

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM

**Programa Integrado de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos
Naturais**

**RESÍDUO DA CASTANHA DA AMAZÔNIA (*Bertholletia excelsa*) COMO
INGREDIENTE EM RAÇÕES PARA JUVENIS DE TAMBAQUI (*Colossoma
macropomum*)**

CÉSAR AUGUSTO OISHI

**Manaus, AM
2007**

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM

**Programa Integrado de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos
Naturais**

**RESÍDUO DA CASTANHA DA AMAZÔNIA (*Bertholletia excelsa*) COMO
INGREDIENTE EM RAÇÕES PARA JUVENIS DE TAMBAQUI (*Colossoma
macropomum*)**

**CÉSAR AUGUSTO OISHI
ORIENTADOR: Dr. MANOEL PEREIRA FILHO**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Biologia de Água Doce e Pesca Interior.

**Manaus, AM
2007**

FICHA CATALOGRÁFICA

O39

Oishi, César Augusto

Resíduo da castanha da Amazônia (*Bertholletia excelsa*) como ingrediente em rações para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) / César Augusto Oishi . --- Manaus : [s.n.], 2007. 60 f.

Dissertação (mestrado)-- INPA/UFAM, Manaus, 2007

Orientador : Manoel Pereira Filho

Área de concentração : Biologia de Água Doce e Pesca Interior

1. Tambaqui – Alimentação e rações. 2. Aqüicultura. 3. Substituição de ingredientes. 4. Desempenho produtivo. 5. Digestibilidade. I. Título.

CDD 595.742

Sinopse:

Foram analisados os índices produtivos do tambaqui e os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e nutrientes das rações experimentais com diferentes níveis de farinha de resíduos da castanha da Amazônia (FCA): 0,0; 10,0; 20,0; 30,0%. O aumento do teor de lipídio na carcaça observado nas análises de composição corporal é proporcional ao aumento dos níveis de inclusão de FCA. Os valores de desempenho produtivo e coeficientes de digestibilidade das rações indicam que, nas condições deste experimento, a inclusão de até 30% de FCA permite excelentes índices produtivos.

**Aos meus pais, Walter e Maria Inês,
irmãos, Jéssica e Fábio e avós,
Ângelo e Anézia, pelo amor, pela família.**

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao INPA pela oportunidade de realização de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, pelo suporte financeiro prestado através da bolsa e pelo financiamento do projeto que originou este trabalho.

A UFAM pelo convênio com o INPA para pesquisa.

Ao Dr. Manoel Pereira Filho, pela orientação e acima de tudo pela confiança, amizade e apoio imprescindível para conclusão do trabalho.

A Sra. Maria Inês de Oliveira Pereira pela dedicação e raça nas análises bromatológicas.

A Dra. Elizabeth Gusmão pela confiança na utilização do LAFAT.

Ao Sr. Atílio Storti Filho, responsável por todo espelho de água do CPAQ.

A Sra. Suzana Kawashima pela disciplina e carinho com todos no ambiente de trabalho.

A Sra. Maria de Fátima dos Santos pela amizade e apoio gastronômico.

Aos plantonistas, em especial ao Marquinhos Makiyama, pela preocupação e bem estar dos peixes nas madrugadas.

Aos “meninos” (funcionários da CPAQ), sempre prestativos e dispostos a colaborar com os trabalhos realizados.

Ao Dr. José de Castro Correia, da UFAM e ao Dr. Roberto Figliuolo, do INPA/CPPN, pelo tempo desprendido e equipamentos utilizados no processamento da castanha.

Aos colegas Flávio Augusto Leão da Fonseca, Cristhian Amado Castro Pérez e Daniel Rabello Ituassú, pelo amadurecimento das idéias, novas perspectivas apresentadas e paciência desprendida.

Às colegas Elenice Martins Brasil e Jaqueline Andrade pela ajuda nas análises de água.

À estagiária Aline Simionatto pela ajuda, dedicação e interesse no experimento.

Aos colegas da CPAQ: Eduardo Braga Fernandes, Fábio Soller, Fábio Wegbecher, pelas risadas e troca de conhecimentos.

No mais, a todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, à realização desta Dissertação.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	7
2.1 OBJETIVO GERAL	7
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1. OBTENÇÃO DOS ANIMAIS	8
3.2. MANEJO DOS PEIXES.....	8
3.3. OBTENÇÃO DOS RESÍDUOS DA CASTANHA DA AMAZÔNIA	8
3.4. PROCESSAMENTO DOS RESÍDUOS DA CASTANHA DA AMAZÔNIA	9
3.5. ANÁLISES QUÍMICO-BROMATOLÓGICAS	9
3.6. ELABORAÇÃO DAS RAÇÕES EXPERIMENTAIS	11
3.7. PROTOCOLO EXPERIMENTAL.....	13
3.8. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA	13
3.9. BIOMETRIA	13
3.10. VARIÁVEIS DE DESEMPENHO PRODUTIVO	14
3.11. COMPOSIÇÃO CORPORAL	15
3.12. COLETA DE FEZES	15
3.12.1. Coletor.....	15
3.13. DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE	16
3.13.1. Óxido de Cromo (Cr_2O_3)	16
3.14. ANÁLISE ESTATÍSTICA	18
4. RESULTADOS.....	19
4.1. VARIÁVEIS DE DESEMPENHO PRODUTIVO	20
4.2. COMPOSIÇÃO CORPORAL	25
4.3. DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE	26
5. DISCUSSÃO	31
5.1. VARIÁVEIS DE DESEMPENHO PRODUTIVO	33
5.2. COMPOSIÇÃO CORPORAL	37
5.3. DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE	39
6. CONCLUSÃO	45
7. REFERÊNCIAS BIBIOGRÁFICAS	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise químico-bromatológica (%) dos ingredientes das rações experimentais para juvenis de tambaqui.	12
Tabela 2. Composição percentual das dietas experimentais com níveis crescentes de inclusão de farinha de resíduos de castanha da Amazônia (FCA) fornecidas para juvenis de tambaqui.	12
Tabela 3. Análise químico-bromatológica das rações experimentais com níveis crescentes de inclusão de farinha de resíduo de castanha da Amazônia (FCA).	19
Tabela 4. Média dos parâmetros de qualidade de água monitorados.....	20
Tabela 5. Valor médio e desvio padrão dos índices de desempenho produtivo..	20
Tabela 6. Influência das dietas experimentais sobre o ganho de peso dos juvenis de tambaqui nos diferentes períodos analisados (média e desvio padrão).....	21
Tabela 7. Valores da taxa de crescimento específico de juvenis de tambaquis alimentados com dietas contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de resíduo da castanha da Amazônia nos diferentes períodos analisados (média e desvio padrão).....	22
Tabela 8. Composição corporal de juvenis de tambaquis alimentados com dietas contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de resíduo da castanha da Amazônia.	26
Tabela 9. Composição centesimal (g/100g de MS) das amostras de fezes por tratamento dos juvenis de tambaqui.....	27
Tabela 10. Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes das rações contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de resíduo da castanha da Amazônia.	28
Tabela 11. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes da castanha da Amazônia.....	30

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Taxa de crescimento relativo de juvenis de tambaquis alimentados com dietas contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de resíduo da castanha da Amazônia nos diferentes períodos analisados.....23
- Figura 2. Conversão alimentar aparente (CAA) de juvenis de tambaquis alimentados com dietas contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de resíduo da castanha da Amazônia.....24
- Figura 3. Digestibilidade total das rações contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de resíduo da castanha da Amazônia em juvenis de tambaqui..29
- Figura 4. Energia digestível das rações contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de resíduo da castanha da Amazônia.30

