

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**MANANOLIGOSSACARÍDEO E B-GLUCANO NA
SUPLEMENTAÇÃO DIETÁRIA PARA JUVENIS DE
TILÁPIA-DO-NILO MANTIDOS EM TANQUES-REDE**

Andressa Daniela Lirano de Sousa

Bióloga

JABOTICABAL
Estado de São Paulo
2010

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**MANANOLIGOSSACARÍDEO E B-GLUCANO NA SUPLEMENTAÇÃO DIETÁRIA
PARA JUVENIS DE TILÁPIA-DO-NILO MANTIDOS EM TANQUES-REDE**

Autora: **Andressa Daniela Lirano de Sousa**
Orientadora: **Prof^a Dra. Elizabeth Romagosa**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Aquicultura da UNESP, como parte das exigências
para a obtenção do título de DOUTORA EM
AQUICULTURA.

JABOTICABAL
Estado de São Paulo
2010

F72m Sousa, Andressa Daniela Liranço
Mananoligossacarídeo e β -glucano na suplementação dietária para juvenis de tilápia-do-nilo mantidos em tanques-rede/ Andressa Daniela Liranço de Sousa. – – Jaboticabal, 2010
xiii, 52 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista – Centro de Aquicultura, 2010
Orientador: Elizabeth Romagosa
Banca examinadora: Paulo Cesar Ciarlini, Fabiana Pilarski, Leonardo Tachibana, Irene Bastos Franceschini Vicentini.
Bibliografia

1. Desempenho zootécnico. 2. Hematologia. 3. *Oreochromis niloticus*. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.043

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: MANANOLIGOSSACARÍDEO E β -GLUCANO NA SUPLEMENTAÇÃO DIETÁRIA PARA JUVENIS DE TILÁPIA-DO-NILO MANTIDOS EM TANQUES-REDE

AUTORA: ANDRESSA DANIELA LIRANÇO DE SOUZA

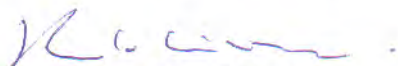
ORIENTADORA: Profa. Dra. ELIZABETH ROMAGOSA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em AQUICULTURA ,
pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. ELIZABETH ROMAGOSA

Centro de Pesquisa Em Peixes Ornamentais / Instituto de Pesca de São Paulo



Prof. Dr. PAULO CESAR CIARLINI

Departamento de Clínica, Cirurgia e Reprodução Animal / Faculdade de Odontologia de Araçatuba



Profa. Dra. FABIANA PILARSKI

Laboratório de Organismos Aquáticos, CAUNESP, Jaboticabal, SP



Prof. Dr. LEONARDO TACHIBANA

Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Peixes Ornamentais / Instituto de Pesca de São Paulo



Profa. Dra. IRENE BASTOS FRANCESCHINI VICENTINI

Departamento de Ciências Biológicas / Faculdade de Ciências de Bauru

Data da realização: 04 de fevereiro de 2010.

**“Agrada-te do Senhor
e Ele satisfará aos teus desejos do teu coração.
Entrega o teu caminho ao Senhor,
confia nele, e o mais Ele fará.
Descansa no Senhor e espera nele...”**

Salmo 37. 4, 5, 7

Minha gratidão sincera a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta tese, participando de todos os momentos bons e difíceis.
Agradeço,

pela orientação, confiança, estímulo, críticas, auxílio, paciência e grande amizade demonstrada durante a realização deste trabalho,
à Dra. Elizabeth Romagosa

pela oportunidade de melhorar meus conhecimentos que me foi dada,
ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura/CAUNESP

pela bolsa a mim concedida,
à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior-CAPES

pela solicitude e atenção sempre presentes,
**à Sra Veralice Cappatto
e funcionários do CAUNESP**

pelo auxílio prestado às análises estatísticas,
à Prof. Dra. Silvia Helena Venturolli Perri – UNESP – Araçatuba

pelo solicitude e cooperação que possibilitaram a execução do nosso projeto,
**ao Prof. Dr. Paulo Cesar Cialrini – UNESP – Araçatuba
à Laine Margareth Gabas**

pela tão importante ajuda na análise laboratorial e atenção recebidas,
**ao Prof. Dr. Gilberto Moraes
ao Prof. Mc. Rodrigo Yamacami Camilo
à Profa. Dra. Cláucia Aparecida Honorato**

pela cessão das dependências, peixes concedidos, colaboração e amizade,
à Empresa Escama Forte Ltda. ME

pela ração gentilmente concedida e preparada,
a Rações FRI-RIBE S.A

pela solicitude no fornecimento do suplemento prebiótico usado no nosso experimento,
à BIORIGIN®

pela sugestões e críticas no Exame Geral de Qualificação
**à Prof. Dr. Leonardo Tachibana – Pesca APTA – São Paulo
à Prof. Dr. Giovani Sampaio Gonçalves – Pesca – S. J. Rio Preto**

pela felicidade de tua presença, companhia e amor,
ao meu irmão Lucas

pelo amor, confiança, apoio e estímulo sempre presentes nos momentos difíceis, elevando minha autoconfiança e certeza da capacidade de realização,
aos meus pais Hercília e Daniel

SUMÁRIO

	Páginas
INTRODUÇÃO	01
REVISÃO DA LITERATURA	02
1. TILÁPIA-DO-NILO	02
2. TANQUE-REDE	03
3. PREBIÓTICO	03
4. MANANOLIGOSSACARÉDEIO	04
5. β - GLUCANO	05
6. FISIOLOGIA E ESTRUTURA GERAL DO SIST. DIGESTÓRIO	06
7. HEMATOLOGIA	07
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICA	08
OBJETIVO GERAL	14
RESUMO	15
ABSTRACT	16
INTRODUÇÃO	17
MATERIAL E METODOS	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
CONCLUSÃO	26
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	27
ANEXO	39

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
TABELA 01 - Composição percentual e química das rações experimentais durante a realização do experimento.	31
TABELA 02 - Médias ($\bar{x}$) respectivos desvios padrão (s) dos parâmetros: peso e comprimento final, fator de condição (K), consumo de ração, ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar aparente (CAA) e sobrevivência, segundo as rações e período coletado.	32
TABELA 03 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (s) dos parâmetros hematológicos: Ht (hematócrito), Hb (hemoglobina total), PPT (proteína total), eritrócito, CHCM (concentração de hemoglobina corpuscular média), VCM (volume corpuscular médio) segundo as rações e períodos de coleta.	33
TABELA 4 - Média ($\bar{x}$), desvio padrão (s) e mediana (Md) dos parâmetros da contagem diferencial: neutrófilo, monócito e linfócito em %,segundo as rações e períodos de coleta.	34
TABELA 05 - Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (s) da altura vilosidades, altura da paredes, espessura do epitélio, segundo as rações e períodos de coleta.	35
FIGURA 01 - Parâmetros físicos químicos da água durante os 90 dias de experimento.	36
FIGURA 02 - Vilosidades do intestino de tilápia-do-nilo alimentadas com dietas suplementadas com prebióticos.	37
FIGURA 03 - Atividade inespecífica das enzimas digestivas no trato gastrointestinal (A = proteolítica; B= amilase; C = lipase) de tilápia-do-nilo alimentadas com dietas contendo prebióticos durante os 90 dias.	38

RESUMO

Este experimento foi conduzido em um empreendimento aquícola, tendo como objetivo a utilização de mananoligossacarídeo (MOS) e β -glucano, na suplementação dietária do lote experimental, com o intuito de acompanhar o desempenho zootécnico e relacioná-lo aos parâmetros hematológicos, alterações morfológicas do intestino e atividade enzimática (protease, lipase e amilase) de 3000 juvenis de tilápias-do-nilo, mantidos em tanques-rede, com peso médio inicial de $24g \pm 0,26$. Utilizaram-se nove tanques-rede ($6,0 m^3$) constituindo-se de três tratamentos e três repetições: Tratamento 1: ração comercial sem suplementação (controle); Tratamento 2: 0,1% por tonelada de MOS; Tratamento 3: 0,03% por tonelada de beta glucano purificados. A ração continha 36 % de proteína bruta (PB), incorporados no premix MOS e β -glucano purificado (BIORIGIN[®]). Os exemplares foram alimentados três vezes ao dia de acordo com a sua biomassa, e, mensalmente, os ajustes foram determinados de acordo com as biometrias. Os parâmetros analisados, físicos e químicos da água (temperatura, °C, oxigênio dissolvido, $mg L^{-1}$, pH e condutividade elétrica, $us cm^{-1}$); zootécnicos (peso inicial e final - Pti e Ptf, comprimento total inicial e final - Cti e Ctf, relação $Pi \times Ct$, fator de condição - K, conversão alimentar aparente -CAA, ganho de peso diário - GPD, taxa de crescimento específico - TCE, taxa de eficiência protéica - TEP e sobrevivência - S); hematológicos (hematócrito, hemoglobina, proteína total, contagem diferencial de leucócitos - CDL, contagem de eritrócitos - Er, contagem total de leucócitos - CTL, contagem total de trombócitos - CTT, volume corpuscular médio e concentração -VCM e hemoglobina corpuscular média - CHCM); morfologia da parte anterior do intestino (altura, altura da parede e espessura do epitélio das vilosidades) e atividade enzimática (protease, lipase e amilase). Observou-se que os peixes que receberam a dieta suplementada com β -glucano, usado na proporção de 0,03% por tonelada de ração e no período de 90 dias, apresentaram condição favorável do sistema imune, ampliação na superfície de absorção da região anterior intestinal e, conseqüentemente, um aumento na atividade das enzimas digestivas indicando maior eficiência na utilização dos nutrientes dos juvenis de tilápia-do-nilo, proporcionando desempenho zootécnico satisfatório em relação às outras dietas (MOS e controle). Este produto pode ser usado como suplemento alimentar para a espécie quando mantidas em tanques-rede.

INTRODUÇÃO

No Brasil, durante as últimas décadas, a piscicultura tem sofrido constantes transformações, consolidando-se na principal atividade do agronegócio brasileiro, vindo até a substituir em parte, o peixe proveniente da pesca extrativa (FIRETT et al., 2007). No contexto internacional, nosso país se insere com grande potencial para a piscicultura, pois além do seu território fluvial, conta com o favorecimento de suas condições climáticas para a criação de peixes de água doce (PAVANELLI et al., 2002).

Em 2005, o Brasil ocupava o 18º lugar no ranking mundial de produção aquícola (51.653.329,00 t), com 0,5% da produção mundial (269.697,50 t); era o 12º em termos de receitas geradas, com 1,4% do total, destacando-se como o segundo lugar em importância na produção aquícola da América do Sul, logo após o Chile. A produção da aquicultura continental foi de 179.746,0 toneladas, o que representa 17,8 % do total da produção de pescado nacional (1.009.073,0 t) (IBAMA, 2007).

As regiões sul e sudeste representam as de maior produtividade piscícolas e, dentre as espécies cultivadas, destaca-se a tilápia, *Oreochromis spp.*, pertencente à família Cichlidae, segundo grupo de peixes mais produzido mundialmente que, apesar das imprecisões estatísticas, estima-se que seja o gênero mais produzido no Brasil (ZIMMERMANN e FITZSIMMONS, 2004).

Nativa da África, Israel e Jordânia, a tilápia foi introduzida no Brasil, em 1971, mais precisamente na região Nordeste, através do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS (FREITAS e GURGEL, 1984). É uma das espécies mais indicadas para a criação intensiva devido a sua alta e rápida taxa de crescimento, flexibilidade às mudanças ambientais, fácil reprodução e rusticidade, entre outras (EL-SAYED, 2006). É conhecida também e considerada como um peixe magro pois apresenta 1,0 a 2,0g de gordura, o que favorece seu processamento, tal como, salga, secagem e congelamento, além de possuir carne branca de textura firme e ausência de espinhos em “Y” (HUET, 1973).

A intensificação da produção é a melhor maneira para aumentar a eficiência produtiva, entretanto isso acarreta maior susceptibilidade às doenças em consequência da deterioração da qualidade da água e do aumento das condições de estresse (GATLIN III et al., 2006). Além disso, o alto custo da ração de peixes vem sofrendo um questionamento considerável, optando-se pela diminuição dos excessos de nutrientes nas formulações das dietas. Assim, buscam-se alternativas para uma dieta equilibrada, com alto valor nutricional, que supram as necessidades desses animais, sem que sejam muito onerosas. Dentre essas, os suplementos alimentares (probiótico, prebiótico e imunoestimulante) poderão, futuramente, incluírem-se na alimentação para, conseqüentemente, auxiliarem na estimulação dos mecanismos de defesa na redução de enfermidades. Espera-se dessa

forma, alcançar um desempenho zootécnico satisfatório com melhores condições de saúde, higidez e redução da carga de bactérias indesejáveis do trato intestinal dos peixes, aumentando-se a taxa de sobrevivência.

O mananoligossacarídeo (MOS) é um prebiótico extraído de células de levedura, facilmente adicionado à dieta dos peixes (SILVA e NÖRNBERG, 2003). Deve-se enfatizar outro aditivo, o beta glucano, que são macromoléculas formadas por blocos de glicose, encontrado em células de levedura e fungos. Tem ação capaz de melhorar a resposta imune inata ou não específica, por interagir diretamente com os macrófagos. Segundo OLIVEIRA et al., (2007), os prebióticos são promissores suplementos alimentares de fácil comercialização. Ambos aditivos têm como função aumentar a resistência do hospedeiro, além de modular os mecanismos de defesa específicos e não específicos contra-patógenos oportunistas (GALINDO-VILLEGA e HOSOKAWA, 2004), visando a maximizar a eficiência produtiva, com a melhora dos custos e da rentabilidade (GATLIN III et al., 2006).

REVISÃO DE LITERATURA

1. Tilápia-do-nilo

As características da espécie tilápia nilótica incluem-na como um dos peixes de maior potencial para a piscicultura mundial (FITZSIMMONS, 2000; SHELTON, 2002).

Por ser uma espécie rústica e onívora, alimenta-se de espécimes de baixo nível trófico, cresce com rações de baixo custo, quando criada em sistemas extensivos. Graças aos avanços significativos do manejo em sistema intensivo (tanques-rede), conjugado à obtenção de uma variedade de híbridos e linhagens comerciais de grande aceitação, as tilápias podem ser alimentadas com dietas práticas a custos reduzidos e com elevado valor nutritivo (WATANABE et al., 2002; NOGUEIRA, 2003; PEZZATO et al., 2004)

Atualmente, a criação de tilápias em tanques-rede corresponde a menos de 10% da produção aquícola total na América Latina e Caribe, porém tem estimado seu crescimento em 30%, até 2010 (FITZSIMMONS, 2000; WATANABE et al., 2002).

Em meados da década de 90, a quantidade anual de pescado mundial foi de 13 e 16 kg/per capita (FAO, 2007), e, em 2004, atingiu 45,5 milhões de toneladas, excluindo-se as plantas aquáticas (FAO, 2008).

