

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS AGROPECUÁRIAS
LABORATÓRIO DE ZOOTECNIA E NUTRIÇÃO ANIMAL

MARCELO FANTTINI POLESE

**EFEITO DA GRANULOMETRIA DO MILHO DA RAÇÃO NOS PARÂMETROS
ZOOTÉCNICOS E MORFOMÉTRICOS EM JUVENIS DE TAMBAQUI (*Colossoma
macropomum*)**

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
MARÇO DE 2013

**EFEITO DA GRANULOMETRIA DO MILHO DA RAÇÃO NOS PARÂMETROS
ZOOTÉCNICOS E MORFOMÉTRICOS EM JUVENIS DE TAMBAQUI (*Colossoma
macropomum*)**

MARCELO FANTTINI POLESE

**“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
Título de Doutor em Ciência Animal, na Área de
Concentração em Nutrição e Produção Animal.”**

Orientador: Prof. Manuel Vazquez Vidal Júnior

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MARÇO DE 2013**

EFEITO DA GRANULOMETRIA DO MILHO DA RAÇÃO NOS PARÂMETROS ZOOTÉCNICOS E MORFOMÉTRICOS EM JUVENIS DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)

MARCELO FANTTINI POLESE

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Ciência Animal, na Área de Concentração em Nutrição e Produção Animal.”

Aprovado em 06 de Março de 2013

Comissão Examinadora:

Prof. Eduardo Shimoda (D.Sc. Produção Animal) – Faculdade Candido Mendes

Prof. Pedro Pierro Mendonça (D.Sc. Ciência Animal) – IFES - Alegre

Prof. Leonardo Serafim da Silveira (D.Sc. Ciência Animal) – UENF

Prof. Dalcio Ricardo de Andrade (D.Sc. Ciências Morfológicas) - UENF

Prof. Manuel Vazquez Vidal Jr. (D.Sc. Zootecnia) – UENF (Orientador)

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta dissertação.

Agradeço à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, pela oportunidade de ampliar meus conhecimentos e minha capacitação profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo apoio financeiro para a realização dos trabalhos.

Ao Prof. Manuel Vazquez Vidal Júnior, por sua orientação e compartilhamento de todo seu conhecimento, sem o qual não chegaria até aqui; por sua amizade e paciência em aturar erros que poderão se tornar em acertos na vida profissional e pessoal.

Ao Prof. Dalcio Ricardo de Andrade, por me ter dado a oportunidade de compartilhar do seu conhecimento e pela amizade.

Ao Prof. Humberto Pena Couto, pela ajuda na elaboração dos trabalhos e pelas informações técnicas tão importantes para a confecção dos trabalhos.

Ao Prof. Pedro Pierro Mendonça e Eduardo Shimoda, pela amizade, compartilhamento de seus conhecimentos e incentivos durante toda etapa para a conclusão do doutorado.

Um agradecimento especial aos meus colegas de trabalho, churrascos ou numa mesa de bar onde pude ter o prazer de conhecê-los ao longo desses quatro anos e que se perpetuem por toda a vida. Obrigado ao Pedro por toda ajuda, amizade e discussões que só enriqueceram minha pessoa; obrigado ao William pelos esclarecimentos de informática, filmes e jogos, discussões de trabalho e

amizade; obrigado ao André por ser um excelente investidor, amigo que ajudou nas realizações de trabalhos, e aos demais muito obrigado por tudo, por deixarem uma lembrança única da amizade de todos como: Alex, Marcella, Shaytner, Mateus, Rafael, Douglas, Jonas, João, Leonardo. Aos senhores Jorge e Leandro pela ajuda na realização dos trabalhos e segurança do laboratório, que não teriam acontecido sem esse respaldo.

Aos meus amigos de Linhares, Moacyr Perini, Bruno Lorenzoni, Juliano Mattos, Gláucia, Flávia, que sempre me deram força para continuar essa caminhada. Podendo compartilhar momentos únicos ao lado de pessoas maravilhosas que admiro muito e estão guardados no lado esquerdo do peito.

Aos meus pais, José Francisco Polese e Iracema Áurea Fanttini Polese, que sempre me apoiaram e me ajudaram para a realização de todos meus sonhos e objetivos de vida. Obrigado, pois amo vocês e sou eternamente grato.

Não podia deixar de agradecer aos meus queridos irmãos, Márcio Fanttini Polese e Lívia Fanttini Polese, que além de todo o apoio que recebi e recebo, posso compartilhar ao lado deles momentos únicos e inexplicáveis de se ter um irmão e uma irmã que amo muito; vocês são pessoas especiais que amo e admiro pelas particularidades e diferenças de cada um, que os fazem essas pessoas tão extraordinárias no meu convívio, irmãos de sangue, irmãos de amizade e acima de tudo irmãos de DEUS.

À minha família, Fanttini e Polese, que sempre estiveram me apoiando em momentos difíceis da minha caminhada. Apoio nos bons momentos todo mundo quer participar, quero ver agarrar o problema e lhe dar apoio como minha família sempre fez nas horas de angustias, indecisões, desesperos, aflições. Por isso que visto a camisa da minha família Fanttini e Polese com muito orgulho.

À Ariele, minha eterna namorada, amiga e companheira que me deu uma força extra nessa caminhada, onde a distância física não superou a presença espiritual do amor que liga os dois. Muito obrigado por tudo, minha loira, te amo.

Aos “morantes”, Hidelfonso, Lucas, Leonardo, Paulo, Juliano, Joãozinho, Batata que fizeram parte de uma convivência saudável e de uma amizade que ficará guardada na lembrança de nossas vidas e ao Churrasco (Dog Alemão) que guarda a casa mesmo dormindo, pois não faz outra coisa.

A todos que, mesmo tento contribuído para a realização deste trabalho, foram injustamente omitidos.

A DEUS, que me deu força, amor, fé, condições físicas, intelectuais, de saúde, perseverança, de relacionamento pessoal, profissional, sentimental e familiar e dedicação para lutar e conseguir atingir meus objetivos profissionais, pessoais e espirituais, pois sem Ele nada poderia estar agradecendo. Por tudo e por todos, por momentos maravilhosos ao lado de pessoas iluminadas e abençoadas. Obrigado meu DEUS!

OBRIGADO.

“Hoje levantei pensando no que tenho a fazer antes que o relógio marque meia noite. É minha função escolher que tipo de dia terei hoje. Posso reclamar que está chovendo ou agradecer às águas por levarem a poluição. Posso ficar triste por não ter dinheiro ou me sentir encorajado para administrar minhas finanças, evitando o desperdício. Posso reclamar sobre minha saúde ou dar graças por estar vivo. Posso me queixar dos meus pais por não terem dado o que eu queria ou posso ser grato por ter nascido. Posso reclamar por ter que ir trabalhar ou agradecer por ter trabalho. Posso sentir tédio com o trabalho doméstico ou agradecer a Deus por ter um teto para morar. Posso lamentar decepções com amigos ou me entusiasmar com a possibilidade de fazer novas amizades. Se as coisas não saírem como planejei, posso ficar feliz por ter hoje para recomeçar. O dia está na minha frente, esperando para ser o que eu quiser. E aqui estou eu, o escultor que pode dar a forma. Tudo depende de mim...”

Charles Chaplin.

DEDICATÓRIA

Dedico essa Tese ao meu pai celestial, a meu pai José Francisco Polese e minha mãe Iracema Áurea Fanttini Polese.

Aos meus irmãos Marcio Fanttini Polese e Livia Fanttini Polese.

A minha companheira e noiva Ariele Abreu Venturini.

SALMO 1

Bem-aventurado o homem que não anda segundo o conselho dos ímpios, nem se detém no caminho dos pecadores, nem se assenta na roda dos escarnecedores;

Antes tem seu prazer na lei do Senhor, e na sua lei medita de dia e noite. Pois será como a árvore plantada junto às correntes de águas, a qual dá o seu fruto na estação própria, e cuja folha não cai; e tudo quanto fizer prosperará.

Não são assim os ímpios, mas são semelhantes à moinha que o vento espalha.

Pelo que os ímpios não subsistirão no juízo, nem os pecadores na congregação dos justos;

Porque o Senhor conhece o caminho dos justos, mas o caminho dos ímpios conduz à ruína.

BIOGRAFIA

Marcelo Fanttini Polese, filho de José Francisco Polese e Iracema Áurea Fanttini Polese, nasceu em 23 de setembro de 1982, na cidade de Eunápolis - BA.

Em março de 2002, iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Alegre – ES, onde colou grau em 11 de Agosto de 2006.

Foi admitido em agosto de 2006 na Fazenda Polese, onde trabalhou como gerente administrativo nas áreas de pecuária e fruticultura (mamão e cacau) em Linhares – ES.

Foi admitido em Março de 2007 no curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, Mestrado, na área de Produção e Nutrição Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), em Campos dos Goytacazes – RJ, submetendo-se à defesa de dissertação e conclusão do curso em Fevereiro de 2009.

Foi admitido em Março de 2009 no curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, Doutorado, na área de Produção e Nutrição Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), em Campos dos Goytacazes – RJ, submetendo-se à defesa de tese e conclusão do curso em Março de 2013.

RESUMO

POLESE, Marcelo F., D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Março de 2013; ***Efeito da granulometria do milho da ração nos parâmetros zootécnicos e morfométricos em juvenis de tambaqui, Colossoma macropomum;***

Professor Orientador: Manuel Vazquez Vidal Júnior.

Avaliou-se o efeito de diferentes granulometrias do milho da ração no desempenho, digestibilidade aparente, histologia do intestino e composição de carcaça de juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum*. No experimento de desempenho e composição bromatológica foram utilizados 200 juvenis de tambaqui com peso inicial de $11,045 \pm 0,024$ g, comprimento total de $8,40 \pm 0,029$ cm, comprimento padrão de $7,30 \pm 0,025$ cm e altura de $3,34 \pm 0,017$ cm, distribuídos em 20 aquários experimentais (300L) na densidade de 10 peixes por unidade experimental, em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) composto por cinco tratamentos com granulometrias (850, 710, 500, 300, 150 μ m) do milho na composição da ração e quatro repetições cada. A duração do experimento de desempenho foi de 68 dias. O arraçoamento foi feito três vezes ao dia 9:00, 13:00 e 17:00 horas. Os parâmetros físico-químicos da água foram monitorados e mensurados todos os dias antes do arraçoamento dos peixes. O tratamento com a menor granulometria apresentou melhores respostas em relação as variáveis de desempenho tais como: peso final, ganho de peso e taxa de crescimento específico. Já para as variáveis do experimento de composição bromatológica não foi verificado efeito significativo entre

os tratamentos ($P < 0,05$). No experimento de digestibilidade foram utilizados 75 juvenis de tambaqui com peso de $34,73 \pm 0,212$ g, comprimento total de $13,01 \pm 0,181$ cm, comprimento padrão de $11,38 \pm 0,169$ cm e altura de $5,82 \pm 0,106$ cm, distribuídos em cinco aquários experimentais de 200L cada, na densidade de 15 peixes por unidade experimental, em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) composto por cinco tratamentos com diferentes granulometrias (850, 710, 500, 300, 150 μm) do milho e três repetições que foram feitas no tempo, cinco dias para cada repetição. A duração do experimento foi de 15 dias. O arraçoamento foi feito uma vez ao dia às 7:30 horas com 12 gramas de ração em cada unidade experimental. As fezes foram coletadas a cada meia hora, para evitar a lixiviação de nutrientes e durante cinco dias, a fim de obter quantidade suficiente para as análises bromatológicas no laboratório. Os parâmetros físico-químicos da água foram mensurados todos os dias antes do arraçoamento dos peixes. Foi observado nos tratamentos comportamento linear para a variável coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta sendo que a menor granulometria teve melhores resultados de digestibilidade. No experimento de avaliação histológica das vilosidades do trato intestinal, foram utilizados 20 juvenis de tambaqui, sendo provenientes do experimento de desempenho, os quais foram utilizados 4 animais por tratamento sendo feitas três lâminas da porção do intestino (anterior, médio e posterior) de cada animal, totalizando 60 lâminas histológicas. Foram selecionadas 3 vilosidades por secção histológica em 4 secções diferentes no intestino anterior, médio e posterior, num total de 36 vilosidades por tratamento (12 anterior, 12 médio e 12 no posterior), medindo-se em cada secção altura total, altura, espessura e largura da vilosidade, utilizando-se imagens capturadas com a objetiva de 4X. As medições foram feitas utilizando-se o programa de análise de imagem computadorizada ImageTool, versão 2.0. As vilosidades da porção anterior, médio e posterior dos intestinos dos tambaquis analisados não apresentaram diferenças morfológicas significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos e nem entre as porções do intestino anterior, médio e posterior.

Palavras-chave: nutrição de peixes, aquicultura, peixes brasileiros, Myleinae, crescimento, peso, altura, análise bromatológica, trato intestinal.

ABSTRACT

POLESE, Marcelo F., D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Março de 2013; ***The effect of corn ration granulometry in zootechnical and morphometric parameters in juvenile Tambaquis, Colossoma macropomum;***

Professor adviser: Manuel Vazquez Vidal Júnior.

It was valuated the effect of different corn granulometries of ration in the performance, apparent digestibility, intestine histology and composing of juvenile tambaqui's carcass, *Colossoma macropomum*. In the experiment of performance and bromatológico composition were used 200 juvenile tambaquis with initial weight of $11,045 \pm 0,024$ g, total length of $8,40 \pm 0,029$ cm, standard length of $7,30 \pm 0,025$ cm and height of $3,34 \pm 0,017$ cm, distributed into 20 experimental aquariums (300L) with density of 10 fish for experimental unit, in a completely randomized design (CRD) with five feeding of different granulometry (850, 710, 500, 300, 150 μm) of corn in the composition of the ration and four repetitions. The experiment lengthen was of 68 days. The feeding was made three times a day at 9 am, 1 pm and 5 pm. The chemical-physical parameters of the water were watched and measured every single day before the fish feeding. The treatment with less granulometry had better performance of the variable points, such as: final weight, gain of weight and ratio of specific growth. But for the variable points of bromatológico analyzes of tambaqui's carcass, by the time the analyze of variation was applied, these ones had no significant variation ($P < 0,05$) among the different treatments. In the experiment of

digestibility were used 75 juvenile tambaquis with weight of $34,73 \pm 0,212$ g, total length of $13,01 \pm 0,181$ cm, standard length of $11,38 \pm 0,169$ and height of $5,82 \pm 0,106$ cm, distributed into five experimental aquariums of metabolism (200L) in the density of 15 fish for experimental unity (aquarium), in a completely randomized design with five feeding of different granulometry (850, 710, 500, 300, 150 μm) of corn in the composition of the ration and three repetitions that were made, along five days for each repetition. The length of the experiment was of 15 days. The feeding was administered once a day at 7.30 am with 12 grams of ration in each experimental unity. The faeces were collected every half an hour for avoiding nutrients and energy's leaching, so that it would be able to obtain an appropriate amount for the bromatológica analyze at laboratory. The water physical-chemical parameters were monitored and measured every single day before the feeding of the fish. Along the treatment was observed a linear demeanor to the variable digestibility coefficient apparent of the gross protein where the lesser granulometry had better results of digestibility. In the histological evaluation experiment of the vilosities of the intestinal tract, were used 20 juvenile tambaquis, which were brought from the experiment of performance, being used 4 animals for treatment; from each animal were made three slides of the intestinal portion (frontal, medium and ulterior), totalizing 60 histological slides. For the histological research, the samples were dehydrated in growing series of ethyl alcohol, clarified with xylol and immersed in paraffin, according to the techniques of routine. During the immersion in paraffin, the intestinal fragments were turned into transversal cuts. The serialized cuts, of 5 μm of thickness, obtained with the help of microtome, were submitted to the techniques of routine of unwaxedness, hydration and coloration. Were selected 3 vilosities for histological section in 4 different sections of frontal, medium and ulterior intestine, summing up 36 vilosities for treatment (12 in the frontal, 12 in the medium and 12 in the ulterior), being measured in each section the total height, height, thickness and the width of the vilosity by using captured images with the microscope objective 4X. The measuring ones were made by using the program of computerized image analyzed ImageTool, version 2.0. The tambaquis' frontal, medium and ulterior intestine vilosities that were analyzed did not show significant morphological differences ($P < 0,05$) between the treatments and neither among the portions of the frontal, medium and ulterior parts of the intestine.

Key words: fish nutrition, aquaculture, Brazilian Fishes, Myleinae, growth, weight, bromatological analysis, intestinal treatment.

SUMÁRIO

<i>RESUMO</i>	<i>vii</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>ix</i>
<i>1 - INTRODUÇÃO</i>	<i>13</i>
<i>2 - REVISÃO de LITERATURA</i>	<i>18</i>
2.1 - A Espécie	18
2.2 - Fatores Físico-químicos da Água	20
2.3 - Crescimento dos Peixes	21
2.4 - Composição Corporal	23
2.4.1 - Composição Bromatológica da Carcaça	24
2.4.2 - Fatores que Afetam a Composição Bromatológica da Carcaça	25
2.4.3 - Composição Bromatológica da Carcaça Relacionada à Nutrição	25
2.5 - Importância do milho nas rações	26
2.6 - Moagem e Granulometria	28
2.6.1 - Redução Do Tamanho Da Partícula E Benefícios Fisiológicos Nos Animais	32
2.6.2 - Balanço Energético Da Moagem E Benefício Bioquímico-Fisiológico Dos Animais	36
2.7 – Tempo de trânsito gastrintestinal e Digestibilidade	39
2.8 - Trato Gastrointestinal	42
<i>3. MATERIAL E MÉTODOS</i>	<i>46</i>
3.2 - EXPERIMENTO I - Granulometrias do Milho da Ração no Desempenho Zootécnico e Composição Corporal de Juvenis de Tambaqui, Colossoma macropomum	47
3.2.1 - Animais	47
3.2.2 - Tanques	47
3.2.3 - Granulometria	48
3.2.4 - Rações experimentais	50
3.2.5 - Delimitação Inteiramente Casualizado (DIC)	52
3.2.6 - Fatores Físico-Químicos da Água	52

3.2.7 - Manejo Alimentar.....	54
3.2.8 - Mensuração das variáveis	54
3.2.9 - Variáveis	55
3.2.10 - Análises estatísticas	56
3.3 - EXPERIMENTO II - Granulometrias do Milho da Ração na Taxa de Passagem de Juvenis de Tambaqui, <i>Colossoma macropomum</i>.....	57
3.3.1 - Animais	57
3.3.2 - Tanques	57
3.3.3 - Rações experimentais	58
3.3.4 - Fatores Físico-Químicos da Água.....	59
3.3.5 - Mensuração das variáveis	60
3.3.6 - Variáveis	61
3.3.7 - Análise estatística	61
3.4 - EXPERIMENTO III – Coeficientes de Digestibilidade Aparente das Rações com Diferentes Granulometrias de Milho em Juvenis de Tambaqui, <i>Colossoma macropomum</i>	62
3.4.1 - Animais	62
3.4.2 - Aquários de Digestibilidade.....	63
3.4.3 - Rações experimentais	63
3.4.4 – Manejos e Especificações	64
3.4.5 - Alimentação e Coleta de Fezes	64
3.4.6 - Preparo das amostras e análises laboratoriais	65
3.4.7 - Determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente	66
3.4.8 - Variáveis	66
3.4.9 - Análises estatísticas	67
3.5 - EXPERIMENTO IV – Avaliação Histológica do Intestino de Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) Alimentados com Rações com Diferentes Granulometrias do Milho.....	68
3.5.1 - Local	68
3.5.2 – Animais	68
3.5.3 - Fixação dos Tubos Digestivos	68
3.5.4 - Processamento e análise do material	69
3.5.5 - Mensuração das variáveis	70
3.5.6 - Análises estatísticas	71
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	72
4.1 - EXPERIMENTO I - Granulometrias do Milho da Ração no Desempenho Zootécnico e Composição Corporal de Juvenis de Tambaqui, <i>Colossoma macropomum</i>	72
4.2 - EXPERIMENTO II - Granulometrias do Milho da Ração na Taxa de Passagem de Juvenis de Tambaqui, <i>Colossoma macropomum</i>	87
4.3 - EXPERIMENTO III – Coeficientes de Digestibilidade Aparente das Rações com Diferentes Granulometrias de Milho em Juvenis de Tambaqui, <i>Colossoma macropomum</i>	92
4.3.1 - Digestibilidade aparente da matéria seca	96
4.3.2 - Digestibilidade aparente da proteína bruta.....	99
4.3.3 - Digestibilidade aparente do extrato etéreo	104
4.4 - EXPERIMENTO IV – Avaliação Histológica do Intestino de Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) Alimentados com Rações com Diferentes Granulometrias do Milho	107

5. <i>CONCLUSÕES</i>	119
6 - <i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	120

1 - INTRODUÇÃO

O aumento da demanda mundial por proteína de origem animal de boa qualidade vem contribuindo para impulsionar a aquicultura brasileira. A criação do Ministério da Pesca e Aquicultura, ligado diretamente ao poder público federal demonstra a importância que o cultivo de organismos aquáticos exerce na economia do país, tendo não só a função de geração de divisas e alimento de boa qualidade, como também função ecológica, na medida em que atenua a elevada pressão existente sobre os recursos pesqueiros.

A captura mundial de pescados atingiu seu ápice nos anos 90, estagnando na casa de 95 milhões de toneladas. A aquicultura por sua vez, apresentou taxas de crescimento próximas a 10% ao ano nos últimos 15 anos. Atingiu a marca de 63 milhões de toneladas, sendo uma das atividades que mais cresceu dentro do agronegócio mundial (FAO, 2012).

A estimativa da FAO era de que, entre 2003 e 2015, a aquicultura passasse a representar 41% da produção mundial de pescados. Tal estimativa já está sendo revista, uma vez que a aquicultura atingiu tal marca em 2005. Estima-se que, até 2020, a demanda mundial de pescados cresça entre 30 e 60 milhões de toneladas, e só a aquicultura poderá suprir toda essa demanda (FAO, 2006).

A China é responsável por cerca de 70% da produção aquícola mundial. O Brasil, com menos de 1% da produção mundial não aparece no ranking dos 10 maiores produtores (FAO, 2012).

Inserida nas atividades da aquicultura, a piscicultura vem se concretizando cada vez mais como atividade de relevância. De acordo com a FAO (2003), a piscicultura é responsável por 77% da produção da aquicultura e contribui com 65% do total da receita gerada por esse setor no Brasil.

Sendo assim, o consumo brasileiro de pescados está em 1/2 da média mundial (17 kg/hab./ano). O consumo mínimo recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) é de 12 kg/hab./ano. Na Amazônia, há regiões onde se consome até 100 kg/hab./ano. O maior entrave para o consumo de peixes é a escassez de oferta, ou seja, o produto não chega às mãos do consumidor. Para aumentar o consumo de nove para 12 kg/hab./ano o Brasil terá que produzir ou importar quase um milhão de toneladas por ano. Isso significa duplicar a produção aquícola brasileira. Mas, para que isso aconteça há necessidade de investimentos adicionais em toda a cadeia produtiva.

O Brasil possui imenso potencial para a piscicultura, tanto pela sua condição edafoclimática, quanto pelo elevado número de propriedades rurais que possuem área inundada para piscicultura. O crescimento médio da produção aquícola brasileira de 1985 a 2005 foi superior a 20% ao ano, enquanto a média mundial ficou próxima a 10% ao ano. Dentre os países latino-americanos, o Brasil foi o segundo maior produtor de pescado cultivado em 2005, atrás do Chile - que produziu 714 mil toneladas (FAO, 2006). Entretanto, esse crescimento nacional no setor aquícola está longe de atender à demanda para atingir o consumo per capita recomendado pela OMS.

Dentre as espécies que possuem potencial para sustentar o crescimento da piscicultura e o aumento no consumo per capita brasileiro, elevando-o a padrões internacionais de países desenvolvidos estão: a tilápia, a carpa, e os peixes ditos redondos (tambaqui, pacu e híbridos). As espécies nativas possuem grande potencial zootécnico de cultivo, além de minimizarem o impacto ambiental da atividade, no que se refere à pesca extrativista dos recursos naturais e à fuga de espécies exóticas para os rios e outros ambientes aquáticos, nos quais poderiam provocar desequilíbrio do ecossistema. Mesmo com o grande potencial dessas espécies, a piscicultura brasileira está alicerçada em espécies exóticas como a carpa (*Cyprinus carpio*), a tilápia (*Oreochromis niloticus*) e a truta (*Onchorhynchus nykiss*).

Em piscicultura intensiva, a alimentação representa cerca de 70% dos custos de produção (MEER et al., 1995). Dessa forma, técnicas que visem minimizar os custos de produção são de grande importância. Durante a formulação e processamento de dietas para peixes, deve-se atentar para a presença de nutrientes que supram as exigências para o crescimento, manutenção e sanidade. As dietas devem ser processadas de forma que sejam rapidamente consumidas e utilizadas pelos peixes (NRC, 1993; WILSON, 1995).

Para otimizar o desenvolvimento da aquicultura, além de se obter informações que possibilitem a formulação de dietas que atendam as exigências das espécies com potencial zootécnico (PEZZATO, 1995), deve-se estudar técnicas de processamento que visem proporcionar melhor aproveitamento dos nutrientes das dietas o que possibilitará a redução de custos de produção e um menor impacto ao meio ambiente (POLESE et al., 2010).

O setor de moagem é um dos mais importantes em uma fábrica de rações, pois é responsável pela adequação do tamanho (granulometria) das partículas dos ingredientes (COUTO, 2008). Um grau fino de moagem é pré-requisito para a boa estabilidade das dietas peletizadas na água, e aumenta a eficiência alimentar dos peixes (CARNEIRO et al., 1992; PEZZATO, 1995; KUBITZA, 1997). A eficiência da digestão dos alimentos pode ser influenciada, entre outros fatores, pela superfície de exposição destes às secreções digestivas, bem como pelo tempo de passagem pelo trato gastrointestinal (NRC, 1993). A moagem dos ingredientes reduz o tamanho das partículas, expondo maior área para a ação de enzimas digestivas durante o processo de digestão no animal (MONTICELLI et al., 1996; LAURINEN et al. 2000). E pode também reduzir a velocidade de trânsito do alimento no trato gastrointestinal (HAYASHI et al., 1999; SVEIER et al., 1999).

O objetivo principal da moagem é o de produzir um produto que apresente máxima digestibilidade e satisfaça adequadamente os processos subsequentes à moagem na produção de rações fareladas, peletizadas e extrusadas (COUTO, 2008). Segundo esse autor, as principais razões para a realização da moagem dos ingredientes podem ser resumidas em: aumentar a exposição dos alimentos à ação de enzimas digestivas, aumentando a digestão e absorção de nutrientes e, conseqüentemente, melhorar a conversão alimentar; satisfazer a preferência das diferentes espécies e categorias animais de interesse zootécnico. Todas essas

razões contribuem para maximizar o consumo alimentar, melhorando a produtividade de acordo com as particularidades de cada espécie.

Um fator importante para a criação de qualquer espécie animal é uma alimentação adequada; e com o crescimento da população mundial, a demanda por proteína de boa qualidade aumenta a cada ano. Entretanto, a pesca estrativista nos últimos anos tem se estagnado, mostrando a importância da piscicultura, que vem crescendo muito e, mesmo participando de forma significativa e ascendente na produção de proteína para o homem, não consegue suprir o déficit de proteína de origem animal. Para aumentar ainda mais o desenvolvimento e crescimento da piscicultura são precisos investimentos em pesquisas em toda a cadeia produtiva, e, fundamentalmente, pesquisas que busquem formulações e granulometrias das rações para cada espécie, já que a piscicultura tem como base na produção de peixes principalmente as rações. Rações essas que por sua vez representam a maior parte dos custos operacionais dessa atividade econômica. E o fator custos numa atividade tão fundamental, torna os estudos de nutrição e alimentação na aquicultura muito importante.

A redução de partículas no preparo das rações para peixes visa a maior exposição do alimento para interação com o processo digestivo e melhor homogeneidade da mistura dos ingredientes. Há técnica específica para a mensuração do tamanho de partículas resultantes do processo de moagem, e os nutricionistas ou zootecnistas podem correlacionar estes valores com o desempenho animal. No entanto, a eficiência da transformação da energia elétrica em energia cinética e redução de partículas nos moinhos é bastante baixa. Mesmo assim, a notável especialização dos animais para fins industriais justifica o investimento energético no processo de moagem e extrusão, que rende benefício bioquímico-fisiológico e produção de tecidos para a indústria de proteínas animais e melhores formulações de rações para a indústria de piscicultura de corte e ornamental.

A eficiência com que os animais transformam fontes vegetais em proteínas animais justifica o estudo mais detalhado e objetivo de todos os aspectos do beneficiamento dos alimentos. A começar pelo tamanho ótimo das partículas resultantes do processo de moagem dos ingredientes correlacionado com os processos de extrusão das rações, sempre direcionando todo esse processo a espécie de peixe com que se pretende trabalhar.

O objetivo desse trabalho foi de avaliar o desempenho zootécnico, coeficiente de digestibilidade, histologia do intestino e composição corporal de juvenis de tambaqui alimentados com rações com diferentes granulometrias do milho.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - A Espécie

O tambaqui pertence à classe: Actinopterygii, ordem: Characiformes, família: Characidae, subfamília: Myleinae e à espécie: *Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818. A subfamília Myleinae inclui também o pacu (*Piractus mesopotamicus*) e a pirapitinga (*Colossoma bidens*), espécies nativas que apresentaram grande potencial para a criação comercial (CASTAGNOLLI, 1992).

Segundo Araújo (1989), o Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) iniciou, no Centro de Piscicultura Rodolfo Von Ihering, em Pentecoste (CE), a criação de espécies do gênero *Colossoma*, como tambaqui (*Colossoma macropomum*) e pirapitinga (*Colossoma bidens*), no início da década de 70, com reprodutores provenientes da Estação de Piscicultura de Iquitos (Peru).

O tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) é uma espécie de peixe que possui alto valor comercial e grande importância econômica e social na América Latina. Esta espécie possui potencial para aquicultura, pois se adapta ao confinamento e arraçoamento.

Tentativas têm sido realizadas no sentido de reduzir custos de produção e tornar a atividade da aquicultura mais atrativa comercialmente. A falta de investimento em pesquisa e desenvolvimento nas espécies nativas tem retardado o desenvolvimento da atividade, dentre essas, os peixes redondos ainda respondem

por 82% dos nativos cultivados. Esses peixes são uma ótima alternativa de diversificação para os frigoríficos e processadores de pescados (IBAMA, 2005), pois têm grande potencial para produção de proteína de origem animal e, além disso, outro aspecto que torna o tambaqui o mais importante dos peixes redondos, em termos de cultivo nacional, é o alto rendimento (70 a 72%) do principal corte comercial que, geralmente, é comercializado em duas partes, com e sem espinha (RUIVO, 1998).

Essa espécie tem sido criada intensivamente em cativeiro no Brasil e em alguns países da América Latina, pelo seu alto potencial econômico e por possuir boas qualidades zootécnicas (GRAEF, 1995), tais como: elevada eficiência na conversão de proteína dietética em peso corporal e em proteína depositada no tecido muscular (DORIA e LEONHARDT, 1993; ZANIBONI FILHO e MEURER, 1997).

Somente a partir do início da década de 80, os criadores e principalmente os pesquisadores passaram a ter mais interesse pelo cultivo de espécies autóctones. As primeiras observações sobre o cultivo de tambaqui, em tanques, indicaram grande potencial de crescimento (MACEDO, 1979 e WOYNAROVICH, 1986).

O tambaqui, o segundo maior peixe de escamas do Brasil, é nativo da bacia Amazônica. Dados do Fishbase (2013) registraram como recorde a captura de dois exemplares distintos, sendo que um dos animais pesou 40 kg e o outro mediu 108 cm. Em cativeiro, nas regiões quentes, e alimentados com rações balanceadas, eles podem atingir 20 quilos em sete anos (MENEZES, 2005). Dentre as qualidades da espécie destacam-se o sabor e consistência da carne, a boa adaptação ao cativeiro, a ótima aceitação no mercado, a alta prolificidade e o hábito alimentar onívoro (PROENÇA e BITTENCOURT, 1994). Atualmente, esse peixe é criado nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste. A região Norte é responsável por 30% do pescado vendido e o Sudeste apresenta em algumas regiões certa restrição para criação devido ao clima frio (MENEZES, 2005).

Apesar de Magalhães ter estudado, em 1931, a alimentação do tambaqui em ambiente natural, somente a partir de 1979 é que surgiram trabalhos sobre exigências nutricionais e alimentação em cativeiro para essa espécie. Os estudos sobre as exigências nutricionais da espécie determinaram a exigência de proteína bruta para as fases de alevino (25%) e engorda (18 a 24%), e sugeriram que a exigência de energia metabolizável seja de 3.200 Kcal/kg de ração (MACEDO, 1979;

VIDAL JR *et al.*, 1998 e CAMARGO *et al.*, 1998). Resultados de pesquisas sobre as exigências nutricionais apontaram que rações com 18 a 24% de Proteína Bruta (PB) suprem as exigências do tambaqui no estágio juvenil (MACEDO *et al.*, 1980).

É uma espécie que tem alta plasticidade genotípica e fenotípica, que lhe permite viver no ambiente heterogêneo da Amazônia (ARAÚJO-LIMA e GOULDING 1998). Normalmente se alimenta de uma grande variação de fibra e energia das frutas e sementes disponíveis durante a inundação, substituindo-os por zooplâncton nas estações secas. Isto caracteriza o tambaqui como um peixe onívoro (HONDA 1974; GOULDING e CARVALHO 1982; VAL e HONCZARYK 1995).

Em cativeiro, aceita muito bem as rações balanceadas e, em condições naturais, são onívoros, porém muito dependentes de alimentos alóctones, especialmente de frutos, sementes e uma grande variedade de vegetais superiores. Alguns autores (HONDA, 1974; CARVALHO, 1981) observaram numerosas cerdas branquiais no tambaqui, que permitem a filtração do fitoplâncton e zooplâncton.

Essa espécie realiza movimento migratório reprodutivo (piracema), coincidindo com período das chuvas, quando as águas dos rios invadem florestas e áreas marginais que, em função dos nutrientes contidos em seu solo, apresentam elevada produtividade primária, sendo ricas em microcrustáceos planctônicos que se constituem em alimentação das pós-larvas e alevinos (CASTAGNOLLI, 1992).

2.2 - Fatores físico-químicos da água

A temperatura da água é um fator ambiental importante para os peixes porque eles têm a temperatura corporal variável em função da temperatura da água circundante, sendo denominados ectotérmicos. Quando submetidos a temperaturas fora da faixa de conforto térmico apresentam alteração na velocidade das funções metabólicas e redução no crescimento, podendo vir a óbito (CAMARGO, 1995).

O metabolismo dos peixes está associado a intervalos de temperatura denominados faixa de conforto térmico, onde o metabolismo funciona da melhor forma possível. A faixa de conforto térmico em peixes de clima temperado é de 4°C a 15°C. Para peixes tropicais a faixa é de 25°C a 35°C (PARKER e DAVIS, 1981).

A faixa de conforto térmico pode ser alterada durante o crescimento e desenvolvimento dos organismos aquáticos, havendo diferenças nos limites de tolerância para os diferentes estágios do ciclo de vida dos peixes. Os peixes são mais sensíveis às mudanças na temperatura, principalmente durante os estágios iniciais do seu desenvolvimento (BALDISSEROTTO, 2002).

A maioria dos peixes tropicais apresenta bom desenvolvimento em águas com valores de concentração de oxigênio dissolvido superior a 3,0 mg/L. Souza *et al.* (2002), trabalhando com concentração de oxigênio dissolvido na água variando entre 3,7 e 5,1, não observaram sinal de hipóxia para os alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Val e Almeida-Val (1995), citados por Baldisserotto (2005) observaram que o tambaqui e o pacu apresentam boa resistência mesmo quando expostos a valores entre 3,0 até 1,0 mg/L de oxigênio dissolvido em água.

Kohla *et al.* (1992), citados por Vidal Junior (2000), observaram que o tambaqui apresenta algumas adaptações à condição de hipóxia. Por exemplo, os lábios destes peixes ficam espessos e hiperemiados. Assim, esta espécie é capaz de sobreviver durante certo período em áreas com baixo teor de oxigênio dissolvido na água. Porém, nesta condição cessa-se a ingestão de alimento devido à grande quantidade de oxigênio que os processos de digestão, absorção e síntese de tecidos exigem em função dos gastos de energia envolvidos nesses processos (BALDISSEROTTO, 2002).

O pH, segundo Ville (1967), é o logaritmo negativo da concentração de íon hidrogênio por virtude do qual se expressa o grau de acidez ou alcalinidade de um líquido e por ser uma variável importante do ambiente aquático, pode até mesmo inviabilizar o cultivo de uma espécie desejada. Segundo Aride *et al.* (1998), os valores de pH ideais para a produção de tambaqui variam entre 4 e 6. Este fato justifica-se, pois o tambaqui é um peixe nativo da bacia amazônica, onde as águas possuem valores de pH entre 4,5 a 6,5.

2.3 - Crescimento dos peixes

Entende-se por crescimento a incorporação ou o aumento dos tecidos corporais e órgãos, acompanhado de uma alteração da conformação e forma do

corpo, resultante das mudanças na taxa de aumento dos componentes corporais (CYRINO, 1995). Os fatores nutricionais, metabólicos e bioenergéticos influenciam o processo de crescimento de maneira imediata, sendo a proteína o nutriente de maior importância (PERÁGON *et al.*, 1994).

Muitas são as discussões no meio científico sobre quais fatores interferem, mais ou menos, sobre o crescimento dos peixes (LAZZARI, 2005). Alguns autores defendem que o crescimento se dá principalmente pela ação das enzimas digestivas sobre o alimento, enquanto outros, por sua vez, compreendem que há uma ação metabólica importante que, associada à ação enzimática, proporciona o aumento tecidual e, conseqüentemente, crescimento (BLIER *et al.*, 2002).

Levando em consideração o peixe no ambiente de criação, vários são os fatores que podem interferir direta ou indiretamente no crescimento: temperatura da água, quantidade de alimento, composição do alimento, densidade de estocagem, tamanho do peixe, forma e frequência de arraçoamento (CHO e LOVELL, 2002).

A composição do alimento é um dos fatores que se relaciona diretamente com o crescimento, diferindo de espécie para espécie. Além da busca por ingredientes ideais, procura-se maximizar a utilização de fontes não proteicas para a obtenção de energia, neste caso os carboidratos e, principalmente, os lipídios (MÉDALE *et al.*, 1991).

As proteínas são os mais importantes componentes dos tecidos e consistem no nutriente mais caro da dieta. Quando digeridas, são hidrolisadas em aminoácidos que serão destinados à formação de novas proteínas, destinadas ao crescimento e reprodução e também para a manutenção (WILSON, 2002). Uma ração com pouca proteína pode causar redução no crescimento, mas quando em excesso, pode ser utilizada como fonte energética, o que não é desejável (LAZZARI, 2005).

Em relação às exigências de nutrientes dos peixes, existem alguns fatores essenciais que se combinam e como resposta tem-se um crescimento mais ou menos acelerado (LAZZARI, 2005). O primeiro fator é a concentração energética da dieta, que afeta a relação proteína-energia do alimento e o consumo (LOVELL, 1998). Outro aspecto importante é a questão qualitativa e quantitativa dos aminoácidos da proteína, que possuem composições variadas em relação ao tipo e a origem dos ingredientes (PEZZATO, 1995).

Uma fonte proteica pode complementar a outra quanto ao suprimento adequado de aminoácidos essenciais. Juvenis de tambaqui (*Colossoma*

macropomum) alimentados com rações contendo 20% de farinha de peixe e 20% de farinha de sangue apresentam crescimento superior do que quando se utiliza uma destas fontes separadamente (ECKMANN, 1987).