RESUMO

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é uma espécie onívora, natural da bacia Amazônica, que possui elevado valor comercial. As características de rusticidade e desempenho produtivo destacam esta espécie para criação em cativeiro. Em criações comerciais, a alimentação pode corresponder de 50 a 70% dos custos de produção, sendo a proteína o nutriente mais caro. A farinha de peixe é a principal fonte de proteína usada nas rações comerciais para peixes. Seu custo alto estimulou à utilização de fontes alternativas de proteína como os alimentos de origem vegetal. Porém, a presença de fatores antinutricionais limita sua inclusão, por diminuírem a digestibilidade da proteína. Neste trabalho estudou-se o efeito da inclusão de níveis crescentes de farinha de resíduo de castanha da Amazônia (*Bertholletia excelsa*) sobre os parâmetros produtivos e a digestibilidade desse ingrediente teste, bem como os nutrientes das rações para juvenis de tambaqui. Neste experimento 300 peixes foram distribuídos em 15 cones de fibra de vidro, em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos de inclusão de farinha de resíduo da castanha da Amazônia (0,0; 10,0; 20,0; 30,0%) e três repetições, mais um tratamento para testar a digestibilidade do ingrediente. O método de coleta de fezes foi por decantação em coluna de água. Os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente das rações e do ingrediente encontrados foram acima do esperado para todos os tratamentos. Para as variáveis estudadas, não houve diferença significativa entre tratamentos, indicando que é possível a inclusão de até 30% de farinha de resíduo da castanha da Amazônia em rações para juvenis de tambaqui, sem prejudicar a performance dos peixes, apesar do aumento de gordura visceral nos tratamentos com maiores níveis de inclusão.

ABSTRACT

Tambaqui (*Colossoma macropomum*) is an omnivorous fish, native of the Amazon drain basin and has presented positive commercial value. Rusticity and high productive are characteristics that makes this species interesting for farming. In commercial fish culture, feeding represents about 50 to 70% of the total cost and protein is the most expensive nutrient. Fish meal is the main protein source for fish feed. This cost leads to the use of alternative sources, although anti-nutritional factors limit their inclusion in feeds. The lower protein digestibility is the main limitant factor. This work studied the effect of crescent inclusion levels of Brazil nut meal (*Bertholletia excelsa*) in feed for juvenile tambaqui. This study was carried out in the CPAq/INPA facilities. 300 juveniles were distributed in 15 plastic boxes in a completely randomized design with four treatments (0,0; 10,0; 20,0; 30,0 % of Brazil nut inclusion) and three replicates each and a treatment to test the ingredient digestibility. Feaces collection method used was a settling water column. Apparent digestibility coefficients of ingredient and rations were higher then expected for all treatments. No significant difference was found for all parameters among treatments, indicating that is possible the inclusion of 30% of Brazil nut meal for feed juvenile tambaqui.

1. INTRODUÇÃO

O intenso crescimento populacional tem aumentado a demanda por pescado e gerado maior pressão sobre os estoques naturais, diminuindo o desembarque nas proximidades dos grandes núcleos urbanos da Amazônia (Batista & Petreire Júnior, 2003). A piscicultura tem sido vista como atividade com potencial de mitigar os efeitos da exploração de algumas espécies de maior valor comercial (Saint-Paul, 1984; Pereira-Filho *et al.*, 1991; Cyrino & Grýschek, 1997). Fatores como a ausência de tecnologias de cultivo, falta de insumos, mão-de-obra especializada, deficiência de infra-estrutura e falta de assistência técnica aos criadores contribuem para a piscicultura ser considerada atividade de baixo peso econômico na região Amazônica.

A aqüicultura é praticada em todos os estados brasileiros, abrangendo as seguintes modalidades: piscicultura (criação de peixes), carcinicultura (camarões), ranicultura (rãs) e malacocultura (moluscos: ostras, mexilhões, escargot), além do cultivo de algas em menor escala. Dados oficiais do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA mostram que a produção nacional da piscicultura, em 2002 foi de aproximadamente 158.058 toneladas, correspondendo a 67,1% da produção total da aqüicultura, que foi de 235.640 toneladas (IBAMA, 2004).

A piscicultura regional é uma atividade promissora, quando considerado todo o potencial hídrico inexplorado (Val & Honczaryk, 1995), além de outros fatores, como características do solo, clima e diversidade ictiológica. Em 2004 houve produção de 4.775 toneladas de pescado proveniente da aqüicultura no estado do Amazonas (IBAMA, 2005). Dentre as espécies mais cultivadas está o tambaqui (*Colossoma macropomum*), o matrinxã (*Brycon amazonicus*) e recentemente o pirarucu (*Arapaima gigas*) (Ono, 2005).

O tambaqui possui grande potencial para a aqüicultura na Amazônia e é a principal espécie amazônica cultivada no Brasil (Saint-Paul, 1986). Estudos mostram o desempenho deste peixe em diferentes regimes de cultivo, apresentando características apropriadas para criação, como facilidade de produção de juvenis, rápido crescimento, resistência a baixos níveis de oxigênio dissolvido, hábito alimentar diversificado e rusticidade (Silva *et al.*, 1991; Hancz, 1993; Graef, 1995;

Rolim, 1995; Val *et al.*, 1998). É cultivado nos países amazônicos e em outros, como por exemplo, Estados Unidos, China e Taiwan (Araújo-Lima & Goulding, 1998).

O tambaqui, peixe teleósteo de água doce pertencente à ordem Characiformes, família Serrasalminidae, possui ampla distribuição na Bacia Amazônica (Géry, 1969). Pode atingir comprimento máximo de aproximadamente 100 centímetros. Na natureza há registros deste peixe atingindo peso ao redor de 30 quilos (Goulding & Carvalho, 1982). Os dentes molariformes lhe permitem triturar frutos, castanhas, sementes, caramujos, dentre outros alimentos que compõem a sua dieta natural, sendo considerado onívoro com tendência a frugívoro (Honda, 1974).

Um dos principais fatores que limitam a expansão da aquicultura é a formulação de rações balanceadas de baixo custo. A alimentação na piscicultura pode representar até 80% do custo de produção e a proteína é a mais onerosa na formulação de ração para peixes (Merola & Pagan-Font, 1988; Cheng *et al.*, 2003). A principal fonte de proteína em aquicultura é a farinha de peixe e as rações podem conter acima de 60% deste ingrediente (Lovell, 1989).

O desenvolvimento de dietas balanceadas para aquicultura que possuam alta rentabilidade depende da compreensão dos nutrientes básicos, processos de formulação de ração e métodos de medida da qualidade dos ingredientes que a compõem. A capacidade do animal para digerir e absorver estes nutrientes é variável, de acordo com a espécie, peso e tamanho corporal (Yusoff & McNabb, 1989). Outros fatores abióticos como temperatura da água, nível de arraçoamento, tamanho do pelete, quantidade e qualidade dos nutrientes, podem determinar o potencial de inclusão do ingrediente em dietas animais (Waldhoff *et al.*, 1996; Hossain *et al.*, 2000; Waldhoff & Maia, 2000; Sallum *et al.*, 2002).

Rações balanceadas, formuladas a partir de insumos de alta qualidade apresentam menor potencial poluente, possibilitam acréscimo de produção por unidade de área superior ao aumento no custo de produção, o que resulta em incremento da receita líquida obtida por área de cultivo (Roubach *et al.*, 2003). Dessa maneira, a produção de peixes se torna mais eficiente, pois a dieta fornece todos os nutrientes exigidos para o crescimento adequado e saúde dos peixes e para manutenção das funções fisiológicas do organismo (Kubitza, 1998).

A farinha de peixe é o ingrediente mais utilizado como fonte de proteína animal em rações para peixes (Hardy, 1999). O crescimento mundial da aquicultura

aumentou a demanda pela farinha de peixe, diminuindo os estoques naturais de peixe e forçando o aumento do preço. A produção deste ingrediente está diminuindo e espécies que atualmente são usadas para consumo humano serão utilizadas para fabricação da farinha.

O principal fator negativo na utilização deste ingrediente é o custo e a qualidade da farinha de peixe utilizada, que oscila dependendo da espécie e estado de conservação do pescado utilizado, apresentando variação quanto aos componentes nutricionais, presença de agentes patogênicos e toxinas (Naylor *et al.*, 2000). As rações elaboradas com base em proteína da farinha de peixe possuem teor de fósforo (P) acima das exigências estabelecidas pelo National Research Council - NRC (1993). Com isso, a parte não assimilada pelo peixe será excretada na água, diminuindo a qualidade dos efluentes e podendo levar a alterações nas características organolépticas da carcaça (Van Der Ploeg e Boyd, 1991; Van Der Ploeg & Tucker, 1994).