O Brasil ocupa o sexto lugar entre os maiores produtores de tilápia, e é responsável por 3,3% do total da produção (FAO, 2008). As regiões Sul e Sudeste produzem de 20 a 25 mil toneladas por ano (LOVSHIN, 2000), com potencial de 46,2% e 15,1%, respectivamente (BORGHETTI e

OSTRENSKY, 1998). Entretanto, o Nordeste mostra incremento na produção e atinge 115%, ultrapassando as demais regiões. Parte significativa dessa produção de tilápia é destinada aos pesque-pague (NOGUEIRA e RODRIGUES, 2007) ou frigoríficos, com a finalidade de produzir filés ou peixes inteiros eviscerados (SEBRAE, 2008).

2. Tanque-rede

O sistema intensivo (tanque-rede) é uma excelente alternativa para o aproveitamento de corpos d'água inexplorados pela piscicultura convencional (COLT e MONTGOMERY, 1991) e de ambientes aquáticos existentes, dispensando o desmatamento de grandes áreas, o que se evita problemas de erosão e assoreamento (CARDOSO et al., 2005). O sistema de criação em tanques-rede tem crescido rapidamente nos últimos 20 anos. Atualmente, está em rápida evolução, como resposta às pressões da globalização e da crescente demanda por produtos aquáticos (TACON e HALWART, 2007). Também contribui para tal crescimento o fácil manejo e rápido retorno do investimento (CHRISTENSEN, 1989). A produção em sistemas intensivos envolve um aporte tecnológico, maior número de peixes adensados, elevada taxa de renovação de água, promovendo a remoção dos metabólitos e dejetos produzidos pelos peixes (HALWART et al., 2007).

Dentre as vantagens da criação de tilápias em tanques-rede destacam-se, o baixo custo de implantação desse sistema (60 a 70%) e o retorno do capital investido (BOZANO et al, 1999; AYROZA, 2009), a facilidade na obtenção dos índices zootécnicos e, no caso das tilápias, pode eliminar também problemas associados à recrutagem de desovas não desejáveis (CAMARGO, 2007). Como desvantagens destacam-se: a dependência de dietas nutricionalmente completas; altas densidades de estocagem causando o estresse dos peixes; fuga dos peixes sem possibilidade de recuperação e o uso de águas públicas – conflitos e legislação (CAMARGO, 2007; AYROZA, 2009). Segundo ONO e KUBITZA (2003), os peixes confinados apresentam acesso restrito ao alimento natural disponível no ambiente, sendo necessário o fornecimento de ração balanceada, suprimindo exigências nutricionais.

3. Prebióticos

Na indústria de rações, nos últimos 50 anos, os antibióticos têm sido usados na produção animal, em diferentes espécies de interesse zootécnico, tanto para tratamento de infecções bacterianas do trato gastrointestinal, como no papel de agentes promotores do crescimento. A utilização de antibióticos com o objetivo de melhorar o ganho de peso e a conversão alimentar

ocorreu inicialmente de forma discreta, evoluindo posteriormente para o uso amplo e generalizado na indústria de alimentação animal (FLEMMING, 2005).

É fato notório e crescente a restrição, em todo o mundo, ao uso de antibióticos em doses sub-terapêuticas como aditivos da nutrição animal devido à possibilidade do desenvolvimento de resistência bacteriana (FURLAN et al., 2004).

Neste contexto, ingredientes de origem microbiana como prebióticos merecem especial atenção. Como uma das alternativas, utilizou-se da levedura do gênero *Saccharomyces cerevisiae*, organismos unicelulares, abundantemente encontrados na natureza em frutas cítricas, cereais e vegetais. Representa uma espécie de valor econômico, pois algumas cepas são utilizadas em muitos processos industriais na elaboração de produtos fermentados. As leveduras sofrem modificações genéticas e seleções, ao longo do tempo, a fim de se adaptarem a processos específicos com maior grau e viabilidade técnica e econômica (BROCK, 1994). Segundo GIBSON e ROBERFROID (1995) e BLONDEAU (2001), as leveduras são capazes de atuar positivamente no sistema imunológico e na absorção de nutrientes no intestino anterior, seja como um substrato seletivo para um determinado grupo de bactérias comensais benéficas. A parede celular da levedura, *Saccharomyces cerevisiae*, possui 80 a 85% de polissacarídeos, principalmente mannanos e glucanos (STRATFORD, 1994). Espera-se que o uso desse aditivo reflita de forma desejável no desempenho zootécnico, quadro sanguíneo, bem-estar do peixe e da qualidade da água.

Mananoligossacarídeo (Mos)

Um dos oligossacarídeos mais pesquisado com ação prebiótica é o mananoligossacarídeo (MOS), derivado da parede celular de leveduras *Saccharomyces cerevisiae*. Segundo SPRING et al., (2000), para se obtê-lo a parede celular é separada do conteúdo intracelular e o líquido contendo MOS é evaporado à baixa temperatura (*spray dry*) para evitar a destruição da parte funcional da molécula. O mananoligossacarídeo age como protetor do mecanismo de defesa dos vertebrados em geral. Estudos demonstram que a mannose, quando adicionada à dieta, reduz a colonização de bactérias patogênicas no organismo do animal (LIMA, 2008).

Estudos de metilação indicam que a manose é ligada por ligação alfa 1-6,1-2 e 1-3, e representada principalmente por mananoligossacarídeos (BALLOU, 1977). Estes apresentam uma alta afinidade ligante, oferecendo um sítio de ligação competitiva para bactérias patogênicas Gram negativas, que apresentam a fímbria tipo I específica, elementos de aderência bacteriana. Essas bactérias ao se ligarem aos MOS não atuam sobre os sítios de ligação dos enterócitos, movendo-se

com o bolo fecal e não colonizando o trato intestinal com microorganismos patógenos (OYOFO et al., 1989; NEWMANN, 1994).

Em ensaios com juvenis de *Cyprinus carpio*, CULJAK et al., (2004) descreveram que a adição de 0,6% de mananoligossacarídeo na dieta durante 46 dias resultou em acréscimo no crescimento, maior absorção de proteínas e aumento na taxa de sobrevivência, quando comparadas ao grupo controle.

SALZE et al., (2008) observaram que larvas de bijupirá, *Rachycentron canadum*, alimentadas com dietas suplementadas com 0,2% de MOS apresentaram vilos intestinais mais desenvolvidos (2,04 μm) quando comparados às que não receberam ração suplementada (1,18 μm).

Os estudos sobre mananoligossacarídeos em dietas para peixes ainda são recentes e seus efeitos sobre o sistema imune devem ser levados em consideração, principalmente com relação a forma de administração, dosagem e regime alimentar para cada espécie (SAKAI, 1999).

Beta Glucano (β – glucano)

Há anos vem se constatando que substâncias biológicas podem influenciar os mecanismos de defesa não específicos em diferentes espécies animais, sendo agrupadas sob a denominação de imunoestimulantes e produzidas por fontes naturais ou sintéticas. Dessa maneira, conceitua-se imunoestimulante como uma substância capaz de aumentar a atividade do sistema imune do peixe por meio da interação direta entre as células do sistema (FALCON, 2007). As principais respostas dessa interação resultam em aumento da atividade dos macrófagos, fagocitose por neutrófilos e monócitos, maior produção de linfócitos, imonoglobulinas e lisozimas (RAA, 1996; SAKAI, 1999).

O interesse das indústrias aquícolas por imunoestimulantes cresce principalmente devido ao estresse constante ao qual os peixes são submetidos em sistema intensivo. Assim, seu uso é uma alternativa que pode reduzir danos e também atuar como medida profilática (VOLPATTI et al., 1998).

Na promoção de respostas imunes efetivas contra agentes infecciosos oportunistas, tem sido demonstrado o efeito dos glucanos, substâncias retiradas de células de leveduras ou fungos ou a partir da parede celular de microorganismos, contendo moléculas de 1,3 e 1,6 B-glucano (ROBERTSEN et al., 1994; SAKAI, 1999; GANNAM e SCHROCK, 2001). O imunoestimulante reduz o nível da glicose, na corrente sanguínea, quando ingerido parcialmente hidrolisado ou microparticulado, promovendo maior facilidade de absorção pelo organismo, com efeitos mais apreciados (PARKS et al., 2003).

O beta glucano é encontrado nos cereais, com concentrações maiores em aveia e cevada, com valores na faixa de 2,0 a 6,0% (GENC et al., 2001) . A parede celular da levedura é constituída por

cerca de 40% de B-glucano, 40% de α -manano, 8,0% de proteína, 7,0% de lipídeos, 3,0% de substâncias inorgânicas, 2,0% de quitina e hexosaminas (HOUGH, 1990).

Em tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus*, CAIN et al., (2003) relataram que a administração de glucano, na dieta por seis semanas, elevou a percentagem de monócitos circulantes (3,9 para 5,5%), entretanto, na terceira semana de administração do suplemento, verificou-se a redução na concentração de cortisol, o que indica que a suplementação com este prebiótico na dieta pode servir como um redutor de estresse.

5. Fisiologia e Estrutura Geral do Sistema Digestório

O conhecimento adequado da biologia de uma espécie de peixe é de suma importância para sua criação. Para tal, há necessidade de se estudar a fisiologia do trato digestório da espécie e suas interações, estabelecendo-se condições propícias para o seu cultivo o que é possível pela elaboração de dietas que atendam as exigências das mesmas (BALDISSEROTTO, 2002). Entretanto, os peixes apresentam hábitos alimentares diferenciados que conduzem à exploração de uma grande diversidade de itens alimentares disponíveis, naturais ou industrializados (ROTTA, 2003).

Em geral, a tilápia tem um esôfago muito curto, apenas um canal de ligação com o estômago, separado do intestino longo e espiralado por um esfíncter (GARGIULO et al., 1996). De acordo com CACECI et al., (1998), o estômago da tilápia é composto pelas regiões proximal, média e terminal, com quatro camadas: a serosa, a muscular, a mucosa e a submucosa. Segundo BALDISSEROTTO, (2002), o estômago da maioria dos peixes secreta enzimas proteolíticas, auxiliando na digestão que ocorre na região anterior do intestino ou nos cecos pilóricos.

O intestino da tilápia é longo e espiralado, tipicamente de herbívoro, cuja dimensão em indivíduos adultos, corresponde de 7 a 13 vezes o tamanho total do corpo, tendo a função completar a digestão iniciada no estômago. Na porção anterior do intestino ocorre a absorção de nutrientes em suas formas menores, enquanto a segunda é responsável pela entrada de macromoléculas por pinocitose (ROTTA, 2003). Ao longo do intestino, pode-se observar os vilos, evaginações da mucosa (epitélio e lâmina própria) que se projetam na luz do intestino, aumentando a área de superfície na digestão e absorção intestinal (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2004), constituídos pelas células caliciformes, enterócitos e enteroendócrinas (BOLELI et al., 2002).

Em aves, a digestão e absorção intestinal estão relacionadas com a proliferação celular que ocorre nas criptas. À medida que suas células sofrem mitose são transferidas para a região basal do vilos a fim de que ocorra a diferenciação celular e, só então, deslocam-se para a região apical dos vilos para exercerem sua função (BOLELI et al., 2002). O desenvolvimento da mucosa intestinal é

medido pela altura e densidade dos vilos, relacionados com a renovação celular pelo epitélio da mucosa intestinal e corresponde ao aumento no número de suas células epiteliais.

6. Hematologia

A análise dos padrões sanguíneos fornece subsídios importantes para o auxílio do diagnóstico e prognóstico de condições mórbidas em populações de peixes (MODRÁ et al., 1998). Os parâmetros relativos à série vermelha permitem identificar os processos anemiantes, enquanto o leucograma pode ser empregado no diagnóstico dos processos infecciosos e outros estados de desequilíbrio homeostático (MAHONEY e MCNULTY, 1992).

O sangue, um tecido líquido, móvel, do tipo conjuntivo, que está praticamente em equilíbrio com os outros tecidos, constitui-se em uma das grandes forças homeostáticas do organismo (KALASHNIKOVA, 1979). Segundo RANZANI-PAIVA (2005), as características hematológicas dos peixes sadios apresentam ampla variação, principalmente, em função dos fatores internos, bem como, ambientais. Para utilizar o sangue como instrumento de diagnóstico de doenças de peixes é preciso, inicialmente, conhecer os valores hematológicos normais, levando-se em conta as características de cada espécie e do local onde vivem. Relatos de LI e GAITLIN (2004) descrevem a ação dos prebióticos no quadro sanguíneo de peixes.

Eritrócitos são as células mais numerosas do sangue, cuja função é transportar oxigênio e gás carbônico pelo seu componente principal, a hemoglobina (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004).

Leucócitos são geralmente observados nas extensões sanguíneas e, segundo JAKOWSKA (1959), resultam de estímulos ambientais que afetam a sanidade dos peixes. São formados pelos linfócitos, neutrófilos, monócitos, eosinófilos e basófilos.

Trombócitos são células nucleadas, predominantemente elípticas, com núcleo fusiforme e hipercorados (TAVARES-DIAS e MORES, 2004). São responsáveis pela defesa orgânica (leucócitos e trombócitos) predominantes nas extensões de espécies dulciaquícolas, como as tilápias (TAVARES-DIAS et al., 2000).

Características hematológicas foram avaliadas em *Oreochromis niloticus* em condições laboratoriais, sistema extensivo e intensivo (tanque-rede), respectivamente por MARTINS et al., (2004), TAVARES-DIAS e FAUSTINO (1998) e TAVARES-DIAS et al., (2000).

Com o crescimento da piscicultura são evidentes os problemas relacionados à criação intensiva, uma vez que o manejo inadequado promove estresse nos peixes, causando diminuição da resistência às enfermidades (SHRIMPTON et al., 2001). Os prebióticos podem atuar indiretamente sobre o sistema imune e enzimático, capacitando a produção de substâncias com propriedades

imunoestimulatórias e interação com o sistema imune, em vários níveis, incluindo a produção de citocinas, proliferação de células mononucleares, fagocitose macrofágica, eliminação e indução de síntese de grandes quantidades de imunoglobulinas. (SILVA e NÖRNBERG, 2003).

PALIC et al., (2006) estudaram *Pimephales promelas*, alimentados com 1% de glucano na dieta em três grupos: estresse agudo, estresse crônico e não estressados e, puderam verificar que a administração desse suplemento aumentou o número dos neutrófilos do grupo de estresse crônico.

SIWICKI et al., (1994) estudaram o efeito do glucano e dois tipos de leveduras sobre a resposta imune não específica da truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), e concluíram que o hematócrito não diferiu significativamente entre os tratamentos e a porcentagem de linfócitos foi significativamente superior nas dietas contendo levedura (*Saccharomyces cerevisiae*). DUNCAN e KELSUS (1996) verificaram que a suplementação com glucano para bagre-do-canal promoveu o acréscimo na migração e fagocitose dos macrófagos e neutrófilos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AYROZA, L. M.S. *Criação de Tilápia-do-nilo, Oreochromis niloticus, em Tanques-rede, na Usina Hidrelétrica de Chavantes, Rio Paranapanema*. 2009. 104 f. Tese (Doutorado em Aqüicultura) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP. UNESP, 2009.

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

BALLOU, C. E. A study of the immunochemistry of three yeast mannans. *Journal of Biological Chemistry*, Illinois, n. 245, p. 1197-1203, 1977.

