g de AminoGut<sup>®</sup> (R\$);  $NI$  = nível de inclusão (g/kg);  $CRS$  = custo da ração suplementada (R\$/kg);  $CRc$  = custo da ração controle (R\$);  $C$  = consumo (g).

Os dados foram submetidos às análises de variância e regressão polinomial por meio do programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas) da Universidade Federal de Viçosa (1982).

## **Resultados e discussão**

Os valores médios de pH, temperatura e oxigênio dissolvido da água mensurados durante o período experimental foram respectivamente:  $7,5 \pm 0,09$ ;  $28,6,22 \pm 1,72^\circ\text{C}$  e

6,11±1,05 mg/L. Estes valores apresentam dentro da faixa considerada adequada para a espécie, de acordo com Sipaúba-Tavares (1995).

O ganho de peso, a conversão alimentar, a taxa de eficiência proteica e a sobrevivência melhoraram linearmente ( $P<0,05$ ) com a utilização de dietas com níveis crescentes de AminoGut<sup>®</sup> (Tabela 2).

Tabela 2. Valores de médias e respectivos desvios padrão do desempenho produtivo de alevinos de tilápia do Nilo alimentadas com as dietas experimentais

	AminoGut <sup>®</sup> (g/kg) <sup>1</sup>					Equação P<0,05
	0	5	10	15	20	
GP <sup>2</sup> (g)	1007±8,85	1030±5,64	1021±5,46	1055±6,51	1059±7,6	Y= 1009,0 + 2,54x R <sup>2</sup> = 0,83
CA <sup>2</sup>	2,42±0,28	2,21±0,13	1,90±0,19	1,77±0,10	1,45±0,08	Y= 2,425 - 0,047x R <sup>2</sup> = 0,98
TEP <sup>2</sup>	0,69±0,08	0,74±0,05	0,88±0,08	0,93±0,06	1,11±0,07	Y= 0,664 - 0,020x R <sup>2</sup> =0,95
Sob <sup>2</sup> (%)	50,91±1,93	54,55±0,50	63,64±2,03	68,18±2,55	81,82±0,76	Y= 48,72 + 1,509x R <sup>2</sup> =0,95

<sup>1</sup>AminoGut<sup>®</sup>: mínimo de 10% L-glutamina e mínimo de 10% de L-ácido glutâmico (Ajinomoto Animal Nutrition, São Paulo, SP, Brasil); <sup>2</sup>Efeito linear ( $p<0,05$ ): GP= ganho de peso; CA= conversão alimentar; TEP= taxa de eficiência proteica; Sob= sobrevivência.

Para alevinos de tilápia do Nilo (0,60 até 65 g), Silva et al. (2010) não observou influencia ( $P>0,05$ ) dos níveis crescentes de AminoGut<sup>®</sup> nas dietas (0, 10, 20 e 30 g/kg) sobre a sobrevivência, a conversão alimentar, a taxa de eficiência proteica e a eficiência de retenção de nitrogênio, porém, houve aumento linear sobre o ganho de peso.

No presente estudo, o melhor desempenho durante o período de reversão sexual foi observado pelos alevinos alimentados com 20 g/kg de AminoGut<sup>®</sup>, diferentemente do observado para alevinos de tilápia do Nilo em fase de crescimento, em torno de 12 g/kg. A maior concentração da suplementação de AminoGut<sup>®</sup> para tilápias durante o período de reversão sexual pode estar relacionada com o tipo de dieta e idade (peso). A

utilização de uma dieta farelada acarreta em maior perda de nutrientes, em comparação à dieta extrusada, que é submetida à temperatura, calor e pressão durante o processamento, resultando em grânulos mais estáveis no meio aquático. Em dietas para juvenis de carpa comum, Yan & Qiu-Zhou (2006) observaram melhora do desempenho produtivo, com a adição de 12 g/kg de Gln na dieta, a mesma concentração recomendada para alevinos de tilápia do Nilo.

O aumento do ganho de peso pelos peixes que receberam dietas suplementadas com AminoGut<sup>®</sup> na dieta, provavelmente ocorreu por causa da síntese proteica mais eficiente pelos animais. Outro fator que deve ser levado em consideração quanto ao bom desempenho produtivo das larvas é a taxa de arraçoamento, cuja frequência no presente estudo foi de 10 alimentações/dia. A quantidade e a qualidade de alimento ingerida pelo peixe determinam a taxa de crescimento, o tempo de maturidade sexual e, conseqüentemente, o tempo de vida do animal (Nikolsky, 1969 citado por Sipaúba-Tavares, 1993).