O suprimento limitado, a perspectiva de produção e o custo alto dos ingredientes atualmente utilizados, têm estimulado pesquisas sobre fontes alternativas de proteínas, prioritariamente por meio de ingredientes vegetais (Carter & Hauler, 1999). O uso de fontes de proteína animal ou vegetal mais baratas para substituir a farinha de peixe é uma área importante da pesquisa em nutrição de peixes (Webster *et al.*, 2000).

O farelo de soja é a principal fonte protéica utilizada nas dietas de organismos aquáticos (Boonyaratpalin *et al.*, 1998). O farelo de soja possui perfil de aminoácidos essenciais balanceados (Lim & Akiyama, 1992), ainda que possua anti-nutrientes, menor valor de energia digestível e carência de aminoácidos sulfurados (metionina e cistina), considerados limitantes nos produtos da soja, em vista da exigência desses aminoácidos para a maioria das espécies de peixes (NRC, 1993). O menor desempenho obtido com o uso da soja é atribuído à presença de inibidores de proteases, que reduzem a atividade das enzimas digestivas e aumentam a excreção de nitrogênio fecal (Krogdahl *et al.*, 1994).

Os produtos de origem vegetal podem sofrer grandes variações em seu valor de energia digestível, pela diferença nos teores de lipídios, tipo de processamento empregado para obtenção da matéria prima e seu efeito sobre a digestibilidade dos carboidratos (Allan *et al.*, 2000). A presença de fatores anti-nutricionais limita a sua

inclusão em dietas, além das proteínas geralmente deficientes em alguns aminoácidos essenciais (Francis *et al.*, 2001).

Uma fonte protéica pode ter conteúdo alto de proteínas e apresentar bom padrão de aminoácidos essenciais. Porém, apresentando digestibilidade baixa, a quantidade de cada aminoácido absorvido pode não atender às necessidades para o crescimento do animal (Webster *et al.*, 1991). Para ingredientes com valores de digestibilidade altos, há melhor aproveitamento de nutrientes.

A determinação da digestibilidade pode ser por meio de indicadores externos (óxido de cromo III e carbonato de bário) ou internos (cinza insolúvel em ácido, cinza insolúvel em detergente ácido, fibra bruta e fibra detergente ácido). O uso de indicadores externos inertes possibilita a utilização de água corrente, uma vez que as perdas de fezes podem ser calculadas, proporcionando significativa redução no estresse (Klontz, 1995).

O tambaqui consome, na natureza, aproximadamente 100 diferentes tipos de frutos e sementes, principalmente na época de cheia, quando ocorre na floresta inundada o processo de frutificação e liberação de sementes para dispersão e colonização de outras áreas e quando a disponibilidade de outros alimentos é escassa (Silva, 1997). As dietas artificiais podem ser formuladas baseadas em estudos sobre a alimentação natural do tambaqui (Pereira-Filho, 1995), pois revelam as exigências nutricionais no ambiente natural, sugerindo quais nutrientes devem ser incorporados em sua dieta (Goulding, 1993).

Resultados de estudos realizados com tambaqui demonstraram a possibilidade de substituição total de alimentos de origem animal, notadamente a farinha de peixe, por ingredientes de origem vegetal sem prejuízos ao desempenho do peixe (Van der Meer *et al.*, 1996; Van der Meer *et al.*, 1997). A inclusão de produtos regionais em dietas para tambaquis tem sido objeto de estudos (Ximenes-Carneiro, 1991; Roubach & Saint-Paul, 1994).

Alguns vegetais podem ser utilizados na alimentação de peixes pois são ricos em vitaminas e compostos com capacidades antioxidantes (Alceste & Jory, 2000). Fatores como sazonalidade, distribuição não-uniforme das espécies florestais, ausência de sistemas produtivos estabelecidos para a maioria dessas espécies, elevado preço de mercado da safra e a ausência de conhecimento sobre a eficiência nutricional desses ingredientes, resultam no baixo aproveitamento desses produtos como ingredientes na formulação de dietas (Guimarães & Storti Filho, 2004).

A região norte possui produção incipiente de produtos e resíduos agrícolas para o arraçoamento dos animais criados em cativeiro, aumentando os custos de produção devido à importação de outros estados (Pereira-Filho *et al.*, 1988). Ingredientes não convencionais estão disponíveis em grande quantidade na região e a utilização de produtos endêmicos viabiliza sua obtenção. O uso de resíduos e subprodutos associados à indústria alimentícia que contém proteínas com alto valor biológico tem sido alternativa para substituir parcialmente fontes de proteína animal.

A castanha da Amazônia (*Bertholletia excelsa*) é originária da América Latina, sendo encontrada em alguns estados da Bacia Amazônica e no Peru, Colômbia, Bolívia, Venezuela e Equador. Pertence à família *Lecythidaceae*, possui porte majestoso, medindo em média 30 metros, podendo alcançar mais de 50 metros de altura e cinco metros de diâmetro. Tem frutificação no período de janeiro a abril, sendo os frutos recolhidos após queda natural (Müller *et al.*, 1995). O fruto da castanheira, denominado pixídio ou ouriço, possui casca espessa, lenhosa e dura, com peso variável, podendo alcançar até dois quilos. Contém de 12 a 25 sementes cujo tamanho varia entre quatro a sete centímetros de comprimento, e após remoção da casca dura e rugosa é denominada castanha ou amêndoa.

A amêndoa possui elevado valor energético e é rica em proteínas de alto valor biológico (Souza & Menezes, 2004). Sun *et al.* (1987) verificaram que a semente de castanha da Amazônia contém aproximadamente 16% de proteína/peso úmido e 50% de proteína/peso seco de farinha desengordurada, concentração de aminoácidos sulfurados de aproximadamente 8,3%/peso de proteína, constituídos basicamente de metionina e cisteína. O alto teor de selênio na castanha, aproximadamente 35 mg/g, torna essa semente saudável e qualificada como importante antioxidante e imunoestimulante (Vonderheide *et al.*, 2002).

Para redução do elevado valor energético das amêndoas da castanha da Amazônia, elas são processadas para extração do material graxo, o que resulta em produto denominado torta, parcial ou completamente desengordurado, dependendo da metodologia aplicada (Souza & Menezes, 2004). Segundo Glória (1996), a torta da castanha da Amazônia possui 29,42% de proteína bruta e 42,21% de óleo, enquanto a torta desengordurada possui 47,64% de proteína e 1,18% de óleo, tornando-a candidata potencial à substituição de fontes protéicas de origem animal.

As castanhas quebradas ou apresentando defeito são descartadas e podem servir de matéria-prima para confecção da torta para utilização na alimentação

humana ou para extração do óleo. Atualmente, o estado do Amazonas é o maior produtor nacional de castanhas, representando, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 34% da produção nacional (IBGE, 2004). O resíduo da castanha pode ser adquirido nas indústrias por R\$ 0,20, devidamente embalado em sacos plásticos à vácuo.

O presente trabalho visa à valorização do resíduo da castanha da Amazônia que apresenta satisfatória composição química e valor nutricional para piscicultura. A utilização de matéria-prima mais barata e de fácil acessibilidade é essencial à região, visto que as rações industriais representam a parte mais custosa da piscicultura, além do fato dos resíduos industriais da castanha não serem aproveitados, sendo esta a saída mais rentável a pequenos piscicultores e alternativa interessante para as indústrias produtoras de ração.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Aproveitamento dos resíduos industriais da castanha da Amazônia para produção de rações para a piscicultura.