O crescimento dos peixes pode ser expresso de diversas maneiras, mas em geral considera-se a relação entre a quantidade de proteína ingerida e o ganho em peso obtido em determinado período. Também pode ser expresso através de equações que levam em consideração o peso metabólico dos peixes (JOBILING, 1995).

2.4 - Composição corporal

O objetivo principal na engorda de peixes é obter um produto com elevado teor protéico, pouca gordura, sendo esta composta por ácidos graxos com elevado grau de insaturação, o que é benéfico para a saúde humana (HUSS, 1988). Também se deseja obter maior rendimento de cortes, principalmente de filé, que normalmente é a parte de maior valor no pescado, devido à ausência de espinhas (LAZZARI, 2005).

A composição química dos peixes, principalmente a gordura, pode variar consideravelmente devido a fatores como: espécie, idade do animal, sexo, estação do ano e fatores ambientais, tais como alimentação (GERI et al., 1995; SHIRAI et al., 2002). A qualidade da dieta, bem como as variações nos teores protéicos e lipídicos, também influenciam diretamente na composição corporal dos peixes (JUSTI et al., 2003).

A gordura depositada na carcaça do peixe influencia a composição química da carne, bem como interfere nos valores de rendimento de cortes, principalmente pelo acúmulo de gordura visceral. A relação entre a quantidade de proteína e energia na dieta são os fatores que mais interferem neste processo (REIS et al., 1989).

Melo et al., (2001) testaram três fontes (banha suína, óleo de soja e óleo de canola) e dois níveis (5 e 10%) de inclusão de lipídios em rações para alevinos de jundiá, com peso inicial de 8,5 g, durante 45 dias. Os autores verificaram que o nível de 5% proporciona menor deposição de gordura na carcaça, independentemente da

fonte e também proporcionou maior rendimento de carcaça em relação ao outro nível testado.

O efeito da alimentação sobre a deposição de proteína e gordura na carcaça é um assunto amplamente estudado em espécies como o “catfish” (*Ictalurus punctatus*) e os salmonídeos (trutas e salmões). A utilização de farelo de soja na ração para alevinos de “catfish” acarreta menor deposição lipídica na carcaça, não alterando a quantidade de proteína, em relação a dietas contendo níveis elevados de farinhas de origem animal (farinha de peixe) (MOHSEN e LOVELL, 1990).

Juvenis de “catfish” alimentados com rações contendo farelo de canola em substituição ao farelo de soja também não apresentam diferenças nas quantidades de gordura e proteína depositadas na carcaça (WEBSTER et al., 1997). Kim et al. (1997) observaram aumento significativo na deposição de lipídios na carcaça de juvenis de carpa comum (*Cyprinus carpio*) alimentadas com farelo de soja integral durante 30 dias. Outros trabalhos mostram que nem sempre a utilização de farelos vegetais pode diminuir a quantidade lipídica da carcaça. Não ocorreu diferença entre os teores de lipídios e proteínas depositadas na carcaça de alevinos de “rohu” (*Labeo rohita*) alimentados com rações contendo farelo de soja em substituição à farinha de peixe (KHAN et al., 2003).

Outro fator que pode interferir na qualidade da carcaça e no rendimento de cortes, além da nutrição, é o fator genético. O híbrido resultante do cruzamento de catfish com blue catfish (*Ictalurus furcatus*) possui maior rendimento de carcaça e rendimento de filé do que os descendentes puros (ARGUE et al., 2003).

2.4.1 - Composição bromatológica da carcaça

O conhecimento da composição bromatológica do pescado “in natura” proporciona valiosos subsídios à indústria de processamento no controle de qualidade de produtos congelados pelo gelo, sal, defumação e outros métodos (BRESSAN e PEREZ, 2000).

Segundo Cardoso e Ferreira (2005), o pescado é um alimento que apresenta, na sua fração lipídica, cerca de 70% de ácidos graxos insaturados e que contém ligações ômega três atuantes nos processos de controle do colesterol, além de

possuir baixo teor de colesterol. Oetterer (2002) relata que no pescado estão presentes todos os aminoácidos essenciais aos humanos. Além disso, apresenta alto teor de lisina, alta digestibilidade, sendo ainda fonte de vitaminas lipossolúveis e vitaminas do complexo B, e, ainda, apresentam valor biológico superior ao leite e a carne bovina.

2.4.2 - Fatores que afetam a composição bromatológica da carcaça

A composição química do pescado é afetada por diversos fatores como a época do ano, o tipo de pescado, quantidade e qualidade do alimento consumido, o estágio de maturação sexual, a idade e a parte do corpo analisada (CONTERAS-GUSMÁN et al., 1994; ARBELÁEZ-ROJAS et al., 2002; OETTERER et al., 2004). Outro fator que pode afetar a composição bromatológica é a espécie, entre indivíduos e entre diferentes partes do mesmo peixe. Estas variações são devidas a fatores como época do ano, alimentação, sexo etc. (GURGEL e FREITAS, 1972; CONTRERAS-GUZMÁN, 1994; OGAWA e MAIA, 1999; KUBTIZA, 2000). Segundo Garduño-Lugo et al. (2003), o grupo genético pode afetar a deposição de lipídeos na musculatura.

Ogawa e Maia (1999) observaram que o pescado, em geral, fica mais saboroso antes da desova, período este em que o peixe deposita mais gordura e glicogênio para serem utilizados como fontes energéticas.

Robb et al. (2002) determinaram que valores de lipídeos até 8,6 % na ração fornecida proporcionam melhor sabor na carne de salmão defumado (*Salmo salar*), enquanto valores maiores que 10%, ao contrário, comprometem o sabor.

2.4.3 - Composição bromatológica da carcaça relacionada à nutrição

Estudos têm demonstrado que a variação dos níveis de fibra bruta em dietas para peixes pode alterar o desempenho produtivo, a digestibilidade, a velocidade de trânsito gastrointestinal, a morfologia do trato digestório, o rendimento e a

composição química da carcaça e principalmente o seu teor de lipídios (SHIAU et al., 1988 citado por LANNA et al., 2004).

A composição corporal dos peixes também pode ser alterada pela utilização de teor elevado de lipídios nas dietas, os quais podem influenciar nas características da carcaça com reflexos em sua conservação e consequente comercialização (VAN der MEER et al., 1997, citado por LANNA et al., 2004).

2.5 - Importância do milho nas rações

Dentre os ingredientes utilizados nas formulações de ração, o milho tem participado normalmente com 30 a 40% da composição total da ração dos animais aquáticos. Acredita-se que uma das formas possíveis de melhor viabilizar o setor de produção animal (monogástricos) possa ser por meio da geração de informações mais precisas sobre o grau de moagem do milho, que permitiria a escolha da granulometria que proporcionasse o melhor aproveitamento dos nutrientes (ZANOTTO et al., 1995).

O milho (*Zea mays*) pertence à família *Gramineae/Poaceae*. O caráter monoico e a sua morfologia característica resultam da supressão, condensação e multiplicação de várias partes da anatomia básica das gramíneas. Os aspectos vegetativos e reprodutivos da planta de milho podem ser modificados através da interação com os fatores ambientais que afetam o controle do desenvolvimento inicial. Contudo, o resultado geral da seleção natural e da domesticação foi produzir uma planta anual, robusta e ereta, com um a quatro metros de altura, que é esplendidamente “construída” para a produção de grãos (MAGALHÃES et al., 2008).

A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. Na realidade, o uso do milho em grão para alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 70% no mundo. Nos Estados Unidos, cerca de 50% é destinado para esse fim, enquanto que no Brasil varia de 60 a 80%, dependendo da fonte da estimativa e de ano para ano (DUARTE, 2008).

Segundo Duarte (2008), dentro da evolução mundial de produção de milho, o Brasil tem se destacado como terceiro maior produtor, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China. A produção mundial ficou em torno de 590 milhões de toneladas em 2000, enquanto que Estados Unidos, China e Brasil produziram aproximadamente 253 milhões de toneladas, 105 milhões de toneladas e 32,3 milhões de toneladas respectivamente.

Para avaliação de sua qualidade, o milho é classificado, no Brasil, como tipos 1, 2 e 3, de acordo com o grau de impurezas, os grãos quebrados, chochos ou mofados (TARDIN, 1991), e nos Estados Unidos, de tipos 1 a 5 (DALE, 1994a,b). Tem-se observado que, nas fábricas de ração, muitas vezes encontram-se disponíveis apenas grãos de qualidade ruim ou duvidosa, como o tipo três, devendo-se proceder à correção nutricional da ração, que, em muitos casos, não é efetuada.

Puzzi (1986) cita que danos mecânicos nos grãos ocorrem no transporte, na limpeza, secagem e colheita, dando origem à produção de grãos quebrados, partidos e trincados, que aumentam quanto menores forem os teores de umidade dos grãos.

Rostagno (1993) ressalta que os grãos de má qualidade têm o valor nutritivo prejudicado em relação ao grão normal, por alteração da composição química, diminuição da biodisponibilidade de alguns nutrientes, presença de fatores antinutricionais e proliferação de fungos com ou sem produção de micotoxinas.

Dale (1994) observou que grãos quebrados possuem 90 kcal de energia metabolizável (EM)/kg a menos em relação aos grãos inteiros. O autor investigou a diferença de proteína nos dois tipos de grãos e não notou diferença entre conteúdo de proteína do grão inteiro em relação aos grãos quebrados.

De acordo com Lopes et al. (1988), o alto conteúdo em carboidratos, principalmente o amido, e de outros componentes, como proteínas e ácidos graxos, faz do milho importante produto comercial, que, em condições inadequadas de armazenamento, pode sofrer perdas no valor quantitativo e qualitativo, devido principalmente ao ataque de pragas e fungos, desde o campo até a época de consumo.

Entre as matérias-primas que constituem uma ração, os grãos representam percentuais elevados e, portanto, influenciam de forma significativa na qualidade final da ração. O milho constitui aproximadamente 60% da ração para frangos de

corde, na qual contribui com 65% da energia metabolizável (EM) e 22% da proteína (DALE, 1994a,b).

Para contribuição do desenvolvimento da aquicultura, além de se obter informações que possibilitem a formulação de dietas que atendam às exigências das espécies com potencial zootécnico (PEZZATO, 1995), devem-se estudar técnicas de processamento que visem proporcionar melhor aproveitamento dos nutrientes das dietas e conseqüentemente melhor desempenho dos animais, possibilitando a redução de custos de produção e menor impacto ao meio ambiente.

2.6 - Moagem e granulometria

O setor de moagem é um dos mais importantes em uma fábrica de rações, pois é responsável pela redução do tamanho das partículas dos ingredientes utilizados na sua produção (granulometria), visando alterar suas características físicas. O processo de moagem pode representar 30 a 50% do consumo de energia elétrica da produção para rações peletizadas e fareladas, respectivamente. É considerado o processo mais oneroso na produção de rações, caso não seja realizada a extrusão, que o colocaria em segundo lugar (COUTO, 2008).

O objetivo principal da moagem, do ponto de vista zootécnico, é o de produzir, com eficiência e economia, um produto que apresente máxima digestibilidade nutricional e satisfaça adequadamente aos processos subsequentes da produção de rações fareladas, peletizadas e extrusadas (COUTO, 2008, p. 122). Nessa ótica, as principais razões para a realização da moagem dos ingredientes podem ser resumidas em:

- Aumentar a exposição dos alimentos à ação de enzimas digestivas, aumentando a digestão e absorção de nutrientes e, conseqüentemente, melhorar a conversão alimentar.

- Satisfazer a preferência das diferentes espécies e categorias animais de interesse zootécnico, contribuindo para maximizar o consumo alimentar, e otimizar a produtividade de acordo com suas particularidades.

- Melhorar a homogeneidade da mistura (miscibilidade), garantindo que cada porção de ração contenha os nutrientes exigidos pela nutrição animal.

- Aumentar o rendimento dos processamentos hidrotérmicos, influenciando a eficiência do tratamento em vapor (umidade e temperatura).

- Melhorar a qualidade das rações peletizadas e extrusadas, desde a aparência dos péletes até à alteração da durabilidade e de densidades físicas.

A granulometria refere-se ao tamanho das partículas dos alimentos utilizados na fabricação das rações e também às medidas das próprias rações. A granulometria da ração é consequência da granulometria dos ingredientes que a compõem. A eficiência dos alimentos está diretamente ligada à granulometria, pois quando os ingredientes não atendem às especificações ou aos padrões determinados, uma série de problemas pode ser desencadeada, desde a má formação da ração até o mau aproveitamento por parte dos animais (ZONOTTO, 2008).

Segundo Zonotto (2008), a granulometria é um método de análise que visa mensurar as partículas de uma amostra pelos respectivos tamanhos e medir as frações correspondentes a cada tamanho. Na prática, o termo granulometria é usado para caracterizar o tamanho dos grânulos de um produto moído, dado pelo diâmetro geométrico médio (DGM) de suas partículas.

O grau de moagem é caracterizado de acordo com o tamanho das partículas e, em geral, se utiliza uma variável que é o DGM, o qual se correlaciona de forma positiva com o tamanho das partículas. Segundo BIAGI (1998), a redução de tamanho dos grãos se inicia com a retirada das camadas externas, e essa redução modifica as características físicas e pode melhorar os processos de mistura, peletização, extrusão, manuseio e transporte. As dietas devem ser processadas de forma que sejam rapidamente consumidas e utilizadas pelos animais (NRC, 1993).

Para que ajude no desenvolvimento da aquicultura, além de se obter informações que possibilitem a formulação de dietas que atendam as exigências das espécies com potencial zootécnico (PEZZATO, 1995), deve-se estudar técnicas de processamento que visem proporcionar melhor aproveitamento dos nutrientes das dietas, o que possibilitará a redução de custos de produção e menor impacto ao meio ambiente.

Um grau fino de moagem é pré-requisito para uma boa estabilidade das dietas extrusadas na água, e aumenta a eficiência alimentar dos peixes (CARNEIRO

et al., 1992; PEZZATO, 1995; KUBITZA, 1997). A eficiência da digestão dos alimentos pode ser influenciada, entre outros fatores, pela superfície da exposição destes às secreções digestivas, bem como pelo tempo de passagem pelo trato gastrointestinal (NRC, 1993). A moagem dos alimentos reduz o tamanho das partículas, expondo maior área para a ação de enzimas digestivas (MONTICELLI et al., 1996; LAURINEN et al. 2000). Isso, entretanto, pode reduzir a velocidade de trânsito do alimento no trato gastro intestinal (HAVASHI et al., 1999; SVEIER et al., 1999).

Tem-se evidenciado que a redução no DGM das partículas do milho aumenta o seu valor nutricional. Milho moído com DGM de 1.054, 746 e 502 micrômetros, apresentou valores de energia metabolizável de: 3.322, 3.392 e 3.491 kcal/kg, correspondendo a aumentos de 2,1 e 5,1%, para os DGM de 746 e 502 micrômetros, respectivamente, comparados ao DGM de 1.054 micrômetros. Isso indica que o valor energético do milho pode ser aumentado em até 169 kcal/kg, em função da redução do DGM até 502 micrômetros (ZONOTTO; GUIDONI; PIENIZ, 2007).

Os benefícios nutricionais e econômicos associados com a redução do tamanho das partículas de dietas tem sido reconhecido por muitos anos (HEALY et al, 1994;. WONDRA et al, 1995a;. WONDRA et al, 1995b). Como regra geral, para cada redução de 100 micrômetros de tamanho de partícula, uma melhoria de 1,2 por cento na eficiência alimentar pode ser realizada (WONDRA et al., 1995a). Os benefícios da redução do tamanho da partícula alimentar dependem de outros fatores, tais como: ingrediente e os custos de moagem, processamento, e se as dietas são fareladas, peletizadas ou extrusadas.

Hedde et al. (1985) e Ohh et al. (1985) verificaram redução no consumo de ração diário e melhora na conversão alimentar quando os animais foram alimentados com dietas contendo milho moído com granulometria mais fina.

O tamanho da partícula alimentar pode afetar o crescimento e a composição corporal dos peixes, principalmente nas fases de terminação (NORTVEDT e TUENE, 1998). Pequenas partículas alimentares são digeridas a taxas mais rápidas do que partículas maiores, porque apresentam maior área de superfície exposta por volume de tecido (BUXTON e REDFEARN, 1997).

Nutricionalmente, o tamanho das partículas dos alimentos destinados à fabricação de rações pode influenciar na digestibilidade dos nutrientes e, como

consequência, no desempenho produtivo. Penz e Magro (1998) observaram que a granulometria da ração afeta o consumo de alimento e a digestão dos ingredientes, pela alteração da anatomia do aparelho digestivo e das secreções digestivas. Já ZANOTTO et al. (1994) constataram que a variação das partículas do milho de 530 a 815 μ m moídas em moinho de martelos praticamente não alteraram a energia metabolizável desse alimento para frangos de corte.

Nir et al. (1990) encontraram que o ganho de peso corporal e o consumo de alimento foram piores quando se aumentou o DGM do sorgo, para frangos com 21 dias de idade. No entanto, Hamilton e Proudfoot (1995), ao trabalharem com diferentes granulometrias em dietas fareladas para frangos de corte, verificaram que o peso corporal (aos 42 dias de idade) melhorou com o aumento da granulometria (fina - peneira 3,2 mm; grossa - peneira 5,6 mm e muito grossa espaço entre rolos 3,2 mm). Da mesma maneira, Magro et al. (1999) concluíram que frangos de corte com idade entre 21 a 42 dias consumiram mais ração e tiveram maior ganho de peso quando foram alimentados com dietas contendo milho de maior DGM (367 a 1.224 mm).

Em suínos, a granulometria do milho nas rações tende a alterar o desempenho produtivo. Zanotto et al. (1992) observaram que o ganho de peso e a conversão alimentar de suínos em fase de crescimento e terminação foram prejudicados à medida que o grau de moagem foi diminuído (desde peneiras com diâmetro de 2,5 mm até 16 mm), ou seja, à medida que as partículas se tornaram maiores na ração. Além disso, dados obtidos com o sacrifício de 128 leitões mostraram que suínos alimentados com rações elaboradas com partículas finas apresentaram maior predisposição à ocorrência de úlceras na região "pars esophageae" do estômago (MORES et al., 1993).

Alicatta et al. (1988) utilizaram duas dietas com dois graus de moagem (1,5 e 6,0 mm), e observaram que o volume cecal foi significativamente maior (22%) na dieta finamente moída. Estudando quatro diferentes granulometrias (0,461; 0,635; 0,969 e 1,273) do feno de *coastcross* como fonte de fibra para coelhos, Rocha et al. (2000) observaram redução linear nos pesos do sistema digestivo vazio, do ceco vazio, do intestino delgado e grosso e do tecido estomacal, com o aumento da granulometria do feno, o que evidencia que as partículas mais finas podem ficar mais tempo retidas no ceco (LAPLACE e LEBAS, 1977).

2.6.1 - Redução do tamanho da partícula e benefícios fisiológicos nos animais

Entende-se que a qualidade nutricional/fisiológica trata do atendimento dos níveis nutricionais para cada fase de vida do animal. Os níveis nutricionais são alcançados através da dosagem e pesagem adequada dos ingredientes individuais, e posterior mistura para uniforme homogeneização dos ingredientes. Outro fator atendido por esta dimensão de qualidade é a granulometria adequada ao aparelho digestivo de cada espécie. Para os suínos é usada uma granulometria mais fina, e para as aves, em função de sua natureza, uma granulometria mais grossa. A qualidade física do pélete é medida através de sua durabilidade e dureza (FRAIHA et al., 2005).

O tamanho da partícula em rações refere-se ao diâmetro médio das partículas individuais, ou simplesmente a “finura” da moagem. Grãos de cereais fornecem a maior parte da energia para rações animais. Desta forma, não apenas sua composição química é importante, mas a maneira como ela é processada.

Ao formular uma ração, além do balanço nutricional, deve-se levar em conta o seu processamento adequado, de modo que a dieta apresente propriedades que permitam seu rápido consumo e utilização pelos animais (NUTRIENT..., 1993).

O processo de redução do tamanho das partículas ingeridas já é previsto na função digestiva dos animais. Mesmo aqueles que não possuem dentição para mastigação dos alimentos, contam com peças anatômicas no seu trato digestivo próprios para a redução do alimento, como é o caso do estômago muscular das aves (FRAIHA et al., 2005).

Moagem é o primeiro processamento pelo qual passam as matérias-primas na fábrica de ração, e responde por grande parte do custo de processamento. Zanotto et al. (1999) utilizaram um moinho a martelo para moagem de milho e demonstraram que o consumo de energia para reduzir a partícula de 900 para 500 μm aumentou em 166%. Desta forma, o conhecimento dos benefícios da redução da partícula na produção de rações devem ser bem fundamentados, de forma a otimizar a eficiência econômica do processo.

Além dos aspectos nutricionais envolvidos na determinação do tamanho ótimo da partícula, outras variáveis devem ser levadas em conta. Nas aves, por exemplo, os sentidos de olfato e gustação são pouco desenvolvidos, mas a existência de mecanorreceptores no bico possibilita que elas regulem o seu comportamento alimentar, selecionando as partículas pelo tamanho (PUPA e HANNAS, 2013).

Aves apresentam menor exigência quanto ao grau de redução das partículas. Leandro et al., (2001) demonstraram que rações preparadas com milho moído com DGM de 1420, 1161 e 1047 e soja moída com DGM de 1811 e 700 μm não influenciaram a produção de ovos, o consumo de ração e a conversão alimentar de codornas. Em outro experimento, os autores demonstraram que frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, arraçoados com dieta contendo milho inteiro (DGM 2282 μm) e moído (DGM 860 e 517 μm), não apresentaram diferenças no seu desempenho zootécnico (FREITAS et al., 2002).

Nir et al. (1994) encontraram o ganho de peso corporal e o consumo de alimento foram piores quando aumentou-se o DGM do sorgo para frangos com 21 dias de idade.

Suínos, diferente das aves, demonstram a necessidade de partículas menores em sua dieta para um bom desempenho zootécnico. Observa-se melhora de até 10% da eficiência alimentar em animais arraçoados com milho mais finamente moído (DGM 460 μm) quando comparado ao milho mais grosso (DGM 1107 μm) (CRENSHAW, 2002). Vários autores demonstram resultados semelhantes, que indicam que suínos se beneficiam mais da redução de partículas dos alimentos, quando comparados às aves (LAWRENCE, 2003; FASTINGER, 2003; ZANOTTO et al., 1995; WONDRA et al., 1995; GOODBAND, 1995).

Este benefício é mais claro para suínos alimentados com milho. A redução do DGM de sorgo e trigo também traz benefício, mas o excesso de finos gerados na moagem destes grãos pode ser prejudicial. Em suínos, a característica anatômica do focinho faz com que, ao comer, o excesso de finos da dieta seja aspirado, o que pode predispor a problemas respiratórios (FRAIHA et al., 2005).

Outro fator a ser considerado na determinação do tamanho ótimo das partículas na dieta de suínos é a predisposição para úlceras gástricas em animais alimentados com granulometria muito fina. Em ruminantes, o tamanho das partículas alimentares está relacionado à velocidade de passagem dos alimentos pelo rúmen, o que influencia o processo fermentativo da microbiota ruminal, repercutindo na

produção de energia digestiva. Fibras mais grossas estimulam a atividade mastigatória dos bovinos, o que favorece a produção de saliva, mantendo o pH ruminal em limites fisiológicos para o bom funcionamento da simbiose ruminal (FRAIHA et al., 2005).

Para peixes, o grau mais fino de moagem, além da maior exposição ao processo digestivo é pré-requisito para a estabilidade dos péletes na água. Ao trabalharem com Tilápias do Nilo, Soares et al., (2003) chegaram à conclusão de que a moagem da dieta para esta espécie deve ser feita com peneiras de 0,79 mm em moinhos a martelo.

No processamento de rações, a granulometria mostra-se como um dos fatores mais importantes, pois ela deve ser compatível com o tamanho da boca da larva no momento do início da alimentação e, também, porque quanto mais finamente moída, mais alto é o custo de produção (MEURER et al., 2005). Além disso, o grau de moagem pode alterar as propriedades físicas, estabilidade, durabilidade, dureza e seletividade dos péletes por parte dos animais (BOOTH et al., 2000), juntando-se ainda a perda de nutrientes por lixiviação na superfície do corpo d'água, aumentando sua carga poluente (PEZZATO, 1999).

Jobling (1987) destacou a existência de um limite ao diâmetro da partícula alimentar para que não haja prejuízo à sua digestibilidade. Segundo esse autor, as partículas alimentares com maiores diâmetros apresentam menores coeficientes de digestibilidade aparente. Segundo Lambert (1985), a forma física do alimento tem ação sobre o tempo de permanência no trato gastrointestinal. Ele afirma ainda que esse tempo, e conseqüentemente a digestibilidade, dependem também da idade do peixe.

Segundo Hayashi et al. (1999), ao avaliarem diferentes graus de moagem de ração para tilápias-do-nilo, verificaram que a granulometria de 0,50mm apresentou melhores resultados de desempenho zootécnico. Soares et al. (2003) recomendaram o uso de ração peletizada com granulometria de 0,79mm para tilápias nilóticas em fase de crescimento.

Meurer et al. (2005) observaram que, para tilápias-do-nilo, com início de alimentação aos três dias de idade, a granulometria de 0,50mm resultou na maior eficiência teórica para ganho de peso, comprimento e sobrevivência. Lovell (1988) e Kubitzka (1997) sugeriram que o grau de moagem dos alimentos deve ser menor que 0,50mm. Esses autores referem-se à piscicultura de modo geral, porém, deve-se

considerar a espécie de peixe e sua fase de criação. De acordo com Bombardelli et al. (2004), o fornecimento de ração farelada apresenta excelentes resultados produtivos para tilápia-do-nilo e ainda é de processamento mais simples e barato se comparada com rações micropelletizadas.

Segundo Meurer et al. (2005), em rações que contenham ingredientes moídos em peneiras com malhas maiores, há indução no aumento das taxas de trânsito pelo trato digestivo e menor relação da superfície de contato das partículas da ração com as enzimas digestivas, eventos esses que diminuem a eficiência da digestão dos alimentos pelos animais. Pequenas partículas alimentares são digeridas a taxas mais rápidas do que partículas maiores, porque apresentam maior área de superfície exposta por volume de tecido (BUXTON e REDFEARN, 1997).

A moagem dos grãos reduz o tamanho da partícula, aumentando sua área de superfície, expondo maior área para a ação das enzimas digestivas. Hedde et al. (1985) e Ohh et al. (1985), verificaram redução no consumo de ração diário e melhora na conversão alimentar quando os animais foram alimentados com dietas contendo milho moído com granulometria mais fina.

Nutricionalmente, o tamanho das partículas dos alimentos destinados à fabricação de rações pode influenciar na digestibilidade dos nutrientes e, como consequência, no desempenho produtivo. Penz e Magro (1998) observaram que a granulometria da ração afeta o consumo de alimento e a digestão dos ingredientes, pela alteração da anatomia do aparelho digestivo e das secreções digestivas.

Makino et al. (2010), trabalhando com diferentes granulometrias de rações sobre o ganho de peso, crescimento, sobrevivência e inversão sexual para tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), não observaram diferenças significativas para sobrevivência e crescimento, mas no tocante às proporções entre os sexos, as rações com diâmetros de grão de 0,50 e 0,35 mm foram as que apresentaram os melhores resultados com frequências relativas entre 96,66% e 93,33% de machos, respectivamente. Os mesmo autores sugerem que o grau de incorporação de hormônio masculinizante à superfície da ração seja proporcional ao seu diâmetro de grão.

As implicações de um processamento inadequado dos ingredientes componentes das rações para a tilápia nilótica durante a fase de inversão sexual podem afetar a produção tanto no aspecto produtivo (juvenis com menores pesos e tamanhos), quanto no aspecto financeiro, pois a moagem muito fina dos ingredientes

torna oneroso o processo produtivo com maiores gastos de energia e de mão de obra (MAKINO et al., 2010).

Pezzato et al. (2002), trabalhando com diâmetro da partícula, revelou efeitos significativos ($P < 0,05$) dos diâmetros das partículas alimentares que constituíram os péletes (extrusados) das espécies e da interação entre esses dois fatores. A presença de interação significativa indica que o pacu e a tilápia do Nilo apresentaram diferentes coeficientes de digestibilidade aparente, em função dos diâmetros das partículas alimentares que constituíram as rações.

O tamanho da partícula alimentar pode afetar o crescimento e a composição corporal dos peixes, principalmente nas fases mais avançadas de vida (PEZZATO et al., 2002). Contudo, Lazzari et al. (2004), ao trabalharem com diferentes granulometrias, não observaram diferença significativa no crescimento das pós-larvas de jundiá (onívoro) aos 21 dias. Os autores justificaram que os peixes testados ainda estavam muito jovens e a atividade enzimática e o tubo digestivo não estavam em sua formação completa, pois boa parte do perfil enzimático dessa espécie provém do alimento natural. Segundo Polese et al., (2010), o tratamento com menor granulometria (150 μm) do milho na ração peletizada foi capaz de melhorar o desempenho dos juvenis de pacu podendo diminuir o tempo de cultivo e amenizar o impacto ambiental, em razão da melhor conversão alimentar.

2.6.2 - Balanço energético da moagem e benefício bioquímico-fisiológico dos animais

A necessidade energética para manutenção e criação de tecidos nos animais é bastante conhecida e constantemente atualizada, em função da evolução fenotípica dos animais, a partir do melhoramento genético constante. Os valores de energia diária são disponibilizadas em tabelas, bem como a estimativa do ganho em peso vivo diário dos animais (ROSTAGNO et al., 2005), tendo como premissa as condições ótimas para expressão fenotípica dos animais.

A partir destes números é possível a estimativa da eficiência energética dos animais para a produção da proteína animal. Assim, por exemplo, frangos machos necessitam de 5,2 kcal para produzir um grama de peso vivo. Suínos machos

castrados de alto potencial genético necessitam de 8,6 kcal por grama de peso vivo produzido entre os 20 e 120 kg de peso. As galinhas poedeiras necessitam 6,5 kcal por grama de ovo produzido entre as 20 e 80 semanas de idade. A informação sobre a idade fisiológica ou peso vivo é importante, pois a eficiência de transformação da energia bioquímica em tecido altera-se dramaticamente à medida que o animal se desenvolve, sendo que ele é mais eficiente nas idades mais jovens (FRAIHA et al., 2005).

Pelos números acima, podemos calcular que um frango necessitará de 11.658 kcal (13,6 kwh) para estar pronto para o abate, enquanto um suíno necessitará de 860 Mcal (1000 kwh) para ir ao frigorífico, e um ovo de 50 gramas necessita de 320 kcal (0,4 kwh) para ser produzido. Estes dados não se referem à energia contida em cada grama destes tecidos citados, mas a energia bioquímica total requerida para a manutenção, crescimento ou produção de tecido animal. Há metodologias específicas para determinação da energia contida em cada tecido (FRAIHA et al., 2005).

Para aves, que não tem lábios e língua para apreensão, níveis muito baixos de granulometria prejudicam a apreensão do alimento, fazendo com que haja separação dos ingredientes, o que pode explicar o menor valor energético quando a granulometria de um dos ingredientes é muito menor do que os demais ingredientes na ração (RIBEIRO et al., 2002).

Baseado na eficiência de moagem do equipamento mensurado por Zanotto et al., (1999), os cálculos sugerem que a aplicação energética no processo mecânico de moagem é altamente vantajosa para o animal, visto que cada kWh aplicado na redução do milho gera ganho metabólico maior que 10 kWh no animal.

A variação de consumo de energia por tonelada moída depende do dimensionamento e condições do equipamento, bem como do alimento (POZZA et al., 2005). Estas variáveis podem influenciar as vantagens do processo.

Estes números são mais favoráveis aos suínos e peixes, que apresentam maior ganho metabólico em termos de energia à medida que a granulometria se reduz (Tabela 1).

Tabela 1 – Energia digestível da dieta para peixes e energia metabolizável do milho para suínos em função da granulometria, e ganho da energia metabólica em relação ao nível granulométrico mais alto.

Peixes (adaptado Soares et al., 2003)				
Diâmetro da peneira para moagem (mm)	1.5	1	0.75	0.5
Energia digestível Kwh.Kg ⁻¹	2.38	3.17	3.30	3.42
Ganho metabólico Kwh.Kg ⁻¹	-	0.79	0.92	1.04
Suínos (adaptado Zanotto et al., 1995)				
DGM milho (µm)	1020	799	645	509
Energia metabolizável Kwh.Kg ⁻¹	4.16	4.19	4.35	4.41
Ganho metabólico Kwh.Kg ⁻¹	-	0.03	0.19	0.25

Nos exemplos acima, os processos empregados na preparação dos alimentos mostraram a tendência de poupar o gasto energético bioquímico que os animais deveriam lançar mão para disponibilizar nutrientes para o processo metabólico.

Tem-se evidenciado que a redução no DGM das partículas do milho aumenta o seu valor nutricional. Milho moído com DGM de 1.054, 746 e 502 micrômetros, apresentou valores de energia metabolizável de: 3.322, 3.392 e 3.491 kcal/kg, correspondendo a aumentos de 2,1 e 5,1%, para os DGM de 746 e 502 micrômetros, respectivamente, comparados ao DGM de 1.054 micrômetros. Isso indica que o valor energético do milho pode ser aumentado em até 169 kcal/kg, em função da redução do DGM até 502 micrômetros (ZONOTTO; GUIDONI; PIENIZ, 2007). A moagem, ao reduzir o tamanho de partículas, disponibiliza mais energia bioquímica pela interação nutriente, processo fisiológico, permitindo o uso mais nobre da energia animal para seu crescimento.

2.7 – Tempo de trânsito gastrintestinal e digestibilidade

Segundo Ribeiro (2009), a digestão é a combinação de processos mecânicos, químicos e atividades microbianas que sofre o alimento ingerido, promovendo sua quebra em componentes que são absorvidos pelo organismo ou que permanecem na luz do intestino até serem excretados. A digestibilidade expressa a habilidade com que o animal digere e absorve os nutrientes e energia contida na dieta, sendo a relação entre os nutrientes ingeridos na dieta e evacuados nas fezes (ANDRIGUETTO et al., 1985). Estudos de digestibilidade são importantes para a formulação de rações para aquicultura, pois avalia a capacidade de utilização de determinado ingrediente e a qualidade das rações para peixes (SADIKU e JUANCEY, 1995; JONES e DE SILVA, 1997). Tais estudos são potenciais indicadores da energia e dos nutrientes disponíveis para o crescimento, manutenção e reprodução do animal.

É importante conhecer o tempo de esvaziamento do trato digestório, porque ele determina quando o peixe irá se alimentar novamente. Peixes que esvaziam mais rápido o trato digestório, apresentam maior apetite, ou seja, precisam ser alimentados com maior frequência, visto que a alimentação está ligada ao tempo de passagem. Na maioria dos teleósteos, quanto maior o tamanho ou a quantidade de alimento ingerido, maior será o tempo para o esvaziamento. Um aumento de quatro vezes no tamanho do alimento em *Micropterus sp* (achiga ou bass) duplica o período de tempo para o esvaziamento. Contudo, em algumas espécies, a presença de grande quantidade de alimento no estômago acelera o movimento peristáltico, facilitando o esvaziamento. A permanência do alimento no trato digestório também aumenta consideravelmente em temperaturas baixas (BALDISSEROTTO, 2002).

A melhora da eficiência alimentar em peixes depende da integração de fatores como características fisiológicas, hábito alimentar e exigência nutricional da espécie, composição química e disponibilidade de nutrientes dos ingredientes selecionados para confecção da ração completa (LANNA et al., 2004). Em adição, as estratégias de alimentação em piscicultura devem-se visar à melhora dos índices

de crescimento com conseqüente redução de dejetos no ambiente. O desenvolvimento de estratégias bem-sucedidas pode ser favorecido pelo conhecimento dos padrões de consumo alimentar dos peixes (HOSSAIN et al., 1998; SCHNAITTACHER et al., 2005).

Os fatores abióticos da água e as características físicas e químicas da ração podem influenciar o tempo de passagem do alimento pelo trato digestivo dos peixes (FAUCONNEAU et al., 1983; VAN der MEER et al., 1997; USMANI e JAFRI, 2002; DIAS-KOBERSTEIN et al., 2005).

O processamento e tamanho da partícula da dieta influenciam a taxa de esvaziamento estomacal e o crescimento dos peixes, como demonstraram Venou et al. (2003) para *Sparus aurata* e Silva et al. (2003) para *Colossoma macropomum*.

O valor nutricional de um alimento está baseado na sua composição química e na quantidade de nutrientes ou energia que o peixe pode absorver e utilizar (CASTAGNOLLI, 1979). A disponibilidade dos nutrientes para os peixes deve ser definida principalmente em termos de digestibilidade, a qual descreve a fração de nutrientes e da energia dos ingredientes ingeridos que não é excretada nas fezes (NRC, 1993; GODDARD e MCLEAN, 2001).

Poucos são os alimentos utilizados pelos animais na forma em que são ingeridos, pois a digestão implica no fracionamento da proteína em aminoácidos, assim como os carboidratos complexos devem ser quebrados a açúcares simples e as gorduras são hidrolisadas em ácidos graxos antes que os nutrientes sejam absorvidos (CASTAGNOLLI, 1979).

As espécies animais aproveitam de forma diferente os alimentos, sendo esta diferença quantificada através da determinação de seus coeficientes de digestibilidade aparente, em que a digestibilidade de uma dieta pode ser definida como a habilidade com que o animal digere e absorve os nutrientes e a energia contida no alimento (ANDRIGUETO et al., 1982).

Segundo Cho (1987), a determinação da digestibilidade dos nutrientes de uma matéria prima é necessária quando se pretende avaliar seu potencial de inclusão em uma ração completa para peixes.

Segundo Pezzato (1995), nem sempre uma ração com alto teor de proteína promove o melhor desempenho produtivo dos peixes, sendo importante avaliar a qualidade da proteína, determinada principalmente pela sua digestibilidade, ou seja, o quanto dela é absorvido no trato digestório. Estes resultados devem ser

considerados na formulação da ração, pois somente a partir de rações com altos coeficientes de digestibilidade será possível se obter melhores respostas para conversão alimentar, maximizar os lucros e minimizar o impacto ambiental causado pelo excesso de alguns nutrientes (PEZZATO, 1999).

É de grande importância o conhecimento preciso da digestibilidade de ingredientes alimentares empregados na formulação de dietas. Na atualidade, são requeridas investigações adicionais com relação à exigência nutricional de cada espécie e uma adequada formulação da ração. Sem dados precisos de digestibilidade, os nutricionistas de peixes arriscam-se em superdosagens que podem elevar o custo de produção ou em uma subdosagem, que pode reduzir a taxa de crescimento e outras medidas de desempenho zootécnico do peixe. Utilizar alimentos altamente digestíveis é importante em condições de cultivo de alta densidade em que o acúmulo de alimentos não digeridos polui a água, aumentando o custo de tratamento, além de elevar a chance de ocorrerem enfermidades nos peixes, o que pode ocasionar alta mortalidade (ALBERNAZ, 2000).

Segundo Hopher (1988), a digestão do alimento depende de três fatores principais: o diâmetro das partículas que constituem o alimento ingerido, pelos quais se torna susceptível à ação das enzimas digestivas, a atividade dessas enzimas e o tempo de exposição do alimento ao sistema digestório.

A digestibilidade é um dos aspectos mais importantes na avaliação dos alimentos (SADIKU e JAUNCEY, 1995; DEGANI et al., 1997) quanto à sua eficiência biológica (HANLEY, 1987).

A assimilação dos nutrientes pelo organismo animal depende de vários fatores, tais como espécie, condições ambientais, temperatura da água, peso/tamanho corporal, quantidade e qualidade do nutriente, proporção relativa a outros nutrientes, nível de arraçoamento e processamento dos ingredientes, entre outros (HIQUERA, 1987).