BLONDEAU, K. *La paroe des levures: Structure et fonction, potentiels therapeutiques et technologiques*. Université Paris Sud. Paris. 2001. 18 p.

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.

BORGHETTI, J. R.; OSTRENSKY, A. Estratégia e ações governamentais para incentivar o crescimento da atividade aquícola no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA. Associação dos Engenheiros de Pesca de Pernambuco. Recife, v. 1, p. 437-447, 1998.

BOZZANO, G. L. N.; RODRIGUES, S. R. M.; CASEIRO, J. E. P. Desempenho da tilápia nilótica *Oreochromis niloticus* (L.) em gaiolas de pequeno volume. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 819-825, 1999.

BROCK, T. D. *Biology of microorganisms*. Library of Congress Catalogue publication. 7. ed. New Jersey. p. 360-380, 1994.

- CACECI, T.; EL-HABBACK, H.A.; SMITH, S.A.; SMITH B.J. The stomach of *Oreochromis niloticus* has three regions. *Journal of Fish Biolog*, v. 50, p. 939-952, 1998.
- CAIN, C.K., BLOUIN, A.M., AND BARAD, M. Temporally massed CS presentations generate more fear extinction than spaced presentations. *J. Exp. Psychol. Anim. Behav. Process.* v. 29, p. 323-333, 2003.
- CARDOSO, E.L.; FERREIRA, R.M.A. *Cultivo de peixes em tanques-rede: desafios e oportunidades para um desenvolvimento sustentável*. Belo Horizonte: EPAMIG, 2005. 104 p.
- CAMARGO, A. L. S. *Desempenho zootécnico da tilápia tailandesa, linhagem Chitralada, em tanques-rede no Reservatório de Nova Avanhandava, Buritama, SP: modelo empírico de classificação e repicagem*. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP. UNESP, 2007.
- CHRISTENSEN, M.S. The intensive cultivation of freshwater fish in cages in tropical and subtropical regions. *Animal Research and Development*, v. 29, p. 7-10, 1989.
- COLT, J.; MONTGOMERY, J.M. Aquaculture production systems. *Journal of Animal Science*, EUA, v. 69, p. 4183- 4192, 1991.
- CULJAK, V.; BOGUT, I.; HAS-SCHÖN, E.; MILAKOVIC', Z.; CANECKI, K. Influence of mananoligosaccharides supplementation on juvenile carp (*Cyprinus carpio*) in cage farming. *Krmiva*. v. 46, n. 1, p. 25-29, 2004.
- DUNCAN, P. L.; KLEUSIUS, P. H. Dietary immunostimulants enhance nonspecific immune responses in channel catfish but not resistance to *Edwardsiella ictaluri*. *Journal of Aquatic Animal Health*, Bethesda, v. 8, p. 241-248, 1996.
- EL-SAYED, A. M. *Tilapia culture*. London: Cabi. 2006. 277p.
- FALCON, D. R. *Beta Glucano e Vitamina C no Desempenho Produtivo e Parâmetros Fisiopatológicos em Juvenis de tilápia-do-Nilo: Nível de Suplementação e Tempo de Administração*. 2007. 158 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP. UNESP, 2007
- FAO. *Yearbooks of fishery statistics: summary tables*. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/fi/STAT/summary/default.htm#aqua>. Acesso em: 14 abr. 2007.
- FAO. Fisheries and Aquaculture Departament. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/>. Acesso em: 28 dez. 2008
- FLEMMING, José Sidney. *Utilização de Leveduras, Probióticos e Mananoligossacarídeos (MOS) na Alimentação de Frangos de Corte*. 2005. 109 f. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- FIRETTI, R.; GARCIA, R.M.; SALES, D.S. Planejamento estratégico e verificação de riscos na piscicultura. Disponível em http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/Planejamento/Index.htm
- FITZSIMMONS, K. Future trends of tilapia Aquaculture in the Americas, 252-264. In: B.A.Costa-Pierce and J.E.Rakocy (Eds.). *Tilapia Aquaculture in Americas*. The World Aquaculture Society. Baton Rouge, Louisiana, United States. v. 2, 264 p, 2000.

- FREITAS, J.V.F.; GURGEL, J.J.S. Estudos experimentais sobre a conservação da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L. 1766) Trewavas, armazenada no gelo. *Bol. Tec. Dep. Nac. Obras Contra Secas*, Fortaleza, v. 42, p. 153-178, 1984.
- FURLAN, R.L., MACARI, M., LUQUETTI, B.C. Como avaliar os efeitos do uso de prebióticos, probióticos e flora de exclusão competitiva. In: 5º SIMPÓSIO TÉCNICO DE INCUBAÇÃO, MATRIZES DE CORTE E NUTRIÇÃO. Balneário Camboriú, SC. 2004.
- GARGIULO A.M., CECCARELLI P., DALL'AGLIO C., AND PEDINI V. Ultrastructural study on the stomach of *Tilapia* spp (Teleostei). *Anat. Histol. Embriol*, v. 26, p. 331-336, 1996.
- GALINDO-VILLEGA, J.; HOSOKAWA, H. 2004. Immunostimulants: Towards temporary prevention of disease in marine fish. In: Cruz Suárez, L.E.; Ricque Merie, D.; Nieto López, M.G.; Villareal, D.; Scholz, U. e Gonzáles, M. 2004. Avances en Nutrición Acuicola VII. In: MEMORIAS DEL VII SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN ACUÍCOLA. 16 a 19 de Novembro de 2004. Hermosillo, Sonora, México, 2004.
- GANNAM, A.L.; SCHROCK, R.M. Immunostimulants in fish diets. In: LIM, C.; WEBSTER, C. D. *Nutrition and fish health*. New York: Haworth Press, p. 235-260, 2001.
- GATLIN III, D.M.; LI, P.; WANG, X.; BURR, G.S.; CASTILLE, F.; LAWRENCE, A.L. Potential application of prebiotics in aquaculture. En: Avances en Nutrición Acuicola VIII. In: VIII SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN ACUÍCOLA. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México, 2006, p. 371-376.
- GENÇ, H.; OZDEMIR, M.; DEMIRBAS, A. Analysis of mixed-linked (1-3), (1-4)- β -D-glucans in cereals grains from Turkey. *Food Chem.*, v. 73, n. 3, p. 221-224, 2001.
- GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v. 125, p. 401-412, 1995.
- HALWART, M.; SOTO, D.; ARTHUR, J.R. (Eds.). Cage Aquaculture – Regional reviews and global overview – *FAO Fisheries Technical Paper* n.498, FAO, Roma, 2007. 241p.
- HOUGH, J.S. *Biotechnología de la cerveza y de malta*. Zaragoza: Acribia, 1990. 194p.
- HUET, M. *Tratado de piscicultura*. 2º ed. Madrid: Edicione, Mund-Prensa, 1973. 728p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. *ESTATÍSTICA DA PESCA 2005: GRANDES REGIÕES E UNIDADES DA FEDERAÇÃO*. Brasília (DF), 2007.
- JORGENSEN, J.B.; SHARP, G.J.E.; SECOMBES, C.J.; ROBERTSEN, B. Effect of yeast cell wall glucan on the bactericidal activity of rainbow trout macrophages. *Fish Shellfish Immunol.*, v. 3, p. 267–277, 1993.
- JAKOWSKA, S. Algunos problemas en hematología comparada. *Rev. Biol. Trop.*, n. 7, v. 2, p. 143-155, 1959.
- JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. *Histologia Básica*. 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 488 p.
- KALASHNIKOVA, Z. M. On the classification of morphological elements in the blood of fish. *Journal of Ichthyology*, n. 3, v. 16, p. 459-472, 1979.

LOVSHIN, L.L. Tilapia culture in Brazil. In: Costa-Pierce, B.A.; Rakocy, J.E. Tilapia aquaculture in the Americas. Louisiana, U.S: *The World Aquaculture Society*. Baton Rouge. p. 133-140, 2000.

LI, P.; GATLIN III, D. M. Dietary brewers yeast and the prebiotic Grobiotic™ AE influence growth performance, immune responses and resistance of hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) to *Streptococcus iniae* infection. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 231, p. 445-456, 2004.

LIMA, H. J. D. Prebiótico na Dieta de Frangos de Corte. Revista Eletrônica Nutritime, v. 5, n. 4, p. 599-606, 2008. Disponível em :<[http: www.nutritime.com.br/ arquivos_internos/061v5N4P599](http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/061v5N4P599). Acesso em julho de 2008.

MAHONEY, J.B. e MCNULTY, J.K. 1992 Disease-associated blood changes and normal seasonal hematological variation in winter flounder in the Hudson-Raritan estuary. *Transactions of the American Fisheries Society*, Grosvenor Lane, p. 121: 261-268.

MARTINS, M.L.; PILARSKY, F.; ONAKA, E.M.; NOMURA, D.T.; FENERICK Jr., J.; RIBEIRO, K.; MYIAZAKI, D.M.Y.; CASTRO, M.P.; MALHEIROS, E.B. Hematologia e resposta inflamatória aguda em *Oreochromis niloticus* (Osteichthyes: Cichlidae) submetida aos estímulos único e consecutivo de estresse de captura. *B. Inst. Pesca*, São Paulo, n. 3, v. 1, p. 71-80, 2004.

MODRA, H.; SVOBODOVA, Z. AND KOLAROVA, J. Comparison of Differential Leukocyte Counts in Fish of Economic and Indicator Importance. *Acta Veterinaria Brno*, n. 67, v. 4, p. 215-226, 1998.

NEWMAN, K. Mannanologosaccharides: Natural polymers whith significant impact on the gastrointestinal microflora and the immune sustem. In: BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY OF ANNUAL SYMPOSIUM, 10., 1994, London. **Proccedings...**London: Nottingham University. Press. p. 155-166, 1994.

NOGUEIRA, J.A. *Aspectos da biologia reprodutiva e padrões de crescimento da tilápia Oreochromis niloticus, Linnaeus, 1758, (Linhagem Chitralada) em cultivos experimentais*. 2003. 76 f. Dissertação (Curso de Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura) Departamento de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2003.

NOGUEIRA, A. C.; RODRIGUES, T. *Criação de tilápias em tanques-rede*. Salvador: Sebrae Bahia, 2007. 23 p.

OLIVEIRA, M.C.; CANCHERINI, L.C.; GRAVENA, R.A.; RIZZO, P.V.R.; MORAES, V.M.B. Utilização de nutrientes de dietas contendo mananoligossacarídeo e/ou complexo enzimático para frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, n. 4, p. 825-831, 2007.

ONO, E. A.; KUBITZA, F. *Cultivo de peixes em tanque-rede*. 3º Ed. Ver. E ampl. Jundiaí: Eduardo A. Ono, 2003. 112 p.

OYOFO, B. A.; DELOACH, J. R.; VORRIER, D. E.; NORMAN, J. O.; MOLLENHAUER, H. H. Prevention of *Salmonella thiphimuriun* colonization of broilers with D-manose. *Poultry Science*, Champaign, n. 68, p. 1357-1360, 1989.

PALIC, D.; ANDREASEN, C.B.; HEROLT, D.M.; MENZEL, B.W.; ROTH, J.A. Immunomodulatory effects of β -glucan on neutrophil function in fathead minnows (*Pimephales promelas* Rafinesque, 1820). *Developmental and Comparative Immunology*. v. 30, p. 817–830, 2006.

- PARKS, W.C.; GRIMES, J.L.; FERKET, P.R. Effects of virginiamycin and a mannanoligosaccharide-virginiamycin shuttle program on the growth and performance of large white female turkeys. *Poultry Science*, v. 84, p. 1967–1973, 2003.
- PAVANELLI, G.C.; EIRAS, J.C.; TAKEMOTO R.M. *Doenças de peixes: profilaxia, manejo e tratamento*. 2.ed. Maringá: EDUEM, 2002. 246 p.
- PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FRACALOSSI, D. M. et al. Nutrição de peixes. In: CYRINI, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSI, D. M. et al. (Eds) *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*. Campo Belo: Tecart, 2004. p. 75-170.
- RAA, J. The use of immunostimulatory substances in fish and shellfish farming. *Rev. Fish Biol. Fish.*, v. 4, n.3, p.229-288, 1996.
- RANZANI-PAIVA, M. J. T. Técnicas hematológicas e pesquisa de hematologia. *Apostila curso hematologia aplicada à piscicultura*, CAUNESP – UNESP, 2005, 12p.
- RANZANI-PAIVA, M. J. P.; SILVA-SOUZA, A. T. Co-infestation of gills by different parasite groups in the mullet *Mugil platanus* Günther, 1880 (Osteichthyes, Mugilidae): effects on relative condition factor. *Braz. J. Biol.*, v. 64, p. 677-682, 2004.
- ROBERTSEN, B.; ENGSTAD, R. E.; JORGENSEN, J. B. 6-Glucans as immunostimulants. *Modulators offish immune responses*. In: J. STOLEN, T.C. FLETCHER, F. H. SOS., n. 1: p. 83-99. 1994.
- ROTTA, M. A. *Adtectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura*. 1. Ed. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 48 p.
- SALZE, G.; CRAIG, S. R.; SCHWARZ, M.; MCLEAN, E. Novel live feed enrichments beneficially impact digestive ontogeny in larval cobia *Rachycentron canadum*. *Abstract of Aquaculture America*, n. 08, p. 337, 2008.
- SAKAI, M. Current research status of fish immunostimulants. *Aquaculture*, v. 172, p. 63-92, 1999.
- SCHORER, M. *Utilização do β – Glucano sobre o desempenho produtivo, indicadores de estresse, perfil hematológico e sobrevivência do pacu (*Piaractus mesopotamivus*)*. 2009. 106 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura). Centro de Aquicultura da UNESP. Jaboticabal, SP, 2009.
- SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICROS E PEQUENAS EMPRESAS. *Aquicultura e Pesca: tilápias: relatório completo: estudos de mercado SEBRAE/ESPM 2008*. São Paulo, 2008. 160 p.
- SHELTON, W. L. *Monosex tilapia production through androgenesis*. In: MCELWEE, K.; LEWIS, K.; NIDFFER, M.; BUITRAGO, P. (eds). *Nineteenth Annual Technical Report. Pond Dynamica/Aquaculture CRSP*, Oregon State University, Corvallis, Oregon, 2002, p. 1-9.
- SHRIMPTON, J.M. et al. The stress response of juvenile American shad to handling and confinement is great during migration in freshwater than in seawater. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, Bethesda, v. 130, p. 1203-1210, 2001.
- SILVA, L.P.; NÖRNBERG, J.L. Prebióticos na nutrição de não ruminantes. *Ciência Rural*, v. 33, n. 5, p. 983-990, 2003.

SIWICKI, A.K.; ANDERSON, D. P. ; RUMSEY, G. L. Dietary intake of immunostimulants by rainbow trout affects non-specific immunity and protection against furunculosis. **Veterinary Immunology and immunopathology**, Amsterdam, v. 41, p. 123-139, 1994.