2.2. Objetivos específicos

Avaliar o desempenho produtivo e a composição corporal de juvenis de tambaqui alimentados com rações contendo diferentes níveis de inclusão de farinha de resíduos da castanha da Amazônia;

Avaliar a digestibilidade "*in vivo*" dos nutrientes de rações contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de resíduos de castanha da Amazônia, por juvenis de tambaqui;

Avaliar a digestibilidade "*in vivo*" do resíduo da castanha da Amazônia em ração para juvenis de tambaqui.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Obtenção dos animais

Os exemplares de tambaqui foram adquiridos na fazenda comercial Santo Antônio, Manaus/AM, e transportados para a Coordenação de Pesquisas em Aqüicultura - CPAQ do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.

3.2. Manejo dos peixes

Aproximadamente 1000 animais, com peso médio de meio grama (0,5 g), foram colocados em viveiro escavado de 24 m². Foram alimentados com ração comercial contendo 40% PB quatro vezes ao dia (8, 11, 14 e 17h), a taxa de alimentação de cinco por cento da biomassa. Os parâmetros físico-químicos da água foram monitorados diariamente às 6h (oxigênio dissolvido, temperatura, condutividade e pH). Os animais permaneceram nestas condições durante 60 dias. Após a despesca, os animais foram transportados para o galpão em baldes de 60 litros com sal iodado diluído na proporção de três ppm como ação profilática onde foi realizado o experimento.

Os animais foram aclimatados às condições experimentais por dez dias, em três tanques de alvenaria de quatro metros cúbicos, com renovação de água e aeração constante até que se observou retomada da sua atividade normal de alimentação. Foi feita a biometria inicial e separação dos peixes em lotes homogêneos, quanto a peso e comprimento, nas unidades experimentais. Os peixes ficaram em jejum durante 24 horas, depois foram alimentados com ração experimental (32% PB), fornecida perto a saciedade aparente durante dois dias, e no dia seguinte iniciou-se o experimento.

3.3. Obtenção dos resíduos da castanha da Amazônia

Foram utilizados resíduos da castanha da Amazônia, adquiridos junto a Associação dos Castanheiros da Amazônia, em conjunto com a Cooperativa Agroextrativista de Xapuri (Caex) e a Cooperativa Mista de Produção Agropecuária e Extrativismo dos municípios de Epitaciolândia e Brasiléia (Capeb), estado do Acre. Após a seleção das castanhas para importação, os resíduos foram moídos,

prensados e embalados a vácuo para assegurar a qualidade do produto, evitando a decomposição, produção de aflatoxinas e também a aquisição de resíduos estragados. Foram transportados via aérea para Manaus e armazenados em freezer para análises químico-bromatológicas. O valor do resíduo de castanha da Amazônia, parcialmente desengordurado, é de R\$ 0,20/kg.

3.4. Processamento dos resíduos da castanha da Amazônia

Os resíduos da castanha da Amazônia foram pesados e peneirados (malha de quatro milímetros) para obtenção de grãos de menor diâmetro. Foram novamente pesados e armazenados em freezer para posterior utilização nas rações experimentais.

3.5. Análises Químico-bromatológicas

As análises da composição centesimal das amostras dos resíduos da castanha, das rações experimentais, das fezes coletadas nos tratamentos e da composição corporal dos peixes inicial e após o experimento foram realizadas segundo a metodologia descrita pela A.O.A.C. (1995). Estas análises foram feitas no Laboratório de Nutrição de Peixes da CPAQ/INPA. As análises químico-bromatológicas dos ingredientes, dietas, fezes e carcaça foram feitas em triplicatas com base na matéria seca.

Umidade

A determinação de umidade foi realizada em duas etapas. A primeira a pré-secagem por meio de liofilização das amostras e posterior equilíbrio com a umidade ambiente e, a segunda, a determinação da matéria seca após a pré-secagem, pela perda de peso das amostras submetidas a aquecimento em estufa a 105°C até atingir peso constante. A umidade total foi obtida por meio da somatória da umidade resultante na liofilização e na estufa a 105°C.

Proteína bruta (PB)

A quantidade de proteína bruta (PB) presente nas amostras foi calculada por meio da determinação do nitrogênio total, método de micro-Kjeldahl, baseado nas concentrações de proteína bruta das amostras, obtidas multiplicando-se os valores de nitrogênio total pelo fator de conversão desses valores em proteína bruta ($N \times 6,25$), expressos em base seca.

Extrato etéreo (EE)

Os teores de extrato etéreo (fração lipídica) foram determinados por extração contínua com o solvente éter de petróleo em extrator intermitente (aparelho Soxhlet).

Cinza

As concentrações de cinza total foram determinadas em amostras incineradas em mufla a 550°C durante 3 horas.

Extrato não-nitrogenado (ENN)

Os valores do extrato não-nitrogenado das amostras foram calculados pela diferença entre a totalidade do peso seco de cada amostra menos os valores percentuais de PB, EE, FB e cinzas segundo as equações:

$$\text{ENN\%} = 100 - (\%UM + \%PB + \%EE + \%FB + \%CZ)$$

Sendo:

ENN = extrato não-nitrogenado;

UM = umidade;

PB = proteína bruta;

EE = extrato etéreo;

FB = fibra bruta;

CZ = cinza.

Energia bruta (EB)

A energia bruta (kcal/100g) de todas as amostras de ração e fezes foi estimada com base nos valores calculados de energia para proteína, extrato etéreo e carboidratos (5,64; 9,44; 4,11kcal/g, respectivamente), segundo N.R.C. (1993).

3.6. Elaboração das rações experimentais

Para elaboração das rações experimentais, a farinha da castanha da Amazônia e os demais ingredientes que compuseram as rações (disponíveis no comércio de Manaus, AM) foram moídos em moinho martelo com peneira, cuja malha apresentava dois milímetros entre/nós, e pesados em balança METTLER modelo P-1200 com capacidade de 1,2kg e 0,01g de precisão. A Tabela 1 apresenta as análises da composição centesimal dos ingredientes utilizados nas rações experimentais e a Tabela 2 apresenta a composição percentual das dietas. Os ingredientes foram misturados, umedecidos com água e em seguida processados em moedor de carne marca C.A.F. modelo 22-S com matriz de seis mm (peletização). A secagem dos peletes foi feita em estufa com circulação forçada marca Marconi, modelo MA 035, à temperatura constante de 30°C durante 24 horas.

Foram formuladas quatro dietas experimentais isocalóricas ($366,0 \pm 4,5$ kcal/100g) e isoprotéicas (36% PB), com níveis crescentes de inclusão da farinha de resíduos de castanha da Amazônia (0,0; 10,0; 20,0 e 30,0%). Para determinação da digestibilidade, as rações foram formuladas com as mesmas proporções de ingredientes, porém com inclusão de 0,5% de óxido de cromo III (Cr_2O_3).

Paralelamente foi formulada uma ração substituindo 30% da ração controle pela farinha de resíduos de castanha da Amazônia, sem balanceamento de nutrientes, com inclusão de 0,5% de óxido de cromo III para determinação da digestibilidade do ingrediente, segundo metodologia descrita por Bureau *et al.* (1999). Após a formulação das rações, foram coletadas amostras para determinação de sua composição centesimal e o restante guardado em sacos plásticos devidamente identificados e estocados em “freezer”.

Tabela 1. Análise químico-bromatológica (%) dos ingredientes das rações experimentais para juvenis de tambaqui.

Ingrediente	UM	CZ	EE	PB	FB	ENN
Farinha de Peixe	12,4	15,0	9,8	70,9	-	-
Farelo de Soja	10,2	6,5	2,5	49,9	5,1	25,8
Fubá de milho	10,5	0,6	4,1	9,1	1,8	73,9
Farinha de trigo	9,8	5,1	3,8	17,8	5,8	57,7
Castanha da Amazônia	2,3	5,3	48,8	22,7	4,9	16,0
Protenose	8,8	2,2	0,5	69,0	5,0	14,5
Óleo de soja	-	-	100,0	-	-	-
Suplemento vitamínico e mineral*	-	-	-	-	-	-

UM = umidade; CZ = cinza; EE = extrato etéreo; PB = proteína Bruta; F=fibra; ENN=extrato não-nitrogenado.