Características do ambiente, como o oxigênio dissolvido na água e sua temperatura, são fatores que afetam o metabolismo do peixe. Em águas com níveis de oxigênio dissolvido abaixo da faixa ótima, alguns peixes reduzem a ingestão de alimento e a digestibilidade dos nutrientes é diminuída (POULIOT e DE LA NOUE, 1988). A temperatura da água afeta a capacidade de digestão e de absorção em peixes, sendo esta característica ambiental uma das causas do elevado coeficiente

de variação dos ensaios de digestibilidade em teleósteos (KLONTZ, 1995; NUNES, 1996).

2.8 - Trato gastrointestinal

Em teleósteos, a morfologia do trato gastrointestinal geralmente mostra variações específicas relacionadas com a dieta, o hábito alimentar, filogenia, forma do corpo e também características que refletem diferenciação funcional (NOAILLAC-DEPEYRE e GAS, 1974; KAPOOR et al, 1975;. ANDERSON, 1986; ABAURREA et al., 1993). Além disso, há uma correlação entre as estruturas do aparelho digestivo e do hábito alimentar dos peixes (BARBIERI et al, 1994; BUDDINGTON et al, 1987; FUGI et al, 2001; WARD-CAMPBELL et al, 2005). As estruturas morfológicas possuem uma relação sobre a ecologia alimentar de uma espécie, uma vez que estas peculiaridades sugerem como um peixe é capaz de se alimentar (WARD-CAMPBELL et al., 2005). Além disso, em *Coregonus schinzi palea* a dieta influencia a morfologia intestinal (DABROWSKI e KAUSHIK, 1985).

O trato gastrointestinal ou digestivo é o tubo que vai da boca ao ânus e pelo qual passam os alimentos. Pode ser subdividido em: cavidade bucal ou bucofaringeana, intestino anterior (esôfago e estômago), intestino médio (intestino propriamente dito) e intestino posterior (reto). Os vários tecidos e órgãos relacionados a ele estão envolvidos com a apreensão, mastigação e deglutição, seguidas da digestão e absorção dos nutrientes, como também com a excreção (ROTTA, 2003).

O conhecimento da mucosa intestinal dos peixes é importante para fornecer informações para os estudos de nutrição, de forma a atender às exigências nutricionais para adequado desempenho e saúde dos peixes (SILVA et al., 2010). A mucosa intestinal de peixes teleósteos tem inúmeras projeções denominadas vilos, sem criptas na base e que possuem células indiferenciadas, que sofrem sucessivas mitoses para formação das células epiteliais do vilos (JOBBLING, 1995).

Segundo Rotta (2003), há uma estreita relação de interdependência entre a nutrição, o habitat e a organização do aparelho digestivo, a qual se manifesta

especialmente por adaptações e modificações. Essas são variações morfológicas provocadas pela ação de fatores do ambiente sobre o organismo, podendo ser de caráter permanente, produzidas na evolução filogenética, como no caso das adaptações, ou de caráter temporário, produzidas no ciclo ontogenético do indivíduo (desenvolvimento do indivíduo desde a fecundação até a maturidade reprodutiva), chamadas de modificações. Portanto, a dieta é um dos principais fatores que confere aos órgãos do aparelho digestivo características funcionais, anatômicas e morfométricas próprias para cada regime alimentar.

O estudo da morfologia e histologia do tubo digestório em peixes Teleostei vem atraindo a atenção de vários autores, em função da sua diversidade de forma, relativa à dieta. O uso de dieta artificial tem participação significativa nos custos da criação dos organismos aquáticos. Assim, conhecimentos sobre nutrição são imprescindíveis para o sucesso dessa criação, uma vez que minimizarão custos desnecessários ao subsidiarem informações essenciais para a composição desse tipo de alimento. É fundamental intensificar as pesquisas relativas à fisiologia digestiva de peixes, dentre elas as que se direcionam para a estrutura e fisiologia do aparelho digestório, a enzimologia digestiva, o metabolismo e as exigências nutricionais (SEIXAS FILHO et al., 2001).

A histologia do trato gastrointestinal tem sido descrita em várias espécies de peixes (KHANNA e MEHROTRA, 1971; HARDER, 1975; KAPOOR et al., 1975; TIBBETS, 1997), despertando considerável interesse pelas amplas variações tanto na morfologia quanto nas funções, como reflexo da elevada diversidade deste grupo zootécnico e suas diferentes posições na cadeia trófica. Apesar das diferenças interespecíficas no trato gastrintestinal, semelhanças estruturais básicas são comuns dentro do grupo (DIAZ et al., 2003). Em algumas espécies, as diferenças estão proximamente relacionadas com a natureza do hábito alimentar, tamanho do corpo e sexo (KAPOOR et al., 1975; SMITH, 1989).

AL-HUSSAINI (1949) estudou a morfologia do aparelho digestório e sua relação com os hábitos alimentares dos peixes. Dessa forma tornou-se possível conhecer o regime alimentar de uma espécie a partir de diferenças anatomofisiológicas do tubo digestório, o que fica evidenciado quando se observam os formatos variados do estômago ou os diferentes comprimentos do intestino dos peixes, conforme sejam herbívoros, carnívoros, onívoros ou iliófagos.

Sabe-se que os diferentes hábitos alimentares determinam diferenças anatômicas e fisiológicas acentuadas no trato digestório, como resultado da adaptação aos mais variados tipos de alimentos. (LEMES; BRACCINI, 2004).

O intestino de peixes, sob o ponto de vista histofisiológico, é dividido em três segmentos. O primeiro segmento ou segmento proximal encontra-se relacionado com a absorção de gorduras (HERNANDEZ-BLAZQUEZ et al., 1989; IWAI, 1969; NOAILLAC-DEPEYRE; GAS, 1974; SIRE et al., 1981), sendo o seu epitélio constituído por células prismáticas altas, também chamadas de células absorptivas ou enterócitos e por células mucosas ou caliciformes (AL-HUSSAINI, 1949). Há maior número de células mucosas no intestino proximal devido ao fato de estas possuírem uma função de proteção da superfície dos enterócitos contra o conteúdo proveniente do estômago (LUNDSTEDT et al., 2004).

O segundo segmento ou segmento médio é descrito como responsável pela absorção de macromoléculas proteicas (GEORGOPOULOU et al., 1985; ROMBOUT et al., 1985; STROBAND; VAN DER VEEN, 1981), contendo maior número de células caliciformes, em relação ao segmento anterior e elevada concentração de vesículas pinocíticas em sua região supranuclear (STROBAND; VAN DER VEEN, 1981). Neste segmento ainda foi descrito a presença de proteínas marcadoras de pinocitose no citoplasma dos enterócitos, como a ferritina (GEORGOPOULOU et al., 1985; ROMBOUT et al., 1985). Stroband e Van Der Veen (1981) sugeriram ainda que, além da função de auxiliar no processo de absorção de macromoléculas proteicas, este segmento médio possui também importância imunológica, devido à ocorrência de uma barreira imune local, com a presença de macrófagos e células linfóides tanto entre as células absorptivas do epitélio intestinal como na lâmina própria (ROMBOUT et al., 1985).

O terceiro segmento ou distal está relacionado com a absorção de água e eletrólitos, com o epitélio diferindo das outras regiões apresentando maior número de células caliciformes e cutícula estriada mais baixa, conforme estudado em alguns teleósteos (NOAILLAC-DEPEYRE; GAS, 1973; NOAILLAC-DEPEYRE; GAS, 1976; NOAILLAC-DEPEYRE; GAS, 1979; NOAILLAC-DEPEYRE; GAS, 1983).

Há uma grande variação do comprimento do intestino na maioria dos teleósteos estudados, porém, o comprimento relativo de cada segmento intestinal, em porcentagem se mantém constante, sendo: 60 a 75% para o segmento proximal,

20 a 25% para o segmento médio e 5 a 10% para o segmento distal (NOAILLACDEPEYRE; GAS, 1976; STROBAND et al., 1979).

Deve-se destacar que peixes onívoros e herbívoros apresentam a capacidade de alterar a estrutura e as propriedades absorptivas do seu sistema digestivo em resposta a mudanças na dieta, sendo, portanto substrato dependente. O aumento na quantidade de glicídios na alimentação pode provocar aumento no comprimento do intestino e na absorção de glicose por alguns teleósteos, não ocorrendo este fato nos carnívoros, como o pintado e a truta arco-íris. Essas diferenças devem-se, provavelmente, à adaptação das espécies, pois peixes onívoros e herbívoros estão sujeitos a grandes variações na composição bromatológica da dieta, diferentemente do que ocorre na dieta dos carnívoros (ROTTA, 2003).

A melhora na eficiência alimentar em peixes depende da integração de fatores como característica fisiológica, hábito alimentar e exigência nutricional da espécie, composição química e disponibilidade de nutrientes dos ingredientes selecionados para confecção da ração completa (LANNA et al., 2004). Em adição, as estratégias de alimentação em piscicultura devem visar à melhoria dos índices de crescimento com conseqüente redução de dejetos no ambiente. O desenvolvimento de estratégias bem sucedidas pode ser favorecido pelo conhecimento dos padrões de consumo alimentar dos peixes (HOSSAIN et al., 1998; SCHNAITTACHER et al., 2005).

Diante desse quadro, o estudo do intestino das diferentes espécies de diferentes hábitos alimentares é importante para suprir a falta de informações técnicas para embasar o desenvolvimento da piscicultura. Este assunto é relevante para a otimização da produção, pois com o conhecimento das diferentes necessidades e comportamentos alimentares desses animais, poderão ser formuladas rações que supram suas necessidades fisiológicas e bioquímicas. A importância desse conhecimento se torna ainda mais evidente quando levamos em conta a diversidade de espécies de peixes existentes, cada uma com suas singularidades quanto ao hábito alimentar, intestinal e às exigências nutricionais, incluindo as diferentes granulometrias dos ingredientes nas rações.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no setor de Aquicultura da Unidade de Apoio à Pesquisa em Zootecnia do CCTA/UENF, situado no Colégio Agrícola Estadual Antônio Sarlo em Campos dos Goytacazes – RJ, durante o período de Agosto de 2010 a Dezembro de 2011.

3.2 - EXPERIMENTO I - Granulometrias do milho da ração no desempenho zootécnico e composição corporal em juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum*

3.2.1 - Animais

Os juvenis de tambaquis, provenientes do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Itapina, localizado no município de Colatina – ES, foram transportados em sacolas plásticas com um terço de água e dois terços de oxigênio para o laboratório de aquicultura da UENF/LZNA onde passaram por um período de aclimação e receberam tratamento com sal numa concentração de 10 gramas/litro durante 30 minutos. As médias de peso inicial, comprimento total, comprimento padrão e altura dos tambaquis estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Médias de peso inicial, comprimento total, comprimento padrão e altura dos tambaquis.

Granulometria	Peso Inicial (g)	Comprimento Total (cm)	Comprimento Padrão (cm)	Altura (cm)
150 µm	11,006±0,037	8,408±0,048	7,330±0,029	3,366±0,020
300 µm	11,001±0,023	8,380±0,020	7,280±0,016	3,290±0,006
500 µm	11,017±0,024	8,373±0,029	7,228±0,019	3,348±0,025
710 µm	10,958±0,020	8,425±0,018	7,303±0,026	3,320±0,011
850 µm	11,045±0,020	8,420±0,031	7,365±0,039	3,345±0,025

3.2.2 - Tanques

Os peixes, recém-chegados, foram alojados em dois tanques externos com capacidade de 10.000 litros de água cada e divididos em 1000 juvenis por tanque, onde passaram alguns dias para adaptação às rotinas do laboratório, tais como:

alimentação, movimento de pessoas, manejos diários, etc. Após esse período, os juvenis foram selecionados por tamanho e peso uniformizados e distribuídos aleatoriamente em 20 aquários experimentais com um volume útil de 220 litros, onde foi realizado o experimento com duração de 68 dias.

Foram utilizados 200 juvenis, cada aquário com 10 juvenis, sendo cada aquário uma unidade experimental. O arranjo experimental continha cinco tratamentos (850; 710; 500; 300; 150 μm da granulometria do milho) com quatro repetições cada, em delineamento inteiramente casualizado (DIC).

3.2.3 - Granulometria

Para a determinação da granulometria foram usados os seguintes equipamentos e materiais: um vibrador de peneiras (Figura 1); conjunto de peneiras ABNT, números: 18, 20, 25, 35, 50, 100 e fundo, correspondendo às seguintes aberturas de malhas: 1,00; 0,85; 0,71; 0,50; 0,30; 0,15 e 0 mm, respectivamente; balança com precisão de 0,1g; estufa de 65° C; pincéis para limpeza das peneiras; bandeja com capacidade de 1 kg.

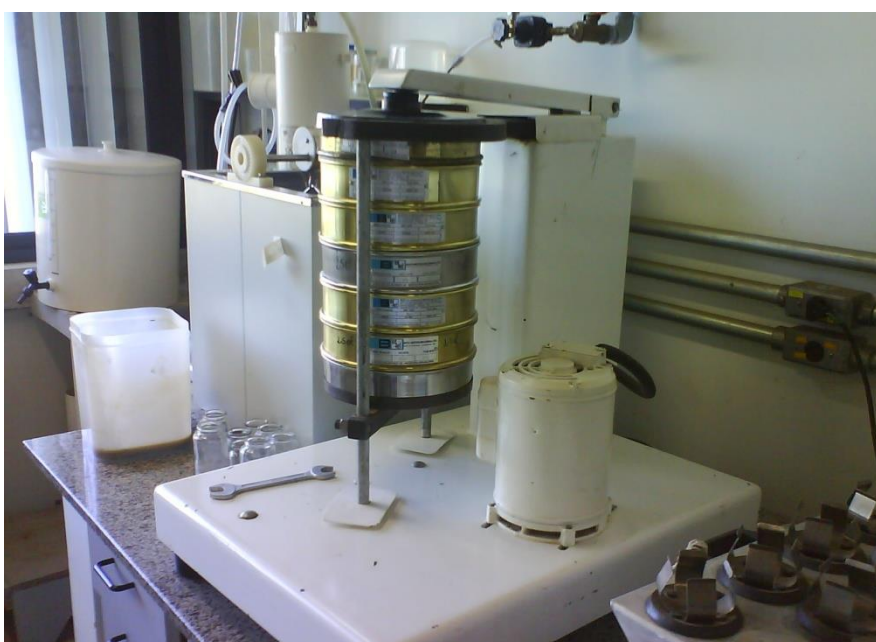


Figura 1 - Vibrador de peneiras, laboratório de solos UENF.

Para a obtenção das diferentes granulometrias do milho foram moídos 40 kg de milho em moinho de martelo (Nogueira[®] 10 Hp) com peneira de 1 mm. Após a moagem, o milho moído passou por processo de secagem durante 24 horas em estufa ventilada a 65 °C para retirada da umidade e, assim, evitar entupimento das peneiras no processo de separação das diferentes granulometrias do milho.

As frações de milho (Figura 2) foram obtidas através de peneiramento em um vibrador de peneiras, no qual as peneiras foram distribuídas em ordem decrescente da maior malha para a de menor malha (1000, 850, 710, 500, 300, 150 μm e zero), sendo que o fundo ficava na parte inferior do vibrador de peneiras.



Figura 2 - Frações de milho retidas nas diferentes peneiras.

Após a distribuição das peneiras no vibrador de peneiras, foi pesada uma amostra de 200g de milho moído e colocada na parte superior da primeira peneira (1000 μm), ligando-se o vibrador por 10 minutos, e, em seguida, guardaram-se as diferentes frações de milho em sacolas plásticas devidamente marcadas. As granulometrias utilizadas foram de 850, 710, 500, 300 e 150 μm .

3.2.4 - Rações experimentais

Foram utilizadas cinco dietas experimentais com 28,8% de PB e 3.100 kcal de ED/Kg, formulada com os mesmos ingredientes (Tabela 3) com diferentes granulometrias apenas da fração de milho (850; 710; 500; 300; 150 μ m) na ração.

Tabela 3 – Composição bromatológica da matéria seca dos ingredientes utilizados na formulação da ração experimental.

Alimentos	Matéria seca	Proteína bruta	Extrato etéreo	Matéria mineral
Farinha de peixe	91,73	54,86	9,24	21,55
Farelo de soja	90,12	44,71	3,68	8,01
Farelo de trigo	92,81	15,20	2,51	7,21
Farelo de milho	93,18	9,49	3,26	2,42

Foram feitos 10 kg de ração extrusada para cada tratamento nas instalações da fábrica Maramar. As rações experimentais (Tabela 4) foram formuladas conforme as exigências nutricionais da espécie em estudo. Todos os ingredientes foram pesados e homogeneizados no misturador tipo “Y”, por 10 minutos.

Tabela 4 – Fórmula da ração experimental e quantidade de cada ingrediente nos diferentes tratamentos.

Ingredientes	Ração (%)	Proteína Bruta (%)	Quantidade por Trat. (g)
MILHO	39,0	9,49	3900
F. PEIXE	30,0	54,86	3000
F. SOJA	16,5	44,71	1650
F. TRIGO	8,0	15,20	800
OLÉO DE SOJA	6,0	-	600
PREMIX*	0,5	-	50
Total	100,0	28,82	10000

* Premix peixes completo plus (quantidades por quilo de produto comercial): vitaminas A (1.000.000 UI); B₁ (1250 mg); B₂ (2500 mg); B₆ (1875 mg); B₁₂ (3750 mcg); C (42000 mg); D₃ (500.000 UI); E (20.000 UI); K₃ (500 mg); ácido fólico (250 mg); ácido pantotênico (5000 mg); biotina (125 mg); cloreto de colina (75000 mg); niacina (5000 mg); aminoácido L-lisina (20g); minerais Ca (240mg); P (78mg); Na (60g); Co (25 mg); Cu (2000 mg); Fe (13820 mg); I (100 mg); Mn (3750 mg); Se (75 mg); Zn (17500 mg); Flúor (780mg); antioxidante (600 mg).

A ração final foi extrusada, sendo que a extrusora foi higienizada a cada preparo de nova ração com seu respectivo tratamento com as diferentes granulometrias (850, 710, 500, 300 e 150 µm) da fração de milho. No início da extrusão de cada nova ração, desprezavam-se 300 g da ração inicial para evitar contaminação com os demais tratamentos. Os péletes tinham dois milímetros de diâmetro, e utilizou-se o resfriador para realizar a secagem, com objetivo de evitar a deterioração e proporcionar maior durabilidade à ração. O acondicionamento da ração foi feito em geladeira na temperatura de 4°C, em recipientes de material plástico, tarados e identificados pelo número do aquário experimental e seu respectivo tratamento. As análises bromatológicas das rações estão descritas na tabela 5.

Tabela 5 – Composição bromatológica das rações (matéria seca), onde se variou apenas as granulometrias do milho.

Tratamentos	Matéria Seca	Proteína Bruta	Extrato Etéreo	Matéria Mineral
T1 (150 µm)	96,77	28,47	8,47	10,15
T2 (300 µm)	96,83	28,49	7,94	9,30
T3 (500 µm)	96,78	28,66	8,59	9,75
T4 (710 µm)	97,08	28,60	8,22	9,69
T5 (850 µm)	96,95	29,04	7,21	9,66
C.V.	0,13	0,81	6,79	3,11

* C.V. Coeficiente de Variação.

3.2.5 - Delineamento inteiramente casualizado (DIC)

Após o período de adaptação, os 200 juvenis de tambaqui, com idade de 50 dias, foram selecionados por tamanho e peso, uniformizados e distribuídos aleatoriamente em vinte aquários experimentais com capacidade para 300 litros e um volume útil de 220 litros, onde foi realizado o experimento com duração de 68 dias.

Foram distribuídos aleatoriamente 10 juvenis de tambaqui em cada aquário experimental, constituindo cinco tratamentos com quatro repetições, com um total de 20 unidades experimentais. Foi deixado um aquário com 50 juvenis de tambaquis para reposição no caso de mortalidade nos primeiros três dias após a montagem do experimento.

3.2.6 - Fatores físico-químicos da água

Os aquários experimentais possuíam sistemas de entrada e saída de água. A oxigenação foi realizada constantemente através de sopradores e o fluxo da água foi constante com o fim de manter elevado o teor de oxigênio e de eliminar as fezes

evitando, assim, a formação de plânctons e possíveis mudanças bruscas na qualidade da água.

O sistema de abastecimento de água utilizado foi do tipo recirculação contínua e fechada contendo uma caixa de 500 litros para a filtração (através de processos físicos e biológicos) e uma caixa de 500 litros para depósito (onde a água foi mantida para retorno aos aquários experimentais), com auxílio de bombas submersas. O sistema de recirculação fez com que a água de cada aquário experimental fosse renovada 12 vezes ao dia, totalizando um volume de 2640 litros passados em cada aquário por dia. Nos aquários experimentais, a temperatura da água foi mantida a aproximadamente 28° C com auxílio de trocador de calor (Heliotek®).

Foram mensuradas as variáveis oxigênio dissolvido (mg/L), pH, temperatura (°C) e amônia (mg/L), sempre antes dos arraçoamentos. Os níveis de oxigenação foram mantidos com auxílio de aeradores e mensurados através de um oxigenômetro digital (Tlutron YK 22DO), o pH foi medido através de peagâmetro de mesa (pH TEK, PHS-3B), a temperatura com o uso de termômetro digital (Oxímetro) e a amônia na água foi determinada uma vez ao dia, utilizando fotômetro medidor - com parâmetro de amoníaco - Modelo HI 95715 - HANNA®.

O pH foi monitorado diariamente e, quando necessário, corrigido com uso de calcário calcítico visando mantê-lo próximo de seis. Para manter a temperatura da água próxima a 28°C, foi utilizado trocador de calor comercial.

A água efluente de cada aquário experimental era homogeneizada em um sistema de filtração composto por filtro biológico e mecânico, com o uso de biofiltros de material plástico e filtro físico de acrílico, visando manter elevado o teor de oxigênio, diminuir a contaminação por microorganismos, eliminar fezes evitando formação de plânctons e diminuir concentração de amônia.

Após a filtração, a água era aquecida a 28 °C e retornava aos aquários experimentais com taxa de renovação de 5% ao dia e de recirculação de 100% do volume em 2 horas. O nível da água foi monitorado diariamente e mantido, aproximadamente, em 220L. Os aquários foram cobertos com tampa telada de abertura de 15 mm, para evitar eventual fuga de peixes.

3.2.7 - Manejo alimentar

O manejo alimentar foi realizado utilizando-se dieta experimental isoprotéica e isoenergética contendo 28,8 % de PB e 3.100 kcal de ED/kg, formuladas à base de farinha de peixe, farelo de trigo, de soja e apenas o de milho com diferentes granulometrias. A ração foi extrusada (péletes de 2 mm de diâmetro) e administrada três vezes ao dia (09h00min, 13h00min e 17h00min), à vontade e com observação de ocorrência de sobras.

Ao final do arraçoamento, passados 15 minutos, toda sobra de ração (Tabela 6) foi coletada e armazenada em potes plásticos identificados e guardada em *freezer* para posterior correção da quantidade consumida pelos peixes em cada unidade experimental, diminuindo, dessa forma, o erro experimental das variáveis de consumo de ração e da conversão alimentar aparente.

Tabela 6 – Matéria Seca e Quantidade da sobra de ração coletada após arraçoamento durante o período experimental de 68 dias.

Tratamentos	Matéria Seca (%)	Quantidade Sobra de Ração (g)
T1 (150 µm)	94,12	45,75
T2 (300 µm)	94,41	86,13
T3 (500 µm)	94,25	152,09
T4 (710 µm)	93,95	64,29
T5 (850 µm)	94,65	86,69

3.2.8 - Mensuração das variáveis

No início e no final do experimento foram feitas pesagens e medições dos animais considerando-se seu comprimento total, comprimento padrão, altura e peso. Todas essas mensurações foram realizadas utilizando-se uma balança de precisão de 0,01 gramas e um paquímetro analógico 6"X150mm (0,05mmX1/128").

Visando reduzir o estresse causado pelo manejo, a avaliação de peso e medidas dos peixes, no início e no final do experimento, foi feita após a sedação com eugenol na proporção de 5 mg/L de água, solubilizado com uma parte de óleo de eugenol para nove partes de etanol.

Ao final do experimento, os peixes foram abatidos através de choque térmico, acondicionados em sacolas plásticas devidamente identificadas e levados ao *freezer* para congelamento. Em seguida, foram descongelados; suas carcaças foram pesadas, trituradas com processador industrial de pequeno porte e pesadas novamente. A massa obtida foi secada em estufa ventilada 65°C por um período de 48 horas e, posteriormente, foi feita a secagem definitiva em estufa a 105°C por 24 horas.

As amostras foram pesadas em balança digital com precisão de 0,01 g e moídas no moinho de bola. Após o processamento das amostras foram feitas análises através da adaptação da metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002) para análise de Matéria Seca, Extrato Etéreo, Proteína Bruta, Matéria Mineral.

Todas as análises foram feitas no Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal (LZNA) da UENF-CCTA.

3.2.9 - Variáveis

Com o resultado da biometria foi possível calcular o crescimento em peso, comprimento total, comprimento padrão, altura e o coeficiente de variação do comprimento [$CV = (\text{desvio padrão do comprimento} / \text{comprimento médio}) \times 100$], a taxa de crescimento específico (TCE = $[(\ln \text{ peso tempo } 1 - \ln \text{ peso tempo } 0) / \text{tempo}] \times 100$), a eficiência de retenção de proteína bruta (ERP ou ANPU) = $[(\text{PBFC} \times \text{PF}) - (\text{PBic} \times \text{PI}) \times 100 / \text{CPB}]$ e a taxa de eficiência proteica (ganho em peso vivo / proteína bruta consumida). Os parâmetros de produção final avaliados foram: sobrevivência (%), ganho de peso (GP = peso inicial – peso final) e conversão alimentar aparente (CAA = consumo de ração/ganho de peso).

3.2.10 - Análises estatísticas

As análises estatísticas consistiram, inicialmente, na obtenção das médias das variáveis analisadas nos tratamentos (150, 300, 500, 710, 850 μ m de granulometria). A seguir, foram obtidas equações de regressões entre as variáveis em função da granulometria, sendo escolhido o modelo de regressão (linear, quadrática, cúbica, raiz quadrada, exponencial, logarítmica, etc) pela análise dos parâmetros da regressão (significância e coeficiente de determinação). As análises foram realizadas utilizando-se o aplicativo Sistemas para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG, versão 9.2), sendo adotado o nível de 5% de significância.

3.3 - EXPERIMENTO II - Granulometrias do milho da ração na taxa de passagem em juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum*

3.3.1 - Animais

Os juvenis de tambaqui, provenientes do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Itapina, localizado no município de Colatina – ES, foram transferidos através de sacolas plásticas com um terço de água e dois terços de oxigênio para o laboratório de aquicultura da UENF/LZNA onde passaram por um período de aclimação.

3.3.2 - Tanques

Os peixes recém-chegados foram alojados em dois tanques externos de capacidade de 10.000 litros de água cada e divididos em 1000 juvenis por tanque, onde passaram alguns dias para adaptação às rotinas do laboratório, tais como: alimentação, movimento de pessoas, manejos diários, etc. Após esse período, os juvenis de tambaqui foram selecionados por tamanho e peso uniformizados e distribuídos aleatoriamente em cinco incubadoras experimentais de fibra de vidro com um volume de 200 litros de água.

Foram utilizados 75 juvenis, 15 em cada incubadora, sendo cada juvenil considerado uma unidade experimental. Os animais foram submetidos a cinco tratamentos com diferentes granulometrias do milho (850; 710; 500; 300; 150 μm) da ração, com quinze repetições cada, em delineamento inteiramente casualizado.

Os peixes permaneceram nas incubadoras em jejum por um período de 24 horas para o esvaziamento do tubo digestivo, antes do início do experimento. Após este período fez-se uma alimentação, utilizando-se a ração experimental, extrusada, com 28,8% de proteína bruta, marcada com 1,5% de óxido de cromo. Os animais foram observados a cada meia hora até a verificação da eliminação de fezes coradas pelo óxido de cromo, o que é indicativo da saída do alimento teste, correspondendo então ao tempo de passagem deste pelo tubo digestivo do peixe.

3.3.3 - Rações experimentais

Foram utilizadas dietas experimentais com 28,8 % de PB e 3.100 kcal de ED/Kg (mesmas rações experimento I), formulada de acordo com a necessidade dos animais e com diferentes granulometrias (850; 710; 500; 300; 150 μ m) do milho, marcadas com 1,5% de óxido de cromo.

As rações (com óxido de cromo) foram pesadas e administradas às 08h00min e as rações (sem óxido de cromo) foram pesadas e administradas às 12h30min.

Após 10 minutos de arraçoamento, observou-se a ocorrência de sobra de ração. Em caso positivo, essas sobras foram eliminadas. Passados 30 minutos do arraçoamento, foram retirados todos os tubos de coleta e lavados para o início das observações que foram feitas de 30 em 30 minutos para verificar-se se ocorreu eliminação das fezes esverdeadas.

3.3.3.1 – Ensaio para determinação da quantidade de óxido de cromo e álcool para preparo das rações experimentais e o consumo médio de ração pelos peixes

Para obtenção das rações com óxido de cromo, foram feitos alguns ensaios com a quantidade (%) de cromo a ser adicionada e a quantidade de álcool utilizado para diluir e veicular o cromo uniformemente nos péletes de ração.

Ensaio com a quantidade de óxido de cromo:

Foram utilizadas as quantidades de 1%, 1,5% e 2% de óxido de cromo nas rações, concluindo-se, assim, que a menor quantidade que atenderia ao trabalho subsequente de taxa de passagem foi de 1,5%. Para chegar a essa conclusão foram ofertadas aos tambaquis rações com diferentes quantidades de óxido de cromo e, em seguida, observado a coloração das fezes (verde) que facilitaria o trabalho de observação no experimento de taxa de passagem.

Ensaio com a quantidade de álcool:

A quantidade de álcool para veicular o óxido de cromo na ração foi testada com volumes de 10, 20 e 30 mL e foi constatado melhor resultado com a quantidade de 30 ml. Neste caso, os péletes de ração ficaram mais uniformes quanto à distribuição do óxido de cromo. Ficou uma proporção de óxido de cromo/álcool de 1/20 (peso/volume) para preparo das rações experimentais.

Ensaio do consumo de ração:

Foi feito ensaio de consumo de ração com os peixes para se ofertar uma quantidade próxima da saciedade dos animais, estabelecendo-se desse modo um consumo máximo de 14 gramas por unidade experimental. Porém, para fins experimentais foram administrados apenas 12 gramas por incubadora (Tabela 7).

Tabela 7 - Quantidade de ração ofertada por trato em cada incubadora para determinação da taxa de passagem do tambaqui.

Incubadora	Tratamento (μm)	Ração em gramas
I	150	12,008
II	300	12,020
III	500	12,089
IV	710	12,047
V	850	12,057

3.3.4 - Fatores físico-químicos da água

As incubadoras experimentais foram dotadas de fluxo contínuo de ar, proveniente de sopradores, e os difusores foram compostos por pedras porosas cilíndricas, colocadas a 10 cm de profundidade, evitando assim, que o fluxo de ar suspendesse as fezes, o que aumentaria a lixiviação. Cada incubadora continha um

termostato automático de 300 W de potência, regulado para manter a temperatura da água aquecida a 28°C.

A temperatura da água foi mensurada duas vezes (09h00min e 13h00min) com termômetro de bulbo de mercúrio na profundidade de 10 cm. O pH foi mensurado duas vezes (09h00min e 13h00min) com potenciômetro e a amônia na água foi determinada duas vezes, utilizando fotômetro medidor - Com parâmetro de Amoníaco - Modelo HI 95715 - HANNA®. Os parâmetros físico-químicos da água podem ser observados na tabela 8.

Tabela 8 - Valores médios de parâmetros físico-químicos da água nas unidades experimentais (incubadoras) durante o experimento.

Parâmetro de desempenho	<i>Granulometrias do milho (µm)</i>					CV(%)
	150	300	500	710	850	
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,09	5,21	5,60	5,50	5,45	0,35
pH	6,38	6,53	6,55	6,47	6,64	6,0
Temperatura (°C)	28,7	28,6	28,5	28,75	28,65	1,5
Amônia (mg/L)	0.07	0.05	0.05	0.06	0.07	14,3

* C.V. Coeficiente de Variação.

3.3.5 - Mensuração das variáveis

Os animais foram observados a cada meia hora até a verificação da primeira eliminação de fezes coradas pelo óxido de cromo, o que é indicativo da saída do alimento teste, e corresponde ao início do tempo de passagem da ração pelo tubo digestivo do peixe. O final da eliminação de ração verde e o início da eliminação de ração normal são indicativo da taxa de passagem total no trato gastrointestinal do animal.

3.3.6 - Variáveis

Foi avaliado no experimento o tempo de passagem dos juvenis de tambaqui submetidos às diferentes rações com diferentes granulometrias (850; 710; 500; 300; 150 μm) do milho.

3.3.7 - Análise estatística

Foi realizada a análise descritiva das avaliações dos tempos de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal dos juvenis de tambaqui alimentados com as rações com diferentes granulometrias do milho.

3.4 - EXPERIMENTO III – Coeficientes de digestibilidade aparente das rações com diferentes granulometrias de milho em juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum*

3.4.1 - Animais

Os juvenis de tambaqui, provenientes do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Itapina, localizado no município de Colatina – ES, foram transportados através de sacolas plásticas com um terço de água e dois terços de oxigênio para o laboratório de aquicultura da UENF/LZNA onde passaram por um período de aclimação.

Os peixes recém-chegados foram alojados em dois tanques externos de capacidade de 10.000 litros de água cada, e divididos em 1000 juvenis por tanque, onde passaram alguns dias para adaptação às rotinas do laboratório, tais como: alimentação, movimento de pessoas, manejos diários, etc. Após esse período, foram selecionados 75 tambaquis por tamanho e peso, os peixes foram pesados com balança analítica com precisão de 0,01 g, medidos com auxílio de paquímetro analógico 6"X150mm (0,05mmX1/128") e distribuídos ao acaso em cinco incubadoras de digestibilidade, de modo que o peso total dos animais em cada incubadora (Tabela 9) ficasse o mais uniforme possível.

Tabela 9 - Valores médios de parâmetros de desempenho de juvenis de tambaqui alimentados com ração com diferentes granulometrias do milho em sua composição.

Parâmetro de desempenho	Granulometrias do milho (μm)					CV(%)
	150	300	500	710	850	
Peso tambaquis (g)	34,50	34,95	34,60	34,73	34,91	8,61
Peso total em cada incubadora (g)	517,6	524,3	519,0	521,0	523,7	0,56
Consumo de ração total (g)	180,89	179,90	181,05	180,23	181,52	0,36
Comprimento total (cm)	13,93	13,27	12,80	12,32	12,77	3,32
Comprimento padrão (cm)	12,19	11,62	11,21	10,75	11,15	3,23
Altura (cm)	6,22	5,95	5,79	5,45	5,72	3,42
Sobrevivência (%)	100	100	100	100	100	0,00

* C.V. Coeficiente de Variação.

3.4.2 - Aquários de digestibilidade

Foram utilizadas cinco incubadoras de fibra de vidro com 220L, porém o volume utilizado durante o experimento foi de 200 litros de água, que foram adaptadas para permitir a coleta das fezes.

A coleta de fezes por decantação foi facilitada, devido ao fato de o fundo da incubadora ser cônico e por esse fundo ser ligado a um tubo para coleta de fezes, e o controle de fluxo de água era permitido através de um registro entre a incubadora e o tubo coletor de fezes.

As incubadoras de digestibilidade foram dotadas de fluxo contínuo de ar, proveniente de sopradores, e os difusores foram compostos por pedras porosas cilíndricas, colocadas a 10 cm de profundidade, evitando, assim, que o fluxo de ar suspendesse as fezes, o que aumentaria a lixiviação. Cada incubadora continha um termostato automático de 300 W de potência, regulado para manter a temperatura da água aquecida a 28° C.

A temperatura da água foi mensurada três vezes (10h00min, 15h00min e 20h00min) ao dia com termômetro de bulbo de mercúrio na profundidade de 10 cm. O pH foi mensurado duas vezes por dia (10 e 15 horas) com potenciômetro e a amônia na água foi determinada uma vez por dia, utilizando fotômetro medidor - Com parâmetro de Amoníaco - Modelo HI 95715 - HANNA®.

Foram utilizados 75 animais, em cinco aquários com 15 juvenis, sendo cada aquário um tratamento. O arranjo experimental continha cinco tratamentos (850; 710; 500; 300; 150µm da granulometria do milho) e as três repetições foram feitas no tempo, em delineamento inteiramente casualizado (DIC).

3.4.3 - Rações experimentais

Foram utilizadas dietas experimentais com 28,8% de PB e 3.100 kcal de ED/Kg, formuladas de acordo com a necessidade dos animais, segundo as pesquisas mostradas na revisão bibliográfica, e com diferentes granulometrias do milho (850; 710; 500; 300; 150 µm) na ração.

3.4.4 – Manejos e especificações

As luzes no laboratório experimental eram acesas 30 minutos antes da alimentação, ou seja, às 7h00min e eram apagadas às 20h00min.

Os potes para armazenamento das fezes foram todos identificados e armazenados no congelador da geladeira para evitar a perda de nutrientes.

As coletas das fezes foram feitas até às 19h30min de cada dia, sendo que no dia posterior, as fezes que estavam no tubo de coleta eram retiradas antes da alimentação, evitando contaminação com as sobras da ração ofertada em seguida. A coleta dos cinco primeiros dias destinava-se à primeira repetição, cinco dias de coleta. No sexto dia, as primeiras fezes coletadas antes da primeira alimentação da repetição seguinte, ainda faziam parte da repetição anterior.

Após as 19h30min, ou seja, finalizado o dia de coleta, eram renovados 25% do volume de água das incubadoras: retiravam-se 50 litros de água de cada incubadora e, logo a seguir, acrescentavam-se outros 50 litros.

As repetições foram feitas no tempo, ou seja, a primeira repetição foi feita com os cinco tratamentos durante cinco dias. No sexto dia começou a segunda repetição e no décimo primeiro dia começou a terceira repetição, finalizando-se o experimento com 15 dias de coleta.

3.4.5 - Alimentação e coleta de fezes

Antes do fornecimento da alimentação, a ração foi pesada e acondicionada em pote identificado com número do aquário de digestibilidade. Os peixes foram alimentados uma vez ao dia com 12 gramas de ração por tratamento. Antes do fornecimento da ração foi colocado um prato no fundo do aquário para permitir que a ração que eventualmente afundasse pudesse ficar depositada, permitindo, assim, que os peixes pudessem capturá-la e evitando, também, que a ração fosse diretamente para o tubo de coleta, aumentando o erro experimental. O prato para alimentação foi retirado do aquário de digestibilidade, após o consumo de toda ração.

Na parte inferior das incubadoras havia um coletor provido de registro hidráulico, para a interrupção da passagem de água durante a coleta das fezes que entravam nesse coletor por decantação. As fezes foram coletadas a cada meia hora para evitar a lixiviação de nutrientes, e durante cinco dias, para obter-se a quantidade adequada para as análises bromatológicas no laboratório, segundo orientações de Silva e Queiroz, (2002).

A cada meia hora, para coletar as fezes, fechava-se o registro de cada incubadora para desacoplar o tubo de coleta e água. Logo em seguida, despejava-se o conteúdo do tubo em um recipiente plástico identificado com o número do respectivo aquário; esperavam-se cinco minutos para que as fezes decantassem. Após a decantação, descartava-se o excesso de água e as fezes eram armazenadas em outro recipiente plástico (500mL) identificado e guardado no *freezer*.