SPRING, P.; WENK, C.; DAWSON, A.; NEWMAN, K. E. The effects of dietary mannanoligosaccharides on cecal parameters and concentrations of enteric bacteria in the ceca of salmonella-challenged broiler chicks. *Poultry Science*, Champaign, v. 79, p. 205- 211, 2000.

STRATIFORD, M. Another brick in the wall. Recent developments concerning the yeast cell envelope. *Yeast*, London, n. 10, p. 1741-1752, 1994.

TACON, A.G.J.; HALWART, M. Cage aquaculture: a global overview. In M. Halwart, D. Soto and J.R. Arthur (Editors). *Cage aquaculture – Regional reviews and global overview*, pp. 1–16. FAO Fisheries Technical Paper. No. 498. Rome, FAO. 2007. 241p.

TAVARES-DIAS, M. e FAUSTINO, C.D. Parâmetros hematológicos da tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) em cultivo extensivo. *Ars Veterinaria*, Jaboticabal, v. 1, n. 3, p. 254-263, 1998.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F. R., *Hematologia de Peixes Teleósteos*. Ribeirão Preto: M., TAVARES-DIAS, 2004, 144 p.

TAVARES-DIAS, M.; FRASCÁ-SCORVO, C.M.D.; NOVATO, P.F.C.; MORAES, F.R. 2000 Hematological characteristics of hybrid Florida red tilapia, *Oreochromis urolepis hornorun* x *O. mossambicus* under intensive rearing. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA A Q U A C U L T U R E , 5 . , 3 - 7 / s e t . / 2 0 0 0 *Proceedings...* Rio de Janeiro. p.533-541.

VOLPATTI, D., L. D'ANGELO, G. JENEY, Z. JENEY, D. P. ANDERSON, AND M. GALEOTTI. Non specific immune response in fish fed glucan diets prior to induced transportation stress. *J. Appl. Ichthyol.*, v. 14, p. 201-206, 1998.

WATANABE, W. O.; CLARK, J. H.; DUNHAM, J. B.; WICKLUND, R. I.; OLLA, B. L. Culture of Florida red tilapia in marine cages: The effect of stocking density and dietary protein on growth. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 90, p. 123-124, 2002.

ZIMMERMAN, S.; FITZMMONS, K. Tilapicultura intensiva. IN: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALLOSSI, D. M. et al. (Eds) *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*. Campo Belo: Tecart, 2004. 239-265 p.

OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da suplementação de dietas com mananoligossacarídeo (MOS) e β -glucano no desempenho zootécnico, hematológico, morfológico intestinal e na atividade enzimática de tilápias-do-nilo *Oreochromis niloticus*, mantidas em tanque-rede.

MANANOLISSOCARÍDEO E B-GLUCANO NA SUPLEMENTAÇÃO DIETÁRIA PARA JUVENIS DE TILÁPIA-DO-NILO MANTIDOS EM TANQUES-REDE

Resumo – Este experimento foi conduzido em um empreendimento aquícola, tendo como objetivo a utilização de mananoligossacarídeo (MOS) e β -glucano, na suplementação dietária do lote experimental, com o intuito de acompanhar o desempenho zootécnico e relacioná-lo aos parâmetros hematológicos, alterações morfológicas do intestino e atividade enzimática (protease, lipase e amilase) de 3000 juvenis de tilápias-do-nylo, mantidos em tanques-rede, com peso médio inicial de $24g \pm 0,26$. Utilizaram-se nove tanques-rede ($6,0 m^3$) constituindo-se de três tratamentos e três repetições: Tratamento 1: ração comercial sem suplementação (controle); Tratamento 2: 0,1% por tonelada de MOS; Tratamento 3: 0,03% por tonelada de beta glucano purificados. A ração continha 36 % de proteína bruta (PB), incorporados no premix MOS e β -glucano purificado (BIORIGIN®). Os exemplares foram alimentados três vezes ao dia de acordo com a sua biomassa, e, mensalmente, os ajustes foram determinados de acordo com as biometrias. Os parâmetros analisados, físicos e químicos da água (temperatura, °C, oxigênio dissolvido, $mg L^{-1}$, pH e condutividade elétrica, $us cm^{-1}$); zootécnicos (peso inicial e final - Pti e Ptf, comprimento total inicial e final - Cti e Ctf, relação Pi x Ct, fator de condição - K, conversão alimentar aparente - CAA, ganho de peso diário - GPD, taxa de crescimento específico - TCE, taxa de eficiência protéica - TEP e sobrevivência - S); hematológicos (hematócrito, hemoglobina, proteína total, contagem diferencial de leucócitos - CDL, contagem de eritrócitos - Er, contagem total de leucócitos - CTL, contagem total de trombócitos - CTT, volume corpuscular médio e concentração - VCM e hemoglobina corpuscular média - CHCM); morfologia da parte anterior do intestino (altura, altura da parede e espessura do epitélio das vilosidades) e atividade enzimática (protease, lipase e amilase). Observou-se que as tilápias-do-nylo que receberam a dieta suplementada com β -glucano, usado na proporção de 0,03% por tonelada de ração e no período de 90 dias, apresentaram condição favorável do sistema imune, ampliação na superfície de absorção da região anterior intestinal e, conseqüentemente, um aumento na atividade das enzimas digestivas indicando maior eficiência na utilização dos nutrientes dos juvenis de tilápias-do-nylo, proporcionando desempenho zootécnico satisfatório em relação às outras dietas (MOS e controle). Este produto pode ser usado como suplemento alimentar para a espécie quando mantidas em tanques-rede.

Palavras – Chave: atividade enzimática, desempenho zootécnico, hematologia, morfologia intestinal, *Oreochromis niloticus*.

MANNANOLIGOSACCHARIDE AND β -GLUCAN IN DIETARY SUPPLEMENTATION FOR NILE TILAPIA JUVENILES KEPT IN CAGES

Abstract – This experiment was conducted at an aquicolous enterprise with the objective of evaluating the use of mannanoligosaccharide (MOS) and β -glucan as dietary supplements in an experimental lot in order to follow the zootechnical performance, establishing a relationship with the hematological parameters, the morphological alterations of the intestine, and the enzymatic activity (protease, lipase and amylase) of 3000 Nile tilapia juveniles kept in cages, with initial mean weight of $24\text{g} \pm 0.26$. Nine net tanks (6.0 m^3) were used, with three treatments and three replications: Treatment 1: commercial feed without supplementation (control); Treatment 2: 0.1% per ton of MOS; Treatment 3: 0.03% per ton of purified beta glucan. The feed contained 36 % of crude protein (CP) incorporated into the premix MOS and purified beta glucan (BIORIGIN[®]). The fishes were fed three times a day according to their biomass, where the adjustments were determined monthly according to the biometry. The analysed parameters were: physical and chemical parameters of the water (temperature, °C, dissolved oxygen, mg L^{-1} , pH and electrical conductivity, us cm^{-1}); zootechnical (initial and final weight - Wti and Wtf, initial and final total length - Lti and Ltf, relationship $W_i \times L_t$, condition factor - K, apparent feed-conversion - AFC, daily weight gain - DWG, specific growth rate - SGR, protein efficiency ratio - PER and survival rate - S); hematological; (hematocrit, hemoglobin, total protein, leucocyte differential count - LDC, red blood cell count - RBC, total leucocyte count - TLC, total thrombocyte count - TTC, mean corpuscular volume - MCV, and mean corpuscular hemoglobin concentration – MCHC); morphology of the front part of the intestine (height, height of the wall and thickness of the epithelium of the villi) and enzymatic activity (protease, lipase e amylase). The Nile tilapia that had received the diet supplemented with β -glucan used at a proportion of 0.03% per ton of feed in a period of 90 days showed a favourable condition of the immune system, increase in the absorption surface of the front part of the intestine and consequently, growth in the activity of the digestive enzymes, denoting higher efficiency in the use of the nutrients in the Nile tilapia juveniles, providing satisfactory zootechnical performance in comparison with the other diets (MOS and control). This product may be used as a dietary supplement for this species when kept in net tanks.

Key words: enzymatic activity, zootechnical performance, hematology, intestine morphology, *Oreochromis niloticus*.

INTRODUÇÃO

A piscicultura vem apresentando significativo avanço na produção aquícola, destacando-se entre as espécies criadas a de tilápia-do-nilo, cuja produção corresponde a 6,7% da produção global de peixes cultivados (FAO, 2007; OSTRENSKI e BOEGER, 2008). Sua criação em tanques-rede destaca-se por ser esta capaz de suprir as necessidades de manutenção do animal e de assegurar sua eficiência em termos econômicos (AYROZA, 2009). Porém, como em qualquer sistema de criação a ração oferecida deve ser nutricionalmente balanceada para suprir as exigências da espécie, o que implica em altos custos (KUBITZA, 2003; PEZZATO et al., 2004). Com o crescimento dessa atividade, surgem problemas relacionados ao manejo inadequado que levam a situações de estresse e ao aparecimento de enfermidades (SHRIMPTON, et al., 2001). Uma das alternativas para enfrentar essas dificuldades é a utilização de ingredientes de origem microbiana, particularmente os prebióticos (LI e GAITLIN, 2004). Entre eles, destacam-se os mananoligossacarídeos (MOS) e β -glucano derivados da parede celular de levedura, *Saccharomyces cerevisiae*. São compostos utilizados como alternativa aos promotores de crescimento, mantendo o equilíbrio benéfico da microbiota intestinal, em animais jovens ou em iminente condição de estresse (SILVA e NÖRNBERG, 2003).

O MOS e β -glucano agem como estimulantes dos mecanismos de defesa dos peixes. Estudos demonstram que a mannose, quando adicionada à dieta, reduz a colonização de bactérias patógenas no organismo do animal (LIMA, 2008). Os glucanos atuam aumentando a atividade de macrófagos, a fagocitose por neutrófilos, monócitos e linfócitos, e a produção imunoglobulinas e lisozimas (RAA, 1996; SAKAI, 1999; FALCON, 2007). Em peixes, os prebióticos atuam promovendo respostas imunes contra agentes infecciosos, segundo VOLPATTI et al., (1998), através da produção de células mediadoras da resposta imune (SIWICKI et al., 1993; VERLHAC et al., 1996). Estes diagnósticos e os prognósticos são determinados como procedimentos de rotina, por meio de parâmetros hematológicos (RANZANI-PAIVA e SILVA-SOUZA, 2004). Entretanto, resultados de

investigações sobre a utilização de prebióticos em peixes são ainda limitados e alguns contraditórios (LI e GAITLIN III, 2004).

Este trabalho foi desenvolvido com juvenis de tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus*, mantidos em tanques-rede, cujo objetivo foi a avaliação do seu desempenho zootécnico frente à suplementação dietária dos prebióticos, MOS e β -glucano. Esta avaliação teve como base as variações de parâmetros hematológicos, alterações morfológicas do intestino e mudanças nas atividades enzimáticas de protease, lipase e amilase digestivas.

MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi realizado na empresa *Piscicultura Escama Forte Ltda ME*, na cidade de Zacarias - SP, instalada nas águas do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Nova Avanhandava, no Baixo Rio Tietê. Inicialmente, 3000 exemplares revertidos de *Oreochromis niloticus*, por tanque-rede na fase juvenil, com média de peso inicial de $24 \pm 0,26$ g (Pi), pertencentes à linhagem Chitralada. Foram distribuídos aleatoriamente em nove tanques-rede (TR) de secção quadrada com 4,0 m² de lâmina e 1,5 m de coluna d'água. Os peixes foram alimentados três vezes ao dia até a saciedade. A ração oferecida por tanque foi pesada antes e ao final, para avaliação do consumo total. A ração utilizada foi comercial (FRI-RIBE S.A), contendo 36% de proteína bruta (PB), à qual foram incorporados através de premix (BIORIGIN): mananoligossacarídeo, MOS (22,0% de mananoligossacarídeo e 20,0% de β -glucano) e beta glucano, β -glucano (70,0% de β_{1-3} glucano e β_{1-6} glucano purificado). A adição foi feita pela empresa FRI-RIBE S.A., sem alterações na formulação da ração (Tabela 1). O período de arrazoamento dos peixes foi de 90 dias (outubro a dezembro de 2006). Os tratamentos obedeceram ao seguinte desenho experimental: 1) ração comercial sem suplementação (controle); 2) adição de 0,1% de MOS por tonelada de ração; 3) adição de 0,03% de β -glucano por tonelada de ração. Os parâmetros físicos e químicos da água, temperatura e oxigênio dissolvido, foram monitorados diariamente. O pH e a condutividade elétrica foram registrados mensalmente. Os

valores desses parâmetros, apresentados na figura 1, são semelhantes aos descritos por CAMARGO (2007) para o mesmo local e sistema de produção da espécie.

Durante o experimento foram realizadas três biometrias a intervalos regulares de 30 dias. Em cada biometria, os peixes foram anestesiados, seguindo-se os princípios éticos de manipulação animal estabelecido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA, <http://www.cobea.org.br>). Após anestesiadas, as tilápias foram pesadas e medidas, para a determinação dos seguintes parâmetros: 1) relação peso-comprimento ($K = Pf / Cf^b$) em que Pf é o peso final e Cf o comprimento final, enquanto b é obtido por meio da equação alométrica da relação peso/comprimento, $y = ax^b$; 2) fator de condição (K), em que o coeficiente “b” da relação Pf x Cf, é definido como o coeficiente de alometria; 3) ganho em peso diário ($GPD = (Pf - Pi) / t$), em que t = tempo em dias; 3) conversão alimentar aparente ($CAA = CTR / GP$), em que CTR = consumo total de ração e GP = ganho de peso; 4) taxa de crescimento específico ($TCE = (\ln Pf - \ln Pi) \times 100 / dias$); 5) taxa de eficiência protéica ($TEP = GP \times 100 / CR \% PB \text{ dieta}$); 6) sobrevivência (S%), calculada pela relação percentual entre o número de peixes no início e no final do experimento.

Para cada biometria foram coletados dois animais de cada tanque-rede, totalizando seis peixes por tratamento. Os peixes foram puncionados na veia caudal para a retirada de 1,0 mL de sangue, utilizando-se agulhas (0,70 x 25 mm), seringas descartáveis (5,0 mL) e tubos plásticos (2,0 mL) siliconizados e heparinizados¹. As amostras de sangue foram mantidas a 4°C por 1 hora até o processamento. Após a coleta de sangue os animais foram sacrificados por punção da medula espinhal, eviscerados, e retirado o trato digestório completo, descartando-se o conteúdo digestivo. O trato digestório foi transferido para banho de gelo e conservado a -20°C para posterior retirada do intestino e determinações analíticas.

¹Vacutainer, BD, São Paulo, SP .