A melhora na conversão alimentar está relacionada à capacidade da Gln em estimular a síntese de nucleotídeos para o desenvolvimento da mucosa intestinal, com aumento na altura e densidade dos vilos, resultando em melhor digestão e absorção de nutrientes e, conseqüentemente, promove aumento do ganho de peso (Fischer da Silva, 2001).

Muitos efeitos metabólicos da Gln podem influenciar na melhora dos parâmetros de desempenho produtivo. Além de ser um aminoácido precursor de outros aminoácidos, nucleotídeos e açúcares aminados (Newsholme, 2001), atua como regulador de demandas metabólicas, aumentando a síntese proteica, diminuindo a degradação proteica no músculo esquelético e estimulando a síntese de glicogênio no fígado (Smith, 1990; Haussinger et al., 1994). Outro efeito é o estímulo para a secreção



de hormônios anabólicos, como insulina e hormônio do crescimento, e inibem a produção de hormônios catabólicos, como os glicocorticoides, favorecendo, portanto, a deposição de proteína e crescimento celular nos animais (Curthoys & Watford, 1995).

Podemos considerar que os efeitos do AminoGut<sup>®</sup> sobre a sobrevivência dos alevinos foi o resultado mais importante, uma vez que nesta fase de criação as larvas estão sob pressão de produção, com início da alimentação exógena, além da disputa por alimento e da alta densidade de estocagem, ocorre queda na imunidade das larvas pelo estresse, resultando em alta mortalidade. Segundo Popma & Lovshin (1994) a sobrevivência final encontrada na fase de reversão sexual pode ser menor que 50%, mas geralmente está entre 60 a 70%.

A Gln tem a função de melhorar a imunidade e pode realçar muitos parâmetros funcionais de células imunes, tais como a proliferação de células T, a diferenciação de linfócitos B, a estimulação da atividade fagocitária dos macrófagos, além de ser precursora de componentes importantes da resposta imune, como o óxido nítrico, a glutathiona (Taudou et al., 1983), as citocinas (Taudou et al., 1983; Newsholme, 2001) e superóxido pelos neutrófilos (Newsholme et al., 2003).

Os efeitos da Gln são mais pronunciados em animais jovens, como já demonstrado em outras espécies animais, incluindo aves (Maiorka, 2000; Yi et al., 2001; Murakami, 2009; Sakamoto, 2009) e suínos (Wu et al., 1996; Kitt et al., 2001; Lackeyram et al., 2001), que pode explicar seus efeitos positivos sobre o desempenho produtivo, crescimento e sobrevivência de larvas de tilápia do Nilo.

Quanto à composição corporal, não foi observado variação ( $P < 0,05$ ) dos teores de umidade, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral e aminoácidos (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios e desvio padrão da e composição corporal de alevinos de tilápia do Nilo alimentadas com as dietas experimentais

	AminoGut® (g/kg) <sup>1</sup>					Efeito quadrático P<0,05
	0	5	10	15	20	
Composição corporal (g/100 g) <sup>1</sup>						
Um	790,0±0,31	790,6±0,16	797,9±0,74	795,7±0,84	790,5±0,51	-----
PB	127,4±0,34	126,4±0,40	122,0±0,57	122,8±0,67	130,4±0,27	-----
EE	54,7±0,29	59,3±0,81	58,3±0,57	55,1±0,62	56,6±0,53	-----
MM	21,6±0,11	21,7±0,04	21,8±0,07	22,7±0,12	22,2±0,10	-----
Aminoácidos corporais (g/100 g de proteína bruta)						
Ala	7,1±0,5	7,1±0,03	6,9±0,04	7,0±0,03	7,1±0,04	-----
Lys <sup>2</sup>	7,1±0,04	8,9±0,10	8,6±0,09	9,0±0,06	9,4±0,13	Y= 0,766 + 0,009x R <sup>2</sup> =0,70
Thr	9,3±0,08	4,1±0,09	3,9±0,11	4,0±0,09	4,4±0,06	-----
Met	4,6±0,02	2,5±0,02	2,4±0,04	2,5±0,05	2,5±0,03	-----
Met+cys	2,8±0,02	3,5±0,04	3,3±0,07	3,6±0,05	3,8±0,04	-----
Arg	4,1±0,05	5,0±0,15	4,2±0,14	5,4±0,06	6,0±0,07	-----
His	5,9±0,01	2,9±0,03	2,7±0,02	2,8±0,01	3,2±0,05	-----
Ile	3,0±0,02	5,0±0,01	4,9±0,01	4,9±0,02	5,0±0,01	-----
Leu	5,0±0,07	7,4±0,09	7,0±0,07	7,5±0,06	8,0±0,04	-----
Phe+Tyr	8,1±0,10	8,0±0,07	7,5±0,07	8,1±0,07	8,4±0,04	-----
Val	8,4±0,03	5,6±0,02	5,5±0,02	5,4±0,03	5,5±0,01	-----
Trp	1,2±0,01	1,2±0,01	1,1±0,01	1,1±0,01	1,2±0,00	-----