O intervalo das coletas de fezes para o estudo de digestibilidade, utilizando-se os sistemas de Guelph, não deveria ultrapassar 30 minutos. Nesse experimento, o intervalo de 30 minutos foi utilizado para evitar subestimar os coeficientes de digestibilidade em razão da lixiviação de nutrientes na água, como se esta fração de nutriente tivesse sido aproveitada pelo peixe. Abimorad *et al.* (2004) verificaram que para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), o intervalo de coletas pode interferir nos resultados de digestibilidade de proteína em sistema semelhante de coleta.

3.4.6 - Preparo das amostras e análises laboratoriais

Ao final do experimento, os potes contendo as fezes armazenadas no *freezer*, foram acondicionados em caixa térmica para serem encaminhados ao Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense. As fezes foram descongeladas e o excesso de água eliminado. As fezes de uma mesma unidade experimental foram homogeneizadas e acondicionadas em potes menores (100 ml) identificados. Estes potes foram levados à estufa 65°C para remoção da água. Após a secagem, as fezes foram moídas em moinho de bola para serem realizadas análises de matéria seca, proteína bruta, matéria mineral e extrato etéreo das fezes, segundo Silva e Queiroz, (2002).

3.4.7 - Determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), extrato etéreo (CDAEE), da proteína bruta (CDAPB) e a quantidade de proteína digestível dos alimentos foram obtidos através das seguintes fórmulas.

Para o cálculo dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, extrato etéreo e proteína bruta foram utilizadas as fórmulas:

$$\text{CDA (\%)} = 100 - (\text{X recuperado} / \text{X ingerido}) \times 100$$

Onde:

CDA = coeficiente de digestibilidade aparente da Matéria seca, Proteína Bruta e Extrato Etéreo;

X recuperado = quantidade de MS, PB ou EE recuperada nas fezes;

X ingerido = quantidade de MS, PB ou EE ingerida na ração.

Para o cálculo da proteína digestível:

$$\text{PD (\%)} = \text{CDAPB} \times \text{PB}$$

Onde:

PD = Proteína digestível;

CDAPB = Coeficiente de digestibilidade aparente da PB;

PB = Proteína bruta no alimento.

3.4.8 - Variáveis

Foram avaliados no experimento o coeficiente de digestibilidade aparente da Matéria Seca, da Proteína Bruta e do Extrato Etéreo e a Proteína Digestível das rações com diferentes granulometrias (850; 710; 500; 300; 150 μm) do milho para os juvenis de tambaqui.

3.4.9 - Análises estatísticas

As análises estatísticas consistiram, inicialmente, na obtenção das médias das variáveis analisadas nos tratamentos (150, 300, 500, 710, 850 μm de granulometria). A seguir, foram obtidas equações de regressões entre as variáveis em função da granulometria, sendo escolhido o modelo de regressão (linear, quadrática, cúbica, raiz quadrada, exponencial, logarítmica, etc) pela análise dos parâmetros da regressão (significância e coeficiente de determinação). As análises foram realizadas utilizando-se o aplicativo Sistemas para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG, versão 9.2), sendo adotado o nível de 5% de significância.

3.5 - EXPERIMENTO IV – Avaliação histológica do intestino de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com rações de diferentes granulometrias do milho

3.5.1 - Local

Nas coletas de material para histologia, foram utilizados os mesmos animais provenientes do final do Experimento I, que foram catalogados, marcados e transportados até o Setor de Morfologia e Anatomia Patológica do Laboratório de Morfologia e Patologia Animal (LMPA-CCTA-UENF), caracterizando o início do experimento IV.

3.5.2 – Animais

Foram utilizados quatro juvenis de tambaqui de cada tratamento totalizando 20 animais, sendo feitas uma lâmina por porção do intestino (anterior, médio e posterior), perfazendo três lâminas por animal, totalizando então 60 lâminas histológicas.

3.5.3 - Fixação dos tubos digestivos

Os peixes foram insensibilizados e eutanasiados através de imersão em água com gelo seguida de secção da medula. Logo após, fragmentos do intestino foram retirados e fixados em solução de formol tamponado neutro a 10%, por no máximo 24 horas, que, idealmente preserva a morfologia normal e facilita o posterior processamento (MUMFORD et al., 2012). Quando então foram transferidos para álcool a 70%. Segue abaixo a rotina para isolamento, identificação e fixação do tubo digestório:

- a) secção transversal da medula espinhal imediatamente após a região occipital do exemplar;
- b) obtenção do comprimento padrão do exemplar, conforme RICKER (1968);
- c) pesagem do exemplar;
- d) isolamento do tubo digestório, por meio de secção transversal do esôfago, caudalmente ao septo transversal, e do intestino posterior, cranialmente ao ânus;
- e) limpeza do tubo digestório, por meio de passagem de solução fisiológica para peixes Teleósteos (HOAR e HICKMAN, 1967) através da luz deste tubo digestório, para melhor preservação da mucosa;
- f) identificação do tubo digestório e imersão em solução de formol tamponado a 10%, durante 24 horas, na temperatura ambiente.

O preparo dos intestinos anterior, médio e posterior foi feito através de distensão e secções transversais seriadas, das quais foram obtidos fragmentos de 1,0 cm de comprimento, identificados com números crescentes em sentido caudal (MENIN, 1988).

3.5.4 - Processamento e análise do material

Para o estudo histológico, as peças foram desidratadas em séries crescentes de álcool etílico, clarificadas com xilol e incluídas em parafina, segundo as técnicas de rotina (HUMASON, 1972). Durante a inclusão em parafina, os fragmentos intestinais foram orientados para cortes transversais. Os cortes seriados, de cinco µm de espessura, obtidos com o auxílio de micrótomo, foram submetidos às técnicas de rotina de desparafinização, hidratação e coloração (HUMASON, 1972).

Os cortes foram distendidos em lâminas de vidro, hidratados em séries decrescentes de álcool e corados com Hematoxilina-eosina (HE). Depois de corados, foram desidratados em séries crescentes de alcoóis, diafanizados em xilol e montados com Permount[®] (FISHER).

As imagens das secções histológicas foram capturadas diretamente do microscópio de luz (Nikon Eclipse E200) através de uma câmera de vídeo acoplada Infinity 1. As medições foram feitas utilizando-se o programa de análise de imagem computadorizada ImageTool, versão 2.0. Podendo-se, assim, avaliar

estatisticamente se as rações com diferentes granulometrias de milho afetaram as estruturas dos alvéolos epiteliais do trato intestinal.

3.5.5 - Mensuração das variáveis

Apenas vilosidades com conjuntivo visível e epitélio definido foram medidas. Foram selecionadas 3 vilosidades por secção histológica em 4 secções diferentes no intestino anterior, no médio e no posterior, num total de 36 vilosidades por tratamento (12 anterior, 12 médio e 12 no posterior), medindo-se em cada secção: altura total da vilosidade, altura da vilosidade, espessura da vilosidade e largura da vilosidade (Figura 3), através da utilização de imagens capturadas com a objetiva de 4X.

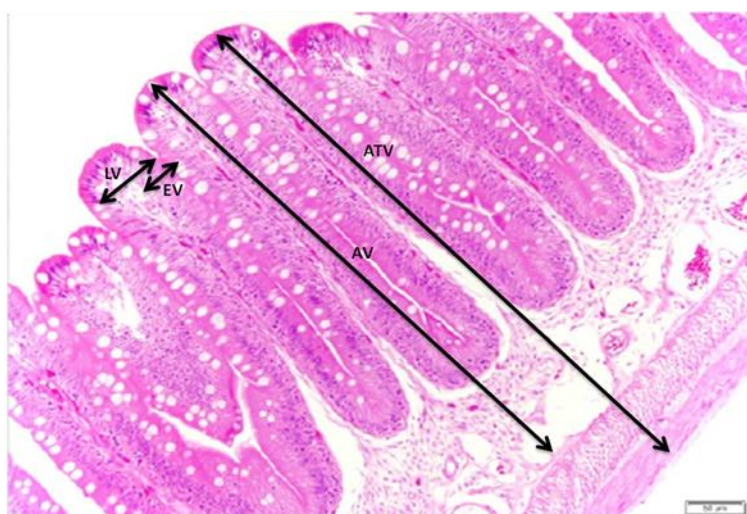


Figura 3 – Esquema ilustrativo das medidas dos alvéolos epiteliais, ATV (altura total da vilosidade), AV (altura da vilosidade), LV (largura da vilosidade) e EV (espessura da vilosidade).

3.5.6 - Análises estatísticas

As análises estatísticas consistiram na estatística descritiva, sendo obtidas as médias e erros-padrão das variáveis analisadas (altura total, altura, largura e espessura das vilosidades) nos tratamentos (150, 300, 500, 710, 850 μ m de granulometria) em cada porção do intestino (anterior, médio e posterior). As análises foram realizadas utilizando-se o aplicativo Sistemas para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG, versão 9.2).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - EXPERIMENTO I - Granulometrias do milho da ração no desempenho zootécnico e composição corporal em juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum*

Os resultados das análises da água dos aquários experimentais, realizadas durante o período experimental, são apresentados na tabela 10.

O teor de oxigênio dissolvido durante o período experimental variou de 4,70 a 6,00mg L⁻¹. Segundo Boyd (1982), os valores obtidos atenderam às exigências dos peixes. Da mesma forma, o pH manteve-se dentro dos padrões recomendados pelo mesmo autor citado acima e por Castagnolli e Cyrino (1986), entre 5,5 a 6,5 para o tambaqui. O nível de amônia da água ficou com uma média de 0,11mg L⁻¹. Os resultados da amônia ficaram dentro dos padrões recomendados para a espécie que seria abaixo de 0,2 mg L⁻¹.

A temperatura da água dos aquários experimentais apresentou-se adequada para os peixes tropicais, apresentando média de 28,4 °C. Este valor foi semelhante aos obtidos por Torloni et al. (1984) e Carneiro (1990), que observaram os melhores parâmetros de desempenho para alevinos de pacu e tambaqui com temperaturas entre 26,7 e 28,8 °C e 28 e 32 °C, respectivamente. Esses valores, segundo Boyd (1990), apresentam-se dentro dos limites recomendados para peixes de águas tropicais, não havendo nenhuma mortalidade durante o período experimental.

Tabela 10 – Parâmetros físico-químicos da água durante o período experimental de 68 dias.

Parâmetros	Máximo	Média	Mínimo	C.V.
Temperatura (°C)	28,86	28,40	27,30	3,9
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,0	5,4	4,7	5,5
pH	6,68	6,1	5,58	3,0
Amônia (mg/L)	0,15	0,11	0,08	18,8

* C.V. Coeficiente de Variação.

Os valores médios de peso final, ganho de peso, conversão alimentar aparente, comprimento total, comprimento padrão, altura, taxa de crescimento específico, taxa de eficiência proteica e eficiência de retenção de proteína bruta dos juvenis de tambaqui foram influenciados pelos diferentes tratamentos ($P < 0,05$) e são apresentados na tabela 11.

Tabela 11 - Valores médios de parâmetros de desempenho de juvenis de tambaqui alimentados com ração com diferentes granulometrias do milho em sua composição

Parâmetro de desempenho	Granulometrias do milho (μm)					CV(%)
	150	300	500	710	850	
Peso Inicial (g)	11,01	11,00	11,02	10,96	11,05	0,28
Peso final (g)	61,16	53,26	48,11	41,07	46,54	15,17
Ganho de peso (g)	50,15	42,26	37,09	30,11	35,50	19,4
Consumo de ração total (g)	1976,9	1657,4	1576,5	1403,6	1407,8	14,66
Conversão alimentar aparente	0,99	0,98	1,07	1,17	1,00	7,66
Comprimento total final (cm)	13,93	13,27	12,80	12,32	12,77	4,67
Comprimento padrão final (cm)	12,19	11,62	11,21	10,75	11,15	4,78
Altura final (cm)	6,22	5,95	5,79	5,45	5,72	4,90
Taxa de crescimento específico (%)	5,75	5,50	5,31	4,99	5,22	5,33
Sobrevivência (%)	100	100	100	100	100	0,00
Taxa de eficiência proteica	3,67	3,67	3,38	3,10	3,56	6,90
Eficiência de retenção de PB (%)	82,71	83,46	76,89	73,68	78,41	5,16

* *Ganho em peso (g)* = (peso final - peso inicial); *Consumo diário (g/dia)* = consumo de alimento / tempo; *Conversão alimentar* = consumo de alimento / ganho em peso total; *Taxa de crescimento específico (%/dia)* = $(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) \times 100 / \text{tempo}$; *Eficiência de retenção de proteína bruta (ERPB ou ANPU)* = $(\text{PB}_{\text{FC}} \times \text{P}_{\text{F}}) - (\text{PB}_{\text{IC}} \times \text{P}_{\text{I}}) / \text{C}_{\text{PB}} \times 100$; *Taxa de eficiência proteica* = ganho em peso vivo / proteína bruta consumida.

Os comportamentos observados nas variáveis analisadas estão de acordo com as afirmações de Kubitzka (1997a, b) e Lovell (1988), os quais sugerem que o grau de moagem dos alimentos deve ser inferior a 0,5 mm, podendo ser observado no gráfico de regressão de peso final, que teve um comportamento quadrático, ou seja, no intervalo avaliado quanto menor a granulometria do milho, maior foi o peso final dos juvenis de tambaqui (Gráfico 1). Entretanto, esses autores se referem à piscicultura de modo geral. Porém, deve-se considerar a espécie de peixe e a sua fase de criação.

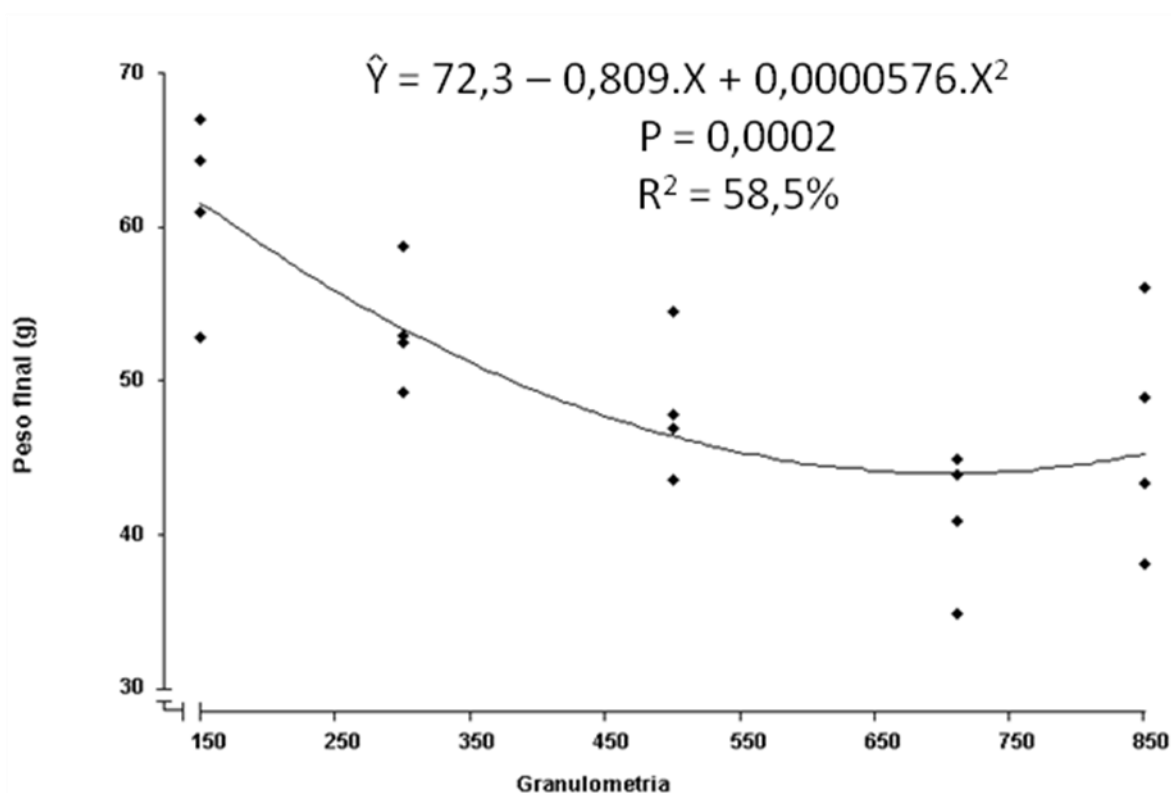


Gráfico 1: Gráfico de Regressão (Modelo Quadrático) para variável Peso Final aos 68 dias de experimento ($\hat{Y} = 72,3 - 0,809.X + 0,0000576.X^2$; ($R^2 = 58,5\%$; $P = 0,0002$)).

Através da análise de regressão foi constatado que ocorreram diferenças estatísticas entre os tratamentos testados. Os juvenis que receberam o tratamento com granulometria do milho de 150 µm apresentaram maior ganho de peso, em relação àqueles que receberam o tratamento com granulometria do milho de 850 µm. O melhor desempenho dos animais alimentados com dieta de menor

granulometria dos alimentos pode ser explicado pelo relatado por Zanotto et al. (1995), que relataram que a eficiência da digestão dos alimentos pode ser influenciada, entre outros fatores, pela superfície de exposição destes às secreções digestivas, bem como pelo tempo de passagem no trato gastrointestinal.

Hayashi et al. (1999), ao avaliarem diferentes graus de moagem (500 μm e 1500 μm) para tilápias do Nilo em fase de crescimento, verificaram que o menor grau de moagem apresentou melhores resultados de desempenho zootécnico. O resultado desses autores vem corroborar com o presente experimento, visto que a moagem dos alimentos, para o qual foi utilizada abertura de peneira de 150 μm , apresentou resultado superior para o desempenho dos animais.

Porém, contrariamente ao relatado dos autores acima, Pezzato (1999) afirma que ingrediente com um grau de moagem muito baixo interfere na seletividade do alimento pelo animal, pois na fase larval o organismo consegue se alimentar de alimentos finamente moídos, o que é dificultado à medida que o animal cresce. Este autor trabalhou com rações fareladas e na fase larval, diferente desse experimento que utilizou ração extrusada e animais com peso inicial aproximado de 11 gramas.

Meurer et al., (2005), ao trabalharem com diferentes graus de moagem para tilápia do nilo, encontraram melhores resultados para ganho de peso com a granulometria de 0,50 mm. Lopes et al., (2010), ao inserirem farelo de babaçu moído em peneiras de 500 μm em dietas para juvenis de tambaqui com peso médio de 24 g, obtiveram ganho de peso de 18,92 g. Diferente dos resultados encontrados acima, no presente experimento o tratamento com a granulometria do milho de 150 μm , os tambaquis atingiram 61 gramas, conforme tabela 13. Já Mendonça et al., (2012a), trabalhando com diferentes fotoperíodos obteve resultado de ganho de peso para juvenis de tambaqui de 39,69 gramas com um fotoperíodo de 24 horas de luz, porém foi o tratamento que teve maior conversão alimentar (1,97).

As taxas de sobrevivência registradas neste trabalho não apresentam diferenças ($P < 0,05$) significativas, quando se consideram os diferentes tratamentos. Estes resultados estão de acordo com os de Galdioli et al. (2001), quando avaliaram o desempenho de alevinos de piavuçu, e também com os de Souza et al. (2000), que trabalharam com larvas de tilápia-do-Nilo, durante o processo de reversão sexual. A sobrevivência dos tambaquis foi de 100% em todos os tratamentos demonstrando que os parâmetros físico-químicos da água ficaram dentro da faixa de conforto para espécie.

Através da análise de regressão, foi observada diferença significativa entre os tratamentos, como demonstrado no gráfico 2, sendo que as conversões alimentares variaram de $0,982 \pm 0,034$ a $1,173 \pm 0,036$ entre os tratamentos, demonstrando uma tendência de pior conversão para o tratamento com maiores granulometrias do milho. Já Mendonça et al., (2007), trabalhando com juvenis de tambaqui com mesma idade, obtiveram resultados de conversão alimentar aparente superiores a 1,7, possivelmente devido a utilização de ração peletizada e com ingredientes moídos em peneiras de 1 mm, ao contrário do presente experimento que a maior granulometria do milho foi de 850 μm .

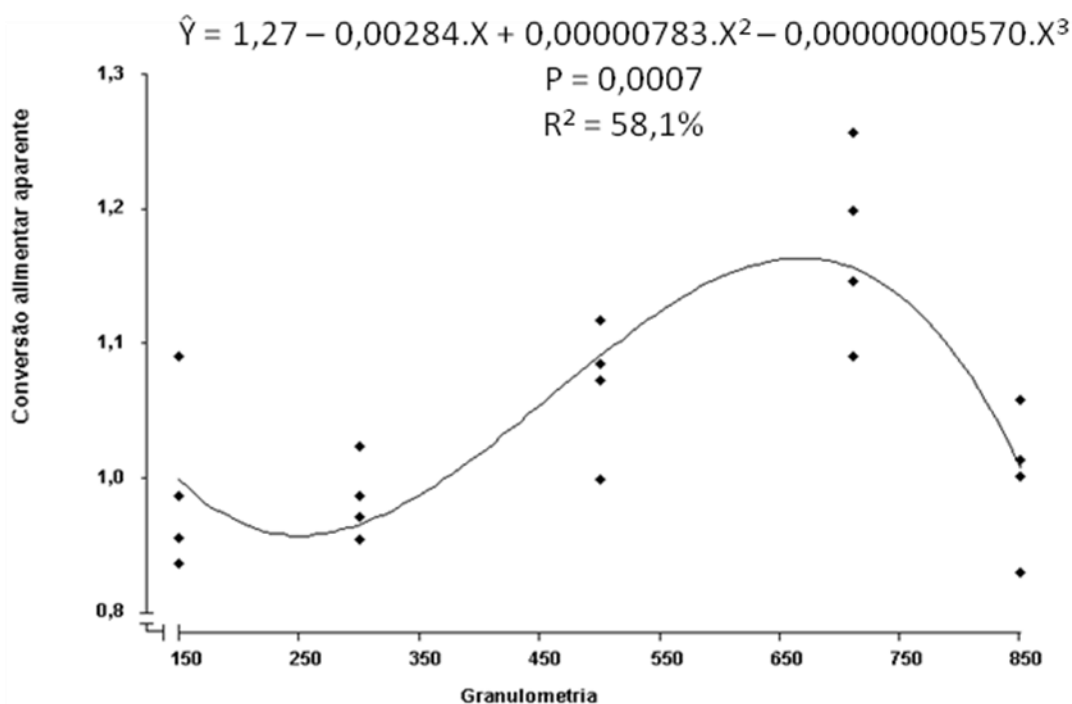


Gráfico 2: Gráfico de Regressão (Modelo Cubico) para variável conversão alimentar aparente aos 68 dias de experimento ($\hat{Y} = 1,27 - 0,00284.X + 0,00000783.X^2 - 0,00000000570.X^3$; ($R^2 = 58,1\%$; $P = 0,0007$)).

Polese et. al., (2010) encontraram uma CAA (conversão alimentar aparente) de 1,38 com ração com milho moído com granulometria de 150 μm , porém esses autores trabalharam com rações peletizadas. Diferente do experimento em questão, onde as rações passaram por um processo de extrusão, o qual pode ser atribuído

aos melhores resultados de conversão alimentar ($0,992\pm 0,034$) no tratamento com milho de $150\ \mu\text{m}$ (Tabela 12) devido a maior gelatinização do amido.

Nunes et al., (2006) que, trabalhando com inclusão de enzimas exógenas como à amilase para juvenis de tambaqui, encontraram uma conversão alimentar de 1,25. Os resultados de CAA encontrados por Mendonça et al. (2012b), trabalhando com juvenis de tambaqui suplementados com fitase na ração, foram bem próximos desse experimento, tendo uma variação de 1,0 a 1,08 entre os diferentes tratamentos. Demonstrando que as rações atenderam bem às exigências nutricionais para o desempenho dos animais.

Tabela 12 – Análise de comparação de médias pelo teste de Tukey da Conversão Alimentar Aparente.

Tratamento	Granulometria (μm)	Conversão Alimentar Aparente
1	150	$0,992\pm 0,034\text{b}$
2	300	$0,982\pm 0,015\text{b}$
3	500	$1,067\pm 0,025\text{ab}$
4	710	$1,173\pm 0,036\text{a}$
5	850	$1,000\pm 0,027\text{b}$

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem significativamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Soares et al. (2003), ao trabalharem com a tilápia do nilo, durante a fase de crescimento (peso médio inicial de cerca de 12 g), variando a moagem dos ingredientes (peneiras com abertura de malha de 500; 750; 1000 e 1500 μm) em rações peletizadas, observaram efeito quadrático para vários parâmetros de desempenho estudados, tais como: peso final médio, percentagem de ganho de peso e taxa de eficiência proteica.

Esses autores consideraram que os ingredientes da ração moídos em peneira 790 μm seriam o mais adequado para a espécie na referida fase de crescimento. Mas outros autores como Booth et al. (2000) ao testarem diferentes formas de processamento de ração para “Silver Perch” (*Bidyanus bidyanus*) verificaram que o grau de moagem dos alimentos não mostrou efeito sobre o desempenho dos

animais. Diferente dos resultados encontrados nesse experimento, pois os animais tiveram maior crescimento e melhores resultados zootécnicos com a menor granulometria do milho (150 μm), onde pode se inferir que essa menor granulometria influenciou diretamente no consumo de ração, melhorando a aceitação e palatabilidade desta.

Em um experimento para determinar o tamanho da partícula alimentar para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*), Cantelmo e Ribeiro (1994) observaram que existe correlação positiva entre o desempenho dos peixes associado ao tamanho de partícula, abertura da boca e comprimento padrão dos peixes.

Observa-se que as diferentes granulometrias do milho avaliadas interferiram significativamente no consumo de ração (Gráfico 3), podendo-se reduzir o tempo de cultivo da espécie, já que os animais do tratamento com granulometria do milho de 150 μm tiveram um ganho de peso (Gráfico 4) 40% superior ao tratamento com granulometria do milho de 710 μm , ou seja, 50 gramas e 30 gramas de ganho de peso respectivamente.

Lemos et al. (2011) trabalharam com farelo de coco moído com auxílio de peneiras de 0,50 mm e inclusos na ração para juvenis de tambaqui e obtiveram um consumo diário de 2,51%. Esse valor ressalta a eficiência da moagem do milho, por possibilitar ao animal um melhor desempenho. Fernandes et al., (2001), que ao trabalharem com fontes e níveis de proteína na ração para juvenis de pacu de 79 a 144 g, ressaltam que o desbalanceamento energético da ração pode limitar o consumo do animal. Portanto as rações deste experimento não tiveram desbalanceamento energético e mesmo assim houve diferença significativa no consumo de ração.

Apesar de serem espécies diferentes, podemos ressaltar o mesmo hábito alimentar das espécies, pois o pacu é uma espécie onívora e que possui fácil adaptação à alimentação artificial (CASTAGNOLLI e ZUIM, 1985), assim como o tambaqui.

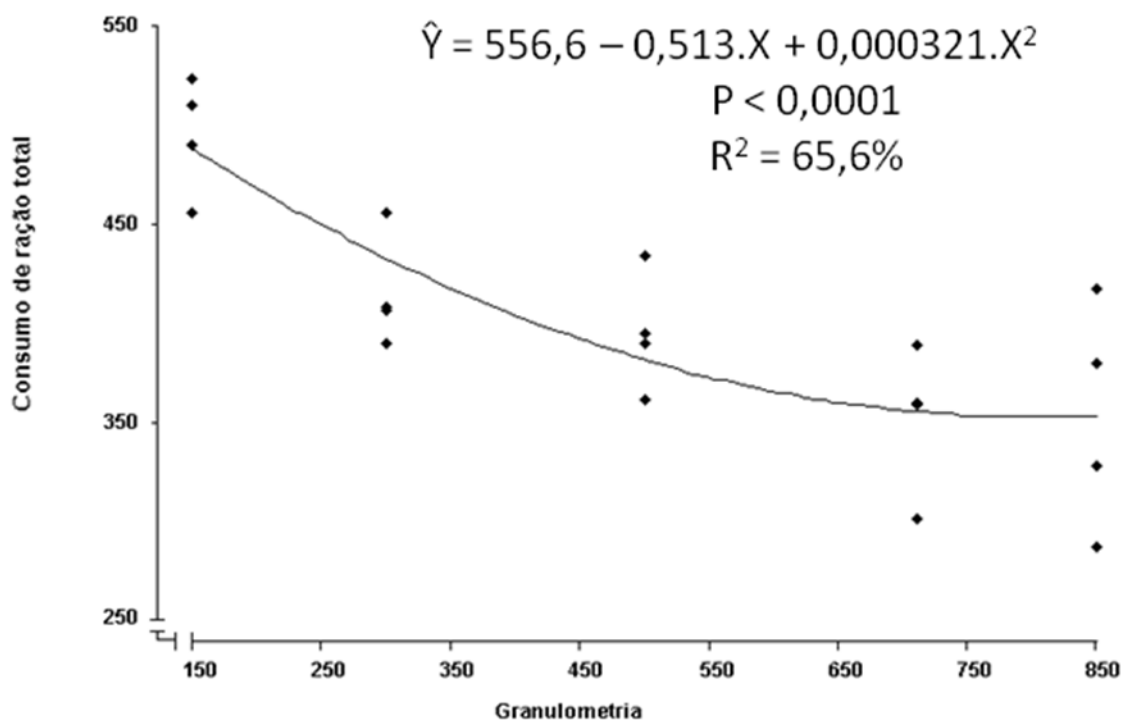


Gráfico 3 - Gráfico de Regressão (Modelo Quadrático) para variável Consumo Total de Ração nos 68 dias de experimento ($\hat{Y} = 556,6 - 0,513.X + 0,000321.X^2$; ($R^2 = 65,6\%$; $P < 0,0001$)).

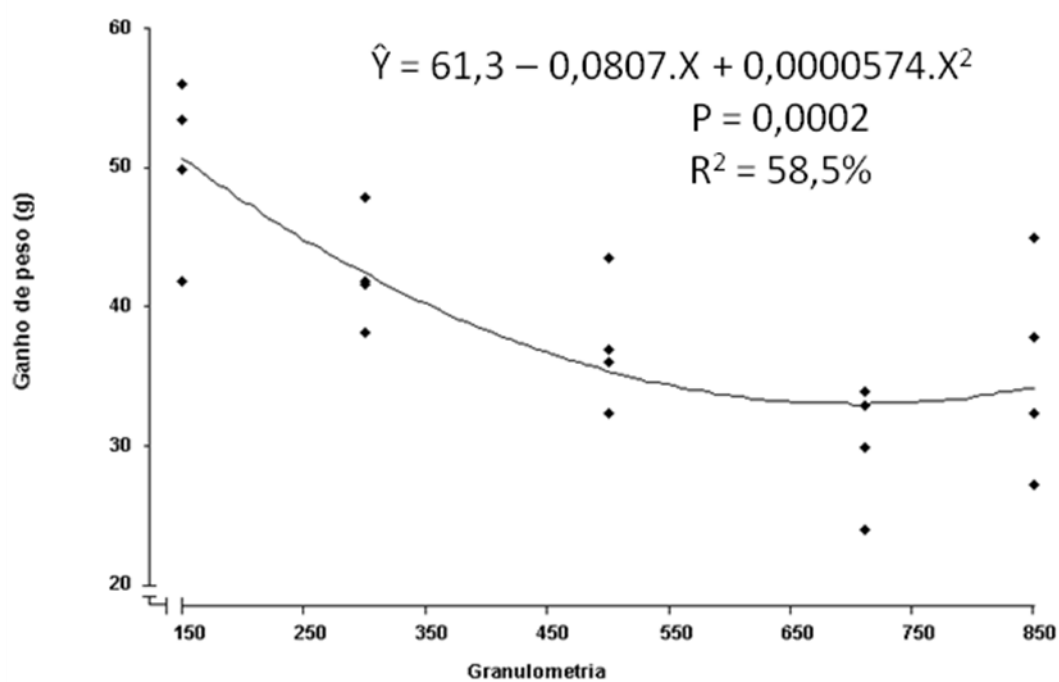


Gráfico 4 - Gráfico de Regressão (Modelo Quadrático) para variável Ganho de Peso nos 68

dias de experimento ($\hat{Y} = 61,3 - 0,0807.X + 0,0000574.X^2$ ($R^2 = 58,5\%$; $P = 0,0002$)).

O melhor desempenho dos animais foi registrado no tratamento que teve menor granulometria do milho (150 μm). As curvas das taxas de crescimento específico (TCE) obtidas das regressões tiveram comportamento quadrático (Gráfico 5), sendo $5,749 \pm 0,094\%$ o melhor resultado. Esses valores são superiores aos obtidos por Coldebella e Radünz-Neto (2002), de 3,5% e 4,23%, em animais que pesavam 4,0 a 6,0 g criados durante 120 dias, e por SALHI et al. (2004) que, em 30 dias de criação, obtiveram taxas de crescimento específico que variaram de 3,71 a 5,28% em alevinos com peso de 1,0 a 1,5 gramas. Em contrapartida, Vaz (2003), trabalhando com alevinos de jundiá com peso de 0,6 a 1,5 g, durante 30 dias, em gaiola, obteve taxas de crescimento específico que variaram entre 2,3% e 3,2%. Já Piedras et al. (2004), que em 33 dias de experimentação obtiveram TCE de 3,05 em animais de 13 g, enquanto Lazzari et al., (2006) ao trabalharem com juvenis de jundiá de 15 g, encontraram uma taxa de crescimento específico de 3,6% e 3,8% em 60 dias.

Os altos valores de TCE deste trabalho podem ser explicados devido aos ingredientes de alta qualidade para formulação das rações e principalmente devido a menor granulometria do milho ter favorecido a uma melhor gelatinização do amido durante a extrusão, possibilitando um melhor aproveitamento da ração pelos animais.

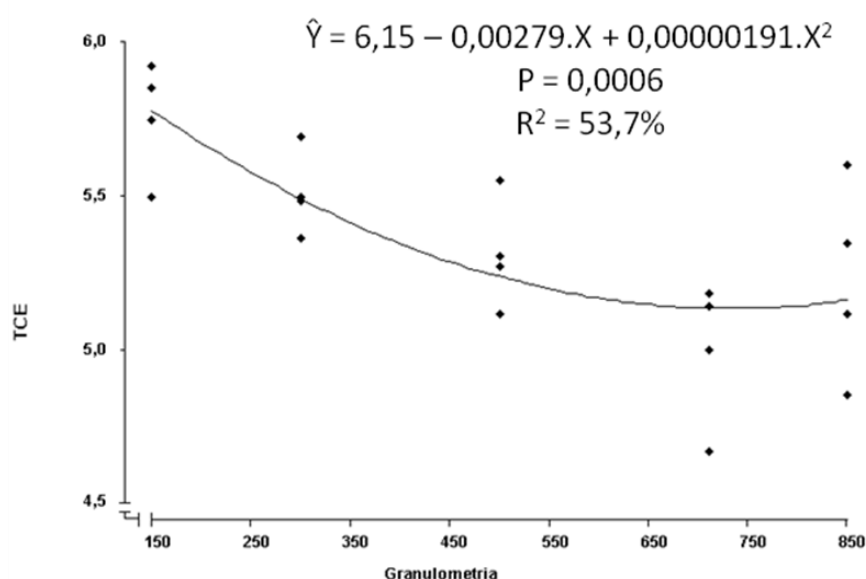


Gráfico 5 - Gráfico de Regressão (Modelo Quadrático) para a variável Taxa de Crescimento Específico (TCE) aos 68 dias de experimento ($\hat{Y} = 6,15 - 0,00279.X + 0,00000191.X^2$; ($R^2 = 53,7\%$; $P = 0,0006$)).

Mas ao contrário do presente trabalho, Mendonça (2007) obteve valores ainda menores de TCE (0,44%) e TEP (1,65%) trabalhando com diferentes fotoperíodos com juvenis de tambaqui. Esses valores correspondem com os valores de TCE (0,43%) encontrados por Burkert (2007) trabalhando com diferentes níveis de L-carnitina na ração para juvenis de pacu.

A taxa de eficiência proteica (TEP) utiliza valores obtidos na biometria e na análise bromatológica e transformam em dados para avaliação e quantificação do uso do nitrogênio fornecido na dieta correlacionado com a produção de proteína do animal.

Com a moagem dos ingredientes da ração inferior a 500 μm , pode-se inferir que, apesar da eficiência da digestão dos alimentos melhorarem com a redução do tamanho de partícula (MONTICELLI et al., 1996a), há redução das taxas de trânsito pelo trato digestivo (NRC, 1993; ZANOTTO et al., 1995; HAYASHI et al., 1999). Esse fato pode levar à limitação da ingestão voluntária de alimento pelo animal, acarretando em prejuízos ao desempenho, como a redução das taxas de crescimento (MEURER et al., 2005). Porém, no presente experimento foi observado o contrário do relatado acima, pois os maiores consumos de ração foram nos tratamentos com menores granulometrias do milho e obtiveram-se aumentos significativos nas variáveis de desenvolvimento dos tambaquis.

De forma contrária, para as rações contendo ingredientes moídos em peneiras de aberturas maiores há uma indução no aumento das taxas de trânsito pelo trato digestivo e uma menor relação da área de superfície de contato das partículas da ração com as enzimas digestivas, eventos esses que diminuem a eficiência da digestão dos alimentos pelos animais (MEURER et al., 2005).

Soares et al. (2008) observaram efeito quadrático ($P < 0,05$) dos graus de moagem utilizados sobre o peso final médio, percentagem de ganho de peso, comprimento total final, conversão alimentar aparente e taxa de eficiência proteica com os melhores índices em 782; 789; 739; 656 e 734 μm de abertura de peneira, respectivamente. Contrariando os resultados encontrados nesse experimento onde os melhores resultados foram demonstrados no tratamento com menor granulometria (150 μm). Já HasaneMacintosh (1992) avaliando o tamanho de partícula alimentar para pós-larvas de carpa comum (*Cyprinus carpio*), concluíram que o mais adequado é de 125-500 μm .

O tamanho da partícula alimentar pode afetar o crescimento e a composição corporal dos peixes, principalmente nas fases mais avançadas de vida (NORTVEDT e TUENE, 1998). Porém, Lazzari et. al. (2004), ao trabalharem com diferentes granulometrias, não observaram diferença significativa no crescimento das pós-larvas de jundiá aos 21 dias.

Os valores médios de Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Extrato Etéreo (EE) e Matéria Mineral (MM) na matéria natural dos juvenis de tambaqui submetidos a diferentes granulometrias do milho na ração são apresentados na tabela 13.

Tabela 13 – Composições bromatológicas inicial e final da matéria natural nas carcaças de juvenis de tambaqui submetidos a diferentes granulometrias do milho na ração.

Carcaça Tambaqui	Matéria seca	Proteína bruta	Extrato etéreo	Matéria mineral
Peixe inicial	21,489	13,220	0,753	5,541
Final T1 (150 µm)	31,437	20,876	10,652	4,541
Final T2 (300 µm)	33,099	20,920	12,006	4,688
Final T3 (500 µm)	31,580	20,533	10,278	4,438
Final T4 (710 µm)	31,305	20,774	10,199	4,481
Final T5 (850 µm)	30,718	19,897	9,616	4,446
*C.V.	2,79	0,04	8,47	2,27

* C.V. Coeficiente de Variação (%).

Houve diferença significativa entre os valores de matéria seca nos peixes do início do experimento com os tratamentos, devido aos animais serem mais jovens no início do experimento. Estes possuíam maior quantidade de água no organismo e à medida que a idade avança aumenta a quantidade de matéria seca dos tambaquis.

Quando submetidas à análise de variância, a composição corporal (MS, PB, EE, MM) dos juvenis de tambaqui não teve diferença significativa ($P < 0,05$), avaliando os diferentes tratamentos propostos pelo presente trabalho.

As variáveis referentes à composição corporal do tambaqui no presente estudo apresentaram valores de acordo com os resultados obtidos por Souza et al. (2002) e Abimorad et al. (2007) para pacu, espécie da mesma família.