* Composição do suplemento vitamínico e mineral por kg: fósforo 0,5%; cobre 2,66mg; ferro 16,66mg; iodo 0,25mg; manganês 25mg; zinco 16,6mg; vit. A 3,33UI; vit. E 2UI; vit.C 1,000 ppm; vit. D3 800UI; vit B10,46mg; vit. B12 3,33mg; vit B2 1,66mg; vit K 0,52mg.

Tabela 2. Composição percentual dietas experimentais com níveis crescentes de inclusão de farinha de resíduos de castanha da Amazônia (FCA) fornecidas para juvenis de tambaqui.

Ingrediente (%)	Dieta experimental			
	Controle	10%	20%	30%
Farinha peixe	10,0	7,5	6,5	5,5
Farelo de Soja	37,0	36,5	35,0	34,5
Fubá de milho	13,0	10,0	6,0	3,0
Farinha de trigo	25,0	17,0	12,0	5,0
Castanha da Amazônia	0,0	10,0	20,0	30,0
Suplemento vitamínico e mineral	1,0	1,0	1,0	1,0
Protenose	14,0	15,0	15,0	15,0
Óleo de soja	0,0	3,0	4,5	6,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0
PB ração	36,7	36,2	36,0	36,0
EB* ração (kcal/100g)	367,6	371,0	365,4	360,3
EB:PB	10,0	10,2	10,1	10,0

EB=energia bruta; EB:PB= relação energia:proteína.

* Energia bruta calculada com base nos valores de energia para proteína = 5,64 kcal/g, extrato etéreo = 9,44 kcal/g e carboidrato = 4,11 kcal/g (NRC, 1993).

3.7. Protocolo experimental

O experimento foi realizado em quinze cones adaptados para estudos de nutrição de peixes (anexo), com volume útil de 200 litros, abastecidos com água de poço artesiano, com taxa de renovação diária de cinco por cento do volume total, e aeração constante. O experimento foi composto de quatro tratamentos com três repetições, de acordo com os diferentes níveis de inclusão da farinha de castanha da Amazônia, sendo estes 0,0; 10,0; 20,0 e 30,0%. O grupo controle foi o tratamento em que não houve inclusão de farinha de resíduos de castanha da Amazônia. Paralelamente a esse experimento, a digestibilidade da castanha foi determinada em três tanques perfazendo três repetições.

Foram alocados vinte juvenis de tambaqui, de aproximadamente $9,6 \pm 0,32$ cm e $29,0 \pm 2,73$ g, por unidade experimental, em delineamento inteiramente casualizado. Os tanques foram cobertos por rede de malha de 12 milímetros para evitar perda de animais. A alimentação dos animais foi efetuada duas vezes ao dia (9h e às 16h), durante 60 dias, até a saciedade aparente.

3.8. Parâmetros físico-químicos da água

A determinação do oxigênio dissolvido, temperatura e condutividade elétrica foram realizadas com aparelho digital YSI modelo 85, e o pH com aparelho YSI modelo 60, diariamente, sempre no período matutino, após a alimentação. Foram determinados os níveis de amônia total e nitrito semanalmente pelo método do endofenol e colorimetria, respectivamente.

3.9. Biometria

A biometria foi feita no início do experimento e em intervalos de trinta dias, sendo feitas no total três biometrias (inicial, 30 e 60 dias). As medidas do comprimento padrão dos peixes foram efetuadas com ictiômetro, precisão milimétrica e o peso dos animais em balança, com meio grama de precisão (Filizola MF-3, Indústrias Filizola S. A., São Paulo, SP, Brasil).

3.10. Variáveis de desempenho produtivo

Foram analisadas as seguintes variáveis:

Ganho de peso (GP)

$$GP = P_f - P_i$$

Sendo:

P_f = peso final (g);

P_i = peso inicial (g).

Taxa de crescimento específico (TCE)

$$TCE(\%) = 100 \times [(\ln W_t - \ln W_0)/t]$$

Sendo:

W_t = Peso em gramas no tempo t (final);

W_0 = Peso em gramas no tempo 0 (inicial);

t = Tempo de duração do experimento (dias).

Taxa de crescimento relativo (TCR)

$$TCR(\%) = 100 \times (P_f - P_i) / P_i$$

Sendo:

P_f = peso final;

P_i = peso inicial.

Conversão alimentar aparente (CAA)

$$CAA = \text{Quantidade de ração fornecida (g)} / \text{Ganho de peso (g)}$$

Taxa de eficiência protéica (TEP)

$$TEP = \text{Ganho de peso (g)} / \text{PB ingerida (g)}$$

Sendo:

PB = proteína bruta.

Utilização líquida de proteína (ULP)

$$ULP = PB_{\text{ganho}} / PB_{\text{consumido}}$$

Sendo:

PB_{ganho} = proteína bruta do ganho de peso (g);

$PB_{\text{consumida}}$ = proteína bruta consumida (g).

3.11. Composição corporal

Para medir os efeitos dos tratamentos na composição corporal dos peixes, dez juvenis de tambaqui foram escolhidos aleatoriamente no início do experimento. Ao final do experimento foram coletados três peixes de cada unidade experimental. Os peixes foram separados em sacos plásticos de três quilos devidamente identificados, congelados, triturados e liofilizados para as análises bromatológicas.

3.12. Coleta de Fezes

O método de coleta de fezes utilizado neste experimento foi por decantação na coluna da água. As fezes decantadas nos tubos coletores foram retiradas, homogeneizadas e congeladas em placas de Petri para posterior liofilização e análises bromatológicas. Os peixes foram alimentados com ração sem óxido de cromo III nos primeiros quinze dias do experimento. A seguir, esta ração foi substituída por ração equivalente, porém acrescida do marcador externo (óxido de cromo III), sendo a coleta de fezes efetuada após o quinto dia de arraçoamento. As coletas de fezes foram realizadas até a obtenção de material fecal suficiente para realização das análises bromatológicas, por volta de dez gramas de peso seco. Após o término das coletas de fezes, os peixes voltaram a receber ração sem óxido de cromo III.

3.12.1. Coletor

As fezes foram coletadas nos cones adaptados para estudos de nutrição de peixes. Estes cones são de fibra de vidro, com capacidade de duzentos litros cada, e na sua porção inferior, junto à saída de água, foi adaptado um sistema coletor de fezes constituído de juntas de PVC com registro hidráulico. A porção terminal do

coletor possui rosca para encaixe de pré-formas de garrafa pet com volume de 50ml. A metodologia de coleta foi descrita por Cho *et al.* (1985) e Cho (1987), e modificada por Cantelmo (1998).

3.13. Determinação da digestibilidade

A metodologia aplicada para determinação do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca e proteína bruta dos ingredientes da ração foi descrita por Cho *et al.* (1985) e Cho (1987).

A digestibilidade do ingrediente, no caso a castanha da Amazônia, foi determinada por intermédio da equação proposta por Bureau *et al.* (1999), que é a simplificação matemática da equação apresentada Forster (1996), Sigiura *et al.* (1998) e Forster (1999), substituindo 30% da ração padrão pelo ingrediente a ser testado.

3.13.1. Óxido de Cromo (Cr_2O_3)

As análises para determinação da concentração de óxido de cromo III nas amostras de rações e fezes foram realizadas por método colorimétrico, conforme metodologia descrita por Furukawa & Tsukahara (1966). O óxido de cromo III, utilizado como marcador inerte para análise de digestibilidade aparente por via indireta foi misturado às rações (0,5%) em cada tratamento (Ng & Wilson, 1997). A curva de calibração foi calculada a partir da digestão nitro-perclórica de amostras com concentrações conhecidas de óxido de cromo III. A leitura foi feita em espectrofotômetro, ajustado para 350nm de comprimento de onda. As concentrações de óxido de cromo III nas rações e nas fezes foram determinadas por meio da equação:

$$y = a + bx$$

sendo:

y = concentração ótica;

x = concentração de cromo na amostra.