<sup>1</sup>AminoGut®: mínimo de 10% L-glutamina e mínimo de 10% de L-ácido glutâmico (Ajinomoto Animal Nutrition, São Paulo, SP, Brasil); <sup>2</sup>Efeito linear (p<0,05): Um= umidade; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral

A ausência de diferenças na composição corporal das larvas pode ter ocorrido em virtude do perfil de aminoácidos da dieta ser de alta qualidade, não acarretando prejuízos ao grupo não suplementado e, também porque a Gln é exógena apresentam

maiores efeitos em situações de desafio (Ribeiro et al., 2004). Embora o AminoGut<sup>®</sup> não tenha promovido aumento nos teores de proteína bruta corporal, pode-se observar no perfil de aminoácidos da carcaça que houve aumento ( $P < 0,05$ ) dos teores de lisina com o aumento dos níveis de inclusão de AminoGut<sup>®</sup>. A lisina é o aminoácido mais limitante nas rações de peixes e utilizado exclusivamente para produção de proteína muscular.

O aumento na produtividade de forma economicamente viável é de fundamental importância na produção de larvas. Desta forma, foi realizada uma análise de custo da ração, considerando a sobrevivência. Para a análise de custo das rações experimentais, foi incluído o preço dos ingredientes, do hormônio e do AminoGut<sup>®</sup> (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 – Preço dos ingredientes que compõem a ração para tilápia do Nilo na fase de reversão

Ingredientes	Custo (R\$/kg)	Quantidade (g/1000 kg)	Custo (R\$)/1000kg
Farinha de vísceras de aves	1,32	650,00	858,00
Farelo de soja	0,80	130,00	105,10
Milho	0,31	151,00	47,30
Óleo de soja	2,20	40,00	88,20
BHT	11,30	2,00	22,60
Sal	11,55	5,00	57,80
Fosfato bicálcico	3,19	10,00	31,90
Suplemento mineral e vitamínico	9,34	7,00	65,40
Vitamina C	40,68	5,00	203,40
<b>Total</b>		<b>1000,00</b>	<b>1479,70</b>
Hormônio (mg)	4,80	6,00	28,80
Álcool	1,49	4,00	5,96
<b>Total</b>			<b>1514,46</b>

Fonte: Planilha de custo da Piscicultura Piracema; Jan/2011

O custo total de 1000 kg de ração para larvas no período de reversão foi de R\$ 1.514,46. Levando em consideração que há gastos adicionais para a suplementação de AminoGut<sup>®</sup>, de acordo com os níveis de inclusão, o custo da ração foi calculado para produção de 1.000 larvas, com base no consumo total de ração durante o período experimental.

Tabela 5 – Custo das rações com os níveis crescentes de inclusão de AminoGut<sup>®</sup> em dietas para tilápias do Nilo no período de reversão de sexo

AminoGut <sup>®</sup> (g/kg)	Custo (R\$/kg de ração)	Consumo/1.000 larvas (kg)	Custo em ração/1.000 larvas vivas (R\$)*
0	1,5144	5,41	16,09
5	1,5562	5,46	15,58
10	1,5979	5,37	13,48
15	1,6397	5,57	13,40
20	1,6814	5,53	11,36

<sup>1</sup>Considerando o valor comercial do produto AminoGut<sup>®</sup> no mês de janeiro, \$5,00/kg; 1 dólar dos Estados Unidos = 1,67 reais; logo o custo do AminoGut<sup>®</sup> é de R\$ 8,35/kg; Jan/2011.