Melo et al. (2002) encontraram valores inferiores trabalhando com alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. Valores superiores de proteína bruta e menores para gordura na carcaça foram encontrados por Kim et al. (1989), que avaliaram o efeito de diferentes níveis de proteína (44,0 e 31,2%) e de lipídios (20,6 e 9,2%) na dieta para juvenis de truta arco-íris, num período de 12 semanas, os quais obtiveram 18,5 a 19,6% de proteína e 5,2 a 5,9% de gordura na carcaça.

No tratamento com granulometria de 300 μm (T2), foi observado que mesmo não sendo significativo ($P < 0,05$), teve uma maior deposição de extrato etéreo nas carcaças de juvenis de tambaqui.

A menor deposição de proteína na composição da carcaça dos peixes do tratamento dois (300 μm) pode estar relacionada ao aumento na concentração de lipídios. Robinson e Li (1997) observaram que o aumento da concentração de proteína na carcaça do bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) criado em viveiro escavado depende da relação energia: proteína da dieta. Dietas altamente calóricas têm mostrado efeito poupador de proteínas, além de reduzir a perda de nitrogênio para o ambiente (CHO e KAUSHIK, 1990).

Diversos trabalhos citam o aumento de lipídios na composição corporal dos peixes alimentados com rações contendo níveis crescentes de lipídio. Sampaio (1998) para tucunaré (*Cichla sp*), RojaseVerdegem (1994) para guapote (*Cichlasoma manguense*) e Brauge et al. (1995) para truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*). Porém as rações no presente estudo não tiveram diferenças significativas nos níveis de lipídios e proteínas, permitindo afirmar que as rações eram isoproteicas e isoenergéticas.

Vieira et al. (2005) observaram que os tratamentos contendo milho extrusado e milho moído apresentaram uma maior deposição de proteína e um teor de gordura estatisticamente menor ($P < 0,05$). Nesses tratamentos, foi possível aumentar a utilização da proteína como fonte estrutural e não como fonte de energia. Araújo (1999) ao trabalhar com milho extrusado para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1766), obteve resultados semelhantes, com teor de proteína estatisticamente maior e o teor de gordura menor ($P < 0,05$), mostrando ser possível

aumentar a utilização da proteína para deposição na carcaça. Entretanto, os dados do presente trabalho corroboram com os dados do trabalho de Shiau (1997), que encontrou valores não significativos para a composição de carcaça dessa espécie, nas mesmas condições. Souza et al. (2004) encontraram valores de proteína bruta (71%) e extrato etéreo (23%) superiores aos encontrados no presente trabalho.

Fernandes et al. (2000) ofereceram fontes e níveis de proteína bruta diferentes em dietas para pacus (*Piaractus mesopotamicus*) e, após análise bromatológicas da carcaça, constataram que não havia diferença significativa entre as dietas com 26 e 30 % de proteína bruta com relação à proteína bruta encontrada na análise bromatológica da carcaça, a qual apresentou valores de 55,47 e 58,16 % de PB na matéria seca. Esses valores de PB na matéria seca são próximos aos encontrados no presente trabalho, podendo ser observados na Tabela 14.

Lanna et al. (2004) apresentaram valor de extrato etéreo médio igual a 12,14% e valor de proteína bruta média igual a 87,86% na matéria seca do filé de juvenis de tilápia do Nilo analisados. Esses resultados maiores de proteína bruta e menores de extrato etéreo podem ser justificados, pois foram analisados apenas os filés das tilápias e não o animal como um todo, sendo que grande parte da gordura é depositada nas vísceras.

Leonhardt et al. (2006) também trabalharam com composição de filé de três espécies de tilápia e não verificaram diferença significativa ($P < 0,05$) entre as espécies para os valores de proteína bruta. Porém, para os valores de extrato etéreo foi verificada diferença significativa entre as linhagens tailandesa e Nilótica e para o híbrido.

Santos et al. (2000/01), ao trabalharem com filé de trairão (*Hoplias lacerdae*), obtiveram valores de proteína bruta na matéria seca em torno de 81,34% e valores de extrato etéreo na matéria seca em torno de 3,37%.

Isso é explicado pelo fato dos autores anteriormente citados terem trabalhado apenas com o filé dos peixes, que é na sua maior parte formado por músculos (proteína) e assim apresenta uma relação proteica percentual naturalmente maior que a carcaça composta de outros tecidos como o tecido ósseo, que possuem baixo ou nenhum valor protéico (MENDONÇA, 2007).

Os valores de extrato etéreo tiveram uma grande variação quando comparadas as análises de carcaça do início e final do experimento, observando que os valores obtidos através das análises estão dentro dos valores encontrados

na literatura, como por exemplo, os valores encontrados por Ituassu et al. (2004), trabalhando com restrição alimentar de tambaqui que obtiveram valores de proteína bruta na material seca da carcaça num intervalo de 55,50 até 58,73 %, e de extrato etéreo num intervalo de 19,50 a 23,37%.

Melo et al. (2003) constataram que dietas contendo 5% de lipídeos reduzem o teor de gordura na carcaça e promovem maior rendimento de carcaça para o Jundiá.

Ituassú et al. (2005) trabalharam com níveis de proteína para juvenis de pirarucu (*Arapaima gigas*), e não constataram diferença significativa nos valores de proteína bruta encontrados nas carcaças, valores entre 68,80 e 64,30%, entretanto perceberam estatisticamente uma diferença significativa ($P < 0,05$) para os valores de extrato etéreo, sendo as rações com 32,7 e 39,3% de PB as que apresentaram menores valores de extrato etéreo.

Estes dados são de grande importância quando se avaliam alimentos para peixes, pois é através das características de carcaça, como teor de proteína e teor de gordura, que se pode constatar um possível desbalanceamento nutricional na ração testada, ou a presença de fatores antinutricionais nos alimentos avaliados (BOSCOLO et al., 2002).

Os valores médios de Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Extrato Etéreo (EE) e Matéria Mineral (MM) na matéria seca dos juvenis de tambaqui submetidos a diferentes granulometrias do milho na ração são apresentados na tabela 14.

Tabela 14 – Composições bromatológicas inicial e final da matéria seca nas carcaças de juvenis de pacu submetidos a diferentes granulometrias do milho na ração.

Carcaça Pacu	Matéria seca	Proteína bruta	Extrato etéreo	Matéria mineral
Peixe inicial	21,489	61,520	3,510	23,730
Final T1 (150 µm)	31,437	66,383	33,865	14,446
Final T2 (300 µm)	33,099	63,203	36,273	14,162
Final T3 (500 µm)	31,580	65,020	32,283	14,053
Final T4 (710 µm)	31,305	66,365	32,568	14,313
Final T5 (850 µm)	30,718	64,770	31,298	14,475
*C.V.	2,79	2,02	5,76	1,26

* C.V. Coeficiente de Variação (%).

4.2 - EXPERIMENTO II - Granulometrias do milho da ração na taxa de passagem em juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*)

Os resultados das análises da água dos aquários experimentais, realizadas durante o período experimental, são apresentados na tabela 15.

O teor de oxigênio dissolvido durante o período experimental variou de 5,59 a 6,39 mg L⁻¹. Segundo Boyd (1982), os valores obtidos atenderam as exigências dos peixes. Da mesma forma, o potencial hidrogeniônico (pH) manteve-se dentro dos padrões recomendados pelo mesmo autor citado acima e por Castagnolli e Cyrino (1986), entre 6,45 a 6,55. O nível de amônia da água ficou com uma média de 0,06 mg L⁻¹. Os resultados da amônia ficaram dentro dos padrões recomendados para a espécie que seria abaixo de 0,2 mg L⁻¹.

A temperatura da água dos aquários experimentais apresentou-se adequada para os peixes tropicais, apresentando média de 28,56 °C. Este valor foi semelhante aos obtidos por Torloni et al. (1984) e Carneiro (1990), que observaram os melhores parâmetros de desempenho para alevinos de pacu com temperaturas entre 26,7 e 28,8 °C e 28 e 32 °C, respectivamente. Esses valores, segundo Boyd (1990), apresentam-se dentro dos limites recomendados para peixes de águas tropicais, não havendo mortalidade durante o período experimental.

Tabela 15 – Parâmetros físico-químicos da água durante o período experimental nas incubadoras às 09:00 horas.

Parâmetros	Incub. I	Incub. II	Incub. III	Incub. IV	Incub. V	*C.V.
Temperatura (°C)	28,7	28,6	28,5	28,7	28,6	0,4
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,10	5,21	5,60	5,50	5,45	6,0
pH	6,40	6,54	6,5	6,45	6,65	1,5
Amônia (mg/L)	0,07	0,05	0,06	0,06	0,08	14,3

* C.V. Coeficiente de Variação (%).

Os valores dos parâmetros físico-químicos da água durante o período experimental não diferiram ao longo do dia, uma vez que o controle nas unidades experimentais foi eficiente e dentro dos padrões recomendados para juvenis de tambaquis, não afetando assim os resultados de trânsito gastrintestinal dos animais testados com as diferentes granulometrias do milho na ração.

O resultado do tempo de trânsito gastrintestinal dos tambaquis alimentados com as cinco rações com diferentes granulometrias do milho está apresentado na tabela 16.

Tabela 16 – Tempo de trânsito gastrintestinal dos tambaquis alimentados com as cinco rações com diferentes granulometrias do milho.

Tratamento	Granulometria (μm)	Trânsito Gastrintestinal (horas)
Incub. I	150	16,0a
Incub. II	300	16,0a
Incub. III	500	16,0a
Incub. VI	710	16,0a
Incub. V	850	16,5a

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem significativamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No presente experimento, as composições das dietas contendo diferentes granulometrias do milho não influenciaram significativamente no tempo do trânsito gastrintestinal dos tambaquis, diferente dos resultados encontrados por Silva, Pereira Filho e Oliveira-pereira (2003), onde a composição das dietas influenciou a velocidade de trânsito do alimento no trato gastrointestinal do *Colossoma macropomum*, a uma temperatura constante diária de 28 a 29°C. Percebe-se que, apesar de o comprimento do intestino ser longo, $2,66 \pm 0,52$ vezes maior que o comprimento padrão (Silva, 1977), a permanência de materiais de origem vegetal no intestino é relativamente baixa, sugerindo que, em um ciclo de 24 horas, a espécie pode evacuar fezes com nutrientes de 3 a 4 refeições.

O trânsito gastrintestinal total dos tambaquis tratados com a dieta com granulometrias do milho de 150, 300, 500 e 710 μm foi de 16 horas, já os animais

alimentados com a ração de granulometria do milho de 850 μm teve um tempo de trânsito gastrointestinal um pouco superior aos outros tratamentos, ficando em 16,5 horas.

Porém Silva, Pereira Filho e Oliveira-pereira (2003) obtiveram valores de tempo de trânsito gastrointestinal das dietas no tambaqui inferiores aos encontrados no presente experimento. A dieta contendo embaúba apresentou tempo inferior ($6:26\pm 0:19\text{h}$) comparado com as dietas de referência ($08:47\pm 0:35\text{h}$), munguba ($8:49\pm 1:31\text{h}$) e jauari ($8:37\pm 1:12\text{h}$). O mesmo tempo foi apresentado ($P < 0,05$) pela seringa barriguda ($07:27\pm 0:33\text{h}$). A composição das dietas influenciou de maneira significativa ($P < 0,05$) o tempo de trânsito do alimento, considerando a temperatura diária entre 28 e 29°C. Ambos os trabalhos mantiveram as temperaturas dentro da mesma faixa de conforto para os tambaquis.

Em comparação com os dados obtidos por Dias-Koberstein et al. (2005), o tempo de trânsito gastrointestinal do tambaqui foi superior ao verificado para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) a 27° C (14 horas), e inferior na temperatura de 23° C (36 horas). Esse tempo foi inferior ao observado em juvenis do bagre-africano (*Clarias gariepinus*), cujo esvaziamento estomacal ocorreu depois de 32 horas, quando a temperatura estava em 30° C (HOSSAIN et al. 1998). Já o presente experimento não teve interferência no trânsito gastrointestinal do tambaqui alimentado com as rações com diferentes granulometrias do milho, onde também não ocorreu diferença nas temperaturas da água.

Alguns trabalhos mostram que o aumento da temperatura diminui o tempo de permanência do alimento no trato gastrointestinal dos peixes, também foram encontrados por Edwards (1971), para o linguado, *Pleuronectes platessa* L.; Fauconneau et al. (1983), para truta arco-íris (*Salmo gairdneri*); e Hernandez et al. (1994), para carpa comum (*Cyprinus carpio*).

Silva et al. (2003), ao trabalharem com tambaqui (*Colossoma macropomum*), encontraram um tempo de trânsito de 34 horas para peixes submetidos a uma temperatura de 24°C e de 11 horas aos peixes sob uma temperatura de 28°C, evidenciando que o tempo de passagem do alimento caiu drasticamente à medida que houve o aumento da temperatura, uma vez que o aumento da temperatura diminui o tempo de permanência do alimento no trato gastrointestinal.

Além da temperatura da água e fibra bruta da dieta influenciar no tempo de trânsito gastrointestinal, outros autores citam também a privação de alimento,

ingestão de refeições subsequentes, combinação da composição do alimento e a fisiologia do animal também como fatores que influenciam no tempo de evacuação gástrica (JOBILING, 1987; SALVANES et al., 1995).

Lanna et al. (2004) e Braga et al. (2010), em experimentos com tilápia do Nilo, concluíram que altos níveis de fibra bruta na dieta diminuem o tempo de passagem do alimento no intestino e pioram o aproveitamento dos nutrientes. No presente experimento provavelmente mantiveram-se os níveis de fibra bruta nas dietas, pois as mesmas não causaram efeito significativo no trânsito gastrintestinal dos tambaquis. O tempo de trânsito gastrintestinal entre as dietas contendo 2,50, 5,00, 7,50, 10,00 e 12,50% de fibra bruta diminuiu, respectivamente, de 13,32 horas, 12,45 horas, 11,49 horas, 11,22 horas e 9,56 horas (LANNA, et al., 2004).

O tempo encontrado nesse experimento de trânsito gastrintestinal (16 horas) foi superior ao encontrado por Zarate e Lovell (1999) ao trabalharem com *Ictalurus punctatus* (bagre-do-canal) com peso médio de 70 g, temperatura de $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 7 a 8 horas, e por Storebakken et al. (1999), ao testarem diferentes dietas para juvenis de salmão do Atlântico *Salmo salar* (150 a 200 g, 12 a 15 horas). Entretanto, o tambaqui *Colossoma macropomum*, apesar de ter o intestino longo, necessitou de apenas 8,8 horas para iniciar a excreção após ter consumido ração contendo 9,6% de fibra bruta (SILVA et al., 2003). O maior tempo encontrado nesse experimento pode ser devido ao baixo nível de fibra bruta na dieta, pois os ingredientes utilizados para formulação das rações foram de alta qualidade.

A temperatura é o principal fator abiótico que influencia na taxa do metabolismo em peixes, atingindo diretamente o consumo de alimento e o processo digestivo (SMITH, 1989), estando correlacionada positivamente com a taxa de consumo diário de diferentes tamanhos de alimentos (SALAM e DAVIES, 1994), e também afeta as taxas de alimentação, a atividade hidrolítica das enzimas digestivas e as taxas de absorção intestinal. Em pesquisas realizadas com peixes de regiões temperadas, o consumo de alimento durante o dia aumentou em consequência das variações de temperatura (SMITH, 1989). Assim, a temperatura deve afetar o tempo de evacuação do tambaqui, aumentando a velocidade de passagem do alimento conforme o aumento da temperatura.

Esses dados citados acima corroboram com outros autores que afirmam que a passagem do alimento pelo estômago depende da temperatura, tempo pós-prandial, tipo e tamanho do alimento, peso, tamanho e fisiologia do animal e grau de

estresse (MACDONALD et al., 1982; JOBLING, 1987; BROMLEY, 1994; SALVANES et al., 1995).

Como no presente experimento, todos esses fatores foram bem controlados e apenas a granulometria do milho da ração que diferiram em tamanhos, demonstrando que as variáveis experimentais foram bem controladas e que o tamanho da partícula do milho não afetou o tempo de trânsito gastrintestinal dos juvenis de tambaqui.

4.3 - EXPERIMENTO III – Coeficientes de digestibilidade aparente das rações com diferentes granulometrias do milho em juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum*

Os resultados das análises da água dos aquários experimentais, realizadas durante o período experimental, são apresentados na tabela 17.

Tabela 17 – Parâmetros físico-químicos da água das incubadoras de digestibilidade durante o período experimental.

Parâmetros	Máximo	Média	Mínimo	C.V.
Temperatura (°C)	28,20	27.78	27,26	3.01
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6.89	6.29	5.49	6.29
pH	6.91	6.38	6.02	3.71
Amônia (mg/L)	0.091	0.071	0.059	13.92

* C.V. Coeficiente de Variação.

O teor de oxigênio dissolvido durante o período experimental variou de 5,49 a 6,89 mg L⁻¹. Segundo Boyd (1982), os valores obtidos atenderam às exigências dos peixes. A faixa ótima de oxigênio dissolvido na água para tambaqui é de 3,0 a 6,0 mg/L (YANCEY e MENEZES, 1983). Não foi observada a presença de lábios hiperemiados, que foram citados por Kohla et al. (1992) como indicação de condição de hipóxia nesta espécie.

Na aquicultura, níveis muito baixos de oxigênio dissolvido na água podem estressar os animais e causar morte por hipóxia (MADENJIAN et al., 1987). Kubitza (2003) afirmou que, em cultivos comerciais, as concentrações de oxigênio dissolvido na água devem ser mantidas acima de quatro mg/L para evitar problemas na produção. O tambaqui tolera níveis baixos de oxigênio dissolvido na água, de aproximadamente 0,5 mg/L (SAINT-PAUL, 1984).

Os valores médios de oxigênio dissolvido na água durante o experimento não apresentaram diferença significativa entre tratamentos e atenderam às exigências do

tambaqui. De acordo com Ross et al. (1992), a concentração de oxigênio na água pode afetar os processos de digestão e de absorção de nutrientes e em águas com níveis de oxigênio dissolvido abaixo da faixa ótima, os peixes podem ter sua capacidade de digestão dos alimentos reduzida (POULIOT e DE LA NOÛE, 1988; NÉJI e DE LA NOÛE, 1998). Conforme o exposto, os níveis de oxigênio não afetaram a digestibilidade entre os tratamentos, pois ambos foram mantidos dentro dos padrões recomendados para o tambaqui.

Da mesma forma, o potencial hidrogeniônico (pH) manteve-se dentro dos padrões recomendados pelo mesmo autor citado acima e por Castagnolli e Cyrino (1986), entre 6,02 a 6,91.

Quando o peixe é exposto a pH ácido, a quantidade de muco nas brânquias aumenta, interferindo nas trocas iônicas e gasosas. As brânquias também são sensíveis a soluções extremamente alcalinas, causando alterações nas células do filamento branquial e, conseqüentemente, problemas respiratórios (BOYD, 1990). O tambaqui é tolerante a níveis baixos de pH na água. Segundo Wilson et al. (1999), em escalas de pH 6,5 e 3,5 o tambaqui foi a única espécie a recuperar o balanço iônico no plasma após 18 horas de exposição à água com pH 3,5 quando comparado ao matrinxã (*Brycon amazonicum*) e o tamboatá (*Hoplosternum litorale*).

O nível de amônia da água ficou com uma média de 0,071 mg L⁻¹. Os resultados da amônia ficaram dentro dos padrões recomendados para a espécie que seria abaixo de 0,2 mg L⁻¹.

A amônia é o principal composto nitrogenado excretado por peixes, constituindo cerca de 80-90% dos produtos excretados (JOBILING, 1994). Esta molécula é derivada da digestão das proteínas e do catabolismo dos aminoácidos e a quantidade de amônia não ionizada na água depende de fatores como pH e temperatura. A porcentagem de amônia não ionizada aumenta para cada grau de pH aumentado na água (BOYD, 1990).

Arana (2004) descreveu que há efeitos tóxicos de concentrações altas de amônia sobre as células, excreção, osmorregulação, respiração, alterações histológicas sobre os tecidos, maior suscetibilidade a doenças e diminuição da taxa de crescimento de peixes. Marcon et al. (2004) registraram para o tambaqui a CL5096h (concentração que mata 50% dos animais em 96 horas) ao redor de 0,71mg de NH₃/L. Para a concentração de amônia no experimento, não foi

observada diferença entre os tratamentos que pudesse afetar o bem-estar dos animais nas unidades experimentais.

A temperatura da água dos aquários experimentais apresentou-se adequada para os peixes tropicais, apresentando média de 27,78 °C. Este valor foi semelhante aos obtidos por Torloni et al. (1984) e Carneiro (1990), que observaram os melhores parâmetros de desempenho para alevinos de pacu com temperaturas entre 26,7 e 28,8°C e 28 e 32°C, respectivamente. Esses valores, segundo Boyd (1990), apresentam-se dentro dos limites recomendados para peixes de águas tropicais, não havendo mortalidade durante o período experimental.

A temperatura da água possui efeito sobre o crescimento, consumo de ração e o metabolismo dos peixes (CUENCO et al., 1999). É o fator limitante de muitos processos biológicos e define até mesmo a distribuição ecológica da espécie. Sendo animais pecilotérmicos, os peixes possuem temperatura do corpo próxima à temperatura da água. A temperatura pode influenciar a taxa de evacuação gástrica em peixes e a digestibilidade dos alimentos consumidos. Segundo Alanärä (1994), a temperatura controla o metabolismo, as necessidades nutricionais e o esvaziamento gástrico. Dias-Koberstein et al. (2004) encontraram diferenças significativas na ingestão de alimento em pacu (*Piaractus mesopotamicus*); à temperatura de 27 °C, os peixes ingeriram mais alimento (11,86g) do que à temperatura de 23 °C (9,14g).

Todos os parâmetros de qualidade de água atenderam às exigências da espécie em questão, podendo-se afirmar que os mesmos não afetaram os resultados de digestibilidade analisados no experimento.

Em estudos de nutrição não bastam os conhecimentos dos itens que o animal consome, nem dos teores de nutrientes e energia, mas é necessário se ter a idéia dos níveis de aproveitamento pela espécie, para que se possa subsidiar com informações mais precisas a elaboração de dietas que efetivamente o peixe tenha aproveitamento máximo (VIDAL JUNIOR et al., 2004).

Segundo Silva, Pereira Filho e Oliveira-pereira (2003) as investigações sobre a digestibilidade de dietas ou de nutrientes específicos são de importância fundamental na nutrição animal. Para os peixes, a maior parte dos estudos concentra-se em utilizar dietas previamente processadas com ingredientes que normalmente não fazem parte da alimentação natural das espécies. Nesse estudo, priorizou-se avaliar as diferentes granulometrias do milho na ração.

As médias de Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Extrato Etéreo (EE) e Matéria Mineral das cinco rações experimentais onde se variou apenas as granulometrias do milho, estão apresentadas na tabela 18.

Tabela 18 – Composição bromatológica das rações experimentais (matéria seca).

Tratamentos	Matéria Seca	Proteína Bruta	Extrato Etéreo	Matéria Mineral
T1 (150 µm)	96,77	28,47	8,47	10,15
T2 (300 µm)	96,83	28,49	7,94	9,30
T3 (500 µm)	96,78	28,66	8,59	9,75
T4 (710 µm)	97,08	28,60	8,22	9,69
T5 (850 µm)	96,95	29,04	7,21	9,66
C.V.	0,13	0,81	6,79	3,11

* C.V. Coeficiente de Variação.

As médias de Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Extrato Etéreo (EE) e Matéria Mineral das fezes dos diferentes tratamentos com as cinco rações onde se variou apenas as granulometrias do milho, estão apresentadas na tabela 19.

Tabela 19 – Composição bromatológica das fezes (matéria seca) coletadas em experimento.

Tratamentos	Matéria Seca	Proteína Bruta	Extrato Etéreo	Matéria Mineral
T1 (150 µm)	90,70	9,26	0,55	31,90
T2 (300 µm)	89,73	9,14	0,69	27,72
T3 (500 µm)	89,47	9,96	0,57	27,16
T4 (710 µm)	89,61	10,59	1,01	26,16
T5 (850 µm)	89,65	10,73	0,61	25,55
C.V.	0,55	7,35	27,51	9,00

* C.V. Coeficiente de Variação.

As médias dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) das frações de Matéria Seca (MS), da Proteína Bruta (PB) e do Extrato Etéreo (EE) e a Proteína Digestível das cinco rações com diferentes granulometrias do milho estão apresentadas na tabela 20.

Tabela 20 – Os coeficientes de Digestibilidade Aparente (CDA) da Matéria Seca (CDAMS), Proteína Bruta (CDAPB) e Extrato Etéreo (CDAEE) e Proteína Digestível (PD) das rações experimentais.

Tratamentos	CDAMS (%)	CDAEE (%)	CDAPB (%)	PD (%)
T1 (150 µm)	62,6	94,16	67,45	19,20
T2 (300 µm)	73,3	91,27	67,90	19,34
T3 (500 µm)	75,5	93,30	65,22	18,69
T4 (710 µm)	76,9	87,63	62,97	18,01
T5 (850 µm)	75,2	90,99	63,04	18,31
C.V.	7,94	2,76	3,58	3,04

* C.V. Coeficiente de Variação.

4.3.1 - Digestibilidade aparente da matéria seca

Como demonstrado na tabela 20, os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, não tiveram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade através de análise de regressão.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca das rações experimentais com diferentes granulometrias do milho tiveram valores abaixo dos encontrados na literatura. Esses valores variaram de 62,6 a 76,9%, os quais foram inferiores aos obtidos por Pezzato (2001) que, em pesquisa com a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), objetivando avaliar o CDA de vários alimentos utilizados em rações para peixes tropicais, obteve os valores de CDAMS 88,91% e 90,00% para o farelo de algodão e glúten de milho, respectivamente.

Gonçalves et al. (2004) encontraram coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS) do milho extrusado de 71,98% e da soja extrusada de

72,79%, os quais não tiveram seus valores aumentados com a suplementação da enzima fitase. Já o presente trabalho obteve valores de CDAMS que variou entre 62,6 a 76,9%, valores próximos aos obtidos por Gonçalves et al. (2004).

Resultados observados por Getachew (1988) demonstraram que muitos dos nutrientes foram significativamente afetados ($P < 0,05$) pelos processos de digestão e assimilação nos diferentes segmentos do intestino da tilápia (*Oreochromis niloticus*), e que ocorre declínio na quantidade destes nutrientes em direção ao ânus.

Pezzato et al. (2002) trabalharam com o pacu. As rações confeccionadas com partículas alimentares cujos diâmetros variaram de 0,5 a 2,0 mm apresentaram semelhantes ($P < 0,05$) coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) para a matéria seca (60 a 64%). Entretanto, o diâmetro 2,5 mm resultou num CDA ($56,75 \pm 1,25$) significativamente inferior ($P < 0,05$). Já no presente trabalho as diferentes granulometrias do milho na ração não afetaram os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, possivelmente, pois apenas as frações de milho tiveram as granulometrias alteradas e os demais ingredientes da ração foram todos moídos com peneiras de um milímetro.

Pezzato et al. (2002), ao trabalharem com a tilápia do Nilo, obtiveram o melhor coeficiente de digestibilidade aparente para a matéria seca ($63,80 \pm 1,44$) com diâmetro de 1,5mm ($P < 0,05$). Porém os diâmetros 1,0 e 2,0 mm apresentaram semelhantes CDA de $52,33 \pm 0,33$ e $53,97 \pm 1,62$, respectivamente. O mesmo ocorrendo entre os diâmetros 0,5 e 1,0 mm. O diâmetro 2,5 mm proporcionou o pior CDA ($47,64 \pm 0,93$), sendo que esse diferiu ($P < 0,05$) dos demais.

Comprovando os resultados obtidos pelo autor acima citado, Jobling (1987) destacou a existência de um limite ao diâmetro da partícula alimentar para que não haja prejuízo à sua digestibilidade. Segundo esse autor, as partículas alimentares com maiores diâmetros apresentam menores coeficientes de digestibilidade aparente. Portanto, nesse experimento não foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos com diferentes granulometrias do milho.

Os resultados de digestibilidade aparente da matéria seca apresentam-se inferiores aos obtidos por Barros et al. (1988) com ingredientes energéticos, avaliados com a tilápia do Nilo, que variaram de 86,8 a 88,9%. Esses índices encontram-se, ainda, inferiores aos obtidos por Khan (1994) com o bagre tropical, cujos CDA do farelo de soja foi de 95,5% e do farelo de amêndoa de coco de 86,0%.

Segundo Tonini et al. (2012), os ingredientes proteicos, farinha de peixe, o

farelo de soja e a farinha de carne e ossos apresentaram maior coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca. Os coeficientes de digestibilidade da MS do farelo de soja (60,13%) e da farinha de peixe (68,63%) foram pouco superiores ao valor apresentado pela farinha de carne e ossos (54,90%), enquanto o do milho (39,3%) e do farelo de trigo (22,5%) foram inferiores, demonstrando baixa digestibilidade. Todos esses valores estão abaixo dos valores registrados por Pezzato et al. (2002) e Zuanon et al. (2007), que encontraram valores próximos de 70- 90% para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e betta (*Betta splendens*), respectivamente.

Cho e Bureau (1997) também obtiveram baixos coeficientes de digestibilidade da MS para o milho (23%) e o farelo de trigo (35%), e maiores valores para o farelo de soja (74%) e a farinha de peixe (85%), em estudo com truta-arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*).

Resultados intermediários foram obtidos por Oliveira et al. (1998), que trabalharam com a tilápia do Nilo, utilizando níveis crescentes de torta de dendê (0,0% a 35,0%) em rações isoproteicas (30,0% PB) e isoenergéticas (2800 kcal/ED/kg). Segundo esses autores, os CDA dessas rações variaram de 74,7% a 82,4% para a matéria seca. Apresentam-se, ainda, intermediários aos obtidos por Oliveira et al. (1997), quando em estudo com o pacu (180,0 g) obtiveram CDA de 54,8% e 72,6% para a torta de dendê e farelo de coco, respectivamente; Carneiro e Pires (1998) quando encontraram CDA com juvenis de pacu, da matéria seca, variando entre 58,7% e 94,9% e; aos obtidos por Oliveira et al. (1994), quando em estudo com juvenis de tilápia do Nilo, obtiveram CDA da torta de dendê e do farelo de cacau, respectivamente, de 70,3% e 64,5%.

Contrariamente aos valores encontrados pelos autores citados acima, no presente experimento não foram constatadas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos testados para o tambaqui. E os valores encontrados foram próximos aos valores encontrados na literatura para o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca.

4.3.2 - Digestibilidade aparente da proteína bruta

Como demonstrado no gráfico 6, os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta tiveram comportamento linear quando se aplicou a análise de regressão entre os diferentes tratamentos.

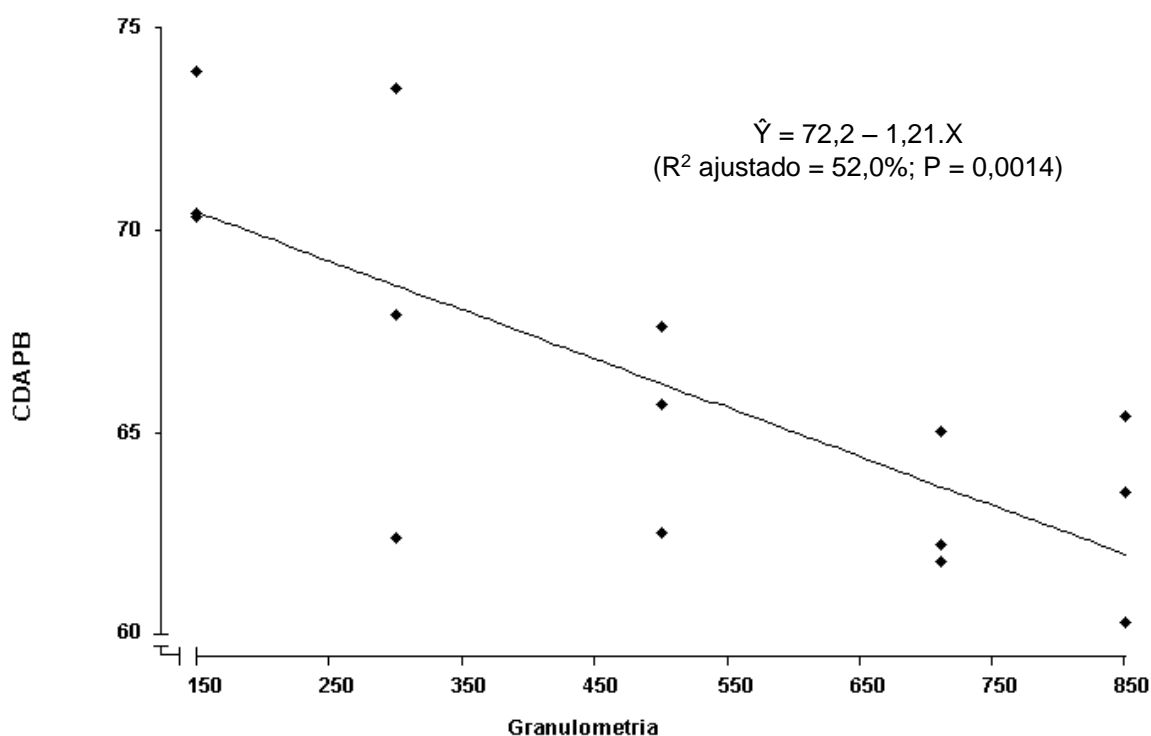


Gráfico 6: Gráfico de Regressão (Modelo Linear) para a variável Coeficiente de Digestibilidade Aparente da Proteína Bruta para o tambaqui alimentado com rações com diferentes granulometrias do milho ($\hat{Y} = 72,2 - 1,21.X$; $R^2 = 52,0\%$; $P = 0,0014$).

Os índices de digestibilidade aparente da proteína bruta obtida nesse estudo apresentam-se inferiores (62,97% a 67,90%) aos obtidos por Barros et al (1988) com a tilápia do Nilo. Mostraram-se também inferiores aos determinados com essa mesma espécie, com a torta de dendê (91,5%) por Oliveira et al. (1994) e aos observados por Takeuchi et al. (1994), que obtiveram, com a carpa capim, os coeficientes de digestibilidade aparente do milho cru de 95,2% e extrusado de 96,5%, e com a tilápia híbrida 97,9% e 98,4%, respectivamente. Revelaram-se, ainda, inferiores aos de Watanabe et al. (1996), quando obtiveram os seguintes

coeficientes de digestibilidade para a fração proteína bruta com a tilápia do Nilo: farinha de filé de peixe (92,2%), farinha comercial de peixe (92,6%), farinha de carne (96,2%), farinha de crisálidas (91,1%), glúten de milho (90,7%), farelo de soja (90,9%), gérmen de trigo (95,5%), farelo de arroz desengordurado (88,3%) e farelo de trigo (93,7%), além de Oliveira et al. (1998) em estudo com a tilápia do Nilo (93,43 a 96,16%) para a fração proteica da torta de dendê.

Destaca-se que os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta obtidos nesse estudo foram superiores aos obtidos por De Silva et al. (1984) com a tilápia mossambica (60,8%); aos determinados com a tilápia do Nilo por Hanley (1987) para o fubá de milho (59,0%), farelo de trigo (63,0%) e cevada (30,0%). Mostram-se ainda CDAPB parecidos aos determinados por Ng e Weel (1989) com a tilápia do Nilo para o feno de folha de mandioca (64,0%), e aos determinados com essa mesma espécie por Oliveira et al. (1994) com o farelo de tegumento de cacau (62,9%).

Carneiro (1981) estudou a digestibilidade proteica em dietas isocalóricas para o tambaqui e não soube a que atribuir o baixo coeficiente de digestibilidade (67,71%) da dieta que continha o menor teor protéico (18,0%), mas afirma que a redução do coeficiente apresentado na dieta com 26,0% de proteína se deveu ao fato de este apresentar teor protéico acima das exigências requeridas pelo *Colossoma macropomum*.

Já Silva, Pereira Filho e Oliveira-pereira (2003), ao trabalharem com tambaqui, obtiveram resultados que discordam dos encontrados pelo autor citado acima, uma vez que os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta mais altos (67,7 e 66,1%) foram observados com as rações contendo teores mais elevados de proteína bruta, respectivamente, ração contendo munguba, com 35% PB e jauari, com 24,3% PB. Esses valores de digestibilidade foram próximos aos encontrados no presente experimento, onde o teor de proteína bruta (28,8%) foi superior aos trabalhos citados acima, com coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta variando de 62,97% a 67,90%, sendo os melhores resultados encontrados nos tratamentos com menores granulometrias do milho.

Por outro lado, os valores detectados nesse experimento mostram-se similares aos obtidos por Carneiro (1981) com o tambaqui (67,7% a 85,9%), e inferiores aos obtidos por Carneiro e Castagnolli (1984) com o pacu (70,8% a 87,0%) e Carneiro e Pires (1998), com juvenis de pacu, de 81,5% a 94,1%.

Eckmann (1987) usou farinha de sangue de boi como fonte de proteína para alimentar alevinos de tambaqui, e recomendou não usar este produto como única fonte de proteína, pela baixa digestibilidade que apresenta, não atendendo às exigências nutricionais da espécie.

O CDAPB da ração com 2,0 mm de diâmetro com o pacu se mostrou semelhante ($P < 0,05$) a 1,0mm e superior aos CDAPB dos demais ($P < 0,05$). Observou-se ainda que os CDAPB das rações com diâmetros de partículas alimentares com 0,5 e 1,5 mm apresentaram-se semelhantes ($P < 0,05$) entre si e aos dos diâmetros 1,0 e 2,5 mm. Entretanto, o diâmetro 2,5 mm apresentou o pior CDAPB e este, embora semelhante ao 0,5 e 1,5 mm apresentou-se significativamente ($P < 0,05$) inferior ao diâmetro 1,0mm (CDAPB de $85,01 \pm 0,44$) (PEZZATO et al., 2002). Portanto neste estudo os melhores valores do CDAPB foram observados nos tratamentos com menores granulometrias do milho, possivelmente devido à maior exposição dos nutrientes para ação enzimática e absorção no intestino.

O CDA da proteína bruta, obtido com a tilápia do Nilo ($84,41 \pm 0,58$) com o diâmetro 1,5mm, foi o melhor ($P < 0,05$) e os demais diâmetros resultaram em semelhantes CDA ($p < 0,05$) (PEZZATO et al., 2002).

Similares resultados foram obtidos em estudo com pacus jovens por Stech e Carneiro (1998). Segundo esses autores, a soja crua apresentou um coeficiente de digestibilidade para a proteína bruta de 80,0%, enquanto os coeficientes para a soja nas demais formas variaram de 82,8% a 95,2%.

Esses resultados são contrários aos obtidos por Sveier *et al.* (1999) com o salmão do Atlântico. Esses autores avaliaram a digestibilidade da proteína bruta, em função do diâmetro da partícula alimentar e não encontraram diferenças entre os coeficientes de digestibilidade. Tais resultados podem ser atribuídos à técnica de obtenção de fezes por dissecação, uma vez que esse processo acaba por somar o nitrogênio endógeno (muco, enzimas e fragmentos de sangue) do intestino dos peixes. Neste trabalho a técnica de coleta das fezes foi direta na água e mesmo assim foi observado diferença entre os tratamentos, onde a regressão teve comportamento linear, ou seja, quanto mais finamente moído o milho melhor foi a digestibilidade aparente da proteína bruta.

Silva et al. (2007), trabalhando com tambaqui, obtiveram o CDAPB do milho (83,57%), que foi similar ao encontrado para farelo de trigo (82,87%). Pezzato et al.

(2002) também encontraram semelhança entre os coeficientes de digestibilidade da fração proteica do milho e do farelo de trigo, apesar da divergência dos valores absolutos encontrados, de 91,66 e 91,13%, respectivamente. Porém, esses valores diferem dos encontrados por Furuya et al. (2001), que correspondem a 87,12 e 78,21%, respectivamente. E os encontrados no presente trabalho foram ainda menores aos observados pelos autores citados acima, provavelmente devido apenas à granulometria do milho ter sido alterada e dos outros ingredientes mantidas todas a granulometria de 1 mm.