Digestibilidade aparente de nutrientes (CDA_n) e energia CDA_{eb})

$$CDA_{n/eb} = 100 \times \left[1 - \frac{(\text{Cr}_2\text{O}_3_{\text{dieta}}) \times (\%f_{n/e})}{(\text{Cr}_2\text{O}_3_{\text{fezes}}) \times (\%r_{n/e})} \right]$$

Sendo:

$CDA_{n/eb}$ = Coeficiente de digestibilidade aparente de nutrientes e energia;

Cr_2O_3 dieta = % de óxido de cromo na ração;

Cr_2O_3 fezes = % de óxido de cromo nas fezes;

$\%f_{n/e}$ = % de nutriente ou energia nas fezes;

$\%r_{n/e}$ = % de nutriente ou energia na ração.

Digestibilidade total (DT)

$$DT(\%) = 100 - 100 \times \frac{\% \text{ de } \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ na ração}}{\% \text{ de } \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ nas fezes}}$$

Energia digestível (ED)

$$ED = Ed - [(Ef \times Id)/If]$$

Sendo:

Ed = energia da dieta;

Ef = energia das fezes;

Id = indicador na ração;

If = indicador nas fezes.

Digestibilidade do ingrediente (DI)

$$CDA_{\text{ingr}} = CDA_{\text{teste}} + ((1-s) Dr/sDi) (CDA_{\text{teste}} - CDA_{\text{controle}})$$

Sendo:

CDA_{ingr} = CDA do ingrediente testado;

$1-s$ = % da ração controle na ração teste;

Dr = % nutriente da ração teste;

s = % do ingrediente teste na ração;

Di = % nutriente do ingrediente teste;

CDA_{teste} = CDA da ração teste;

CDA_{controle} = CDA da dieta controle.

3.14. Análise Estatística

A homogeneidade dos peixes nas unidades experimentais, no início do experimento, foi aferida utilizando o teste de Cochran (Zar, 1996), ao nível de significância de 5%. Os valores das repetições do coeficiente de digestibilidade aparente das diferentes dietas experimentais, assim como os parâmetros de desempenho zootécnico foram submetidos à análise de variância (ANOVA) one way, com nível de significância de 5%.

Alguns parâmetros zootécnicos foram submetidos à análise de variância com medidas repetidas no tempo para comparar o desempenho em dois períodos distintos, sendo o período 1 considerando os primeiros trinta dias de experimento e o período 2 os trinta dias finais do experimento.

As médias analisadas que diferiram estatisticamente foram discriminadas por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$) (Zar, 1996).

4. RESULTADOS

A Tabela 3 apresenta a análise químico-bromatológica das rações experimentais.

Tabela 3. Análise químico-bromatológica das rações experimentais com níveis crescentes de inclusão de farinha de resíduo de castanha da Amazônia (FCA).

Dieta	Porcentagem de nutrientes nas rações experimentais							
	UM	CZ	EE	PB	FB	ENN	EB	EB:PB
Controle	5,5±0,1	5,7±0,2	8,2±5,4 ^a	39,9±0,5	4,1±0,1	36,2±2,6 ^a	426,4±2,3 ^a	10,7±0,1 ^a
10% FCA	5,5±0,1	5,6±0,1	13,8±0,1 ^b	39,2±1,1	4,6±0,1	31,3±2,1 ^b	453,6±1,1 ^b	11,5±0,0 ^b
20% FCA	5,5±0,2	5,4±0,1	18,5±1,2 ^c	39,4±0,0	4,4±0,1	26,8±2,5 ^c	479,1±1,2 ^c	12,2±0,0 ^c
30% FCA	5,5±0,4	5,5±0,2	24,4±0,9 ^d	39,5±0,5	3,3±0,1	21,9±1,7 ^d	513,3±3,1 ^d	13,0±0,1 ^d

UM = umidade; CZ = cinza; EE = extrato etéreo; PB = proteína Bruta; F=fibra; ENN=extrato não-nitrogenado; EB=energia bruta; EB:PB= relação energia:proteína

Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ($p < 0,05$).

Para a porcentagem de proteína bruta, as rações dos diferentes tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas significativas. Porém, os valores de proteína bruta ficaram acima do esperado. Para o extrato etéreo, todos os tratamentos mostraram diferenças estatísticas significativas, sendo o desvio padrão total entre os tratamentos de 6,39. A composição de carboidratos também diferiu significativamente em todos os tratamentos. Os resultados de energia bruta das rações estão expressos em kcal/100g. Todos os tratamentos apresentaram diferença significativa para os valores de energia bruta, assim como para a razão energia:proteína.

O valor médio e desvio padrão dos parâmetros físico-químicos da água analisados estão descritos na Tabela 4. Os parâmetros monitorados não apresentaram diferença estatística significativa entre os tratamentos.

Tabela 4. Média dos parâmetros de qualidade de água monitorados.

Parâmetro	Tratamento				
	Controle	10%	20%	30%	Ingrediente
OD (mg/L)	5,1 ± 0,2	5,0 ± 0,2	5,0 ± 0,0	4,9 ± 0,1	4,8 ± 0,2
Temperatura (°C)	27,4 ± 0,0	27,5 ± 0,0	27,5 ± 0,0	27,5 ± 0,0	27,4 ± 0,0
pH	5,2 ± 0,0	5,2 ± 0,2	5,2 ± 0,0	5,2 ± 0,0	5,1 ± 0,0
Condutividade (µS.cm-2)	21,3 ± 0,2	22,2 ± 0,9	21,9 ± 0,7	21,9 ± 0,4	20,9 ± 0,2
Amônia total (mg/L)	0,6 ± 0,2	0,5 ± 0,3	0,6 ± 0,3	0,5 ± 0,2	0,4 ± 0,2
Nitrito (mg/L)	0,01 ± 0,0	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,0	0,01 ± 0,0	0,01 ± 0,0

OD = Oxigênio dissolvido.

4.1. Variáveis de desempenho produtivo

As dietas contendo diferentes níveis de inclusão de FCA não proporcionaram diferenças estatísticas significativas ao final do experimento para as variáveis de desempenho produtivo analisadas. Não houve mortalidade durante o período experimental. A Tabela 5 apresenta os valores médios de ganho de peso, taxa de crescimento específico, taxa de crescimento relativo, conversão alimentar aparente, taxa de eficiência protéica e utilização líquida de proteína.

Tabela 5. Valor médio e desvio padrão dos índices de desempenho produtivo.

Parâmetro	Tratamento			
	Controle	10% de FCA	20% de FCA	30% de FCA
GP	33,3±2,4	27,4±4,7	31,0±3,5	27,7±4,3
TCE	2,2±0,2	2,0±0,2	2,05±0,3	1,9±0,3
TCR	113,6±7,7	94,0±16,7	105,8±11,8	94,7±14,9
CAA	1,0±0,1	1,0±0,1	1,0±0,0	0,9±0,0
TEP	2,8±0,1	2,8±0,2	2,8±0,1	2,9±0,0
ULP	0,7±0,0	0,6±0,1	0,6±0,0	0,7±0,2

GP = ganho de peso; TCE= taxa de crescimento específico; TCR= taxa de crescimento relativo; CAA= conversão alimentar aparente; TEP= taxa de eficiência protéica; ULP= utilização líquida de proteína.

Os resultados do ganho de peso dos peixes estão representados na Tabela 6. Foi analisado o ganho de peso dos peixes em duas fases distintas, sendo o experimento dividido em dois períodos de trinta dias cada, correspondendo as duas

biometrias. O período 1 compreendeu os primeiros trinta dias de experimento e o período 2 os trinta dias subsequentes.

Houve diferença significativa no ganho de peso dos peixes entre os períodos comparados (Tabela 6), ou seja, considerando o ganho de peso de todos os tratamentos em dois períodos. No primeiro período os peixes obtiveram média de ganho de peso significativamente maior que o segundo período, $18,4 \pm 3,1\text{g}$ e $10,6 \pm 2,0\text{g}$, respectivamente (média e desvio padrão). Porém, não houve diferença significativa no ganho de peso total dos peixes entre os tratamentos, quando comparado os dois períodos distintos.