Análises hematológicas e determinações hematimétricas

Alíquotas de sangue foram transferidas para tubos de microhematócrito, centrifugadas a 4.500 x g por 5 minutos e lidas em cartões padronizados conforme preconiza o *National Committee for Clinical Laboratory Standards* (NCCLS). Os valores de hematócrito estão expressos em percentual (%). As concentrações de proteína plasmática total (PPT) foram avaliadas através do plasma de cada tubo de microhematócrito em refratômetro manual e expressas em g dL⁻¹. Realizaram-se as determinações de hemoglobina (Hb) em duplicata pelo método da cianohemoglobina, utilizando-se o reativo de Drabkin comercial² e leitura de absorbância óptica³ a 540 nm. A fim de evitar interferência, a leitura da reação de hemoglobina foi realizada após a separação por centrifugação do material nuclear suspenso. As concentrações de Hb estão expressas em g dL⁻¹. Para a contagem dos eritrócitos (Er) realizada manualmente em câmara de Neubauer, utilizou-se o líquido diluidor de Natt-Herrick. A contagem diferencial dos leucócitos (CDL) e dos trombócitos (CTT) aconteceu por meio de lâminas coradas com HE, totalizando 200 células e para a contagem total de leucócitos (CTL), houve avaliação de 2000 células. Para o cálculo dos índices hematimétricos: volume corpuscular médio e concentração (VCM), hemoglobina corpuscular média (CHCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM), foram avaliados obedecendo-se à metodologia preconizada por THRALL (2004).

Preparações histológicas

Fragmentos da parte anterior do intestino foram fixados em solução de Bouin por 8 horas, incluídas em blocos de parafina, cortados em secções transversais de 5,0 µm, e corados em hematoxilina-eosina (HE). Os cortes foram observados em microscópio óptico Olympus, modelo BX41, acoplado a um sistema para captura de imagens Olympus DP11-N. As análises determinaram: 1) altura das vilosidades (ápice das vilosidades até o início da camada muscular); 2) altura total das

² Líquido de Drabkin, Newprov, Maringá-PR.

³ Espectrofotômetro CELM E205D, São Paulo-SP.

vilosidades (ápice da vilosidade até o termino) e, 3) densidade do epitélio das vilosidades, utilizando-se o *software* Image-Pro Plus®.

Determinações enzimáticas

O restante do intestino foi homogeneizado em solução tampão NaHPO₄ 0,01M/ Tris 0,01M pH 7,0 em glicerina 1:1(v:v) sob banho de gelo, com homogeneizador rotativo a 1000 rpm por 1 minuto. Após homogeneizado, houve a centrifugação a 12000 x g por 10 minutos e o sobrenadante foi utilizado como fonte de enzima. As atividades de protease total foram feitas utilizando-se caseína como substrato e em seguida estabelecido o teor de aminoácidos livres no sobrenadante (WALTER 1984). As atividades lipolíticas foram ensaiadas segundo a ALBRO (1985) usando-se como substrato o p-NO-fenil meristato. Para verificação das atividades amilohidrolíticas, também analisadas, utilizou-se a solução de amido solúvel 2% como substrato de reação o teor de glicose livre estabelecido pelo método da glicose oxidase (BERNFELD, 1995).

Análise estatística

O desenho experimental obedeceu a um delineamento, compreendendo três tratamentos com três repetições. Os parâmetros estudados foram submetidos à análise de variância, tendo-se aceitado um nível de 5% de significância. Para o caso de diferenças significativas foi aplicado o teste de Tuckey e na comparação das médias, o pacote estatístico SAS (2005). A comparação das variáveis hematológicas foi executada através do teste não paramétrico de KRUSKAL-WALLIS, os períodos de coleta, comparados pelo teste de FRIEDMAN e a utilização do teste de DUNN para a comparação múltipla.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os exemplares de tilápia-do-nilo submetidos ao tratamento com MOS e β -glucano apresentaram valores médios de peso e comprimento significativamente maiores, em relação ao

controle, a partir de 60 dias de arraçoamento (Tabela 2). Essas alterações puderam ser observadas também por meio da análise morfológica do trato digestório mostrando aumento significativo da densidade e comprimento das vilosidades (Figura 2). Resultado semelhante foi descrito com a mesma espécie e sistema de criação, porém alimentada com levedura (MEDRI et al., 1999). Neste caso foram relatados baixos valores de crescimento e peso, fato atribuído ao adensamento populacional. Relatos semelhantes aos nossos resultados foram observados por PEREIRA DA SILVA e PEZZATO (2000). Entretanto, alevinos de tilápia-do-nilo criadas em viveiros escavados e alimentadas com levedura como suplemento vitamínico também apresentam discreto aumento nos valores médios de peso (BACCARIN e PEZZATO, 2001). Quando alimentada com teores menores de proteína (28,0% PD/3000 kcal ED/kg), porém com adição de vitamina C (400 e 600 mg/kg) e β -glucano (0,1-0,8%) essa espécie apresentou desempenho satisfatório já a partir de períodos de tempo menores (seis semanas) que aquele observado no presente trabalho (FALCON, 2007). Larvas de tilápias mostram igualmente resultados promissores com a suplementação de MOS à alimentação por um período de 21 dias (SAMRONGPAN et al., 2009). Entretanto, alevinos de tambaqui, *Colossoma macropomum*, alimentados com dietas suplementadas com resíduo de cervejaria (cevada) mostraram uma redução nos valores de peso e comprimento, discordante das descritas em tilápias (CRUZ, 1997). Essas variações fisiológicas merecem destaque, visto que a adição de prébióticos exige um conhecimento prévio das respostas fisiológicas da espécie frente ao suplemento.

O aumento nos valores de GP em peixes poderia estar relacionado à provável degradação do glucano por ação da glucanase, promove o deslocamento de mais proteínas (efeito poupador de proteínas) para o crescimento (LOPÉZ et al., 2003). Todavia, em peixes, não existem ainda evidências sobre sua capacidade de digestão de β -glucano ou de sua ação sobre o valor de GP (AI et al., 2007), tal como observado em camarões, *Penaeus monodon* (WIGGLESWORTH e GRIFFITH, 1994). Não somente estudos com tilápia mostram GP pela adição de glucanos à ração, mas também em “yellow croaker”, *Pseudosciaena crocea*, alimentado em dietas adicionadas com valores inferiores a 0,09% de glucano, por 56 dias, observa-se aumento nos valores de GP, apesar de não

haver diferenças significativas nos valores de GPD (AI et al., 2007). Valores maiores de GP foram descritos em truta arco-iris, alimentadas com levedura (RUMSEY et al., 1991). Outro importante parâmetro para avaliação do crescimento é o fator de condição, considerado um índice corporal capaz de refletir interações entre os peixes e o meio ambiente, o que representa um indicativo do bem-estar da espécie (TAVARES-DIAS et al., 2008). No presente estudo, observou-se um crescimento do tipo isométrico com $\bar{K}$, variando entre 3,108 (controle), 3,173 (MOS) e 3,016 (β -glucano) na equação da relação peso-comprimento. Segundo LANDELL (2007), estudando tilápias-do-nilo criadas em tanques-rede de 18,0 m³, em sistema dividido em fases de criação de 30 a 870g, estas apresentaram o mesmo padrão de crescimento, com $\bar{K}$ inferior, variando entre 2,9077 e 3,0344. Desta forma, na espécie em estudo, o provável efeito da suplementação de β -glucano na dieta esteja relacionado ao aumento da resposta imune e ao bem-estar do peixe.

Os valores de CAA, que oscilaram entre 1,5 e 2,6, não apresentaram variações significativas entre os tratamentos e coletas durante o período experimental. Entretanto os valores de S, C, TCE, TEP mostraram diferenças significativas somente entre as coletas, quando houve um crescimento do consumo de alimento ao longo do desenvolvimento, também uma situação de invariabilidade dos valores TCE nos tratamentos com prebióticos e uma redução dos valores da TEP nos três tratamentos (Tabela 2). Resultados similares foram descritos por FALCON (2007), que também não observou diferença nos valores de CAA para tilápias alimentadas com o suplemento glucano e níveis de vitamina C. Valores constantes de CAA sugerem que os aumentos de GPD não devem estar diretamente correlacionados a mecanismos digestivos, mas a alterações de outra ordem fisiológica, capazes de alterar, por exemplo, valores de taxas metabólicas e até mesmo promover respostas bioquímicas celulares mais específicas, direcionando as proteínas para o crescimento de massa muscular. Apesar dos valores GPD se apresentarem iguais entre os tratamentos, observou-se um aumento do mesmo em cada tratamento ao longo das coletas. Juvenis de dentex, *Dentex dentex*, (HIDALGO et al., 2006) e de “snapper” *Pagrus auratus*-Sparidae, (COOK et al., 2003) alimentados com prebiótico não apresentaram diferenças significativas nos valores de TCE. Além disso, truta arco-

iris, *Oncorhynchus mykiss*, (RAMSEY et al., 1991) e alevinos de tilápia (BACCARIN e PEZZATO, 2001) mostraram significativo decréscimo de eficiência, quando alimentados com levedura.

Neste trabalho os valores médios de hematócrito e hemoglobina em juvenis de tilápia-do-nilo não mostraram variações significativas entre os tratamentos (Tabela 3). Todavia, ao longo das coletas a concentração de Hb mostrou uma tendência geral de redução, mais pronunciada na segunda coleta. Considerando-se que as variações de Hb foram gerais, poder-se-ia atribuir sua redução a fatores externos, como os ambientais ou de outra ordem, sem atribuí-las aos tratamentos. Estes relatos estão de acordo com os de TAVARES DIAS e MORAES (2004), entretanto discordam de *Ictalurus punctatus* alimentada com glucano, mananoligossacarídeo e levedura, que apresentaram elevação nos valores de hematócrito quando receberam β -glucano na concentração de 1000 mg por kg de ração por quatro semanas (WELKER et al., 2007). Ao longo do período experimental, observou-se uma redução do número de eritrócitos, fato não observado nos peixes que receberam complemento com β -glucano. Essa redução poderia ser atribuída à perda de hemácias devido a hemorragias, observadas nos peixes controle e naqueles tratados com MOS. A CHCM refletiu, como era, de se esperar, as variações de Hb total, entretanto, os valores constantes de Ht acompanhados de redução da CTH sejam advindos de um aumento do VCM. É preciso destacar que essa variável apresentou valores maiores nos peixes tratados com β -glucano. Híbridos de esturjão, *Acipenser ruthenus* x *A. baerii* apresentaram igualmente redução do número de eritrócitos (CTE) e aumento gradativo, cerca de até 40% dos valores de VCM, em função do aumento nos níveis de imunoestimulantes ofertados na dieta (JENEY e JENEY, 2002). O quadro observado no presente trabalho sugere ligeira anemia macrocítica, cuja ligação aos tratamentos merece ser confirmada. Valores invariáveis de PPT podem indicar a presença de um equilíbrio iônico sanguíneo, além de sugerirem regularidade nutricional e assegurarem que as perdas sanguíneas observadas devem ter sido discretas sem alterações de volemia. A redução de PPT, associada à presença de prebióticos, é descrita em pacu, *Piaractus mesopotamicus* alimentado com

dietas suplementadas com $\geq 0,3\%$ de glucano (SCHORER, 2008), entretanto, tilápias tratadas com diferentes níveis de levedura e derivados não apresentaram alterações de PPT (HISANO et al., 2006).

A tabela 4 mostra que os peixes tratados com β -glucano apresentaram discreto aumento do número de linfócitos. Resposta semelhante foi observada com tilápias alimentadas com dietas suplementadas com Vitamina C e β -glucano (FALCON, 2007). Exemplares de truta arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas com dietas suplementadas com 1,0% de β -glucano e submetidos a estresse de transporte apresentaram linfocitose, neutropenia e monocitopenia, entretanto, valores menores de suplementação parecem não interferir na produção de células de defesa após o estresse (JENEY et al., 1997). Formas imaturas de eritrócitos associadas a hemoparasitos, foram freqüentemente observadas no presente trabalho, especificamente em tilápias anêmicas oriundas dos tratamentos controle e MOS. Tais observações coincidiram com os menores percentuais de sobrevivência descritos nesses dois grupos. Na contagem diferencial de trombócitos, neutrófilos e monócitos não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Entretanto, o número de neutrófilos e monócitos nos peixes controle e tratados com MOS manteve-se superior quando comparado aos que receberam β -glucano. Provavelmente, esse quadro seja decorrente do adensamento populacional, fato que, normalmente, leva esses animais à condição de estresse.

A análise estrutural da porção anterior do intestino (Figura 2; Tabela 5) mostra diferenças significativas nos valores de altura das vilosidades, altura total das vilosidades e espessura do epitélio das vilosidades nos tratamentos MOS e β -glucano. Tilapia-do-nilo alimentada com Flavofeed[®] mostrou respostas semelhantes às observadas neste trabalho quando avaliada a altura das vilosidades de acordo com FRABEGAT (2006). Truta arco-iris, *Oncorhynchus mykiss*, alimentada com dietas suplementadas com Bio-mos apresentaram aumento na altura e espessura das vilosidades, segundo STAYKOV et al., (2007). BURREL et al., (2001) estudando salmão do Atlântico descreveram respostas estruturais positivas encontradas no intestino de peixes alimentados com dietas suplementadas com nucleotídeos. Segundo HISANO et al., (2006) essas respostas morfológicas intestinais podem ter ocorrido devido ao maior teor de

mananoligossacarídeo e nucleotídeos inserido na dieta, o que pode ter influenciado o trato intestinal e sua microbiota. Além disso, respostas em relação à altura das vilosidades foram também registradas em truta arco-íris, *O. mykiss*, alimentada com proteína de soja (ESCAFFRE et al., 2007), nutriente vegetal rico em polissacarídeos estruturais. As alterações observadas neste trabalho mostraram um caráter benéfico sobre as características morfológicas do trato intestinal, promovendo o aumento na área de absorção da mucosa de tilápias-do-nylo alimentadas com dietas suplementadas com MOS. Alterações semelhantes foram relatadas em não- ruminantes alimentados com dietas adicionadas de prebióticos (SILVA e NÖRNBERG, 2003).

Na figura 3A, peixes alimentados com β -glucano apresentaram inibição da atividade proteolítica inespecífica. Entretanto, a presença de MOS na dieta permitiu a preservação dessa atividade. Pôde-se observar que as atividades de amilase e lipase não foram alteradas pela adição de MOS ou β -glucano (Figura 3B e 3C). Ao longo do tempo a adição de MOS na dieta gerou uma tendência de aumento, enquanto na dieta suplementada com β -glucano houve redução da atividade de amilase. Pôde-se verificar que a atividade da lipase aumentou no decorrer das coletas em tilápias que receberam β -glucano na dieta. Segundo ALMEIDA (2006) este comportamento alimentar em peixes é considerado como uma adaptação à variação na composição da dieta. A habilidade dos peixes em processar a comida é fundamental e depende de características como o perfil enzimático do canal alimentar da espécie (FAGBENRO et al., 2000). Há um consenso sobre a variação proporcional da secreção de amilase, lipase e protease devido à variação do conteúdo ou nível dos seus substratos na dieta (LHOSTE et al., 1994). O mesmo foi descrito para tainha (*Mugil platanus*) por GALVÃO et al., (1997) e para jundiás (*Rhamdia quelen*) por LUNDSTEDT et al., (2002).