Além do desempenho, é importante avaliar economicamente a utilização do AminoGut<sup>®</sup>, objetivando validar a utilização do produto em condições comerciais.

No presente trabalho, destacou-se a maior taxa de sobrevivência dos peixes alimentados com AminoGut<sup>®</sup>, fato que viabilizou economicamente sua suplementação, sendo que a melhor resposta econômica foi obtida com a dieta com o maior nível de suplementação do produto comercial, ainda que o custo (R\$/kg de ração) tenha sido superior em função da inclusão de AminoGut<sup>®</sup>, a maior taxa de sobrevivência observada pelos peixes que consumiram dieta com Gln e Glu viabilizou sua suplementação. É possível que em função da utilização de Gln e Glu para síntese de aminoácidos essenciais e não essenciais, a adição de AminoGut<sup>®</sup> contribua no desempenho de peixes jovens.

### Conclusão

A inclusão de 20 g de AminoGut<sup>®</sup>/kg melhora os parâmetros de desempenho produtivo de larvas de tilápia do Nilo no período de reversão sexual, sendo viável sua suplementação pelo aumento na taxa de sobrevivência.

### Literatura Citada

- ALCESTE, C.; JORRY, D. E. Análisis de las tendencias actuales em La comercialización de tilapia em los Estados Unidos de Norteamérica y La Unión Europea. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE AQUICULTURA, 1, 1998, Recife. **Anais...** Recife: SIMBRAq, 1998. p. 349- 364.
- CYNOBER, L.A. **Glutamine metabolism in stressed patients**. In: Proceedings of International Congress on Amino Acids. (Abstract) Germany: 1999.
- HAUSSINGER, D.; LANG, F.; GEROK, W. Regulation of cell function by cellular hydration state. **American Journal Physiology**, v.267, p.E343-E355, 1994.
- JAUNCEY, K.; ROSS, B. **A guide to tilapia feed and feeding**. Scotland: University of Stirling, 1982. 111p.
- KITT, S.J.; MILLER, P.S.; LEWIS, A.J. et al. Effects is diet and crystalline glutamina supplementation of growth performance and small intestine morphology of weanling pigs. **Journal Animal Science**, v.79, p.10, p. 230-238, 2001.
- LACKEYRAM, D.; YUE, X.; FAN, M.Z. 2001. Effects of dietary supplementation of crystalline L-Glutamine on the gastrointestinal tract and whole body growth in early-weaned piglets fed corn and soybean meal –based diets. **Journal Animal Science**, v.79, Suppl.1 (Abstr.).
- MPA - Ministério da Pesca e Aquicultura. **Produção pesqueira e aquícola: estatística 2008 e 2009**. Brasília, DF. 30 p, 2010. Disponível em: [www.mpa.gov.br](http://www.mpa.gov.br). Acesso em: 18 dez. 2011.
- LOBLEY, G.E., HOSKIN, S.O.; MCNEIL, C.J. Glutamine in animal science and production. **Journal of Nutrition**, v.131, p. 255-2531, 2001.
- MAIORKA, A.; SILVA, A.V.F.; SANTIN, E. et al. Influência da suplementação de Glutamina sobre o desempenho e o desenvolvimento de vilos e criptas do intestino delgado de frangos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52, n.5, p.487-490, 2000.
- MURAKAMI, A.E.; SAKAMOTO, M.I.; NATALI, M.R.M. 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.
- NEWSHOLME, P. Why is L-Glutamine metabolism important to cells of immune system in health, postinjury, surgery or infection? **The Journal of Nutrition**, v.131, p.2515-2522, 2001.
- NEWSHOLME, P.; LIMA, M.M.R.; PROCOPIO, J.T.C. et al. Glutamine and Glutamate as vital metabolites. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.36, p.153-163, 2003.

- PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FRACALOSSO, D. M. et al. Nutrição de Peixes. In: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSO, D. M. et al. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004. p.75-169.
- POPMA, T.J. ; LOVSHIN, L.L. **Worldwide prospects for commercial production of tilapia**. Auburn: Auburn University, Center for Aquaculture and Aquatic Enviroments, Department of Fisheries and Allied Aquacultures, 1994. 40p.
- SAKAMOTO, M.I. **Desempenho, desenvolvimento e atividade enzimática da mucosa intestinal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com Glutamina e nucleotídeos**. 2009. 95f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.
- SOUBA, W.; KLIMBERG, V. The role of Glutamine in maintaining a healthily gut and supporting the metabolic response to injury and infection. **Journal Parenteral and Enteral Nutrition**, v.48, p.383-391, 1990.
- SELF, J.T.; SPENCER, T.E.; JOHNSON, G.A.; HU, J.B.; BAZER, F.W.; WU, G. Glutamine synthesis in the developing porcine placenta. **Biology of Reproduction**, v. 70, p. 1444-1451, 2004.
- SHELTON, W.L.; RODRIGUEZ-GUERRERO; LOPES-MACIAS. Factors affecting androgen sex reversal of *Tilapia áurea*. **Aquaculture**, v.25. p. 59-65, 1981.
- SILVA, S.S.; QUEIROZ, S. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2.ed., Imprensa Universitária: Viçosa, 2002. 235p.
- SILVA, L.C.A.R.; FURUYA, W.M.; NATALI, M.R.M.; SCHAMBER, C.R.; SANTOS, L.D.; VIDAL, L.V.O. Desempenho e morfometria intestinal de juvenis de tilápia-do-nilo alimentados com dietas suplementadas com L-glutamina e L-glutamato. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.6, p.1175-1179, 2010.
- SMITH, R.J.; WILMORE, D.W. Glutamine nutrition and requirements. **Journal Parenteral and Enteral Nutrition**, v.14, p. 94-99, 1990.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H.S. **Limnologia aplicada à aqüicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 72p. 1995.
- TAUDOU, G.; WIART, J.; PIAIJEL, J. Influence of amino acid deficiency and tRNAaminoacylation on DNA synthesis and DNA polymerase activity during secondary immune response in vitro. **Molecular Immunology**, v.20, p.255, 1983.
- VAN DER HULST, R. Glutamine and the preservation of gut integrity. **Lancet**, v.341, p.1363-1365, 1993.
- WU, G. Intestinal mucosal amino acidcatabolism. **The Journal of Nutrition**, v.128, p.1249–1252, 1998.

- WU, G. **Papéis importantes da Glutamina na nutrição e produção animal. Especial Ajinomoto.** 2007. Disponível em: <[http://www.lisina.com.br/upload/ajinomoto\\_br.pdf](http://www.lisina.com.br/upload/ajinomoto_br.pdf)> Acesso em 24 jan. 2011.
- 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.; ALLEE, H.J.; LIU, J.W. et al. Apparent ileal digestibility of amino acids in soybean meal, menhaden fish meal, catfish meal and spray-dried plasma in Young broilers. **Poultry Science**, v.80, p.283-293, 2001.
- YI, G.F.; ALLEE, G.L. **Revisão de literatura: Glutamina e Glumato.** 2006 Disponível em: <<http://www.lisina.com.br>>. Acesso em: 24 jan.2011.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, a criação de tilápias vem sendo realizada de forma cada vez mais intensiva, demandando a utilização de novas tecnologias para produção de rações com alto valor nutricional, ambientalmente corretas e economicamente viáveis, permitindo o adequado desempenho e a saúde dos animais. Nesse sentido, a utilização de novos aminoácidos é preconizada, principalmente durante a fase inicial de criação.

A Gln e o Glu são aminoácidos que podem ser utilizados em dietas para peixes, por melhorarem o desenvolvimento da mucosa intestinal e aumentar o desempenho dos animais, principalmente em dietas com baixos valores de inclusão de farinha de peixes e outros alimentos de origem animal.

A suplementação de AminoGut<sup>®</sup> em dietas de alevinos de tilápia do Nilo promove melhoria dos parâmetros de desempenho produtivo, com ação trófica sobre o epitélio intestinal, comprovada pelo aumento da altura dos vilos.

Para larvas de tilápia do Nilo, a suplementação de AminoGut<sup>®</sup> na dieta tem importante papel no aumento da taxa de sobrevivência e melhoria do desempenho produtivo.