Tabela 6. Influência das dietas experimentais sobre o ganho de peso dos juvenis de tambaqui nos diferentes períodos analisados (média e desvio padrão).

Dieta	GP	GP	GP
	Período 1(*)	Período 2(**)	Total (***)
	(g)	(g)	(g)
	0 - 30 dias	30 - 60 dias	0 - 60 dias
Controle	$21,5 \pm 2,8^a$	$11,8 \pm 0,9^b$	$33,3 \pm 2,4$
10%	$17,0 \pm 2,9^a$	$10,4 \pm 2,1^b$	$27,4 \pm 4,7$
20%	$19,9 \pm 3,1^a$	$11,2 \pm 3,8^b$	$31,0 \pm 3,5$
30%	$18,1 \pm 2,2^a$	$9,5 \pm 2,2^b$	$27,7 \pm 4,3$

GP = ganho de peso

* GP nos 30 dias iniciais do experimento

** GP nos 30 dias finais do experimento

*** GP nos 60 dias do experimento

Letras diferentes na mesma linha representam diferenças significativas ($p < 0,05$).

Os resultados para a taxa de crescimento específico dos peixes estão representados na Tabela 7. Não houve diferença significativa entre tratamentos ao final do experimento (taxa de crescimento específico total, após 60 dias) assim como entre os dois períodos analisados.

Tabela 7. Valores da taxa de crescimento específico de juvenis de tambaquis alimentados com dietas contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de resíduo da castanha da Amazônia nos diferentes períodos analisados (média e desvio padrão).

Dieta	TCE	TCE	TCE
	Período 1(*) (cm)	Período 2(**) (cm)	Total(***) (cm)
	0 - 30 dias	30 - 60 dias	0 - 60 dias
Controle	1,5 ± 0,2 ^a	0,8 ± 0,3 ^a	2,2 ± 0,2 ^a
10%	1,0 ± 0,4 ^a	0,9 ± 0,3 ^a	2,0 ± 0,2 ^a
20%	1,3 ± 0,2 ^a	0,7 ± 0,4 ^a	2,0 ± 0,3 ^a
30%	0,8 ± 0,3 ^a	1,1 ± 0,6 ^a	1,9 ± 0,3 ^a

TCE= Taxa de crescimento específico

* TCE nos 30 dias iniciais do experimento

** TCE nos 30 dias finais do experimento

*** TCE específico nos 60 dias do experimento

Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ($p < 0,05$).

Não houve diferença estatística para os valores totais, quando considerado o tempo total do experimento. Os valores referentes à taxa de crescimento relativo dos peixes entre os períodos comparados estão representados na Figura 1. Houve diferença significativa quando considerado os dois períodos distintos do experimento. No período 1, os peixes apresentaram crescimento relativo de 65%, superior quando comparado ao crescimento relativo dos peixes no período 2, com taxa de 23% (valores expressos em porcentagem).

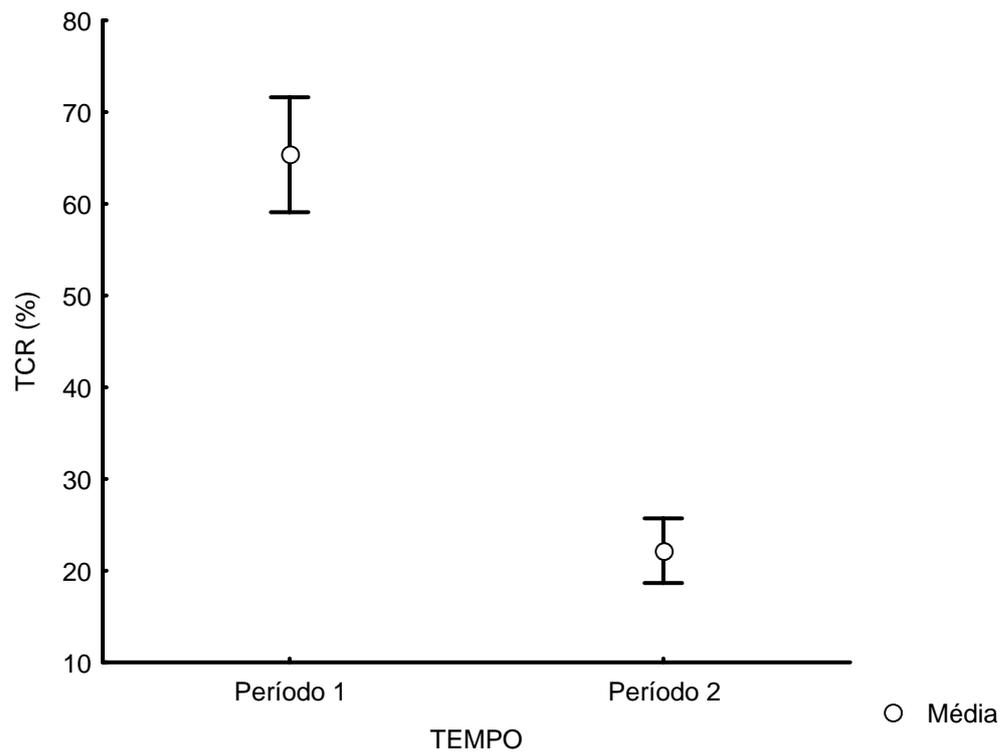


Figura 1. Taxa de crescimento relativo de juvenis de tambaquis alimentados com dietas contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de resíduo da castanha da Amazônia nos diferentes períodos analisados.

Os valores de conversão alimentar aparente (CAA) não apresentaram diferença significativa entre tratamentos ao final do experimento (Figura 2).

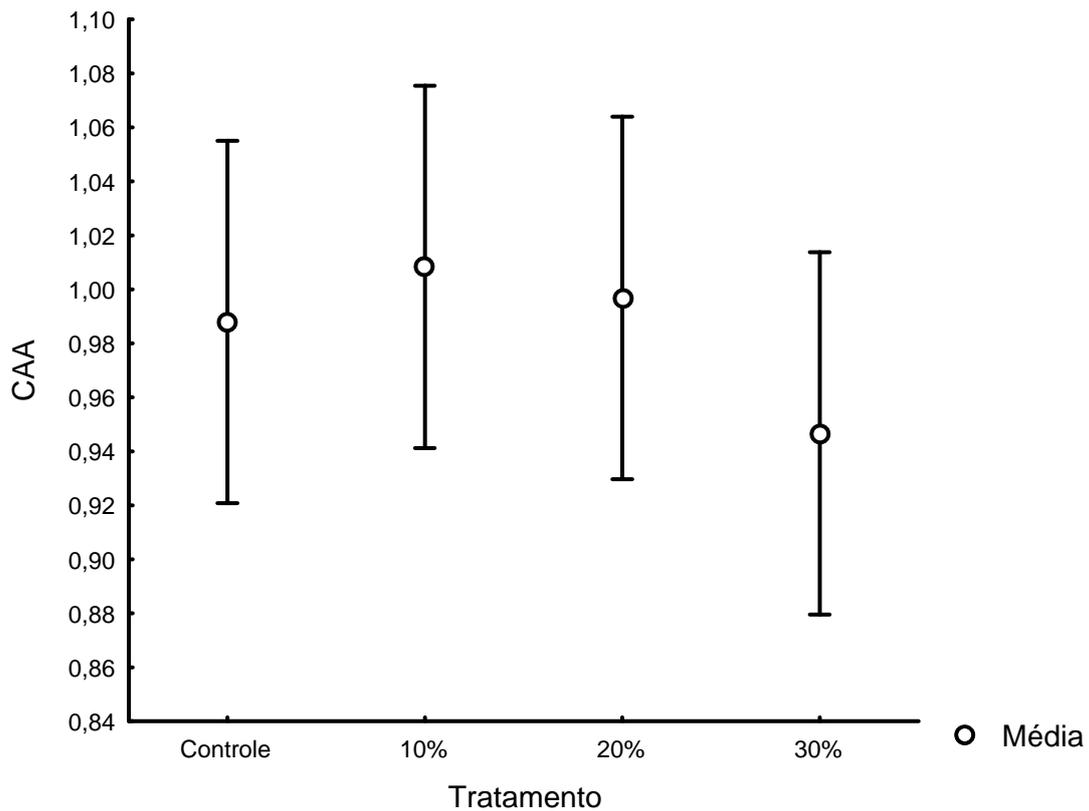


Figura 2. Conversão alimentar aparente (CAA) de juvenis de tambaquis alimentados com dietas contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de resíduo da castanha da Amazônia.