CONCLUSÃO

O produto β -glucano usado na proporção de 0,03% por tonelada de ração, no período de 90 dias, aumentou a superfície de absorção no intestino, bem como a atividade enzimática, podendo implicar em maior eficiência na utilização dos nutrientes. Desse modo, pode-se inferir alterações

benéficas dos parâmetros hematológicos induzindo a um desempenho zootécnico satisfatório dos juvenis de tilápia-do-nilo em relação às outras dietas, sugerindo que este produto pode ser usado como suplemento alimentar para a espécie, quando mantidas em tanques-rede.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AI, Q.; MAI, K.; ZHANG, L. TAN., B., ZHANG, W.; XU, W., LI, H. Effects of dietary β -1,3 glucan on innate immune response of large yellow croaker *Pseudosciana crocea*. *Fish & Shellfish Immunology*, v. 22, p. 394 – 402, 2007.

ALMEIDA, L. C. Perfil metabólico de Tambaqui, *Colossoma macropomum* (CURVIER, 1818), alimentados com diferentes teores de proteína e lipídio. 2006. 73 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Evolução) – Universidade Federal de São Carlos, 2006.

AYROZA, L. M. S. Criação de tilápias do Nilo, *Oreochromis niloticus*, em tanques-rede, na Usina Hidrelétrica de Chavantes, Rio Paranapanema. 2009. 104 f. Tese (Doutorado em Aqüicultura) – Universidade Estadual Paulista, UNESP, Jaboticabal, SP. 2009.

ALBRO, P. W., HALL, R. D., COBERTT, J. T., SCHROEDER, J. Activation of non-specific lipase (EC 3. 1.1.) by bile salts. *Biochem. Biophys. Acta.*, v. 835, p. 477-490, 1985.

BACCARIN, A. E.; PEZZATO, L. E. Efeito da levedura desidratada de álcool em dietas para tilápia do Nilo. *Pesq. Agropec.*, Brasília, v. 36, p. 549-556, 2001.

BERNFELD, P. Amylases α and β : colorimetric assay method. In: COLOWICH, S.P, KAPLAN, N. O. (eds.). *Methods in Enzymology*. Academic Press, New York, 1995.

BURREL, C. Dietary nucleotides: a novel supplement in fish feeds 2. Effects on vaccination, salt water, growth rate and physiology of Atlantic salmon. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 8, p.171-184, 2001.

CAMARGO, A. L. S. Desempenho zootécnico da tilápia tailandesa, linhagem Chitralada, em tanques-rede no Reservatório de Nova Avanhandava, Buritama, SP: modelo empírico de classificação e repicagem. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP. UNESP, 2007.

COOK, M. T. et al. Administration of a commercial immunostimulant preparation, EcoActiva as feed supplement enhances macrophage respiratory burst and the growth rate of snapper (*Pagrus auratus*, Sparidae (Bloch and Schneider)) in winter. *Fish & Shellfish Immunology*, v. 14, n. 04, p. 333-345, 2003.

CRUZ, D. M. Resíduos de cervejaria na alimentação de tambaqui, *Colossoma macropomum* (CURVIER, 1818). *B. Inst. Pesca*, São Paulo, v. 24, n. especial, p. 133-138, 1997.

ESCAFFRE, E. F. KAUSHIK, S. MANBRINI, M. Morphometric evaluation of changes in the digestive tract of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) due to fish. *Aquaculture*, 2007.

FAGBENRO, O.; ADEDIRE, C. O.; AYOTUNDE, E. O.; FAMINU, E. O. Haematological profile, food composition and digestive enzyme assay in the gut of the African bony-tongue fish, *Heterotis (Clupisudis) niloticus* (Cuvier 1829) (Osteoglossidae). *Tropical Zoology*, Florence, v. 13, n. 1, p. 1-9, May 2000.

FALCON, D. R. Beta Glucano e Vitamina C no Desempenho Produtivo e Parâmetros Fisiopatológicos em Juvenis de tilápia do Nilo: Nível de Suplementação e Tempo de Administração. 2007. 158 f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, UNESP, Jaboticabal, SP. 2007.

FAO. *Yearbooks of fishery statistics: summary tables*. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/fi/STAT/summary/default.htm#aqua>>. Acesso em: 14 abr. 2007.

FRABEGAT, T. E. H. P. Utilização do prebiótico flavofeed® como suplemento dietário para juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. 2006. 42 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura). Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal, SP. 2006.

GALVÃO, M.S.N.; FENERICH-VERANI, N.; YAMANAKA, N. Histologia do sistema digestivo da tainha *Mugil platanus* Günther, 1880 (Osteichthyes, Mugilidae) durante as fases larval e juvenil. *Boletim do Instituto de Pesca*, v.24, p.91-100, 1997.

HIDALGO, M. C.; SKALLI, A.; ABELLÁN, E.; ARIZUN, M.; CERDENETE, G. Dietary intake of probiotics and maslimic acid in juvenile dentex (*Dentex dentex* L.): effects on growth performance, survival and liver proteolytic activities. *Aquaculture Nutrition*, v. 12, p. 256-266, 2006.

HISANO, H. SILVA, M. D. P. BARROS, M. M. PEZZATO, L. E. Levedura íntegra e derivados do seu processamento em rações para tilápia do Nilo: aspectos hematológicos e histológicos. *Acta Sci. Biol. Sci. Maringá*, v. 28, p. 311-318, Oct./Dec., 2006.

JENEY, G.; GALEOTTI, M.; VOLPATTI, D.; JENEY, Z.; ANDERSON, D.P. Prevention of stress in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets containing different doses of glucan. *Aquaculture*, v. 154, p. 1-15, 1997.

JENEY, G., JENEY, Zs. Application of immunostimulants for modulation of the non – specific defense mechanism in sturgeon hybrid: *Acipenser ruthenus* x *A. baerii*. *J. Appl. Ichthyology*, vol, 18, p. 416 – 419, 2002.

KUBITZA, F. A evolução da tilapicultura no Brasil: produção e mercados. *Panorama da Aquicultura*, São Paulo, v. 13, n. 76, p. 25-35, 2003.

LANDELL, M. C. Avaliação do desempenho de tilápias (*Oreochromis niloticus*, Trewavas, 1983) em tanques-rede na represa de Jurumirim/ Alto Rio Paranapanema. 2007. 106 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, UNESP, Jaboticabal, SP. 2007

LI, P.; GATLIN III, D. M. Dietary brewers yeast and the prebiotic Grobiotic™ AE influence growth performance, immune responses and resistance of hybrid striped bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) to *Streptococcus iniae* infection. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 231, p. 445-456, 2004.

LHOSTE, E.F., FISLEWICZ, M., GUEUGNEAU, A.M., CORRING, T. Adaptation of exocrine pancreas to dietary proteins: effect of the nature of protein and rat strain on enzyme activities and messenger RNA levels. *J. Nutr. Biochem*, v. 5, p. 84–93, 1994.

LIMA, H. J. D. Prebiótico na Dieta de Frangos de Corte. Revista Eletrônica Nutritime, v. 5, n. 4, p. 599-606, 2008. Disponível em :<[http://www.nutritime.com.br/ arquivos_internos/061v5N4P599](http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/061v5N4P599). Acesso em julho de 2008.

LOPÉZ, N., CUZON, G., GAXIOLA, G., TABOADA, G., VALENZUELA, M., MEDRI, V. ET AL. Crescimento de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com diferentes níveis de levedura alcooleira, alocadas em tanque-rede. *Boletim do Instituto da Pesca*, São Paulo, v. 25 (único), p. 51-59, 2003.

LUNDSTEDT, L. M.; MELO, J. F. B.; SANTOS NETO, C. et al. **Diet influences proteolytic enzyme profile of the south American catfish *Rhamdia quelen***. Disponível em: <[http://www.heb.pac.dfo-mpo.gc.ca/ congress/2002/ Biochem/lundstedt2.pdf](http://www.heb.pac.dfo-mpo.gc.ca/congress/2002/Biochem/lundstedt2.pdf)>.

MEDRI, V. ET AL. Crescimento de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com diferentes níveis de levedura alcooleira, alocadas em tanque-rede. *Boletim do Instituto da Pesca*, São Paulo, v. 25 (único), p. 51-59, 1999.

OSTRENSKY, A.; BOEGER, W.A. Principais problemas enfrentados atualmente pela aquicultura brasileira. In: OSTRENSKY, A. et al. *Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer*. Brasília: Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca/FAO, p. 135-158. 2008

PEREIRA-DA-SILVA, E.M.; PEZZATO, L.E. Respostas da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) a atratividade e palatabilidade de ingredientes utilizados na alimentação de peixes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.5, p.1280-1290, 2000.

PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FRACALOSSO, D. M. et al. Nutrição de peixes. IN: CYRINI, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSO, D. M. et al. (Eds) *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*. Campo Belo: Tecart, 2004. p. 75-170.

PICKERING, A.D. Changes in blood cell composition of the brow trout, *Salmo trutta* L., during the spawning season. *J. Fish Biol.*, v.29, p.335-347, 1986.

RANZANI-PAIVA, M. J. P.; SILVA-SOUZA, A. T. Co-infestation of gills by different parasite groups in the mullet *Mugil platanus* Günther, 1880 (Osteichthyes, Mugilidae): effects on relative condition factor. *Braz J. Biol.*, v. 64, p. 677-682, 2004.

RAA, J. The use of immunostimulatory substances in fish and shellfish farming. *Rev. Fish Biol. Fish.*, v. 4, n.3, p.229-288, 1996.

RUMSEY, G. L. et al. Effect of hight dietary concentration of brewers dried yeast on growth performance and liver uricase in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Anim. Feed Sci. Technol.*, Amsterdam, v. 23, p. 177-183, 1991.

SAKAI, M. Current research status of fish immunostimulants. *Aquaculture*, v.172, p.63-92, 1999.

SIWICKI, A. K.; ANDERSON, D. P.; RUMSEY, G. L. Dietary intake of immunostimulants by rainbow trout affects non-specific immunity and protection against furunculosis. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, Amsterdam, v. 41, p. 125- 139, 1993.

SAMRONGPAN, C.; CEREECHON, N.; YOONPUNDG, R.; SRISAPOOME,P. Effects of mannan-oligosaccharide on growth, survival and disease resistance of nile tilapia (*Oreochromis*

niloticus, LINNEAUS) fry. *Dept of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasitsart University, Bangkok, Thailand*, p. 1-11, 2009.

SCHORER, M. Utilização do β – Glucano sobre o desempenho produtivo, indicadores de estresse, perfil hematológico e sobrevivência do pacu (*Piaractus mesopotamivus*). 2008. 106 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura). Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal, SP. 2008.

SHRIMPTON, J.M.; ZYDLEWSKI, J.D. & McCORMICK, S. The stress response of juvenile American Shad to handling and confinement is greater during migration in freshwater than in seawater. *Trans. Am. Fish. Soc.*, v. 130, p. 1203-1210, 2001.

SILVA, L.P.; NÖRNBERG, J.L. Prebióticos na nutrição de não ruminantes. *Ciência Rural*, v.33, n.5, p. 983-990, 2003.

STAYKOV, Y.; SPRING, P.; DENEV, S.; SWEETMAN, J. Effect of a mannan oligosaccharide on the growth performance and immune status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture International*, v.15, n.2, p.153-161, 2007.

TAVARES-DIAS, M. MARCON, J. L. LEMOS, J. R. G. FIM, J. D. I. AFFONSO, E. G. ONO, E. A. Índices de condição corporal em juvenis de *Brycon amazonicus* (SPIX & AGASSIS, 1829) e *Colossomoma macropomum* (CURVIER, 1818) na Amazônia. *B. Inst. Pesca*, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 197-204, 2008.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F. R., *Hematologia de Peixes Teleósteos*. Ribeirão Preto: M., TAVARES-DIAS, 2004.

THRALL, A.M. *Veterinary Hematology and Chemical Chemistry*. 1st Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 518 f., p.301- 328. 2004

WALTER, H. E. Proteinases: methods with hemoglobin, casein and azocoll as substrates. IN: BERGMAYER, H. U. (ed.). *Methods of Enzymatic Analysis* Verlag Chemie, Weinheim, v. 5, p. 270-277, 1984.

WELKER, T.L.; LIM, C.; YILDIRIM-AKSOY, M. SHELBY, R.; KLESIUS, P.H. Immune response and resistance to stress and *Edwardsiella ictaluri* challenge in channel catfish, *Ictalurus punctatus*, fed diets containing commercial whole-cell yeast or yeast subcomponents. *Journal of the World Aquaculture Society*. v. 38, n.1, p. 24-35, 2007.

WIGGLESWORTH, J.M., GRIFFITH, D.R.W. Carbohydrate digestion in *Peaneus monodon*. *Mari. Biology*, v. 120, p. 571, 1994.

UNGAR, A. B. MAI, M. G. ALTRAN, E. A. SILVA, T. A. MORAES, G. Efeito da adição de aminoácidos essenciais à dieta sobre a secreção de enzimas digestivas de jundiá *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Pimelodidae). *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, v. 31, n. 1, p. 105-111, 2009.

VERLHAC, V.; GABAUDAN, J.; OBACH, A.; SCHÜEP, W.; HOLE, R. Influence of dietary glucan with vitamin C on non-specific immune responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, v. 143, p. 123-133, 1996.

VOLPATTI, D., L. D'ANGELO, G. JENEY, Z. JENEY, D. P. ANDERSON, AND M. GALEOTTI. Non specific immune response in fish fed glucan diets prior to induced transportation stress. *J. Appl. Ichthyol*, v. 14, p. 201-206, 1998.

Tabela 1. Composição percentual e química das rações experimentais durante a realização do experimento

Ingredientes (%)	Controle¹	D – MOS²	D- GLU³
Milho moído	31,20	31,20	31,20
Farelo de trigo	5,00	5,00	5,00
Farelo de soja	19,20	19,20	19,20
Quirera de arroz	12,00	12,00	12,00
Glúten de milho	7,46	7,46	7,46
Farinha de penas	5,00	5,00	5,00
Farinha de peixe	5,00	5,00	5,00
Farinha de vísceras de aves	12,00	12,00	12,00
NaCL	0,24	0,24	0,22
Vixil ligonossufonato - aglutinante	1,00	1,00	1,00
Suplemento vitamínico e mineral ⁴	0,50	0,50	0,50
Cloreto de colina %	0,50	0,50	0,50
LD Metionina	0,90	0,90	0,90
	<i>MOS</i>	<i>0,1</i>	<i>--</i>
	<i>β- glucano</i>	<i>--</i>	<i>0,03</i>
Composição %			
Proteína Bruta	36,00	36,00	36,00
Extrato Etéreo	4,64	4,64	4,64
Fibra Bruta	3,25	3,25	3,25
Matéria Mineral	7,75	7,75	7,75
Cálcio	1,55	1,55	1,55
Fósforo	1,00	1,00	1,00
Extrato não nitrogenado ⁵	50,19	50,19	50,19

¹ CONTROLE - ração comercial sem suplementação (controle).