Segundo Ribeiro (2009), o CDAPB do farelo de soja obtido foi superior ao encontrado por KöprücüeÖzdemir (2005), de 87,40% e inferior ao obtido por Gonçalves et al. (2007), de 94,13%. Por outro lado, vários resultados encontrados na literatura são próximos, como o de 92,72% obtido por Furuya et al.(2001), de 91,56% obtido por Pezzato et al. (2002) e de 89,28% obtido por Boscolo et al. (2002). Para o glúten de milho, o CDAPB foi semelhante ao obtido por Gonçalves et al.(2007) de 89,32% e também por Köprücü e Özdemir (2005), de 89,00%, porém, inferior ao relatado por Pezzato et al. (2002), de 95,96% e por Meurer et al. (2003), de 97,61%.

Pezzato et al. (2002) obtiveram valores superiores de coeficiente de digestibilidade aparente da PB dos alimentos energéticos (87,69%) e proteicos de origem vegetal (87,85%), em comparação aos alimentos proteicos de origem animal (63,76%) para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Entretanto, os coeficientes de digestibilidade da PB do milho (95%), do farelo de trigo (92%), do farelo de soja (96%) e da farinha de peixe (92%) encontrados por Cho e Bureau (1997) para a truta-arco-íris foram altos e semelhantes entre si. A proteína de alta qualidade presente no milho, no momento de seu preparo, mesmo que em quantidades menores, aliada ao processo de trituração desse grão, que expõe essa proteína à rápida digestão, pode justificar os altos valores de digestibilidade aparente da proteína do milho com as menores granulometrias. Porém a ração continha grande parte de proteína oriunda da farinha de peixe, podendo afetar os níveis de digestibilidade devido a falta de informações e padronização da farinha de peixe no mercado brasileiro.

Segundo Pontes et al. (2010) e Boscolo et al. (2001), as farinhas de peixe disponíveis no mercado apresentam grande variação na qualidade, o que pode ser atribuído ao frescor, ao tipo de material e às condições de processamento. As

farinhas de peixe brasileiras apresentam, muitas vezes, baixos coeficientes de digestibilidade por serem formuladas com resíduos de abate, podendo apresentar altas porcentagens de cinzas e proteína de baixa qualidade proveniente da matriz proteica dos ossos, da pele, das escamas e das vísceras (BOSCOLO et al., 2004), além de ser um produto sazonal que varia em sua composição e altera o desempenho dos animais alimentados com elas (OLIVEIRA FILHO e FRACALOSI, 2006).

Estas diferenças podem ser atribuídas, em parte, aos teores de fibra bruta das dietas experimentais usadas para determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração proteica, principalmente nas dietas contendo farelo de trigo, encontradas na literatura. Vários estudos têm demonstrado que a variação dos níveis de fibra bruta em dietas para peixes pode alterar a digestibilidade, a velocidade de trânsito gastrintestinal e a morfologia do trato digestivo (LANNA et al., 2004). Porém, no presente trabalho os teores de fibra bruta nas dietas não foram alterados, pois as rações continham as mesmas formulações, diferenciando apenas as granulometrias das frações de milho.

No experimento em questão os tratamentos com menores granulometrias do milho na ração afetaram a digestibilidade aparente da proteína bruta, obtendo-se os melhores valores à medida que a granulometria do milho foi diminuída, tendo a regressão um comportamento linear. Portanto, para melhor digestibilidade da proteína bruta do milho nas rações para juvenis de tambaqui recomenda-se menor granulometria (150 μm) do milho na ração.

Segundo Lambert (1985), a forma física do alimento tem ação sobre o tempo de permanência no trato gastrintestinal. Afirmam ainda que esse tempo e, conseqüentemente a digestibilidade, dependem também da idade do peixe. Como a espécie desse estudo se apresentava com peso semelhante, as diferenças constatadas podem ser atribuídas às diferentes granulometrias do milho na ração ofertadas aos tambaquis.

4.3.3 - Digestibilidade aparente do extrato etéreo

Como demonstrado no gráfico 7, os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo no modelo logarítmico foram melhores com as menores granulometrias, quando se aplicou regressão entre os diferentes tratamentos.

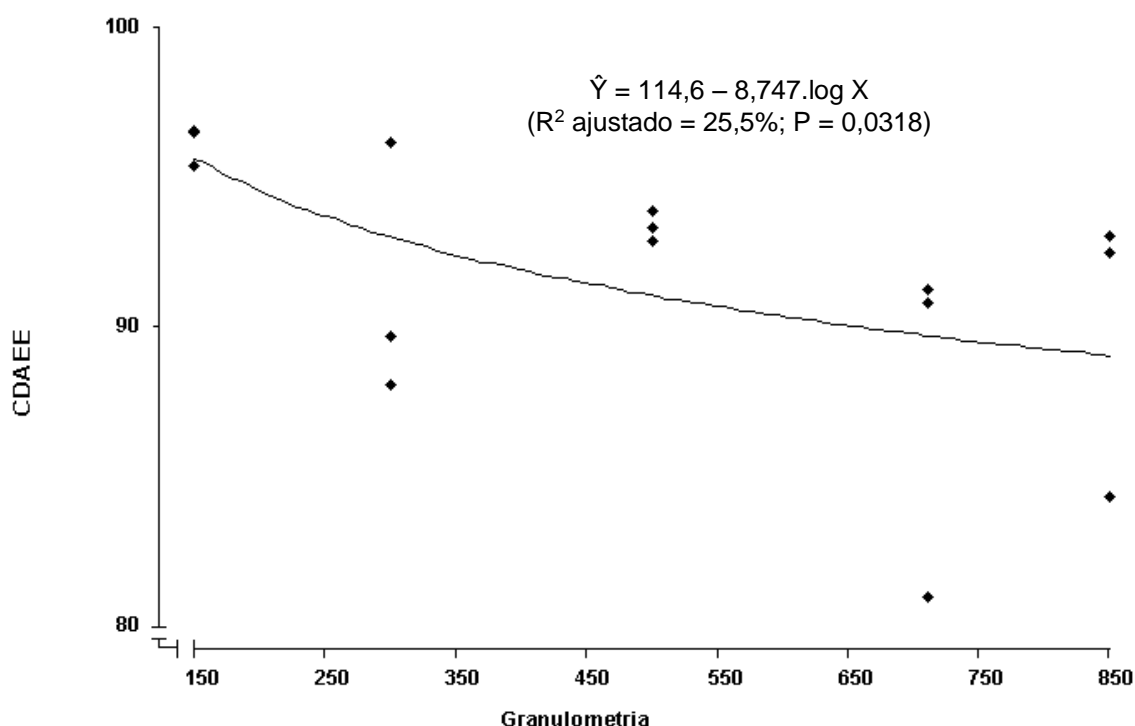


Gráfico 7 - Gráfico de Regressão (Modelo Logarítmico) para a variável Coeficiente de Digestibilidade Aparente do Extrato Etéreo para o tabaqui alimentado com rações com diferentes granulometrias do milho ($\hat{Y} = 114,6 - 8,747 \cdot \log X$; ($R^2 = 25,5\%$; $P = 0,0318$)).

Os CDA do extrato etéreo determinados nesse estudo que variaram de 87,63% a 94,16% apresentam-se próximos aos obtidos por Barros et al. (1988) com ingredientes energéticos (92,0% a 93,6%) com a tilápia do Nilo; aos observados por Takeuchi et al. (1994), que obtiveram com a carpa capim, CDA do milho cru de 87,7% e extrusado 92,2% e, um pouco superiores com a tilápia 97,1% e 97,8%, respectivamente. Foram superiores, aos CDA obtidos por Hernández et al. (1994) com a carpa comum, quando a substituição do milho cru, pelo extrusado, melhorou o

CDA do extrato etéreo, de 86,9% para 88,8% e, aos apresentados por Oliveira et al. (1998) com a tilápia do Nilo para a torta de dendê (92,7% a 97,8%).

Entretanto, esses índices encontrados neste experimento mostram-se superiores aos apresentados por De Silva *et al.* (1984) com a tilápia mossambica, quando da determinação da fração digestível do extrato etéreo de vários ingredientes de origem animal e vegetal, cujos coeficientes variaram entre 13,6% e 59,2%. Tendência semelhante foi ainda constatada por Pezzato et al. (1988) com tilápia do Nilo, que obtiveram para essa mesma fração, níveis que variaram de 5,9% a 19,5%.

Pezzato et al. (2002), trabalhando com duas espécies diferentes, porém com hábito alimentar iguais (onívoros), foi constatado que o pacu apresentou melhor coeficiente de digestibilidade ($P < 0,05$), quando comparado à tilápia do Nilo, em todos os diâmetros estudados. Com o pacu, o CDA do extrato etéreo, cujos ingredientes apresentavam-se com diâmetro de 1,0 mm ($80,59 \pm 0,58$) mostrou-se significativamente ($P < 0,05$) melhor que os demais. Os CDA dos tratamentos com diâmetros de 0,5; 1,5; 2,0 e 2,5 mm (78%) mostraram-se semelhantes ($P < 0,05$). Entretanto, no presente trabalho o melhor valor de digestibilidade aparente do extrato etéreo foi no tratamento com as menores granulometrias do milho na ração.

Com a tilápia do Nilo, o melhor CDA foi apresentado pelo tratamento com diâmetro 1,5 mm ($72,08 \pm 1,5$), o qual foi significativamente superior ($P < 0,05$) que os demais. Esses resultados confirmam os obtidos por Sveier et al. (1999) com o salmão do Atlântico, os quais avaliaram a digestibilidade do extrato etéreo em função do diâmetro da partícula alimentar e encontraram diferenças significativas entre os coeficientes de digestibilidade. Esses resultados vêm corroborar com os resultados deste trabalho, onde os tambaquis apresentaram resultados do CDAEE superiores para os tratamentos com as menores granulometrias do milho na ração e que estão próximos dos resultados encontrados pelos autores citados acima. Podendo ser explicada essa melhor digestibilidade para extrato etéreo nos tratamentos com menor granulometria do milho, pela maior área de exposição dos nutrientes aos alvéolos epiteliais do intestino.

Silva et al. (2007), trabalhando com juvenis de tambaquis suplementados com complexo multi-enzimático, encontraram resultados de digestibilidade aparente para proteína bruta e extrato etéreo de 92 % e 97 %, respectivamente, aumentando a digestibilidade comparada com a ração controle em 35,1% e 33,5%

respectivamente. Estes resultados corroboram com os estudos realizados por Silva *et al.* (2003), que determinaram os coeficientes de digestibilidade aparente de idêntica formulação e ingredientes da ração controle deste estudo, quando utilizaram tambaquis com peso médio de $1627 \pm 112\text{g}$. O resultado encontrado no presente estudo é próximo ao relatado acima para o CDAEE, porém inferiores para o CDAPB. Diferença essa que pode ser atribuída à idade dos animais, mesmo sendo de mesma espécie, mas com pesos muito diferentes entre os trabalhos citados.

As fezes são compostas de materiais não digeridos do alimento e de resíduos não absorvidos pelo próprio corpo do animal. Esses resíduos são os restos de células da mucosa, enzimas digestivas, proteínas do muco e outras secreções liberadas dentro do trato digestório do animal, juntamente com os resíduos de microorganismos que naturalmente habitam o trato. O nitrogênio fecal de origem do próprio animal, e não oriundo da ingestão de alimentos, pode subestimar os valores do coeficiente de digestibilidade (NYACHOTI *et al.*, 1997).

Segundo Spyridakis *et al.* (1989), há tendência de os métodos que utilizam material fecal naturalmente evacuado na água apresentarem valores maiores de digestibilidade, em razão da lixiviação de nutrientes na água, como se essa fração de nutriente tivesse sido aproveitada pelo peixe. Porém, Abimorad e Carneiro (2004), trabalhando com dois métodos de coleta de fezes, os métodos de Guelph e de Guelph modificado, apresentaram valores de digestibilidade aparentemente menores, apesar de não diferirem estatisticamente dos observados nos métodos em que as fezes não tiveram contato com a água.

Quanto melhor a qualidade nutricional da dieta, menor a carga poluente na água e mais eficiente a produção de peixes (LOVELL, 1989).

Os CDA, obtidos com as rações, cujas partículas do milho apresentaram diferentes diâmetros do milho de $150 \mu\text{m}$ até $850 \mu\text{m}$ com o tambaqui, demonstraram que esses têm capacidade de digerir partículas consideradas pequenas para algumas espécies de peixes. Estes diâmetros parecem definir os limites aceitáveis para a moagem da matéria prima a compor a dieta dessa espécie. É importante ressaltar que esse peixe apresentava peso de juvenis. Tais respostas corroboram com os resultados de He e Wurtsbaugh (1993), de que o diâmetro da partícula alimentar tem significativo efeito sobre a digestão. Segundo esses autores, a menor área superficial dessas partículas dificulta a sua digestão mecânica e química.

4.4 - EXPERIMENTO IV – Avaliação histológica do intestino de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com rações de diferentes granulometrias do milho

Os resultados das análises da água dos aquários experimentais, realizadas durante o período experimental, são apresentados na Tabela 21.

O teor de oxigênio dissolvido, durante o período experimental, variou de 4,70 a 6,00mg L⁻¹. Segundo Boyd (1982), os valores obtidos atenderam as exigências dos peixes. Da mesma forma, o potencial hidrogeniônico (pH) manteve-se dentro dos padrões recomendados pelo mesmo autor citado acima e por Castagnolli e Cyrino (1986), entre 5,5 a 6,5. O nível de amônia da água ficou com uma média de 0,11mg L⁻¹. Os resultados da amônia ficaram dentro dos padrões recomendados para a espécie que seria abaixo de 0,2 mg L⁻¹.

A temperatura da água dos aquários experimentais apresentou-se adequada para os peixes tropicais, apresentando média de 28,4 °C. Este valor foi semelhante aos obtidos por Torloni et al. (1984) e Carneiro (1990), que observaram os melhores parâmetros de desempenho para alevinos de pacu com temperaturas entre 26,7 e 28,8 °C e 28 e 32 °C, respectivamente. Esses valores, segundo Boyd (1990), apresentam-se dentro dos limites recomendados para peixes de águas tropicais, não havendo nenhuma mortalidade durante o período experimental.

Tabela 21 – Parâmetros físico-químicos da água durante o período experimental.

Parâmetros	Máximo	Média	Mínimo	C.V.
Temperatura (°C)	28,86	28,40	27,30	3,9
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,0	5,4	4,7	5,5
pH	6,68	6,1	5,58	3,0
Amônia (mg/L)	0,15	0,11	0,08	18,8

* C.V. Coeficiente de Variação.

As vilosidades das porções anterior, média e posterior dos intestinos dos tabaquis analisados não apresentaram diferenças morfológicas significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos e nem entre as porções do intestino anterior, médio e posterior (Figura 4).



Figura 4 - Alvéolos epiteliais do intestino de tabaqui, porção posterior (300 μm), objetiva com aumento de 4 vezes.

Os tratamentos com as rações com diferentes granulometrias do milho (150, 300, 500, 710 e 850 μm) não foram verificados nenhum efeito significativo ($P < 0,05$) para altura total, altura, largura e espessura das vilosidades (Tabela 22). O resultado deste teste demonstrou que as médias dos tratamentos não apresentaram diferença mínima significativa entre elas, embora a maior média tenha sido observada no Tratamento V na porção do intestino posterior altura total e altura das vilosidades.

Tabela 22 - Valores médios da Altura Total, Altura, Largura e Espessura das Vilosidades nas porções do intestino anterior, médio e posterior dos juvenis de tambaqui alimentados com ração com diferentes granulometrias do milho em sua composição.

Granulometria μm	<i>Altura Total das Vilosidades (μm)</i>		
	Anterior	Médio	Posterior
150	758,7 \pm 149,3	650,9 \pm 72,0	639,0 \pm 89,4
300	588,6 \pm 93,3	469,2 \pm 29,9	625,8 \pm 95,6
500	909,5 \pm 249,0	818,7 \pm 138,2	777,8 \pm 69,9
710	628,4 \pm 104,5	569,9 \pm 68,5	762,1 \pm 72,4
850	757,8 \pm 37,9	658,9 \pm 70,8	1026,1 \pm 251,2
Granulometria μm	<i>Altura das Vilosidades (μm)</i>		
	Anterior	Médio	Posterior
150	630,3 \pm 110,4	566,6 \pm 68,0	565,6 \pm 82,8
300	506,0 \pm 86,2	414,1 \pm 39,6	545,1 \pm 88,6
500	812,2 \pm 231,0	708,3 \pm 132,8	692,6 \pm 69,4
710	542,0 \pm 104,6	507,2 \pm 70,5	657,6 \pm 54,8
850	661,6 \pm 45,5	580,0 \pm 65,9	929,6 \pm 259,6
Granulometria μm	<i>Largura das Vilosidades (μm)</i>		
	Anterior	Médio	Posterior
150	191,0 \pm 33,6	160,4 \pm 27,6	165,2 \pm 25,9
300	162,3 \pm 24,5	142,2 \pm 16,3	129,6 \pm 23,6
500	155,9 \pm 18,4	142,3 \pm 16,3	145,1 \pm 17,0
710	146,3 \pm 18,3	142,9 \pm 19,9	139,9 \pm 6,0
850	174,6 \pm 11,9	165,7 \pm 21,9	147,5 \pm 19,8
Granulometria μm	<i>Espessura das Vilosidades (μm)</i>		
	Anterior	Médio	Posterior
150	96,9 \pm 19,9	80,9 \pm 15,9	85,9 \pm 14,9
300	79,5 \pm 12,6	69,0 \pm 9,2	65,4 \pm 13,7
500	73,4 \pm 9,9	67,1 \pm 8,3	65,3 \pm 5,7
710	69,2 \pm 8,6	72,9 \pm 9,8	65,8 \pm 4,3
850	82,1 \pm 8,3	78,4 \pm 7,7	72,9 \pm 9,2

As análises histológicas do intestino de todos os peixes avaliados deste experimento apresentaram aparência normal não apresentando anomalias provenientes de patologias. Segundo BEHMER, O. A.; TOLOSA, E. M. C.; NETO, A. G. F. (1976), a mucosa intestinal é considerada de grande importância nos processos digestivo, absorptivo e metabólico em peixes teleósteos.

Segundo alguns autores, histológica e fisiologicamente foram observados apenas três segmentos em *catfish* com funções e características microscópicas bem definidas e constantes: segmento proximal (60-75% do comprimento total), em que são encontradas células que absorvem gordura (HERNANDEZ-BLAZQUEZ et al., 1989); segmento médio (20 - 25%), responsável pela absorção de macromoléculas proteicas (ILDA; YAMAMOTO, 1985; STROBAND; KROON, 1981, NOAILLACDEPEYRE; GAS, 1973; ROMBOUT et al., 1985); segmento distal: caracterizado por células com a ultraestrutura para o transporte de íons com consequente absorção de água e eletrólitos (NOAILLAC-DEPEYRE; GAS, 1976; STROBAND et al., 1979).

O intestino dos peixes é típico como o dos mamíferos em muitos aspectos, mas sofre grandes variações histomorfológicas na escala filogenética, sendo curto nos carnívoros em relação ao comprimento do corpo (HIBIYA, 1982). Na parte anterior, podem ser encontrados inúmeros cecos pilóricos, individuais ou agrupados, com abertura no duodeno. O limite entre o intestino posterior e o reto é de difícil visualização anatômica (HERNANDEZ-BLAZQUEZ et al., 2006).

A estrutura da mucosa intestinal esta relacionada aos processos fisiológicos de digestão e absorção, e as regiões das vilosidades mais complexas estariam envolvidas nos processos absorptivos devido ao aumento da área efetiva para absorção de nutrientes (TAKASHIMA, F.; HIBIYA, T., 1995).

Segundo Borges et al. (2010), o padrão da mucosa na porção cranial da segunda alça do intestino, as vilosidades são menos espessas e mais longas, com raras anastomoses. Na porção mediana, as vilosidades são ainda menos espessas e mais curtas que a porção anterior e apresentam maior sinuosidade nas bordas livres na sua porção caudal, dispostas em relação à parede intestinal de forma mais oblíqua. Na terceira alça, as vilosidades apresentam a menor espessura em relação a todas as porções das alças anteriores e possuem acentuada sinuosidade de suas vilosidades paralelamente dispostas em relação à parede intestinal.

Seixas Filho et al. (2001) relataram que o diâmetro das vilosidades apresentaram redução gradual, que é atribuída à estrutura das pregas da mucosa intestinal, mais espessa no intestino médio, em que se pode relacionar com maior potencial para absorção de nutrientes, tornado essas pregas mais delgadas no reto. No presente experimento não foram identificadas variações entre as porções do intestino anterior, médio e posterior quanto à altura e espessura das vilosidades, talvez devido ao processo de extrusão ter gelatinizado o amido das frações de milho igual nos diferentes tratamentos.

Silva et al.(2010), trabalhando com análises morfométricas das vilosidades, evidenciaram efeito quadrático ($P < 0,05$) da suplementação de L-glutamina e L-glutamato na altura dos vilos, cujo valor máximo foi de 407 μm no nível de 1,67% de L-glutamina e L-glutamato. Yan e Qiu-Zhou (2006) também observaram aumento dos vilos intestinais com a suplementação de L glutamina em dietas para a carpa-comum. Esses valores estão abaixo dos valores encontrados nesse trabalho onde a altura das vilosidades variou de $414,1 \pm 39,6 \mu\text{m}$ a $929,6 \pm 259,6 \mu\text{m}$, não sendo observada diferença estatística entre os tratamentos.

O aumento da altura dos vilos intestinais ocorreu provavelmente porque a glutamina é uma importante fonte de energia para os enterócitos, fornecendo nitrogênio para a biossíntese de nucleotídeos necessários para a replicação celular das células da mucosa do intestino (YAN e QIU-ZHOU, 2006). Esse efeito trófico relaciona-se à renovação celular do epitélio da mucosa intestinal, pois a glutamina e o glutamato estimulam o aumento das mitoses na base do vilos, que acarreta maior proliferação das células do epitélio da mucosa intestinal e, dessa forma, aumentando a altura dos vilos, melhorando a digestão e absorção intestinal e o desempenho dos animais (BOLELI et al., 2002). Como o presente trabalho, não teve suplementação de glutamina e as únicas variáveis que diferiram foram as granulometrias do milho na ração, não foi constatada diferença na altura das vilosidades nas porções do intestino anterior, médio e posterior dos juvenis de tambaqui, porém na parte posterior - quando utilizado ração com a granulometria do milho com 850 μm , foi observada a maior média dos vilos quanto à altura total ($1026,1 \pm 251,2$) e altura ($929,6 \pm 259,6$), evidenciando uma pequena tendência de alteração das vilosidades nos tratamentos com maiores granulometrias do milho.

As alterações morfológicas no trato digestório também são observadas no intestino anterior de *Rachycentron canadum* submetidos a dietas com diferentes

fontes de proteína (ROMARHEIM et al., 2008). A utilização de fontes de concentrado proteico de soja e farelo de soja na alimentação de *Onchorinchus mykiss* e do *Piaractus mesopotamicus* acarretou em aumento da camada de absorção das duas espécies (OSTASZEWSKA et al., 2005). Em controvérsia, o uso de fontes de soja (extrato solúvel de soja e extrato concentrado de soja) e de glúten (glúten de milho e glúten de trigo) como fonte proteica não modificou a estrutura histológica do intestino de bacalhau do Atlântico (HANSEN et al., 2006). A altura das vilosidades intestinais está associada ao processo de absorção de nutrientes, assim como a capacidade enzimática, responsável pelo processo digestivo (REOPEREZ et al., 1993).

A silagem de peixe na alimentação de tilápia do Nilo demonstrou alterações do trato digestório, que são indicativos de adaptações do trato digestório para melhorar a capacidade de utilização de nutrientes. Alguns trabalhos vêm demonstrando a adaptação morfológica do intestino frente às variações nutricionais para o *Piaractus mesopotamicus* (OSTASZEWSKA et al., 2005), *Ictalurus punctatus* (EVANS et al., 2005), *Rachycentron canadum* (ROMARHEIM et al., 2008), *S. aurata* (WASSEF, E. A.; WAHBY, O. M.; SAKR, E. M., 2007), *Pagrus pagrus* (SCHUCHARDT et al., 2008). Porém, ainda são muito incipientes os dados que correlacionam alimentação e adaptações histológicas do trato gastro-intestinal de organismos aquáticos (LUNDSTEDT et al., 2003). Diferente dos trabalhos citados acima, as diferentes granulometrias do milho na ração não influenciaram significativamente nas alturas das vilosidades do intestino de tambaqui.

Já Lundstedt (2003), trabalhando com pintado, demonstrou que a altura das vilosidades intestinais foi influenciada principalmente pela fonte de proteína de origem animal (POA) utilizada nas dietas. Nos peixes alimentados com dietas contendo farinha de peixe como fonte de POA não houve alteração na altura do epitélio intestinal. Os peixes alimentados com dietas contendo silagem de peixe apresentaram diferentes classificações de altura do epitélio intestinal. Os peixes alimentados com a dieta contendo silagem de peixe apresentaram a altura das vilosidades intestinais classificada como alta. Já no presente trabalho não foi observada diferença entre os diferentes tratamentos para o tambaqui, pois, provavelmente não foram necessárias adaptações do trato digestório para melhor absorção dos nutrientes.

O aumento da altura das vilosidades intestinais dos peixes alimentados com as dietas contendo silagem de peixe como fonte de POA pode ser atribuído à

estratégia de melhorar a absorção dos nutrientes, que já se encontravam hidrolisados devido ao processo de ensilamento da massa de resíduo (FAGBENRO, O. A.; JAUNCEY, K.; HAYLOR, G., 1994, RUNGRUANGASK, K.; UTNE, F., 1981).

Segundo J., Cao e M., Wang (2009), as dobras no epitélio do intestino eram abundantes, principalmente no intestino anterior e médio. Deste modo, pode prolongar o tempo de retenção dos alimentos no intestino. Tal como muitos outros peixes, um grande número de microvilosidades e vasos sanguíneos foram observados no intestino de bagre amarelo. As suas funções são para aumentar as áreas de absorção e para promover a absorção, respectivamente. Além disso, o retículo endoplasmático e mitocôndrias estavam presentes nas células epiteliais colunares desta parte.

Já Borges et al. (2010) observaram que os intestinos anterior, médio e posterior não apresentaram muitas diferenças histológicas, a não ser pela maior quantidade de vacúolos nos enterócitos da porção anterior e pelo maior número de células calciformes (secretoras de muco) na porção posterior. Isso nos permite deduzir que a maior absorção de nutrientes em *E. marginatus* ocorre no intestino anterior.

Já Schwarz et al. (2011), trabalhando com o aumento nos níveis de inclusão de prebióticos mananoligossacarídeos (MOS) nas dietas, foram observados efeitos quadráticos sobre os dados da altura de vilosidades intestinais e efeito linear sobre a densidade de vilos e o comprimento de intestino, não havendo diferença significativa no número de células calciformes. Os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com os descritos por Yilmaz et al. (2007), que encontraram melhor altura de vilosidades em trutas (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas com 1,5 e 3,0% de MOS na dieta. Salze et al. (2008) trabalharam com bijupirá (*Rachycentron canadum*) em diferentes níveis de salinidade da água utilizando 0,2% de MOS na dieta e observaram maior altura nas microvilosidades nos peixes que recebiam dieta com MOS. Schwarz et al. (2010) estudaram o efeito do MOS em juvenis de tilápia e observaram diferenças significativas nas alturas das vilosidades nos peixes que receberam 1% do MOS na dieta em comparação aos do tratamento testemunha.

O uso de MOS na dieta teve influência positiva na densidade de vilos e no comprimento do intestino, resultando em uma mucosa com maior integridade. Os efeitos de MOS sobre o comprimento do intestino e a altura de vilosidades podem ser explicados pela redução da colonização de bactérias porque atua inibindo sua

aderência ao enterócito, por meio da ligação com o glicocalix (SCHWARZ et al., 2011). A exclusão competitiva também tem como princípio a aderência de bactérias não patogênicas a sítios de ligação dos enterócitos (glicocalix) nos diferentes segmentos do trato gastrointestinal (TGI) (FURLAN, 2005). Como no presente experimento não foi avaliada a colonização de bactérias mas somente as diferentes granulometrias do milho na ração, não foi observada variação significativa nas vilosidades intestinais.

Junqueira e Carneiro (2005) citaram que, quanto maior o tamanho da vilosidade intestinal, maior a capacidade de absorção de alimentos pelo animal. Isso confirma os resultados obtidos, pois os níveis de inclusão de MOS interferiram na conversão alimentar, devido ao aumento das vilosidades intestinais, da densidade de vilos e do comprimento do intestino. Como não ocorreram diferenças significativas no consumo de ração e no ganho de peso, a melhora na conversão alimentar pode ser atribuída ao aumento da área de absorção de nutrientes, resultante da adição de MOS. Deste modo, o consumo de ração e ganho de peso dos tambaquis deste experimento foi significativamente maior no tratamento com a granulometria do milho de 150 μm , podendo a menor granulometria ter afetado a palatabilidade da ração.

Mello (2012), trabalhando com peixes alimentados com o probiótico PAS-TR[®] mostraram diferenças significativas na altura da camada epitelial das vilosidades da porção média do intestino, quando comparadas aos peixes do tratamento controle. Tal fato mostra que o probiótico promoveu aumento da camada epitelial do intestino médio desses peixes, coincidindo com os resultados dos estudos descritos por Medri et al., (1999), para a mesma espécie, porém, alimentadas com levedura. O probiótico com *Bacillus cereus* e *Bacillus subtilis*, presentes na dieta, provavelmente alterou a microbiota do trato intestinal, incorporando-se a ela e competindo de modo efetivo com bactérias que promoveram a descamação da mucosa. Ressalta-se que as alterações mostraram caráter benéfico sobre as características morfométricas da mucosa intestinal, promovendo aumento da área de absorção da mucosa de Tilápias do Nilo alimentadas com o aditivo probiótico (MELLO, 2012).

A análise histomorfométrica da porção anterior do intestino mostrou diferenças significativas nos valores de altura das vilosidades, altura total das vilosidades e largura do epitélio das vilosidades nos peixes alimentados com ração adicionada do probiótico. O número de células calciformes foi proporcional à altura

de vilosidades intestinais. A integridade da mucosa intestinal medida pela altura e densidade dos vilos está relacionada com a renovação celular do epitélio da mucosa intestinal que indicou aumento no número de suas células epiteliais (MELLO, 2012).

Alguns autores avaliaram o efeito de probiótico no epitélio da mucosa intestinal de salmonídeos alimentados com dieta suplementada com *Lactobacillus delbrueckii* (SALINAS et al., 2008) e bactérias ácido lácticas (RINGO et al., 2010). Outros autores verificaram alterações benéficas na morfometria intestinal das microvilosidades dos salmonídeos quando alimentados com ração suplementada com probióticos (MERRIFIELD et al., 2010). Em ambos os casos é possível inferir que as interações entre a microflora intestinal, a morfologia do intestino, o sistema imune e a absorção de nutrientes podem influenciar positivamente a saúde e o desempenho dos peixes (SWEETEMAN et al., 2008).

Desta forma, as diferenças entre os valores da morfometria sugerem o grau de eficiência do probiótico. Segundo Radecki e Yokoyama (1991), os probióticos adicionados à dieta estimulam o crescimento e a estabilidade de populações bacterianas, pois a produção de ácidos orgânicos pelas mesmas reduzem o pH luminal e inibem a proliferação de bactérias nocivas ao epitélio, produtoras de sulfido, amônia e toxinas feólicas, contribuindo para a redução do processo descamativo da mucosa.

Segundo Carvalho et al., (2010), uma informação a ser destacada é o fato de que, embora o uso de probiótico ou de prebiótico na ração não tenha alterado o número das vilosidades do segmento proximal do intestino dos peixes ($P < 0,05$), houve diferença significativa entre os tratamentos quando se avaliou a altura das vilosidades ou a espessura de seu epitélio. Para os tratamentos com a adição de probiótico ou de prebiótico houve aumento na altura das vilosidades, e o tratamento com o probiótico apresentou ainda maior espessura do epitélio dessas vilosidades, quando comparados com a ração sem os aditivos.

O aumento da altura das vilosidades pode ser entendido como a melhora na integridade da mucosa, o que permitiu seu desenvolvimento. Mais que isso, o probiótico na ração induziu um aumento na espessura do epitélio das vilosidades, o que pode sugerir a hipertrofia como resposta positiva ao estímulo (CARVALHO et al., 2010).

Essa resposta está de acordo com Hisano et al. (2006) ao concluírem que parede celular de levedura (com alto conteúdo em mananoligossacarídeos e

nucleotídeos) pode ser utilizada com segurança para rações de tilápia-do-Nilo, pois proporciona maior perímetro das vilosidades intestinais.

O intestino é um órgão envolvido em importantes funções fisiológicas, e o principal local de digestão dos alimentos e absorção de nutrientes. Por conseguinte, o melhor aproveitamento dos nutrientes da dieta depende muito da eficácia dessas funções (CABALLERO et al., 2003).

O equilíbrio entre renovação celular e perda de células que ocorre normalmente no intestino determina um turnover celular constante, ou seja, a manutenção do tamanho dos vilos e, portanto, a manutenção da capacidade digestiva e de absorção intestinal.

Entretanto, quando o intestino responde a algum agente (microrganismos, por exemplo) com um desequilíbrio no turnover, ocorre uma modificação na altura, bem como no perímetro dos vilos (PELICANO, 2003). Como no presente experimento não foi constatado nenhuma modificação significativa na altura das vilosidades, pode-se inferir que a granulometria do milho não causou um desequilíbrio no turnover intestinal dos tambaquis.

Becker et al. (2010) relataram que o quociente da área intestinal, altura da vilosidade e as relações entre o comprimento do trato digestivo e peso do peixe ou peso do trato digestivo pode fornecer importantes informações adicionais para analisar o hábito alimentar, mas como apenas dados de algumas espécies estão disponíveis.

Becker et al. (2010), ao trabalharem com espécies carnívoras, onívoras e herbívoras, encontraram diferentes tamanhos das alturas das vilosidades, tais como para traira 1.12 ± 0.04 , hassar 0.58 ± 0.03 e carpa capim 1.99 ± 0.14 . A espécie onívora estudada por estes autores teve resultados da altura da vilosidade bem próximos do tambaqui estudado no presente trabalho, talvez seja explicado pelo fato de as duas espécies em questão serem onívoras. Porém as espécies herbívoras e carnívoras tiveram a altura das vilosidades muito superiores às alturas encontradas para onívoros.

A altura da vilosidade foi significativamente menor em comparação com o hassar. Por outro lado, o maior valor deste parâmetro foi encontrado em carpa do limo. Jundiá e traíra apresentam valores semelhantes de quociente intestinal e altura da vilosidade, mas o quociente da área intestinal é significativamente menor no jundiá (BECKER et al., 2010). Provavelmente isso é devido à presença dos cecos

pilóricos na traira que, de acordo com BUDDINGTONeDIAMOND (1987), aumenta a área intestinal do intestino anterior. Além disso, o quociente menor área intestinal encontrado em hassar pode ser explicada pela altura da vilosidade muito mais baixa em comparação com as outras espécies.

Para Khanna e Mehrota (1971), as vilosidades da mucosa mais complexamente estruturadas podem ser encontradas nas espécies carnívoras. Já Angelescu e Gneri (1949) procuraram relacionar a estrutura da mucosa intestinal com os processos fisiológicos da digestão e absorção, afirmando que a região com as vilosidades mais complexas estariam mais envolvidas com os processos absorptivos, dado o aumento da área efetiva para a absorção de nutrientes. Observações semelhantes foram feitas por Fugi e Hahn (1991), Logato (1995), Moraes e Barbola (1995) e Gomide (1996). Essas relações podem ser bem evidenciadas nas duas classes de tamanho da espécie em estudo, nas quais os dois primeiros terços intestinais apresentaram-se com a mucosa extremamente desenvolvida, estando, provavelmente, mais relacionada com os processos de absorção dos nutrientes.

Embora haja muitas características diferentes entre as espécies (PEDINI, et al., 2002), a parede do intestino de carpa cabeça grande, como também ocorre em outros peixes teleósteos, compõe-se de quatro camadas descritas para os vertebrados. M., Delashoub; I., Pousty; M., Banan Khojasteh S. et al. (2010) descobriu que, as vilosidades tornaram-se mais curtas e mais largas em direção ao intestino posterior. Albrecht et al., (2001) relataram que não houve diferenças nas mucosas de peixes onívoros, exceto para comprimentos de vilosidades. Existem resultados semelhantes no campo de arroz com enguia (DAI, X., M. SHU and W. FANG., 2007). Alguns investigadores relataram vilosidades distintas nas duas primeiras regiões e não no intestino posterior (CINAR, K. and N. SENOL., 2006). A elevação da mucosa em vilosidades favorecem o papel de absorção (MURRAY, H.M., G.M. WRIGHT and P. GOFF., 1996).

Os estudos apresentados acima são semelhantes aos encontrados por Logato (1995) e Gomide (1996). Por outro lado, Dabrowsky (1993) declarou que a estrutura morfológica do tubo digestório não permite tirar conclusões evidentes sobre os hábitos alimentares, pois existem peixes carnívoros agástricos e herbívoros com tubo digestório curto. Entretanto, Alhussaini (1949) já havia relatado que as variações no comprimento do intestino são compensadas por variações na área da

mucosa intestinal, o que explica a ocorrência de alguns peixes herbívoros com intestino curto e carnívoros com intestino longo.

5. CONCLUSÕES

No experimento I, a granulometria de 150 μm do milho na ração extrusada foi capaz de afetar o desempenho dos juvenis de tambaqui, tais como peso final, ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e taxa de crescimento específico. Porém, as diferentes granulometrias não foram capazes de afetar a composição corporal (MS, EE, PB e MM) desses animais. Recomendam-se menores granulometrias do milho para formulações de ração para o tambaqui.

No experimento II, as diferentes granulometrias do milho, não tiveram influência significativa no tempo de trânsito gastrointestinal dos juvenis de tambaqui.

No experimento III, a granulometria de 150 μm do milho na ração tornou a fração proteica e lipídica mais digestível, comprovando os melhores resultados de desempenho no experimento I.

No experimento IV, os estudos histológicos das vilosidades da porção anterior, médio e posterior dos intestinos dos tambaquis não apresentaram diferenças morfológicas significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos e nem entre as porções do intestino anterior, médio e posterior.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAURREA, M.A. et al. Ultrastructural study of the distal part of the intestine of *Oncorhynchus mykiss*. Absorption of dietary protein. **Micron**, v.24, n.5, p.445-450, 1993.

ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J.; URBINATI, E.C. (2007). Growth and metabolism of pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg 1887) juveniles fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. **Aquaculture Research**. 38, 36-44.

ABIMORAD, Eduardo Gianini; CARNEIRO, Dalton José. Métodos de Coleta de Fezes e Determinação dos Coeficientes de Digestibilidade da Fração Proteica e da Energia de Alimentos para o Pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 33, n. 5, p.1101-1109, 2004.

ALANÄRÄ, A. 1994. The effect of temperature, dietary energy content and reward level on the demand feeding activity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, 126: 349-359.

ALARCÓN, F. J.; MARTINEZ, T. L. F.; DIAZ, M.; MOYANO, F. J. Characterization of digestive carbohydrase activity in the gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Hydrobiologia, Dordrecht**, v. 445, n. 1/3, p. 199-204, 2001.

ALBERNAZ, N.D.S. **Efeito do processamento da ração sobre os valores de digestibilidade aparente dos nutrientes para Piau Verdadeiro (*Leporinus elongatus* CuveVal, 1864)**. 2000. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

ALBRECHT, M.P., M.F.M. FERREIRA and E.P. CARAMSCHI, 2001. Anatomical Features and histology of the digestive tract of two related neotropical omnivorous fish (characiformes; anastomidae), **J. Fish Biol.**, 58: 419-430.

ALICATTA, M.L.; BONANO, A.; GIACCONE, P.; LETO, G. **Effeti del diverso grado di macianatione della farina disidratada di sulla conigli in acrescimento**. *Rivista di Coniglicoltura*, v.25, p.449-52, 1988.

AL-HUSSAINI, A. H. On the functional morphology of the alimentary tract of some fish in relation to differences in their feeding habits. I. Anatomy and histology. **The Quarterly Journal of Microscopical Science**, v. 90, p. 109-139, 1949.

ANDERSON, T.A. Histological and cytological structure of the gastrointestinal tract of the luderick, *Girella tricuspidata* (Pisces, Kyphosidae), in relation to diet. **Journal of Morphology**, v.190, n.1, p.109-119, 1986.

ANDRIGUETTO, J.M.; Perly, L.; MINARDI, I. 1985. **Nutrição animal**. Nobel 4.ed. São Paulo, SP. 395p.

ANDRIGUETTO, J.M. *et al.* **Nutrição animal**. São Paulo: Nobel, 1982.

ANGELESCU, V., GNERI, F.S. 1949. Adaptaciones del aparato digestivo al régimen alimenticio in algunos peces del rio Uruguay e del rio de la Plata. **Rev. Inst. Invest. Mus. Argent. Cienc. Nat.**, 1:161-272

ARAÚJO, M. G. **Influência de rações formuladas com milho processado e amido de milho sobre o desempenho e composição corporal da tilápia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757)**. 1999. 44 p. Dissertação (Mestrado Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

ARAÚJO-LIMA, C.eGOULDING, M. 1998 **Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia**. MCT-CNPq, Brasília, 186 p.

ARANA, L. A. V. 2004. **Princípios químicos de qualidade da água em Aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. Ed. UFSC 2ed. Florianópolis, SC. 231p.

ARAÚJO, O.J.de. **A piscicultura brasileira**. In: HERNANDEZ, R.A. (ed.). Cultivo de colossoma. Bogotá, SUDEPE, 1989. p. 207-218.

ARBELÁEZ-ROJAS, G. A.; FRACALOSSI, D. M.; FIM, J.D. I. 2002 Composição corporal do tambaqui, *Colossoma macropomum*, e Matrinxã, *Brycon cephalus*, em sistemas de cultivo intensivo, em igarapé, e semi-intensivo, em viveiros. **Rev. Bras. de Zootec.**, Viçosa, v.31, n.3, p.1059-1069,.

ARIDE, P. H. R. ; LEITÃO, M. A. B. ; BRINN, R. P. ; VAL, A. L. ; PORTELA, J. M. . Influência da exposição a 2 diferentes tipos de água (preta e branca, SIOLI, 1985) na homeostase iônica de *Colossoma macropomum* (PISCES). In: XXII Congresso Brasileiro de Zoologia, 1998, Pernambuco. **Anais do XXII Congresso brasileiro de Zoologia**, 1998.

BAIRAGI, A.; SARKAR GOSH, K.; SEM, S. K.; RAY, A. K. Enzyme producing bacterial flora isolated from fish digestive tracts. **Aquaculture International, Dordrecht**, v. 10, n. 2, p. 109-121, 2002.

BALDISSEROTTO. B.; GOMES, C. 2005 **Espécies nativas para piscicultura brasileira**. 1ª ed. Santa Maria. Ed. da UFSM, 468p.

BALDISSEROTTO, Bernardo. **Fisiologia de Peixes Aplicada à Piscicultura**. Santa Maria - Rs: Editora da Universidade Federal De Santa Maria, 2002. 212 p. UFSM.

BARBIERI, G. et al. Notas sobre a adaptação do trato digestivo ao regime alimentar em espécies de peixes da região de São Carlos (SP) I. Quociente intestinal. **Revista Brasileira de Biologia**, v.54, p.63-69, 1994.

BARROS, M.M. *et al.* Digestibilidade aparente de fontes alimentares alternativas pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO, 6, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 5, Florianópolis-SC, *Resumos...* Florianópolis: **ABRAq**, p.428-432. 1988.

BECKER, Alexssandro Geferson et al. Morphometric parameters comparisons of the digestive tract of four teleosts with different feeding habits. **Cienc. Rural** [online]. 2010, vol.40, n.4, pp. 862-866. Epub Apr 09, 2010. ISSN 0103-8478.

BEHMER, O. A.; TOLOSA, E. M. C.; NETO, A. G. F. 1976. **Manual de Técnicas para Histologia Normal e Patológica**. 1ª ed. São Paulo: EDART – Ed. da Universidade de São Paulo.

BIAGI, J.D. **Implicações da granulometria de ingredientes na qualidade de pelets e na economia da produção de rações** (Revisão). In: SIMPÓSIO SOBRE GRANULOMETRIA DE INGREDIENTES E RAÇÕES PARA SUÍNOS E AVES, 1998, Concórdia, SC. Anais... Concórdia, SC : EMBRAPA/CNPSA, 1998. 74p. p.57.

BLIER, P.U.; LEMIEUX, H.; DEVLIN, R.H. Is the growth rate of fish set by digestive enzymes or metabolic capacity of the tissues. Insight from transgenic coho salmon. **Aquaculture**, v.209, p.379-384, 2002.

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

BOMBARDELLI, R.A.; HAYASHI, C.; MEURER, F. et al., Avaliação de rações fareladas e micropelletizadas para larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) – desempenho e efetividade da reversão sexual. **Acta Sci. Anim. Sci.**, v.26, p.197-201, 2004.

BOOTH, M. A. *et al.* Effects of grinding, steam conditioning and extrusion of practical diet on digestibility and weight gain of silver perch, *Bidyanus bydyanus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 182, p. 287 – 299, 2000.

BORGES, João Carlos Shimada et al. Anatomia e histologia gastrintestinal da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Teleostei, Serranidae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 32, n. 4, p.407-414, 06 jun. 2010.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F.; FEIDEN, A.; BOMBARDELLI, R. A. Digestibilidade aparente da energia e proteína das farinhas de resíduos da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e farinha integral do camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.8-13, 2004.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F. 2002 Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). R. **Bras. Zootec.**, Viçosa, 31(2): 539-545.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; MEURER, F.; SOARES, C.M. Farinhas de peixe, carne e ossos, vísceras e crisálida como atractantes em dietas para alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1397-1402, 2001.

BOYD, C.E. (1990). Water quality management for ponds fish culture. Development in aquaculture and fisheries science. Amsterdam: **Elsevier Scientific Publishing Company**.

BOYD, C.E. 1982. Water quality management for pond fish culture, development in aquaculture and fisheries science. New York: **Elsevier**. v.9. 730p.

BRAGA, L.G.T.; RODRIGUES, F.L.; AZEVEDO, R.V.; CARVALHO, J.S.O.; RAMOS, A.P.S. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de coprodutos agroindustriais para Tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** [Online], v.11, n.4, p.1127-1136, 2010.

BRAUGE C., CORRAZE G. and MEDALE F. 1995. Effects of dietary levels of carbohydrate and lipid on glucose oxidation and lipogenesis from glucose in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in freshwater or in seawater. **Comp. Biochem. Physiol.**, 111: 117–124.

BRESSAN , M.C. PEREZ, J.R.O. 2000 **Tecnologia de carnes e pescados**. 1ª ed. Lavras, ed. UFLA/FAEPE, 225p.

BROMLEY, P. J. 1994. The role of gastric evacuation experiments in quantifying the feeding rates of predatory fish. **Reviews in Fish Biology and Fisheries** 4: 36-66.

BUDDINGTON, R.K.; DIAMOND, J.M. Pyloric caeca of fish, a “new” absorptive organ. **American Journal of Physiology**, v.252, p.G65-G76, 1987. Disponível em: <<http://ajpgi.physiology.org/cgi/content/abstract/252/1/G65>>. Acesso em: 02 set. 2012.

BUDDINGTON, R.K. et al. Genetic and phenotypic adaptation of intestinal nutrient transport to diet in fish. **Journal of Physiology**, v.393, p.261-281, 1987.

BURKERT, Denilson. **Avaliação do uso de carnitina e de duas fontes de metionina no desempenho e na composição corporal do pacu, *Piaractus mesopotamicus holmberg*, 1887**. 2007. 48 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Do Norte Fluminense, Campos Dos Goytacazes, 2007.

BUXTON, D.R.; REDFEARN, D.D. Plant limitations to fiber digestion and utilization. **Journal of Nutrition**, v.127(suppl.), p.814-818, 1997.

CABALLERO, M.J.; IZQUIERDO, M.S.; KJØRSVIK, E.; MONTERO, SOCORRO, D. J., FERNANDEZ, A.J.; ROSEN LUND, G. Morphological aspects of intestinal cells from gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed diets containing different lipid sources. **Aquaculture**, v.225, p.325–340, 2003.

CAMARGO, A. C. S. 1995 **Níveis de Energia metabolizável para Tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) dos 30 aos 180 Gramas de peso Vivo**. Tese (Mestrado em Zootecnia), Viçosa - MG, Universidade Federal de Viçosa, 55p.

CAMARGO, A.C.S.; VIDAL JÚNIOR, M.V.; DONZELE, J.L.; ANDRADE, D.R.eSANTOS,L.C. Níveis de energia metabolizável para tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) dos 30 aos 180 g de peso vivo. 1. Composição das carcaças. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v.27, n.3, p.409-415, 1998.

CANTELMO, O. A.; RIBEIRO, M. A. R. Determinação do tamanho da partícula alimentar para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) Holmberg, 1887 e tambaqui (*Colossoma macropomum*) Cuvier, 1818 no estágio de alevino. **Boletim Técnico CEPTA**, v.7 p. 9-17, Pirassununga, 1994.

CARDOSO, E.F., FERREIRA, R. M. A. (2005) **Cultivo de peixes em tanques-rede: desafios e oportunidades para um desenvolvimento sustentável**. 1ª ed. Belo Horizonte: ed. EPAMIG, 104p.

CARNEIRO, D.J.; PIRES, C.T. Determinação da digestibilidade aparente da proteína e da matéria seca dos principais alimentos para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 8, Recife, 1998. **Resumos...** Recife: ABRAq, p.18. 1998.

CARNEIRO, D. J., S. H. S. CHAIM e T. C. R. DIAS. 1992. **Efeito do processamento das dietas comerciais sobre o desenvolvimento produtivo do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887)**. Simpósio Brasileiro de Aquicultura, Peruíbe. SIMBRAq. pp. 44-51.

CARNEIRO, D.J. **Efeito da temperatura na exigência de proteína e energia em dietas para alevinos de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887)**. São Carlos, SP: UFSCAR, 1990. 55p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal de São Carlos, 1990.

CARNEIRO, D.J.; CASTAGNOLLI, N. Nutrição do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). 2. Digestibilidade aparente da proteína em dietas isocalóricas. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA*, 3, São Carlos, 1984. **Resumos...** São Carlos: ABRAq, p.125-131. 1984.

CARNEIRO, D. J. Digestibilidade proteica em dietas isocalóricas para o tambaqui, *Colosoma macropomum* CUVIER (Pisces, Characidae). *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA*, 2., 1981, Jaboticabal. **Proceedings...** Jaboticabal: Associação Brasileira de Aquicultura, 1981. p.78-80.

CARVALHO, JACIANE VERGENE de et al. Desempenho zootécnico e morfometria intestinal de alevinos de tilápia-do -Nilo alimentados com *Bacillus subtilis* ou mananoligossacarídeo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 12, n. 1, p.176-187, mar. 2010.

CASTAGNOLLI, N. **Piscicultura de água doce**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 189 p.

CASTAGNOLLI, N., CYRINO, J.E.P. 1986. **Piscicultura nos Trópicos**. São Paulo: Ed. Manole. 152p.

CASTAGNOLLI, N.; ZUIM, S.M.F. Consolidação do conhecimento adquirido sobre o pacu *Colossoma mitrei* (BERG, 1895). Jaboticabal: **FCAV/Unesp**, 1985.

CASTAGNOLLI, N. **Fundamentos da nutrição de peixes**. Piracicaba: Livroceres, 1979, 108p.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. Enzimas. In: _____. **Bioquímica Ilustrada**. 2. ed. São Paulo: Artes médicas, p. 53-66, 1989.

CHO, S.H.; LOVELL, R.T. Variable feed allowance with constant protein input for channel catfish *Ictalurus punctatus* cultured in ponds. **Aquaculture**, v.204, p.101-112, 2002.

CHO, C. Y.; KAUSHIK, S. J. 1990. Nutritional energetic in fish. Energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **World Review Nutrition Diet**, 61: 132-172.

CHO, C.Y.; BUREAU, D.P. Reduction of waste output from salmonid aquaculture through feeds and feeding. **The Progressive Fish Culturist**, v.59, p.155-160, 1997.

CHO, C. H. **La energia en la nutrición de los peces**. In: Nutrición en Acuicultura II. ESPINOSA DE LOS MONTEROS, J.; LABARTA, U. (Ed.). Nutrición en acuicultura I. Madrid-España, p. 197-237, 1987.

CINAR, K. and N. SENOL, 2006. Histological and histochemical characterization of the mucosa of the digestive tract in flower fish (*Pseudo-phoxinus antalyae*), **Anatomia Histologia Embryologia**, 35: 147-151.

COLDEBELLA, I. J. e RADÜNZ-NETO, J. 2002 Farelo de soja na alimentação de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, Santa Maria, 32(3): 449–503.

CONTERAS-GUZMÁN, E.S. (1994) **Bioquímica de pescados e derivados**. 1. ed. Jaboticabal: ed. FUNEP, 409p.

COUTO, Humberto Pena. **FÁBRICAÇÃO DE RAÇÕES E SUPLEMENTOS PARA ANIMAIS**: Gerenciamento e Tecnologias. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2008. 263 p.

CRENSHAW, M., **Particle size in swine diets: factors for consideration, Information Sheet 1633**, Mississippi, 2002. Disponível em <http://msucares.com/pubs/infosheets/is1633.htm>. acesso em agosto de 2012.

CRUZ, W.D.; MIGUEL, C.B.; BONIFÁCIO, A.D. *et al.* Resíduo de cervejaria na alimentação de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier,1818). **Boletim do Instituto de Pesca**, v.24(especial), p.133-138, 1997.

CUENCO, M.; STICKNEY, R.; GRANT, W. 1999. Fish bioenergetics and growth in aquaculture ponds: II. Effects of interactions among size, temperature, dissolved oxygen, unionized ammonia and food on growth of individual fish. **Ecological Modeling**, 27: 191-206.

CYRINO, J.E.P. Regulação nutricional do crescimento em peixes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE PEIXES E CRUSTÁCEOS. CBNA, **Anais**....Campos do Jordão. 126 p., p.69-90, 1995.

DABROWSKI, K.; KAUSHIK, S.J. Rearing of coregonid (*Coregonus schinzi palea* Cuv. et Val.) larvae using dry and live food. III Growth of fish and developmental characteristics related to nutrition. **Aquaculture**, v.48, n.2, p.123-135, 1985.

DAI, X., M. SHU and W. FANG, 2007. Histological and ultra structural study of the digestive tract of rice field eel, *Monopterus albus*, **J. Appl. Ichthyol.**, 23: 177-183.

DALE, N. **Efeitos da qualidade no valor nutritivo do milho**. In: CONFERÊNCIA APINCO 1994 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Santos-SP, 1994. Anais... Campinas: FACTA, 1994a, p.67-72.

DALE, N. 1994b. **Matching corn quality and nutritional value**. *Feed Mix*, 2(1):26-29.

DEGANI, G.; YEHUDA, Y.; VIOLA, S. The digestibility of nutrients sources for common carp, *Cyprinus carpio*. **Aquaculture Research**, v.28, n.8, p.575-580, 1997.

DE SILVA, S. S.; ANDERSON, T. A. **Fish nutrition in aquaculture**. London: ChapmanHall, 1995. 319 p.

DIAS-KOBERSTEIN, T.C.R.; CARNEIRO, D.J.; URBINATI, E.C. Tempo de trânsito gastrintestinal e esvaziamento gástrico do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) em diferentes temperaturas de cultivo. **Acta Scientiarum: Animal Science**, v.27, p.413-417, 2005.

DIAS-KOBERSTEIN, T. C. R.; CARNEIRO, D. J.; URBINATI, E. C. 2004. Comportamento alimentar de alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg, 1887) por meio das observações do tempo de retorno do apetite e do tempo de saciação dos peixes em duas temperaturas de cultivo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 26 (3): 339-344.

DIAZ, A. O.; GARCÍA, A. M.; DEVINCENTI, C. V. e GOLDEMBERG, A. L. 2003. Morphological and histochemical characterization of the mucosa of the digestive tract in *Engraulis anchoita*. **Anatomia, Histologia, Embryologia: Journal of Veterinary Medicine**, Série C 32:341-346.

DORIA, C.R.C.; LEONHARDT, J.H. Análise do crescimento de *Piaractus mesopotamicus* e *Colossoma macropomum* (Pisces: Caracidae) em sistema semi-intensivo de policultivo com arraçoamento e adubação orgânica. **Revista Unimar**, v.15(suplemento), p.211-222, 1993.

DUARTE, Jason de Oliveira. **Circular técnico**: Embrapa Milho e Sorgo Sistema de Produção. EMBRAPA. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/importancia.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2008.

ECKMANN, R. Growth and body composition of juvenile *Colossoma macropomum* Cuvier 1818 (Characoidei) feeding on artificial diets. **Aquaculture**, v.64, p.293-303, 1987.

EVANS, J. J.; PASNIK, D. J.; PERES, H.; LIM, C.; KLESIUS, P. H. No apparent differences in intestinal histology of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed heat-treated and non-heat-treated raw soybean meal. **Aquaculture Nutrition**, v. 11, n. 2, p. 123-129, 2005.

FAGBENRO, O. A.; JAUNCEY, K.; HAYLOR, G. Nutritive value of diets containing dried lactic acid fermented fish silage and soybean meal for juvenile *Oreochromis niloticus* and *Clarias garipinus*. **Aquatic Living Resource**, v. 7, n. 2, p. 79-85, 1994.

FASTINGER, N.D., Effect of soybean meal particle size on amino acid and energy digestibility in grower-finisher swine, **J. Anim. Sci.**, 81:697-704, 2003.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2012. The state of world fisheries and aquaculture 2012. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e.pdf>>. Acessada em: 09/01/13.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2007. Database on Introductions of Aquatic species. Disponível em: <http://www.fao.org/fi/website/SwapLang.do?language=en&page=%2FFIRetrieveAction.do%3Fdom%3Dcollection%26xml%3Ddias.xml%26xp_nav%3D1>. Acessada em: 05/01/13.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. State of world aquaculture: 2006. FAO Fisheries Technical Paper. No. 500. Rome, FAO. 2006. 134p. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/RecursosPesqueiros/DocumentosTécnicos/Estatística2004>>. Acessado em 23 setembro 2009.

FERNANDEZ, I.; MOYANO, F. J.; DIAZ, M.; MARTINEZ, T. **Characterization of alpha-amylase activity in five species of Mediterranean sparid fishes (sparidae, Teleostei)**. Journal of Experimental Marine Biology Ecology, Amsterdam, v. 262, n. 1, p. 1-12, July 2001.

FERNANDES, K. B. J.; CARNEIRO, D. J.; SAKOMURA, K. N. Fontes e Níveis de Proteína Bruta em Dietas para Juvenis de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Rev. bras. zootec.**, v. 30., n. 3, p. 617-626, 2001

FERNANDES, João Batista Kochenborger; CARNEIRO, Dalton José; SAKOMURA, Nilva Kazue. Fontes e Níveis de Proteína Bruta em Dietas para Alevinos de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Jaboticabal, v. 3, n. 29, p.646-653, 2000.

FISHBASE. Disponível em: <<http://www.fishbase.org/summary/Colossoma-macropomum.html>>. Acesso em: 04 jan. 2013.

FRACALOSSO, D. M.; CASTAGNOLLI, N. (Ed.) **Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva**. ed. TecArt, São Paulo, p.405-480,

FRAIHA, Marcos et al., Benefício do investimento energético na redução do tamanho de partículas na alimentação animal. In: SIMPEP, 12., 2005, Bauru. **Benefício do investimento energético na redução do tamanho de partículas na alimentação animal**. Bauru: Simpep, 2005. p. 1 - 9.

FREITAS, H.J. et al., Grãos de milho inteiros e moídos na alimentação de frangos de corte, Lavras, **Ciênc. agrotec.**, 26(6):1322-29, 2002.

FUGI, R. et al. Trophic morphology of five benthic-feeding fish species of a tropical floodplain. **Brazilian Journal of Biology**, v.61, n.1, p.27-33, 2001.

FUGI, R., HAHN, N.S. 1991. Espectro alimentar e relações morfológicas com o aparelho digestivo de três espécies de peixes comedores de fundo do rio Paraná, Brasil. **Rev. Bras. Biol.**, 51:873-879.

FURLAN, R.L. Avaliação e uso de pré e probióticos. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 6., 2005, Chapecó. **Anais...** Chapecó, 2005. p.58-74.

FURUYA, W.N.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C. et al. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** v.30, n.4, p.1143-1149, 2001.

GALDIOLI, E.M.; HAYASHI, C.; FARIA, A.C.E.A.; SOARES, C.M. 2001 Substituição parcial e total da proteína do farelo de soja pela proteína dos farelos de canola e algodão em dietas para alevinos de piavuçu *Leporinus macrocephalus* (Garavello e Britski, 1988). **Acta Scientiarum**, Maringá, 23(4): 841-847.

GARDUÑO-LUGO, M., GRANADOS-ALVARES, I., OLVERA-NOVOA, M.A. MUÑOZ-CÓRDOVA, G. (2003) Comparison of growth, fillet yield and proximate composition between Stirling Nile tilapia (wild type) (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) and red hybrid tilapia (Florida red tilapia X Stirling red *O. niloticus*) males. **Aquaculture Research**, v.34: p. 1023-1028.

GEORGOPOULOU, U.; SIRE, M. F.; VERNIER, J. M. Macromolecular absorption of proteins by epithelial cells of the posterior intestine segment and their intracellular digestion in the rainbow trout. **Biol. Cell.**, v. 53, p. 269-282, 1985.

GERI, G.; *et al.* Body traits and chemical composition of muscle in the common carp (*Cyprinus carpio* L.) as influenced by age and rearing environment. **Aquaculture**, v.129, p.329-333, 1995.

GETACHEW, T. Digestive efficiency and nutrient composition gradient in the gut of *Oreochromis niloticus* L. in Lake Awasa, Ethiopia. **Journal of Fish Biology**, v.33, p.501-509, 1988.

GIODA, C.R.; SCHETINGER, M.R.;SALBEGO, J.; VIEIRA, V. Digestive enzyme activity in freshwater fishes with different feeding habits. **Aquaculture Nutrition**, in press, 2005.

GODDARD, J.S., MCLEAN, E. Acid insoluble ash as an inert reference material for digestibility studies in tilapia *Oreochromis aureus*. **Aquaculture**, v. 194, p. 93-98, 2001.

GOMIDE, A.T.M. **Anatomia funcional, e morfometria comparativas do tubo digestivo de trairão (*Hoplias cf. lacerdae* RIBEIRO, 1908) (CHARACIFORMES, ERYTHRINIDAE), em diferentes classes de tamanho.** Viçosa, MG: UFV. 1996. 76p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.

GONÇALVES, S.G.; PEZZATO, L.E.; TACHIBANA, L. et al. Nutrientes digestíveis de alimentos para a tilápia do Nilo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2007] (CD-ROM).

GONÇALVES, Giovani Sampaio et al. Digestibilidade aparente e suplementação de fitase em alimentos vegetais para tilápia do Nilo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 26, n. 3, p.313-321, 2004.

GOODBAND, R.D., et al., **The effects of diet particle size on animal performance.** Cooperative Extension Service, MF 2050, Manhattan, Kansas State University, 1995.

GOULDING, M.; CARVALHO, M. **Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae):** an important amazonian food fish. *Revista Brasileira de Zoologia*, v.1, n.2, p.107-133, 1982.

GHOSH, K.; SEN, S. K.; RAY, A. K. Characterization of Bacilli isolated from the gut of rohu *Labeo rohita*, fingerlings and its significance in digestion. **Journal of Applied Aquaculture**, Oxford, v. 12, n. 1, p. 33-42, 2002.

GRAEF, E.W. **As espécies de peixes com potencial para criação no Amazonas.** In: VAL, A.L.; HONCZARYK, A. (Eds.). *Criando peixes na Amazônia.* Manaus: INPA, 1995. p.29-43.

GRAHAM, H.; INBORR, J. **Enzymes in monogastric feeding**. Agro-Ind. Hitech, v. 2, 1991.

GURGEL, J.J.S., FREITAS, J.V.F. (1972) Sobre a composição química de doze espécies de peixes de valor comercial de açudes do nordeste brasileiro. **Boletim Técnico (DNOCS)**, v.30: p. 45-57.

HAMILTON, R.M.G., PROUDFOOT, F.G.1995. Ingredient particle size and feed texture: effects on the performance of broiler chickens. **Animal Feed Sci. Tech.**, 51(3):203-210.

HANLEY, F. The digestibility of foodstuffs and effects of feeding selectivity and digestibility determinations in tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture, Amsterdam**, v. 66, p. 163-179, 1987.

HANSEN, A. C.; ROSENLUND, G.; KARLSEN, O.; OLSVIK, P. A.; HEMRE, G. I. The inclusion of plant protein in cod diets, its effects on macronutrient digestibility, gut and liver histology and heat shock protein transcription. **Aquaculture Research**, v. 37, n. 8, p. 773-784, 2006.

HARDER, W. 1975. The digestive tract. In: HARDER, W. ed. **Anatomy of fishes**. Stuttgart, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele, Obermiller). v.1, p. 159-164.

HASAN, M.R.; MACINTOSH, D. J. Optimum food particle size in relation to body size of common carp, *Cyprinus carpio* L., fry. **Aquaculture and Fisheries Management**, v. 23, p. 315- 325, 1992.

HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; SOARES, C.M. et al., Uso de diferentes graus de moagem dos ingredientes em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de crescimento. **Acta Sci. Anim. Sci.**, v.21, p.733 - 737, 1999.

HEALY, B. J., J. D. HANCOCK, G. A KENNEDY, P. J. BRAMEL-COX, K. C. BEHNKE, and R. H. HINES. 1994. Optimum particle size of corn and hard and soft sorghum for nursery pigs. **J. Anim. Sci.** 72:2227.

HE, E.; WURTSBAUGH, W.A. An empirical model of gastric evacuation rates fr fish and an analysis of digestion in piscivorous bown trout. **Trans. Am. Fish Soc.**, Bethesda, v.122, p.717-730, 1993.

HEDDE, R.D. et al., Effect of diet particle size and feeding of H2- receptor antagonists on gastric ulcers in swine. **Journal Animal Science**, Champaign, v.61, n.1, p.179- 186, 1985.

HERNANDEZ-BLAZQUEZ, F. J.; GUERRA, R. R.; KFOURY JR., J. R.; BOMBONATO, P. P.; COGLIATI B.; SILVA, J. R. M. C. Fat absorptive processes in the intestine of the Antarctic fish (Richardson, 1844). **Polar Biology**, v. 29, n. 10, p. 831-836, 2006.

HERNÁNDEZ, M.; TAKEUCHI, T.; WATANABE, T. Effect of dietary energy sources on the utilization of protein by *Colossoma macropomum* fingerlings. **Fisheries Science**, v.61, n.3, p.507-511, 1995.

HERNÁNDEZ, M. *et al.* Effect of gelatinized corn meal as a carbohydrate source on growth performance, intestinal evacuation, and starch digestion in comun carp. **Fish. Sci.**, Tokyo, v.60, n.5, p.579-582. 1994.

HERNANDEZ-BLAZQUEZ, F. J.; NACHI, A. M.; FERRI, S.; FERREIRA, N. Fat Intestinal Absorption in the Catfish- A Histochemical Study in Glycol Methacrylate Embedded Tissue. **Gegenbaurs morphol. Jahrb. Leipzig**, v. 135, n. 6, p. 941-946, 1989.

HEPHER, B. **Nutrition of pond fishes**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988. p.48-64.

HIBIYA, T. **An atlas of fish histology normal and pathological features**. Tokyo: Kodansha, 1982.

HIDALGO, F.; ALLIOT, E. **La digestión en los peces**. In: ESPINOSA DE LOS MONTEROS, J.; LABARTA, U. (Ed.). *Nutrición en acuicultura I*. Madrid: plan de formación de técnicos superiores en acuicultura. Madrid, p. 85-107, 1987.

HIQUERA, M. de la. **Diseños y métodos experimentales de evaluación de dietas**. In: MONTEROS, J.E. de los, LABARTA, M. (Ed.). *Nutricion en Acuicultura* Madrid: Comisión Asesora de Investigación Científica Tecnica, 1987. p. 291-318.

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 Scientiarum Biological Science**, v.28, n.4, p.311- 318, 2006.

HOAR, W.S., HICKMAN JR., C.P. 1967. **General and comparative physiology**. New Jersey, Prentice-Hall. 296p.

HOFER, R. AND STURMBAUER, C. Inhibiton of trout and carp alpha-amylase by weat. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 48, n. 3/4, p. 277-283, 1985.

HONDA, E.M.S. (1974) Contribuição ao conhecimento da biologia de peixes no Amazonas. II. Alimentação do tambaqui, *Colossoma bidens*. **Acta Amazônica**, 1, 47–53.

HORN, M. H. **Feeding and digestion**. In: EVANS, D. H. (Ed.). *The Physiology of Fishes*. New York: CRC Press LLC, p. 54-55, 1989.

HOSSAIN, M.A.R.; HAYLOR, G.S.; BEVERIDGE, M.C.M. An evaluation of radiography in studies of gastric evacuation in African catfish fingerlings. **Aquaculture International**, v.6, p.379-385, 1998.

HUMASON, G.L. 1972. **Animal tissue techniques**. 3.ed. São Francisco: W.H. Freeman and Company. 641p.

HUSS, H.H. El pescado fresco: su calidad y cambios de calidad. Roma, **Colección FAO: Pesca**, n.29, 1988.132 p.

ILDA, H.; YAMAMOTO, T. Intracellular transport of horseradish peroxidase in the absorptive cells of goldfish hindgut in vitro, with special reference to the cytoplasmic tubules. **Cell Tissue**, v. 240, n. 1, p. 553-560, 1985.

ITUASSÚ, D.R.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R.; CRESCENCIO, R.; CAVEIRO, B.A.S; GANDRA, A.L. (2005) Desenvolvimento de tambaqui submetido a períodos de privação alimentar. **Pesq. Agro. Bras., Brasília**, v.40, p.255-259, mar.

ITUASSÚ, D.R.; SANTOS G.R.S.; ROUBACH, R.; PEREIRA-FILHO, M. (2004) Níveis de proteína bruta para juvenis de pirarucu. **Pesq. Agrop. Bras. Brasília**, v.40, p.255-259.

IWAI, T. Fine structure of gut epithelial cells of larval and juvenile carp during absorption of fat and protein. **Arch. Histol. JPN.**, v. 30, p. 183-189, 1969.

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

JOBLING, M. 1994. Fish bioenergetics. ChapmanHall, London, 294p.

JOBLING, M. Influences of food particle size and dietary energy content on patterns of gastric evacuation in fish: test of a physiological model of gastric emptying. **Journal of Fish Biology**, London, v.30, p.229-314, 1987.

JONES. P. L.; De SILVA, S. S. 1997. Apparent nutrient digestibility of formulated diets by the Australian freshwater crayfish *Cherax destructor* Clark (Decapoda, Parastacidae). **Aquaculture Research**, 28(11): 881-891.

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Biologia celular.** 8.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2005. 302p.

JUSTI, K.C.; *et al.* The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n-3 fatty acids. **Food Chemistry**, v.80, p. 489-493, 2003.

KAPOOR, B. G.; SMITH, H.eVERIGHINA, I. A. 1975. The alimentary canal and digestion in teleosts. **Advance in Marine Biology** 63:301-308.

KAPOOR, B.G. *et al.* The alimentary canal and digestion in teleosts. In: RUSSEL, F.S.; YONGE, C.M. **Advances in marine biology.** London: Academic, 1975. V.13, p.109-239.

KHAN, M.A.; *et al.* Growth and body composition of rohu (*Labeo rohita*) fed diets containing oil seed meals: partial or total replacement of fish meal with soybean meal. **Aquaculture Nutrition**, v.9, p.391-396, 2003.

KHAN, M.S. Apparent digestibility coefficients for common feed ingredients in formulated diets for tropical catfish (*Mystus nemorus*). **Aquacul. Fish. Manag.**, Amsterdam, v.25, n.2, p.167-174. 1994.

KHANNA, S. S.eMEHROTRA, I. F. 1971. **Morphology and histology of teleostean intestine**. Anatomischer Anzeiger 129:1-18.

KIM, M.K.; ÖZKÖK, E.; HAN, I.K. Effect of soybean meal and full-fat soybean for fish meal replacement on the growth performance of carp grower. **Korean Journal Animal Nutrition Feeding**, v.21, n.6, p.503-510, 1997.

KIM, S.D., KAUSHIK, S.J., PASCAUD, M. Effects of dietary lipid to protein ratios on the fatty acid composition of muscle lipids in rainbow trout. **Nutrition Reports International**, v.4, n.1, p.9-16, 1989.

KLONTZ, G.W. **Care of fish in biological research**. J. Anim. Sci., v. 73, p. 3485-3492, 1995.

KOHLA, U.; SAINT-PAUL, U.; FRIEBE, J. *et al.* Growth, digestive enzyme activities and hepatic glycogen levels in juvenile *Colossoma macropomum*, Curvier from South America during feeding, starvation and refeeding. **Aquaculture Fisheries Management**, v.23, n.1, p.189-208, 1992.

KÖPRÜCÜ, K.; ÖZDEMİR, Y. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Amsterdam, n. 250, p. 308-316, 2005.

KROGDAHL, A.; HEMRE, G. I.; MOMMSEN, T. P. Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 11, n. 2, p. 103-122, Apr. 2005.

KUBITZA, F. 2003. Qualidade de água no cultivo de peixes e camarões. Jundiaí, SP. 229 p.

KUBITZA, F. (2000) Tilápia – **Tecnologia e planejamento na produção comercial**. 1. ed. São Paulo, p 285.

KUBITZA, F. 1997a. **Qualidade do alimento, qualidade da água e manejo alimentar na produção de peixes**. Simpósio sobre Manejo e Nutrição de Peixes, Piracicaba. CBNA. pp. 63-101a.

KUBITZA, F. **Nutrição e alimentação dos peixes**. Piracicaba: ESALQ, 1997b. 74p.

LAMBERT, T.C. Gastric emptying and assimilation efficiency in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). **Can. J. Zool.**, Ottawa, v.63, p.817-820, 1985.

LANNA, E.A.T.; PEZZATO, L.E.; CECON, P.R.; FURUYA, W.M.; BOMFIM, M.A.D. Digestibilidade aparente e trânsito gastrintestinal em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em função da fibra bruta da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.2186-2192, 2004.

LAURINEN P., H. SILJANDER-RASI, J. KARHUNEN, T. ALAVIUKOLAA, M. NA'ESI, e K. TUPPI. 2000. Effects of different grinding methods and particle size of barley and wheat on pig performance and digestibility. **Animal Feed Science and Technology**, 83(1):1-16.

LAPLACE, J.P.; LEBAS, F. Le transit digestif chez lapin. VII. **Influence de la finesse du broyage des constituants dum aliment granulé**. Annales Zootechnie, v.26, n.3, p.413-420, 1977.

LAWRENCE, K.R., et al., Effects of soybean meal particle size on growth performance of nursery pigs, **J. Anim. Sci.**, 81:2118-22, 2003.

LAZZARI, R.; RADÜNZ NETO, J.; EMANUELLI, T. et al. Diferentes fontes proteicas para a alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, v.36, n.1, 2006.

LAZZARI, Rafael. **Estudo De Enzimas Digestivas, Crescimento E Composição Centesimal De Filés De Juvenis De Jundiá (*Rhamdia Quelen*) Alimentados Com Diferentes Fontes Proteicas**. 2005. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Produção Animal, Departamento de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

LAZZARI, Rafael *et al.* Efeito da freqüência de arraçoamento e da troca do tamanho de partícula alimentar no desenvolvimento de pós-larvas de jundiá (*rhamdia quelen*). **R. Bras. Agrociência**, Santa Maria - Rs, v. 10, n. 2, p.231-234, jun. 2004.

LEANDRO, N.S.M. et al., Efeito da granulometria do milho e do farelo de soja sobre o desempenho de codornas japonesas. Viçosa, **Rev. bras. zootec.**, 30(4):1266-71, 2001.

LEMES, Alexandra da Silva; BRACCINI, Maria Del Carmen. DESCRIÇÃO E ANÁLISE HISTOLÓGICA DAS GLÂNDULAS ANEXAS DO TRATO DIGESTÓRIO DE *Hoplias malabaricus* (BLOCH, 1794), (TELEOSTEI, ERYTHRINIDAE). **Biodiversidade Pampeana**: PUCRS, Uruguaiiana, Uruguaiiana, n. , p.33-41, 28 dez. 2004.

LEMOS, M.V.A.; GUIMARÃES, I.G.; MIRANDA, E.C. Farelo de coco em dietas para o tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v.12, n.1, p.188-198, 2011.

LEONHARDT, J.H., CAETANO-FILHO, M., FROSSARD, H., MORENO, A.M. (2006), **Características morfométricas, rendimento e composição do file de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, da linhagem tailandesa, local e do cruzamento de ambas**. *Semana: Ciências Agrárias*, v.27, p. 125-132.

LESEL, R.; FROMAGEOT, C.; LESEL, M. Cellulose digestibility in grass carp, tenopharyngodon idella and in goldfish *Carassius auratus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 54, n. 1/2, p. 11-17, May 1986.

LOGATO, P.V.R. **Anátomo-histologia funcional do aparelho digestivo do pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Characiformes, Characidae, Myelinae)**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 118p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.

LOPES, D.C., FONTES, R.A., DONZELE, J.L. *et al.* 1988. Perda de peso e mudanças na composição química do milho (*Zea mays*, L.) devido ao carunchamento. **R. Soc. Bras. Zootec.**, 17(4):367-71.

LOPES, J. M.; PASCOAL, L. A. F.; SILVA FILHO, F. P. et al. Farelo de babaçu em dietas para tambaqui. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v.11, n.2, p. 519-52, 2010.

LOVELL, R.T. 1998. **Nutrition and feeding of fish**. Kluwer Academic Publishing, Boston, 267p.

LOVELL, T. **Nutrition and Feeding of Fish**. ChapmanHall, New York, 260p., 1989.

LOVELL, T. **Nutrition and feeding of fish**. New York: Van Nostrand and Reinhold, 1988. 284p.

LUNDSTEDT, L. M. **Aspectos adaptativos dos processos digestivo e metabólico de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) arraçados com diferentes níveis de proteína e energia**. 2003. 140 f. Tese (Doutorado em Genética e Evolução) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

LUNDSTEDT, L. M.; MELO, J. F. B.; MORAES, G. Digestive enzymes and metabolic profile of *Pseudoplatystoma corruscans* (Teleostei: Siluriformes) in response to diet composition. **Comp. Biochem. Physiol.**, v. 137 B, p. 331-339, 2004.

M., DELASHOUB; I., POUSTY; M., BANAN KHOJASTEH S.. Histology of Bighead Carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) Intestine. **Global Veterinaria**, Iran, v. 6, n. 5, p.302-306, 2010.