² D- MOS -1kg MOS por tonelada de ração;

³ D- GLU- 300g β- glucanos purificados por tonelada de ração;

⁴ – Vitaminas e Minerais, quantidade kg/ração: 2.000,00 colina, 0,2143% sódio, 0,2531% cloro, 0,7819% potássio, 0,1979% magnésio, 0,3231% enxofre, 268,88 mg de ferro, 21,10 mg de cobre, 21,40 mg manganês, 198,07 mg de zinco, 0,054 mg cobalto, 4,84 mg iodo, 0,478 mg selênio, 14,056,67 UI vitamina A, 3.000,48 UI vitamina D3, 200 mg vitamina E, 6,00 mg vitamina K3, 8,01 mg vitamina B1, 10,93 mg vitamina B2, 10,89 mg vitamina B6, 23,21 mcg vitamina B12, 134,45 mg niacina, 27,56 mg ácido pantotênico (B3), 1,30 mg ácido fólico, 0,256 biotina, 400 mg vitamina C.

⁵ - ENN = MS –(PB+MM+FB+EE)

Tabela 2. Médias ($\bar{x}$) respectivos desvios padrão (s) dos parâmetros: peso e comprimento final, fator de condição (K), consumo de ração, ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar aparente (CAA) e sobrevivência, segundo as rações e período coletado.

Parâmetros	Coleta s	Ração ($\bar{x} \pm s$)		
		Controle	MOS	β -glucano
Peso final (g)	1	55,33 $\pm$ 2,31 cA	61,33 $\pm$ 4,16 cA	67,67 $\pm$ 4,51 cA
	2	110,33 $\pm$ 7,09 bB	128,00 $\pm$ 4,36 bAB	136,67 $\pm$ 6,66 bA
	3	179,00 $\pm$ 28,05 aB	201,33 $\pm$ 18,15 aAB	219,67 $\pm$ 6,66 aA
	$\bar{x}$	114,88	130,22	141,33
Comprimento final (cm)	1	14,37 $\pm$ 0,31 cA	14,90 $\pm$ 0,46 cA	14,63 $\pm$ 0,15 cA
	2	17,93 $\pm$ 0,40 bB	18,00 $\pm$ 0,00 bAB	18,80 $\pm$ 0,17 bA
	3	20,90 $\pm$ 0,53 aB	21,73 $\pm$ 0,46 aA	21,93 $\pm$ 0,55 aA
	$\bar{x}$	17,73	18,21	18,45
Fator de condição (K)	1	1,404 $\pm$ 0,142 aB	1,162 $\pm$ 0,057 aC	2,069 $\pm$ 0,129 aA
	2	1,400 $\pm$ 0,029 aB	1,331 $\pm$ 0,045 aB	1,961 $\pm$ 0,042 aA
	3	1,407 $\pm$ 0,149 aB	1,149 $\pm$ 0,043 aC	1,986 $\pm$ 0,147 aA
	$\bar{x}$	1,403	1,214	2,005
Ganho de peso diário (GPD, gdia ⁻¹)	1	1,74 $\pm$ 0,13 bA	2,07 $\pm$ 0,23 bA	2,43 $\pm$ 0,25 bA
	2	2,39 $\pm$ 0,34 abA	2,90 $\pm$ 0,31 abA	3,00 $\pm$ 0,47 bA
	3	3,27 $\pm$ 1,13 aA	3,49 $\pm$ 0,69 aA	3,95 $\pm$ 0,38 aA
	$\bar{x}$	2,46	2,82	3,12
Conversão alimentar aparente (CAA)	1	2,59 $\pm$ 1,11 aA	1,88 $\pm$ 1,17 aA	1,52 $\pm$ 0,16 aA
	2	2,24 $\pm$ 0,89 aA	1,59 $\pm$ 0,36 aA	1,48 $\pm$ 0,51 aA
	3	1,88 $\pm$ 1,90 aA	1,70 $\pm$ 0,76 aA	1,10 $\pm$ 0,41 aA
	$\bar{x}$	2,23	1,72	1,36
Sobrevivência (S,%)	1	69,6 $\pm$ 10,3 aA	73,5 $\pm$ 2,4 aA	75,2 $\pm$ 2,1 aA
	2	68,6 $\pm$ 0,8 bA	72,7 $\pm$ 0,3 bA	73,0 $\pm$ 0,3 aA
	3	63,8 $\pm$ 2,7 abA	68,8 $\pm$ 2,7 abA	71,0 $\pm$ 1,8 aA
	$\bar{x}$	67,3	71,6	73,0
Consumo Ração (CR,kg)	1	38,95 $\pm$ 1,42 cA	39,62 $\pm$ 1,65 cA	33,08 $\pm$ 8,84 cA
	2	127,72 $\pm$ 8,44 bA	128,88 $\pm$ 0,00 bA	124,26 $\pm$ 0,00 bA
	3	174,54 $\pm$ 8,70 aA	189,02 $\pm$ 0,00 aA	165,67 $\pm$ 35,87 aA
	$\bar{x}$	113,73	119,17	107,67
Taxa crescimento específico (TCE)	1	4,63 $\pm$ 0,229 bA	5,20 $\pm$ 0,372 aA	9,52 $\pm$ 0,372 aA
	2	6,62 $\pm$ 0,278 bA	7,24 $\pm$ 0,215 aA	10,25 $\pm$ 0,147 aA
	3	9,57 $\pm$ 0,747 aA	7,54 $\pm$ 0,144 aA	10,54 $\pm$ 0,435 aA
	$\bar{x}$	6,94	6,66	10,10
Taxa de eficiência protéica (TEP)	1	40,31 $\pm$ 4,24 aA	47,03 $\pm$ 14,13 aA	68,26 $\pm$ 3,33 aA
	2	27,68 $\pm$ 5,15 bA	33,05 $\pm$ 5,56 bA	35,48 $\pm$ 3,52 bA
	3	22,74 $\pm$ 6,98 bA	22,63 $\pm$ 9,85 bA	30,62 $\pm$ 4,50 bA
	$\bar{x}$	30,24	34,23	44,78

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Tabela 3. Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (s) dos parâmetros hematológicos: Ht (hematócrito), Hb (hemoglobina total), PPT (proteína total), eritrócito, CHCM (concentração de hemoglobina corpuscular média), VCM (volume corpuscular médio) segundo as rações e períodos de coleta.

Parâmetros	Coletas	Ração ($\bar{x} \pm s$)		
		Controle	MOS	β -glucano
Ht (%)	1	32,00 $\pm$ 2,76 aA	34,33 $\pm$ 6,68 aA	36,00 $\pm$ 6,81 aA
	2	31,40 $\pm$ 3,05 aA	34,33 $\pm$ 4,08 aA	32,33 $\pm$ 2,94 aA
	3	33,33 $\pm$ 2,80 aA	34,00 $\pm$ 4,34 aA	34,33 $\pm$ 2,66 aA
	$\bar{x}$	32,24	34,22	34,22
Hb (g dL ⁻¹)	1	7,22 $\pm$ 0,44 aA	7,42 $\pm$ 0,77 aA	6,96 $\pm$ 0,72 aA
	2	5,41 $\pm$ 0,26 cA	5,89 $\pm$ 0,63 cA	5,68 $\pm$ 0,60 bA
	3	6,47 $\pm$ 0,47 bA	6,62 $\pm$ 0,81 bA	6,93 $\pm$ 0,36 aA
	$\bar{x}$	6,36	6,64	6,49
PPT	1	3,70 $\pm$ 0,33 aA	3,93 $\pm$ 0,74 aA	4,72 $\pm$ 0,75 aA
	2	3,54 $\pm$ 0,17 aA	4,03 $\pm$ 0,44 aA	3,92 $\pm$ 0,33 aA
	3	3,70 $\pm$ 0,40 aB	4,32 $\pm$ 0,43 aA	4,25 $\pm$ 0,67 aAB
	$\bar{x}$	3,64	4,09	4,29
CHCM (g dL ⁻¹)	1	22,39 $\pm$ 1,95 aA	22,42 $\pm$ 3,52 aA	19,59 $\pm$ 1,65 abA
	2	17,30 $\pm$ 1,07 bA	17,21 $\pm$ 0,82 cA	18,62 $\pm$ 1,72 bA
	3	19,46 $\pm$ 1,02 bA	19,48 $\pm$ 0,49 bA	20,24 $\pm$ 0,76 aA
	$\bar{x}$	19,71	19,70	19,48
VCM (fL)	1	1,63 $\pm$ 0,28 bB	1,71 $\pm$ 0,34 bAB	2,07 $\pm$ 0,24 bA
	2	2,02 $\pm$ 0,52 aA	2,15 $\pm$ 0,37 aA	1,85 $\pm$ 0,27 bA
	3	2,02 $\pm$ 0,17 aB	2,20 $\pm$ 0,24 aAB	2,51 $\pm$ 0,35 aA
	$\bar{x}$	1,89	2,02	2,14
CTT (10 ⁴ μ L)	1	39,2 $\pm$ 15,2 aA	32,2 $\pm$ 10,5aA	19,3 $\pm$ 6,2bA
	2	22,2 $\pm$ 10,6aA	16,8 $\pm$ 5,8aA	19,0 $\pm$ 2,4aA
	3	15,7 $\pm$ 7,4aA	15,7 $\pm$ 4,4aA	13,0 $\pm$ 5,3aA
	$\bar{x}$	25,7	21,56	17,1
Er (10 ⁴ μ L)	1	202,33 $\pm$ 32,23 aA	202,00 $\pm$ 27,57 aA	173,50 $\pm$ 22,56 aA
	2	157,20 $\pm$ 35,53 bA	161,33 $\pm$ 25,38 bA	178,50 $\pm$ 34,45 aA
	3	166,67 $\pm$ 24,04 bA	138,67 $\pm$ 18,78 bA	156,67 $\pm$ 28,32 aA
	$\bar{x}$	181,1	167,33	169,69

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Tabela 4 - Média ($\bar{x}$), desvio padrão (s) e mediana (Md) dos parâmetros da contagem diferencial: neutrófilo, monócito e linfócito em %,segundo as rações e períodos de coleta.

Parâmetros	Coletas	Ração ($\bar{x} \pm s$)		
		Controle	MOS	β -glucano
Neutrófilos	1	32,1 $\pm$ 8,8 ^{aA}	23,0 $\pm$ 7,9 ^{aA}	26,9 $\pm$ 4,3 ^{aA}
	2	25,0 $\pm$ 12,6 ^{aA}	22,9 $\pm$ 13,8 ^{aA}	13,6 $\pm$ 7,6 ^{bA}
	3	24,6 $\pm$ 5,6 ^{bA}	14,6 $\pm$ 1,0 ^{aB}	13,5 $\pm$ 1,5 ^{bB}
	$\bar{x}$	27,23	20,16	18,0
Monócitos	1	6,2 $\pm$ 3,2 ^{aA}	1,7 $\pm$ 1,2 ^{aB}	1,7 $\pm$ 1,4 ^{aB}
	2	5,6 $\pm$ 1,7 ^{aA}	5,6 $\pm$ 5,4 ^{aA}	4,5 $\pm$ 1,6 ^{aA}
	3	7,4 $\pm$ 5,2 ^{aA}	2,0 $\pm$ 1,6 ^{aB}	1,9 $\pm$ 0,8 ^{aB}
	$\bar{x}$	6,4	3,1	2,7
Linfócitos	1	61,0 $\pm$ 6,2 ^{aB}	74,5 $\pm$ 8,4 ^{aA}	69,6 $\pm$ 2,7 ^{bAB}
	2	69,0 $\pm$ 13,7 ^{aA}	70,2 $\pm$ 17,7 ^{aA}	82,0 $\pm$ 9,2 ^{aA}
	3	66,1 $\pm$ 3,5 ^{aB}	80,7 $\pm$ 2,8 ^{aA}	82,7 $\pm$ 2,0 ^{aA}
	$\bar{x}$	65,33	75,13	78,1

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05)

Tabela 5. Média ($\bar{x}$) e desvio padrão (s) da altura das vilosidades, altura das paredes e espessura do epitélio, segundo as rações e períodos de coleta.

Parâmetros	Coletas	Ração ($\bar{x} \pm s$)		
		Controle	MOS	β -glucano
Altura das vilosidades (μm)	1	32,02 $\pm$ 2,11 _{bA}	33,17 $\pm$ 7,06 _{cA}	36,20 $\pm$ 7,19 _{bA}
	2	57,38 $\pm$ 7,36 _{aB}	61,71 $\pm$ 6,56 _{bAB}	64,90 $\pm$ 14,48 _{aA}
	3	61,87 $\pm$ 3,67 _{aB}	69,02 $\pm$ 11,27 _{aA}	69,15 $\pm$ 11,41 _{aA}
	$\bar{x}$	50,42	54,63	56,74
Altura total das vilosidades (μm)	1	33,20 $\pm$ 2,21 _{bA}	34,73 $\pm$ 7,19 _{bA}	40,18 $\pm$ 7,66 _{bA}
	2	61,30 $\pm$ 8,19 _{aB}	71,38 $\pm$ 6,97 _{aA}	71,09 $\pm$ 16,52 _{aA}
	3	66,71 $\pm$ 4,40 _{aB}	76,30 $\pm$ 13,99 _{aA}	74,12 $\pm$ 10,99 _{aAB}
	$\bar{x}$	53,73	60,80	61,79
Espessura Epitélio vilosidades (μm)	1	1,33 $\pm$ 0,23 _{cB}	1,67 $\pm$ 0,43 _{bB}	2,78 $\pm$ 0,59 _{cA}
	2	3,43 $\pm$ 0,64 _{bB}	6,93 $\pm$ 1,26 _{aA}	6,35 $\pm$ 1,29 _{bA}
	3	7,67 $\pm$ 1,30 _{aA}	6,48 $\pm$ 1,18 _{aB}	8,41 $\pm$ 0,92 _{aA}
	$\bar{x}$	4,14	5,02	5,84