MACDONALD, J.S.; WAIWOOD, K.G.eGREEN, R.H. 1982. Rates digestion of different prey in Atlantic Cod (*Gadus morhua*), ocean pout (*Macrozoarces americanus*), winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*), and American Plaice (*Hippoglossoides platessoides*). **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 39 (5): 651-659.

MACEDO-VIÉGAS, E. M.; SOUZA, M. L. R. (2004) Pré-processamento e conservação do pescado produzido em piscicultura. In: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.;

MACEDO, E.M. **Exigência de proteína na nutrição de tambaqui, *Colossoma macropomum* Curvier, 1818**. (Pisces, Characidae). Jaboticabal, SP, UNESP, 1979. 71p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Estadual de São Paulo, 1979.

MADENJIAN, C.; ROGERS, G.; FAST, A. 1987. Predicting night time dissolved oxygen loss in prawn ponds of Hawaii: part I. Evaluation of traditional methods. **Aquacultural Engineering**, 6: 191-208.

MAGALHÃES, Paulo César *et al.* **Circular técnico**: Fisiologia do milho. EMBRAPA. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/circul22.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2008.

MAGALHÃES, A.C. **Monografia Brasileira de peixes fluviais**. São Paulo, (ed.). Graphicars, São Paulo, 1931. 260p.

MAGRO, N., RIBEIRO, A.M., PENZ JR, A.M. Efeito da granulometria do milho no desempenho de frangos de corte no período de 21 a 42 dias de idade. In: REUNIÃO ANNUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 26, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999.

MAIA, E.L., OLIVEIRA, C.C.S., SANTIAGO, A.P., CUNHA, F.E.A., HOLANDA, F.C.A.F., SOUSA, J.A. (1999) Composição química e classe de lipídios em peixes de água doce curimatã comum, *Prochilodus cearensis*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19:, p. 433-437.

MAKINO, Lilian Cristina *et al.*, Diferentes granulometrias de rações sobre o ganho de peso, crescimento, sobrevivência e reversão sexual para tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Brazilian Journal Of Veterinary Research And Animal Science**, São Paulo, n. , p.268-273, 2010.

MARCON, J. L.; MOREIRA, S. S.; FIM, J. D. I. 2004. Médian lethal concentration (LC50) for un-ionized ammonia in two Amazonian fish species, *Colossoma macropomum* and *Asronotus ocellatus*. In: **VI International Congress on the Biology of Fish**, 1: 105-116.

MÉDALE, F.; BLANC, D.; KAUSHIK, S.J. Studies on the nutrition of Siberian sturgeon, *Acipenser baesi*. II. Utilization of dietary non-protein energy by sturgeon. **Aquaculture**, v.93, p.143-154, 1991.

MEDRI, V.; PEREIRA, G.V.; LEONHARDT, J.H.; PANINI, M.S.; DIETZEL, S. Avaliação sensorial de filés de tilápias alimentadas com diferentes níveis de levedura alcooleira. **Acta Scientiarum**, v. 21(2), p. 303-308, 1999.

MELLO, Hurzana de. **Bacillus cereus e Bacillus subtilis na suplementação dietária de juvenis de Tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) e seu efeito probiótico**. 2012. 57 f. Dissertação (Mestre) - Caunesp, Jaboticabal, 2012.

MELO, J.F.B., BOJINK, C.L., RADUNZ NETO, J., (2003) Efeito da alimentação na composição química da carcaça de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Biodiversidade Pampeana**, v. 28 de novembro . p.12-23.

MELO, José Fernando Bibiano; RADUNZ NETO, João; SILVA, José Henrique Souza da and TROMBETTA, Carlos Guilherme. DESENVOLVIMENTO E COMPOSIÇÃO CORPORAL DE ALEVINOS DE JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*) ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO DIFERENTES FONTES DE LIPÍDIOS. **Cienc. Rural** [online]. 2002, v. 32, n. 2, pp. 321-327. ISSN 0103-8478.

MELO, J.F.B.; RADUNZ NETO, J.; SILVA, J.H.S. Uso de diferentes fontes e níveis de lipídios na alimentação de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.7, n.1, p.135-144, 2001.

MENDONÇA, Pedro Pierro et al. Morphometrical development of tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) under different photoperiods. **Revista Brasileira de Zootecnia**: Sociedade Brasileira de Zootecnia, Belo Horizonte, v. 41, n. 6, p.1337-1341, 01 ago. 2012a.

MENDONÇA, Pedro Pierro et al. Efeito da suplementação de fitase na alimentação de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 61, n. 235, p.437-448, 23 fev. 2012b.

MENDONÇA, Pedro Pierro. **Influência do fotoperíodo no desenvolvimento de juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum***. 2007. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos Dos Goytacazes, 2007.

MENEZES, A. **Aquicultura na pratica: peixes, camarões, ostras, mexilhões e sururus**. Espírito Santo: Hoper Editora, 2005. 107 p.

MENIN, E. **Anátomo-histologia funcional comparativa do aparelho digestivo de seis Teleostei (Pisces) de água doce**. São Paulo: USP, 1988. 557p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, 1988.

MERRIFIELD, D.L.; DIMITROGLOU, A.; FOEY, A.; DAVIES, S.J.; BAKER, R.T.M.; BOGWALD, J.; CASTEX, M.; RINGO, E. The current status and future focus of probiótico and prebiotic applications for salmonids. **Aquaculture**, v. 302, p. 1-18, 2010.

MEURER, F.; BOMBARDELLI, R.A.; HAYASHI, C. et al., Grau de moagem dos alimentos em rações para a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) durante o período de reversão sexual. **Acta Scient.**, v.27, p.81-85, 2005.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Fibra Bruta para Alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.256-261, 2003.

MOHSEN, A.A.; LOVELL, R.T. Partial substitution soybean meal with animal protein sources in diets for channel catfish. **Aquaculture**, v.90, p.303-311, 1990.

MONTICELLI, C. J., J. F. M. MENTEN, D. L. ZANOTTO, G. J. M. M. LIMA, e A. L. GUIDONI. 1996. Efeito da granulometria do milho, da área por animal e do sexo sobre o desempenho de suínos em crescimento e terminação. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, 25(6):1150-1162.

MORAES, M.F.P.G., BARBOLA, I.F. 1995. Hábito alimentar e morfologia do tubo digestivo de *Hoplias malabaricus* (Osteichthyes, Erythrinidae) da Lagoa Dourada, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Acta Biol. Par.**, 24:1-23.

MORES, N., ZANOTTO, D., NICOLAIEWSKY, S. *et al.* **Influência da granulometria do milho sobre o desenvolvimento de lesões pré-ulcerativas no Pars oesophagea de suínos em crescimento e terminação.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 6, 1993, Goiânia. Anais... Goiânia: ABRAVES, 1993. p.158.

MUMFORD, Sonia et al. **Fish Histology and Histopathology.** Disponível em: <http://training.fws.gov/EC/Resources/Fish_Histology/Fish_Histology_Manual_v4.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2012.

MURRAY, H.M., G.M. WRIGHT and P. GOFF, 1996. A Comparative histological and histochemical study of the post- gastric alimentary canal from three species of pleuronectid, the Atlantic halibut, the yellowtail flounder and the winter flounder, **J. Fish Biol.**, 48: 187-206.

NAKAGHI, L.S.O. et al., Sexagem histológica e desempenho de *Oreochromis niloticus* testando diâmetros de ração de acordo com o aparato bucal. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** [online]. 2009, vol.61, n.3, pp. 721-727. ISSN 0102-0935.

NÉJI, H.; DE LA NOÛE, J. Effect of animal and vegetal protein diets on feed intake and apparent digestibility of nutrients in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) infected by *Aeromonas salmonicida*, with and without chronic hipoxia stress. **Canadian Journal Fisheries Aquatic Science**, v.55, n.9, p.2019-2027, 1998.

NG, W.K.; WEEL, L. The nutritive value of cassava leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. **Aquaculture**, Amsterdam, v.83, p.45-58, 1989.

NIR, I.; HILLEL, R., SHEFET, G. et al., Effect of particle size performance . 2. Grain texture interactions . **Poultry Science**, v.73, n.6, p.781-791, 1994.

NIR, I., MELCION, J.P., PICARD, M. 1990. Effect of particle size of sorghum grains on feed intake and performance of young broilers. **Poult. Sci.**, 69:2177-2184.

NOAILLAC-DEPEYRE, J.; GAS, N. Étude cytophysiologique de l'épithélium intestinal du poisson-chat (*Ameiurus nebulosus* L.). **Can. J. Zool.**, v. 61, p. 2556- 2573, 1983.

NOAILLAC-DEPEYRE, J.; GAS, N. Structure and function of intestinal epithelial cells in the perch (*Perca fluviatus* L.). **Anatomical Record**, v. 195, p. 621-640, 1979.

NOAILLAC-DEPEYRE, J.; GAS, N. Electron microscopic study on the gut epithelium of the tench (*Tinca tinca* L.) with respect to its absorptive functions. **TissueCell**, v. 8, p. 511-530, 1976.

NOAILLAC-DEPEYRE, J.; GAS, N. Fat absorption by the enterocytes of the carp (*Cyprinus carpio* L.). **Cell Tissue Research**, v.155, n.3, p.353-365, 1974.

NOAILLAC-DEPEYRE, J. ; GAS, N. Mise en évidence d'une zone adaptée au transport des ions dans l'intestin de la Carpe commune (*Cyprinus carpio* L.). **C. R. Acad. Sci.**, Paris, v. 276, p. 773-776, 1973.

NORTVEDT, R.; TUENE, S. **Body composition and sensory assessment of three weight groups of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed three pellet sizes and three dietary fat levels.** *Aquaculture*, v. 161, p. 295-313, 1998.

NRC (National Research Council). 1993. **Nutrient Requirements of Fish.** Academy Press. Washington, USA.

NRC (National Research Council). 1983. **Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes.** National Academy Press, Washington. 102 p.

NUNES, E. S. S.; CAVERO, B. A. S.; PEREIRA-FILHO, M. et al. Enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de tambaqui. **Pesq. agropec. bras.**, v.41, n.1, p.139-143, jan. 2006.

NUNES, C.S. Avaliação do valor nutricional de fontes de proteína. II – metodologia in vivo aplicável aos animais monogástricos e aos teleósteos. **R. Port. Ciências Vet.**, v. 91, p. 144-151, 1996.

NUTRIENT requirement of fish. Washington: **National Academy of Sciences**, 1993. 128p.

NYACHOTI, C. M.; de LANGE, C. F. M.; McBREIDE, B. W.; Schulze, H. 1997. Significance of endogenous gut nitrogen losses in the nutrition of growing pigs: A review. **Journal of Animal Science**, 13: 149-163.

OGAWA, M., MAIA, E.L. (1999) **Manual de pesca – Ciências e tecnologia do pescado**. 1º. Ed. São Paulo. ed. Livraria Varela, p.430.

OHH, S.J.; ALLEE,G.;BEHNKE,K.C.; *et al.* **Effects of particle size of corn and sorghum grain on performace and digestibility of nutrients for weaned pigs**. In: AAAP ANIMAL SCIENCES CONGRESS, 3., 1985, Seoul, Korea. *Proceedings...* Seoul: Korea Republic, The Organizing Committe, 1985. v. 2, p.582-5.

OETERER, M., SIQUEIRA, A.A.Z.C.; CRYSCHEK, S.B. (2004) Tecnologias emergentes para processamento do pescado produzido em piscicultura. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI,E.D.; FRACALOSSI, D.M.; CASTAGNOLLI, N.(ed.) **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical**. 1ª ed. São Paulo. Ed. TecArt. p.4881-500.

OETTERER, M. (2002) **Industrialização de pescado cultivado**. 1ª ed. Guaíba: ed. Agropecuária, p. 200.

OLIVEIRA, Geovanni Resende de. **Digestibilidade de nutrientes em ração com complexo enzimatico para tilapia do nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras - Mg, 2006.

OLIVEIRA FILHO, P.R.C.; FRACALOSSI, D.M. Coeficientes de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1581-1587, 2006.

OLIVEIRA, A.C.B. *et al.* Digestibilidade aparente e efeito macro-microscópico em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) arraçoados com torta de dendê. **Braslian Journal of Animal Science**, Viçosa, v.27, n.2, p.210-215, 1998.

OLIVEIRA, A.C.B. *et al.* Coeficiente de digestibilidade aparente da torta de dendê e do farelo de coco em pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Acta Scientiarum**, Marigá, v.19, n.3, p.897-903, 1997.

OLIVEIRA, M.C.B. *et al.* Coeficiente de digestibilidade aparente da torta dendê e tegumento de cacau em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 8, Piracicaba-SP. **Resumos...** Piracicaba: ABRAq, p.59. 1994.

OSTASZEWSKA, T.; DABROWSKI, K.; PALACIOS, M. E.; OLEJNICZAK, M.; WIECZOREK, M. Growth and morphological changes in the digestive tract of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and pacu (*Piaractus mesopotamicus*) due to casein replacement with soybean proteins. **Aquaculture**, v. 245, n. 1/4, p. 273-286, 2005.

PARKER, N.; DAVIS, K. (1981) **Requirements of warm water fish**. In: L. ALLEN and E. KINNEY (Eds). Proceedings of the Bioengineering Symposium for Fish Culture. Bethesda, Maryland, USA: Fish Culture Section of the American Fisheries Society,. p. 21-28.

PEDINI, V., P. SCOCCO, A.M. GARGIULO, P. CECCARELLI and S. LORVIK, 2002. Glycoconjugate characterization in the intestine of *Umbrina cirrosa* by means of lectin histochemistry, **J. Fish Biol.**, 61: 1363- 1372.

PELICANO, E.R.L.; SOUZA, P.A.; SOUZA, H.B.A.; OBAB, A.; NORKUS, C.E.A.; KODAWARAC, L.M.; LIMA, T.A. Morfometria e ultra-estrutura da mucosa intestinal de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes probióticos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinária**, v.98, n.547, p.125-134, 2003.

PENZ, A.M., MAGRO, N. **Granulometria de rações: Aspectos fisiológicos**. In: SIMPÓSIO SOBRE GRANULOMETRIA DE INGREDIENTES E RAÇÕES PARA SUÍNOS E AVES, 1998, Concórdia. Anais... Concórdia: EMBRAPA, 1998. p.74.

PERÁGON, J.; et al. Dietary protein effects on growth and fractional protein synthesis and degradation rates in liver and white muscle of rainbow-trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.124, p.35-46, 1994.

PEZZATO, Luiz Edivaldo et al., Diâmetro do ingrediente e a digestibilidade aparente de rações por duas espécies de peixes tropicais. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 4, p.901-907, 2002.

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

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

PEZZATO, L.E. **Alimentação de Peixes – Relação Custo Benefício**. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: UFRGS, 1999. p. 111-118.

PEZZATO, L. E. **Alimentos convencionais e não-convencionais disponíveis para indústria da nutrição de peixes no Brasil**. Simpósio Internacional sobre Nutrição e Crustáceos, Campos do Jordão. 1995a. Vol. 1. p. 34-52.

PEZZATO, L. E. et al., Estabilidade química de dietas para organismos aquáticos confeccionadas com aglutinantes nutritivos. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v.22, n.1, p.125–131, 1995b.

PIEDRAS, S.R.N; MORAES, P.R.R; POUHEY, J.L.O.F. Crescimento de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*), de acordo com a temperatura da água. B. **Inst. Pesca, São Paulo**, v. 30, v.2, p. 177 - 182, 2004.

POLESE, Marcelo Fanttini et al., Efeito da granulometria do milho no desempenho de juvenis de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte**, v. 62, n. 6, p.1469-1477, 2010.

PONTES, E.C.; OLIVEIRA, M.M.; ROSA, P.V.; FREITAS, R.T.F.; PIMENTA, M.E.S.G.; RODRIGUES P.B. Níveis de farinha de peixe em rações para juvenis de tilápia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.8, p.1626-1632, 2010.

POULIOT, T.; DE LA NOÛE, J. Apparent digestibility in rainbow trout (*Salmo gairdneri*): influence of hipoxia. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v.45, p.2003-9, 1988.

POZZA, P.C., et al., Avaliação da moagem e granulometria do milho e consumo de energia no processamento em moinhos de martelos, Santa Maria, **Ciência Rural**, 35(1):235-8, 2005.

PROENÇA, C.E.M.eBITTENCOURT, P.R.L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília: IBAMA, 1994. 196 p.: il.

PUPA, JÚLIO MARIA R.; HANNAS, MELISSA I.. **Reduzindo o custo de produção animal através da adequação da granulometria das rações**. Disponível em: <allnutri@allnutri.com.br>. Acesso em: 04 out. 2012.

PUZZI, D. 1986. **Abastecimento e armazenagem de grãos**, Campinas- SP: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 603p.

RADECKI, S.V.; YOKOYAMA, M.T. Intestinal bacteria and their influence on swine nutrition. In: MILLER, E.R.; DUANE, E.U.; LEWIS, A.J. **Swine nutrition**. p.439- 447, 1991.

REIS, L.M.; REUTEBUCH, E.M.; LOVELL, R.T. Protein-to-energy ratios in production diets and growth, feed conversion and body composition of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture**, v.77, p.21-27, 1989.

REOPEREZ, J.; TORTUERO, F.; RODRIGUEZ, M. L.; FERNANDEZ, E. Efecto de la alimentacion com harina de soja sometida a distintos tratamientos sobre el crecimiento y morfologia intestinal del lechon. **Archivos de Zootecnia**, v. 42, p. 125-135, 1993.

RIBEIRO, M.L., et al., Granulometria do milho em rações de crescimento de frangos de corte e seu efeito no desempenho e metabolismo, **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 4, n. 1, 2002.

RICKER, W.E. 1968. **Methods for assessment of fish production in fresh waters**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 313p.

RINGO, E.; LOVMO, L.; KRISTIANSEN, M.; SALINAS, I.; MYKLEBUST, R.; OLSEN, R.E.; MAYHEW, T.M. Lactic acid bacteria vs pathogens in the gastrointestinal tract of fish: a review. **Aquaculture**, v. 41, p. 451–467, 2010.

ROBB, D.H.F., KESTIN, S.C., WARRISS, P.D., NUTE, G.R. (2002) Muscle lipid content content determines the eating quality of smoke and cooked and cooked Atlantic salmon (*Salmo solar*). **Aquaculture**, v.205. p.345-358.

ROBINSON, E.H.; Li, M.H. 1997. Low protein diets for channel catfish *Ictalurus punctatus* raised in earthen ponds at high density. **Journal of the World Aquaculture Society**, 28: 224-229.

ROCHA, J.C.C.; GOMES, A.V.C.; CRESPI, M.P.A. *et al.* **Effect of coast cross (Cynodon dactylon) hay's particle size on caecotrophy and some digestive parameters.** In: WORLD RABBIT CONGRESS, 7., 2000, Valencia. Proceedings... Valencia, 2000. p.1-3.

ROJAS, J. B. U.; VERDEGEM, M. C. J. 1994. Effects of the protein:energy ratio in isocaloric diets on growth of *Cichlasoma managuense* (Günther 1869). **Aquaculture**, 25: 631-637.

ROMARHEIM, O. H.; ZHANG, C.; PENN, M.; LIU, Y. J.; TIAN, L. X.; SKREDE, A.; KROGDAHL, A.; STOREBAKKEN, T. Growth and intestinal morphology in cobia (*Rachycentron canadum*) fed extruded diets with two types of soybean meal partly replacing fish meal. **Aquaculture Nutrition**, v. 14, n 2, p. 174-180, 2008.

ROMBOUT, J. H. W. M.; LAMERS, C. H. J.; HELFRICH, M. H.; DEKKER, A.; TAVERNE THIELE, J. J. Uptake and transport of intact macromolecules in the intestinal epithelium of carp (*Cyprinus carpio* L.) and the possible immunological implications. **Cell Tissue Res.**, v. 239, p. 519-530, 1985.

ROSS, L.G.; McKINNEY, R.W.; CARDWELL, S.K. et al. The effects of dietary protein content, lipid content and ration level on oxygen consumption and specific dynamic action in *Oreochromis niloticus* L. **Compedium Biochemical Physiology**, v.10A, n.3, p.573-578, 1992.

ROSTAGNO, H.S., **Tabelas Brasileiras para aves e suínos, composição de alimentos e exigências nutricionais**, Viçosa : UFV, 2 ed., 2005.

ROSTAGNO, H.S. **Disponibilidade de nutrientes em grãos de má qualidade**. In: CONFERÊNCIA APINCO 1993 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Santos, 1993. Anais... Campinas: FACTA, 1993, p.129-39.

ROTTA, Marco Aurélio. **Aspectos Gerais da Fisiologia e Estrutura do Sistema Digestivo dos Peixes Relacionados à Piscicultura**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 48 p.

RUIVO, U.E. **Introdução aos princípios de industrialização de pescados de águas interiores**. In: SEMINÁRIO DE PISCICULTURA DA ZONA DA MATA MINEIRA, 1., 1997, Muriaé. Anais... Viçosa, MG: EPAMIG, 1998. p.33-44.

RUNGRUANGASK, K.; UTNE, F. Effect of different acidified wet feeds on protease activities in the digestive tract and on the growth rate of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). **Aquaculture**, v. 22, p. 67-79, 1981.

SABAPATHY, D.; TEO, L. H. A quantitative study of some digestive enzymes in the rabbitfish, *Siganus canaliculatus* and the sea bass, *Lates calcarifer*. **Journal of Fish Biology**, London, v. 42, n. 4, p. 595-602, Apr. 1993.

SADIKU, S.O.E.; JAUNCEY, K. Digestibility, apparent amino acid availability and waste generation potential of soybean flour: poultry meat meal blend based diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), fingerlings. **Aquaculture Research**, v.26, p. 651- 657, 1995.

SAINT-PAUL, U. 1984. Ecological and physiological investigations of *Colossoma macropomum*, a new species for fish culture in Amazonia. **Mems. Asoc. Latinoam. Acuic.**, 5(3): 501-518.

SALAM, A.; DAVIES, P. M. C. 1994. Effect of body weight and temperature on the maximum daily food consumption of *Esox lucius*. **Journal of Fish Biology**. 44: 165-167.

SALHI, M.; BESSONART, M.; CHEDIAK, G. 2004 Growth, feed utilization and body composition of black catfish, *Rhamdia quelen*, fry fed diets containing different protein and energy levels. **Aquaculture**, Amsterdam, 231(1-4): 435-444.

SALINAS, I.; MYKLEBUST, R.; ESTEBAN, M.A.; OLSEN, R.E.; MESEGUER, J.; RINGO, E.. In vitro studies of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. lactis in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) foregut: tissue responses and evidence of protection against *Aeromonas salmonicida* subsp. salmonicida epithelial damage. **Veterinary Microbiology**., v. 128, p. 167–177, 2008.

SALVANES, A. G. V.; AKSNES, D. L.; GISKE, J. 1995. A surface-dependent gastric evacuation model for fish. **Journal of Fish Biology**. 47:679-695.

SALZE, G.; MCLEAN, E.; SCHWARZ, M.H. et al. Dietary mannan oligosaccharide enhances salinity tolerance and gut development of larval coibia. **Aquaculture**, v.274, p.148-152, 2008.

SAMPAIO, A.M.B.M. 1998. **Relação energia:proteína na nutrição do tucunaré *Cichla sp.***. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", ESALQ/USP. Piracicaba, SP. 49p.

SANTOS, B. A., MELO, J.F.B., LOPES, P.R.S., MALGARIM, M.B. (2000/01). Composição química e rendimento do file da traira (*Hoplias malabaricus*). **Rev. Fac. Zotec. Vet. Agro.** v.7/8, p. 33-39.

SCHNAITTACHER, G.; KING, V.W.; BERLINSKY, D.L. **The effects of feeding frequency on growth of juvenile Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L.** Aquaculture Research, v.36, p.370- 377, 2005.

SCHUCHARDT, D.; VERGAR, J. M.; FERNANDEZPALACIOS, H.; KALINOWSKI, C. M.; HERNANANDEZCRUZ, C. M.; IZQUIERDO, M. S.; ROBAINA, L. Effects of different dietary protein and lipid levels on growth feed utilization and body composition of red porgy (*Pagrus pagrus*) fingerlings. **Aquaculture Nutrition**, v. 14, n. 1, p. 1-9, 2008.

SCHWARZ, Kátia Kalko et al. Mananoligossacarídeo em dietas para larvas de tilápia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 40, n. 12, p.2634-2640, 2011.

SCHWARZ, K.S.; FURUYA, W.M; NATALI, M.R.M. et al. Mananoligossacarídeo em dietas para juvenis de tilapia do Nilo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.32, n.2, p.197-203, 2010.

SEIXAS FILHO, José Teixeira de et al. Anatomia Funcional e Morfometria do Intestino no Teleostei (Pisces) de Água Doce Surubim (*Pseudoplatystoma coruscans* - Agassiz, 1829). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 6, n. 30, p.1670-1680, 2001.

SEIXAS FILHO, José Teixeira de et al. Determinação do Sistema Endócrino Difuso nos Intestinos de Três Teleostei (Pisces) de Água Doce com Hábitos Alimentares Diferentes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 5, n. 30, p.1403-1408, 29 mar. 2001.

SEIXAS FILHO, J.T.; BRÁS, J.M.; GOMIDE, A.T.M.; OLIVEIRA, M.G.A.; DONZELE, J.L.; MENIN, E. Anatomia funcional e morfometria dos intestinos e dos cecos pilóricos do Teleostei (Pisces) de água doce Brycon orbignyianus (Valenciennes, 1849). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.313-324, 2000

SHIAU, S. Y. Utilization of carbohydrates in warmwater fish: with particular reference to tilápia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture, Amsterdam**, v. 151, p. 79-96, 1997.

SHIRAI, N.; et al. Dietary and seasonal effects on the dorsal meat lipid composition of Japanese (*Silurus asotus*) and Thai catfish (*Clarias macrocephalus*) and hybrid *Clarias macrocephalus* and *Clarias gariepinus*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A**, v.132, p.609-619, 2002.

SILVA, LILIAN CAROLINA ROSA da et al. Desempenho e morfometria intestinal de juvenis de tilápia-do-nilo alimentados com dietas suplementadas com L-glutamina e L-glutamato. **R. Bras. Zootec.** [online]. 2010, vol.39, n.6, pp. 1175-1179. ISSN 1806-9290.

SILVA, JORGE ANTONIO MOREIRA da et al. Digestibilidade aparente dos nutrientes e energia de ração suplementada com enzimas digestivas exógenas para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 1, p.157-164, 2007.

SILVA, J.A.M.; PEREIRA FILHO, M.; OLIVEIRA-PEREIRA, M. Frutos e sementes consumidos pelo tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), incorporados em rações: digestibilidade e velocidade de trânsito pelo trato gastrointestinal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1815-1824, 2003.

SILVA, P.C.; FRANÇA, A.F.S.; PADUA, D.M.C. et al. Milheto (*Pennisetum americanum*) como substituto do milho (*Zea mays*) na alimentação do tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Boletim Instituto Pesca**, v.24(especial), p.125-131, 1997.

SILVA, J.A.M. **Nutrientes, energia e digestibilidade aparente de frutos e sementes consumidos pelo tambaqui (*Colossoma macropomum* CUVIER,1818) nas florestas inundáveis da Amazônia Central**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade do Amazonas, 1997. 142p. Tese (Doutorado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade do Amazonas, 1977.

SIRE, M. F.; LUTTON, C.; VERNIER, J. M. New views on intestinal absorption of lipids in teleostean fishes : an ultrastructural and biochemical study in the rainbow trout. **J. Lipid Res.**, v. 27, p. 81-94, 1981.

SMITH, L. S. 1989. **Digestive functions in teleosts fishes** In: HALVER, J. E. eds. Fish nutrition. San Diego, Academic. p.331-421.

SOARES, Claudemir Martins *et al.* Diferentes graus de moagem dos ingredientes em dietas peletizadas para a tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus* L.) em fase de crescimento, desempenho e digestibilidade aparente. **Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Inia.**, Maracay, n. , p.2103-2111, 2008.

SOARES, C.M. *et al.* Diferentes graus de moagem dos ingredientes em dietas peletizadas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) em fase de crescimento. Desempenho e digestibilidade aparente. **Zootecnia Tropical**, Maracay, v. 21, n. 3, p. 275 – 287, 2003.

SOUZA, Sandra Regina de *et al.* Avaliação do efeito de diferentes níveis de farelo de algodão sobre o desempenho e a composição corporal de alevinos de piavuçu (*Ieporinus macrocephalus*). **B. Inst. Pesca**, São Paulo, v. 30, n. 2, p.127-134, 2004.

SOUZA, V.L., URBINATI, E.C., GONÇALVES, D.C., SILVA, P.C. (2002). Composição corporal e índice biométrico do pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes, Characidae) submetido a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação. **Acta Scientiarum**, v.24, p. 533-540.

SOUZA, S.R.; HAYASHI, C.; GALDIOLI, E.M. NAGAE, M.Y.; MEURER, F. 2000 Diferentes fontes proteicas de origem vegetal para a tilápia do Nilo, durante a reversão sexual. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., Viçosa, 2000. **Anais... Viçosa: SBZ/Gmosis**. 1 CD-ROM.

SPYRIDAKIS, P.; METAILLER, R.; GABAUDAN, J. *et al.* Studies on nutrient digestibility in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). 1. Methodological aspects concerning faeces collection. **Aquaculture**, v.77, p.61-70, 1989.

STEVENS, C. E. **Comparative physiology of the vertebrate digestive system.** Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

STOREBAKKEN, T.; KVIEN, I.S.; SHEARER, K.D.; GRISDALEHELLAND, B.; HELLAND, S.J. Estimation of gastrointestinal evacuation rate in Atlantic salmon (*Salmo salar*) using inert markers and collection of faeces by sieving: evacuation of diets with fish meal, soybean meal or bacterial meal. **Aquaculture**, v.172, p.291-299, 1999.

STROBAND, H. W. J.; VAN DER VEEN, F. H. Localization of protein absorption during transport of food in the intestine of grasscarp *Ctenopharyngodon idella* **The Journal of Experimental Zoology**, v. 218, p. 249-256, 1981.

STROBAND, H. W.; MEER, H. V. D.; TIMMERMANS, L. P. M. Regional functional differentiation in the gut of the grasscarp, *Ctenopharyngodon idella*. **Cell and Tissue Research**, v. 64, n. 1, p. 235-49, 1979.

STROBAND, H. W. J.; DABROWSKI, K. R. Morphological and physiological aspects of the digestive system and feeding in freshwater fish larvae. **La nutrition des poisons: actes du colloque.** Paris: M. Fontaine, 1979.

STROBAND, H. W.; KROON, A. G. The development of stomach in *Clarias lazera* and the intestinal absorption of protein macromolecules. **Cell and Tissue Research**, v. 215, n. 1, p. 397-415, 1981.

SUGITA, H.; TOKUYARNA, K.; DEGUCHI, Y. The intestinal microflora of carp *Cyprinus carpio*, grass carp *Ctenopharyngodon idella* and tilapia *Sarotherodon niloticus*. **Bulletin Japanese Society Scientific Fisheries**, Tokyo, v. 51, n. 8, p. 1325-1329, 1985.

SVEIER, H. *et al.* Growth, feed and nutrient utilization and gastrointestinal evacuation time in Atlantic salmon (*Salmo solar*): the effect of dietary fish meal particle size and protein concentration. **Aquaculture**, Amsterdam, v.180, p.265-282. 1999.

SWEETEMAN, J.; DIMITROGLOU, A., DAVIES, S.; TORRECILLAS, S. Nutrient uptake: gut morphology a key to efficient nutrition. **International AquaFeed**, v. 11, p. 27-30, 2008.

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

TAKEUCHI, T.T. *et al.* Nutritive value of gelatinized corn meal as a carbohydrate source for glass carp and hybrid tilapia. **Fish. Sci.**, Tokyo, v.60, n.5, p.573-577. 1994.

TARDIN, A.C. **Produção de rações na granja: programa mínimo de qualidade**. In: SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS, 1, Campinas, 1991. Anais... São Paulo: APA, 1991. p.50-72.

TENGJAROENKUL, B.; SMITH, B. J.; CACECI, T.; SMITH, S. A. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 182, n. 3/4, p. 317-327, Feb. 2000.

TIBBETS I. R. 1997. The distribution and function of mucous cells and their secretions in the alimentary tract of *Arrhamphus sclerolepis* Krefftii. **Journal of Fish Biology** 50:809-820.

TONINI, William Cristiane Teles *et al.* Digestibilidade aparente de alimentos proteicos e energéticos para *Trichogaster leeri*. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 2, p.569-577, 2012.

TORLONI, C.E.C., SILVA FILHO, J.A ., VERANI, J.R., *et al.* Estudos experimentais sobre o cultivo intensivo do pacu, *Colossoma mitrei*, no sudeste do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 3, 1983, São Carlos. **Anais...São Carlos: UFSCar**, 1984, p.559.

TORRIISSEN, K.R.; LIED, E.; ESPE, M. Differences in digestion and absorption dietary protein in Atlantic Salmom (*Salmo salar*) with genetically different tryps isozymes. **Journal of Fish Biology**, v.45(6): p. 1087 – 1104, 1994.

UGOLEV, A. M.; KUZ'MINA, V. V. Fish enterocyte hydrosases. **Nutrition adaptations. Comparative Biochemistry Physiology A, Oxford**, v. 107, n. 1, p. 187-193, Jan. 1994.

VAL, A.L.eHONCZARYK, A. (1995) **Criando peixes na Amazônia**. INPA, Manaus, 160 p.

VANBELLE, M. **Les enzymes probiotiques**: Curso Superior de Nutrición y Alimentación Animal, Instituto Agronômico Mediterraneo de Zaragoza, 1992. (Documento interno).

VAZ, B.S. 2003 **Efeito da densidade de estocagem sobre o cultivo de alevinos de jundiá (*Rhamdia sp.*) em tanque-rede de pequeno volume**. Pelotas. 44f. (Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas).

VENOU, B.; ALEXIS, M.N.; FOUNTOULAKI, E.; NENGAS, I.; APOSTOLOPOULOU, M.; CASTRITSI-CATHARIOU, I. Effect of extrusion of wheat and corn on gilthead sea bream (*Sparus aurata*) growth, nutrient utilization efficiency, rates of gastric evacuation and digestive enzyme activities. **Aquaculture**, v.225, p.207-223, 2003.

VIEIRA, Jodnes Sobreira et al. Efeito do processamento do milho sobre o desempenho e composição de carcaça de piaba (*Ieporinus friderici*) criada em tanques-rede. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 2, p.453-458, 2005.

VIDAL JUNIOR, Manuel Vazquez et al. Determinação da Digestibilidade da Matéria Seca e da Proteína Bruta do Fubá de Milho e do Farelo de Soja para Tambaqui (*Colossoma macropomum*), Utilizando-se Técnicas com Uso de Indicadores Internos e Externos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 33, n. 6, p.2193-2200, 2004.

VIDAL JUNIOR, M. V. (2000) **Técnicas de Determinação de Digestibilidade e Determinação da Digestibilidade de Nutrientes de Alimentos para Tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Viçosa MG, Universidade Federal de Viçosa - YFV, p.96.

VIDAL JÚNIOR, M.V.; DONZELE, J.L.; CAMARGO, A.C.S.; ANDRADE, D.R.eSANTOS,L.C. Níveis de proteína bruta para tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) dos 30 aos 250 g de peso vivo. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v.27, n.3, p.421-426, 1998.

WARD-CAMPBELL, B.M.S. et al. Morphological characteristics in relation to diet in five coexisting Thai fish species. **Journal of Fish Biology**, v.67, n.5, p.1266-1279, 2005.

WASSEF, E. A.; WAHBY, O. M.; SAKR, E. M. Effect of dietary vegetable oils on health and liver histology of gilthead seabream (*Sparus aurata*) growers. **Aquaculture Research**, v. 38, n. 8, p. 852-861, 2007

WATANABE, T. *et al.* Digestive crude protein contents in various feedstuffs determined with four freshwater fish species. **Fish. Sci.**, Tokyo, v.62, n.2: p.278-282. 1996.

WEBSTER, C.D.; *et al.* Growth and body composition of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed diets containing various percentages of canola meal. **Aquaculture**, v.150, p.103-112, 1997.

WILSON R.W., WOOD C.M., GONZALEZ R.J., PATRICK M.L., BERGMAN H.L., NARAHARA A. e VAL A.L., 1999. Ion acid-base balance in three species of Amazonian fish during gradual acidification of extremely soft water. **Physiological and Biochemical Zoology**, 72: 277-285.

WILSON, R.P. Amino acids and proteins. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (editors). **Fish Nutrition**. Ed. Academic Press, 3^aed., 823p.

WONDRA, K. J., J. D. HANCOCK, K. C. BEHNKE, R. H. HINES, and C. R. STARK. 1995a. Effects of particle size and pelleting on growth performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs. **J. Anim. Sci.** 73:757.

WONDRA, K. J., J. D. HANCOCK, K. C. BEHNKE, and C. R. STARK. 1995b. Effects of mill type and particle size uniformity on growth performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs. **J. Anim. Sci.** 73:2565.

WOYNAROVICH, E. **Tambaqui e pirapitinga : Propagação artificial e criação de alevinos**. Brasília, CODEVASF, 1986. 86p.

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

YANCEY, D.R.; MENEZES, J.R.R. **Manual de criação de peixes**. 1.ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1983. 117p.

YILMAZ, E.; GENÇ, M.A.; GENÇ, E. Effects of dietary mannan oligosaccharides on growth, body composition, and intestine and liver histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Israeli Journal of Aquaculture**, v.59, p.182-188, 2007.

ZANIBONI FILHO, E.; MEURER, S. Limitações e potencialidades do cultivo de tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) na região subtropical do Brasil. **Boletim Instituto Pesca**, v.24(especial), p.169-172, 1997.

ZANOTTO, D.L. *et al.* Granulometria do milho na digestibilidade das dietas para suínos em crescimento e terminação. **R Soc Bras Zootec**, v.24, n.3, p.428-436, 1995.

ZONOTTO, Dirceu Luíz. **Nutrição é melhor com granulometria correta**. Disponível em: <<http://www.bichoonline.com.br/artigos/aa0008.htm>>. Acesso em: 12 jan. 2008.

ZANOTTO, D., NICOLAIEWSKY, S., FERREIRA, A.S *et al.* **Granulometria do milho em rações e desempenho de suínos em crescimento e terminação**. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, 1992, Lavras. Anais... Lavras: SBZ, 1992. p.373.

ZONOTTO, Dirceu Luíz; GUIDONI, Antônio Lourenço; PIENIZ, Luiz Carlos. **Instrução técnica para o suinocultor:** Granulometria do milho em rações para engorda de suínos. EMBRAPA. Disponível em: <www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=publicacoes&cod_publicacao=239>. Acesso em: 20 nov. 2007.

ZONOTTO, Dirceu Luíz; BRUM, Paulo A. R. de. **Adequando a moagem do milho as rações.** EMBRAPA. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=artigos&cod_artigo=234>. Acesso em: 16 out. 2007.

ZANOTTO, D.L., ALBINO, L.F.T., BRUM, P.A.R., FIALHO, F.B. **Efeito do grau de moagem no valor energético do milho para frangos de corte.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23, 1994, Maringá. Anais... Maringá: SBZ, 1994. p.57.

ZANOTTO, D.L. et al., **Granulometria do milho em dietas para suínos nas fases de crescimento e terminação.** Comunicado Técnico n.232 : Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, 1999.

ZARATE, D.D.; LOVELL, R.T. Effects of feeding frequency and rate of stomach evacuation on utilization of dietary free and proteinbound lysine for growth by channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture Nutrition**, v.5, p.17-22, 1999.

ZUANON, J.A.S.; HISANO, H.; FALCON, D.R.; SAMPAIO, F.G.; BARROS, M.M; PEZZATO, L.E. Digestibilidade de alimentos protéicos e energéticos para fêmeas de beta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.987-991, 2007.