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

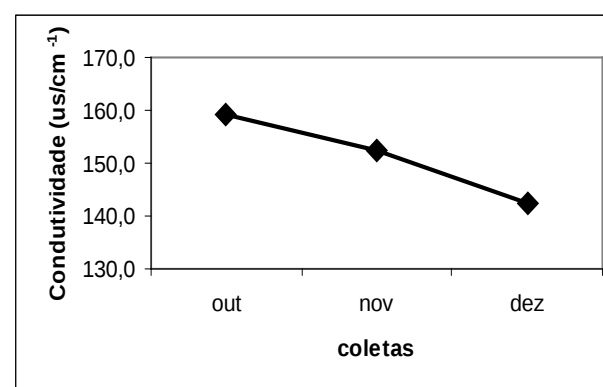
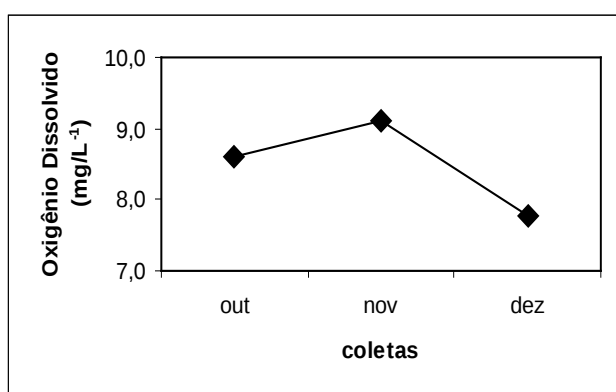
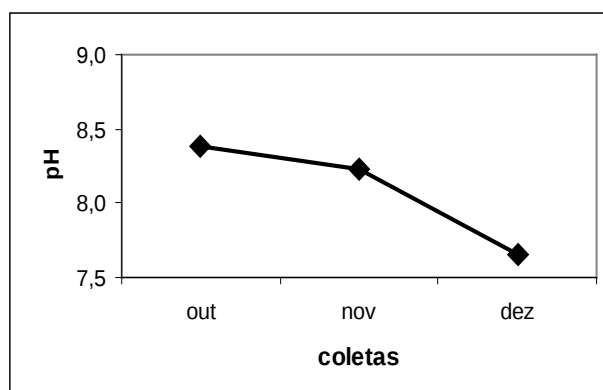
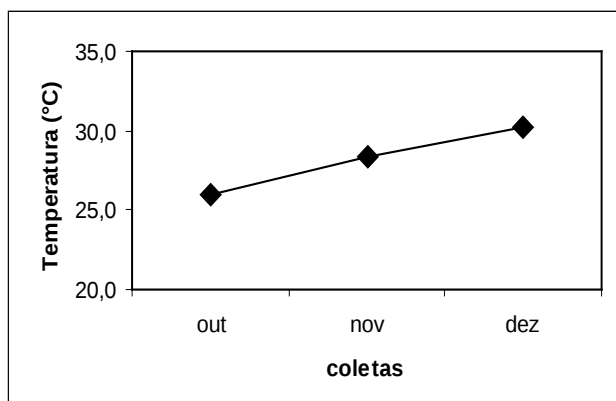


Figura 1 – Parâmetros físicos químicos da água durante os 90 dias de experimento

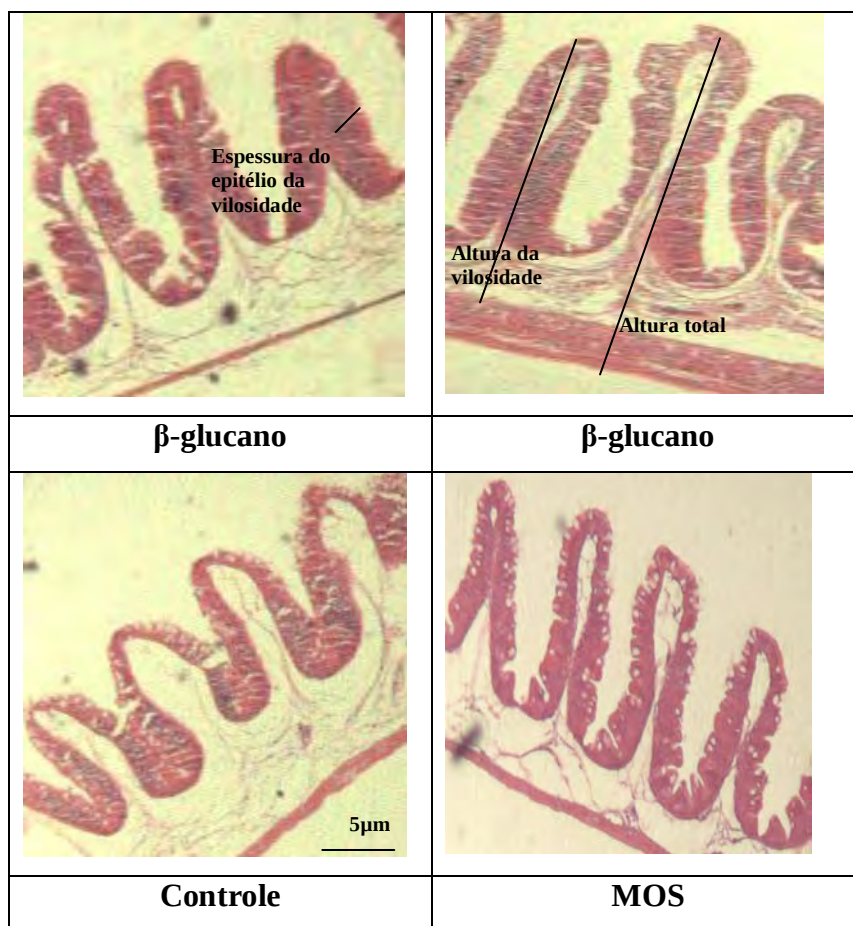


Figura 2 – Vilosidades do intestino de tilápia-do-nilo alimentadas com dietas suplementadas com prebióticos

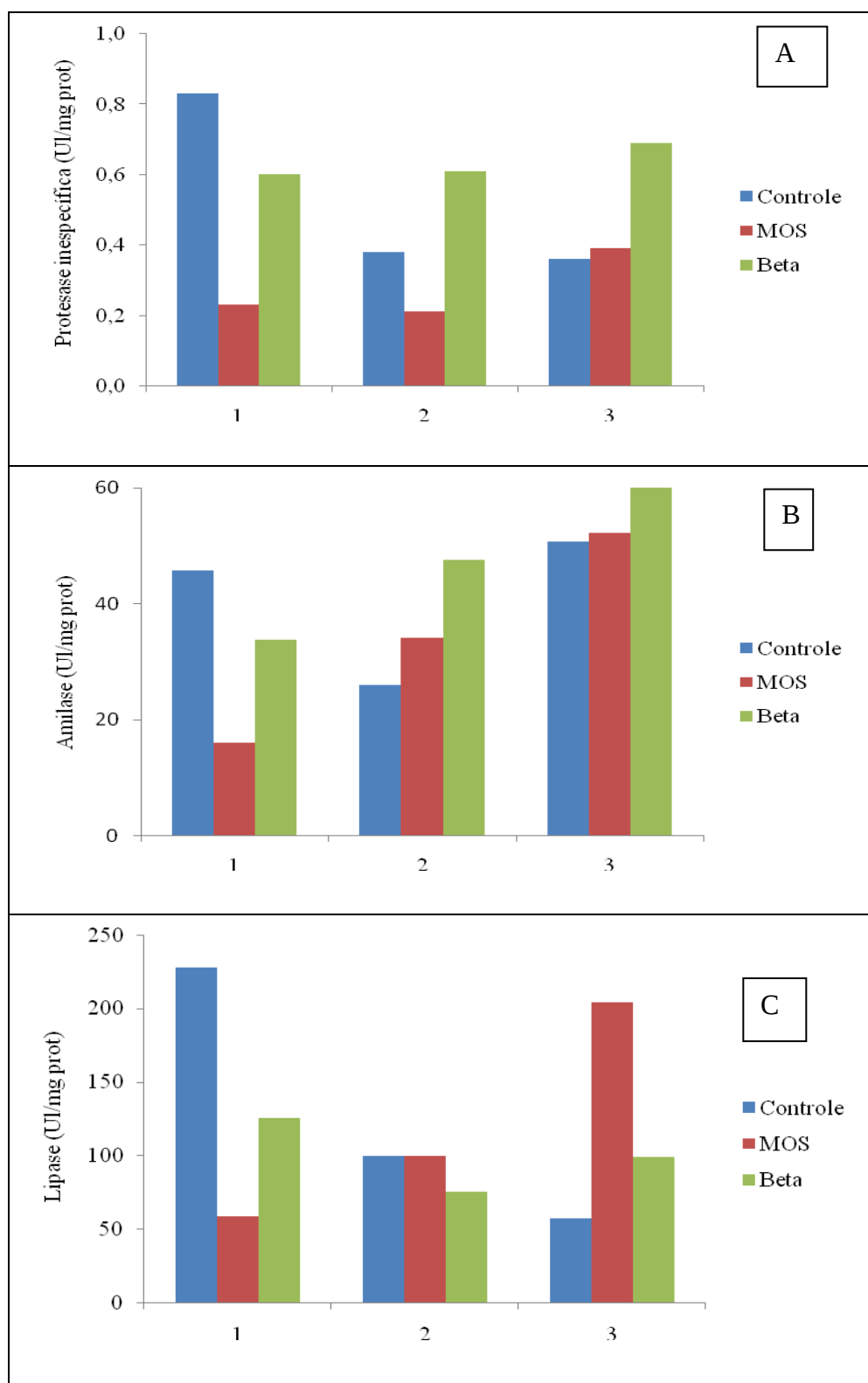


Figura 3 – Atividade inespecífica das enzimas digestivas no trato gastrointestinal (A = proteolítica; B= amilase; C = lipase) de tilápia-do-nilo alimentadas com dietas contendo prebióticos durante os 90 dias

ANEXO



Vista Geral do local



Detalhe do Tanque-rede



Pesagem



Medição



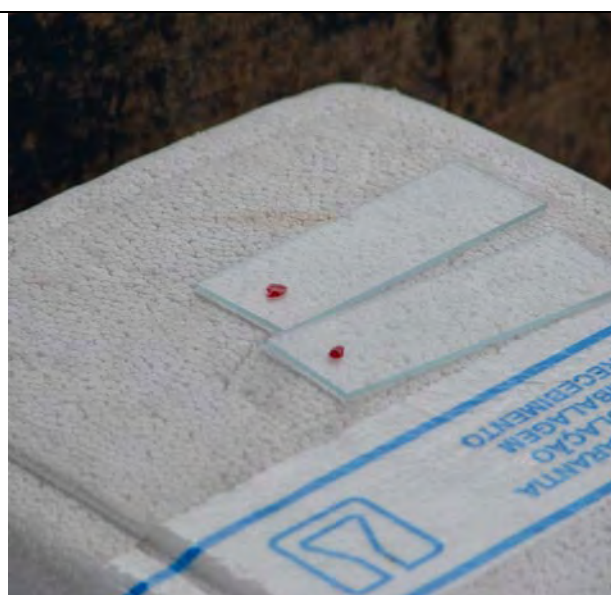
Tilápia-do-nilo - despesca



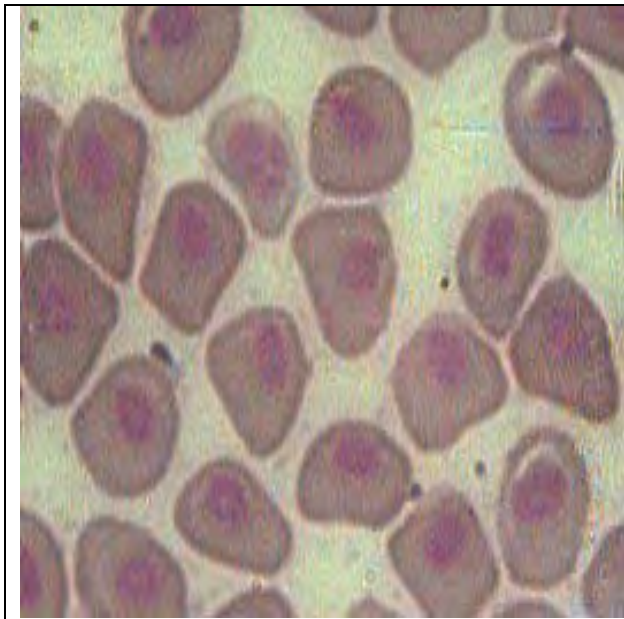
Retirada de sangue por punção caudal



Punção caudal



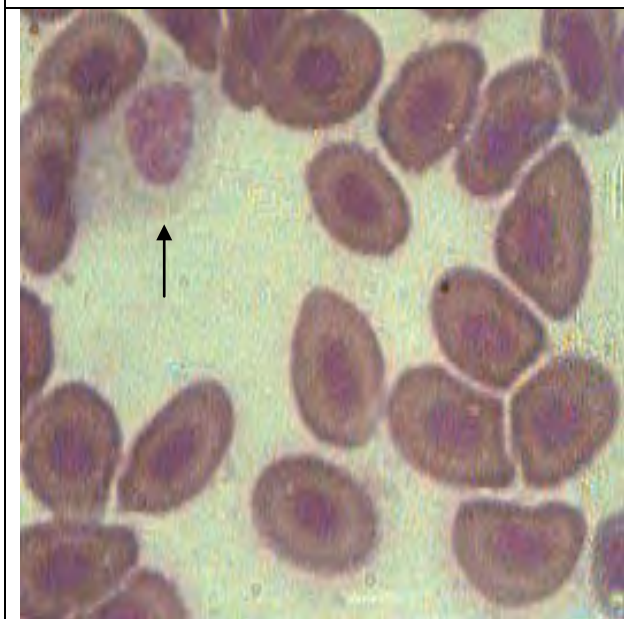
Lâmina para esfregaço



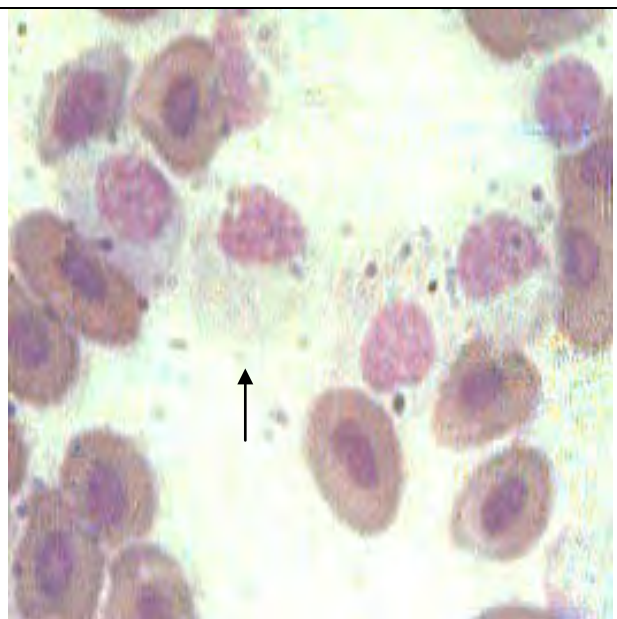
Ertrócitos



Linfócito



Neutrófilo



Monócitos



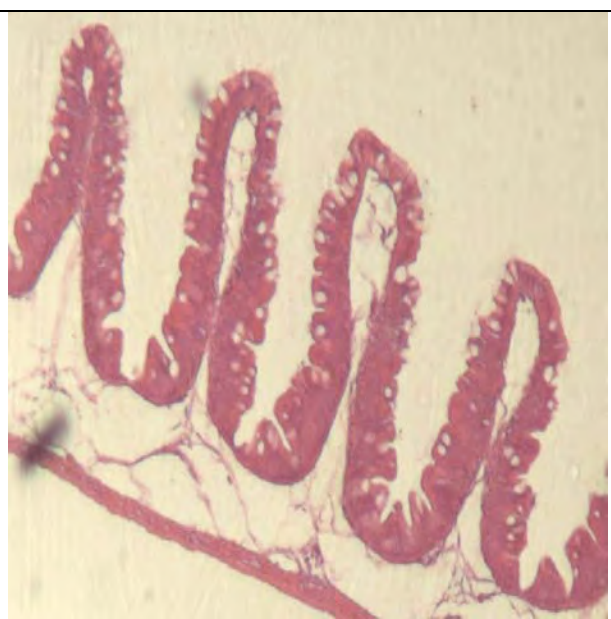
Retirada do intestino



Fixação do intestino



Vilosidades intestinais



Vilosidades intestinais