Não houve diferença significativa para a taxa de eficiência protéica (Tabela 5). Os peixes dos tratamentos controle, 10% e 20% de FCA apresentaram os mesmo valores (2,8), e os peixes do tratamento com 30% de FCA apresentou o valor de $2,9 \pm 0,1$.

Não houve diferença significativa para utilização líquida de proteína pelos peixes entre tratamentos com níveis crescentes de inclusão da FCA em rações para juvenis de tambaqui (Tabela 5).

4.2. Composição corporal

Os valores determinados (dados a 100% de matéria seca) na análise da composição corporal dos juvenis de tambaqui alimentados com as rações contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de castanha da Amazônia estão representados na Tabela 8. Não houve diferença significativa entre os valores de umidade nos peixes do início do experimento e demais períodos, assim como entre tratamentos.

Para os valores de proteína bruta, a composição dos peixes no início do experimento ($53,7 \pm 0,0\%$) foi estatisticamente igual ao tratamento contendo 10% de FCA ($53,1 \pm 2,3\%$), assim como os tratamentos contendo 20% e 30% de FCA ($48,6 \pm 1,0\%$ e $48,6 \pm 1,2\%$). Entretanto, o tratamento controle, sem inclusão de FCA, se apresentou diferente ($p < 0,05$) dos demais tratamentos, e também em relação à composição inicial dos peixes, com o maior valor de proteína bruta observado na carcaça dos peixes ($58,1 \pm 1,1\%$).

Para o extrato etéreo, não houve diferença significativa na composição corporal dos peixes no início do experimento e na dieta com ausência de FCA (tratamento controle), com valores de $24,4 \pm 1,0\%$ e $27,6 \pm 0,4\%$, respectivamente. Porém, estes tratamentos diferiram estatisticamente dos demais tratamentos. Os tratamentos com inclusão de 20,0 e 30,0% de FCA também não apresentaram diferenças significativas entre si, com valores de $38,6 \pm 0,7\%$ para 20,0% de FCA e $38,7 \pm 1,7\%$ para 30,0% de FCA, mas diferiram da composição de extrato etéreo dos outros tratamentos. O tratamento com 10,0% de FCA diferiu significativamente de todos os tratamentos, inclusive da composição de extrato etéreo inicial do experimento.

O valor mais alto de cinza foi encontrado na composição inicial dos peixes, com valor de $13,3 \pm 0,5\%$, diferindo significativamente de todos os tratamentos. O tratamento controle foi semelhante aos tratamentos com 10,0% e 20,0% de FCA, enquanto diferiu significativamente do tratamento com 30,0% de FCA. Os tratamentos com inclusão de FCA não apresentaram diferença estatística significativa para os valores de cinza.

Tabela 8. Composição corporal de juvenis de tambaquis alimentados com dietas contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de resíduo da castanha da Amazônia.

Tratamento	Dados a 100% de matéria seca			
	UM (%)	PB (%)	EE (%)	CZ (%)
Inicial	71,0 ± 1,0 ^a	53,7 ± 0,0 ^a	24,4 ± 1,0 ^a	13,3 ± 0,5 ^a
Controle	69,7 ± 1,5 ^a	58,1 ± 1,1 ^b	27,6 ± 0,4 ^a	9,5 ± 0,6 ^b
10% FCA	68,1 ± 0,1 ^a	53,1 ± 2,3 ^a	34,1 ± 2,4 ^b	9,0 ± 0,3 ^{bc}
20% FCA	66,5 ± 0,3 ^a	48,6 ± 1,0 ^c	38,6 ± 0,7 ^c	8,6 ± 0,8 ^{bc}
30%FCA	65,9 ± 0,5 ^a	48,6 ± 1,2 ^c	38,7 ± 1,7 ^c	7,8 ± 0,7 ^c

Inicial = análise centesimal dos peixes no início do experimento

UM = Umidade; PB = Proteína Bruta; EE = Extrato etéreo; CZ = Cinza

diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ($p < 0,05$)

Letras

4.3 Determinação da Digestibilidade

Os peixes foram alimentados com ração sem marcador externo (Cr_2O_3) na primeira quinzena do experimento, quando foram trocadas por rações marcadas com óxido de cromo III. As fezes foram coletadas durante trinta dias, quando a ração foi novamente trocada pela ração não marcada.

As coletas foram efetuadas ao longo do dia, com início às 11h e término às 22h. Após uma hora da alimentação matinal, o registro do sistema de coleta de cada unidade experimental foi aberto para descarte dos peletes não consumidos pelos peixes, evitando subestimar os coeficientes de digestibilidade. Após o fechamento do registro, foram encaixados os tubos coletores, seguindo o intervalo de coleta de uma hora. Na coleta, o registro foi fechado e os tubos coletores retirados, a quantidade de água em excesso descartada, as fezes depositadas em potes de plástico de 500 ml e armazenadas em freezer.

Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes das rações com níveis crescentes de inclusão de FCA, foram utilizados dados referentes à composição dos nutrientes e energia das fezes, apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Composição centesimal (g/100g de MS) das amostras de fezes por tratamento dos juvenis de tambaqui.

Nutriente	Tratamento			
	Controle	10%	20%	30%
Proteína bruta (%)	19,2	19,3	18,7	21,5
Extrato etéreo (%)	2,6	4,0	5,4	8,9
Extratos não nitrogenados (%)	57,3	56,4	54,4	49,6
Cinzas (%)	5,3	5,4	5,7	5,7
Energia Bruta (kcal/100g MS)	368,1	378,1	379,9	408,5

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes das rações experimentais estão representados na Tabela 10. Para a matéria seca o maior valor do coeficiente foi da ração com 10% de inclusão de FCA (86%). O tratamento controle ($77\pm 2,1\%$) e o tratamento com 20% de inclusão de FCA ($78\pm 1,7\%$) não apresentaram diferenças significativas entre si. Os tratamentos com 10% e 30% ($86\pm 0,4\%$ e $82\pm 0,8\%$, respectivamente) de FCA diferiram entre si, o mesmo ocorrendo entre o tratamento controle e o tratamento com 10% e 30% de inclusão de FCA. O coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca do tratamento com 20% de inclusão difere do coeficiente do tratamento com 30% de inclusão.

O coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo não diferiu entre os tratamentos analisados, sendo a média dos tratamentos de $94\pm 0,02\%$. O coeficiente de digestibilidade aparente protéica do tratamento com 10% de FCA foi de $93\pm 0,4\%$ e apresentou diferença significativa dos demais tratamentos, assim como para o extrato não-nitrogenado, que o tratamento com 10% de FCA apresentou coeficiente de digestibilidade aparente superior aos demais tratamentos.

Tabela 10. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca e dos nutrientes das rações contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de resíduo da castanha da Amazônia.

Dieta	CDA (%) dos nutrientes das rações			
	CDA <i>ms</i>	CDA <i>ee</i>	CDA <i>prot</i>	CDA <i>enn</i>
Controle	77±2,1 ^a	93±2,2 ^a	89±1,5 ^a	60±3,1 ^a
10% de FCA	86±0,4 ^b	95±0,4 ^a	93±0,4 ^b	73±1,7 ^b
20% de FCA	78±1,7 ^a	93±0,4 ^a	88±1,0 ^a	53±4,0 ^a
30% de FCA	82±0,8 ^c	93±0,2 ^a	89±0,9 ^a	55±1,6 ^a

CDA=Coeficiente de digestibilidade aparente.

ms=

matéria seca; *ee*= extrato etéreo; *prot*= proteína; *enn*= extrato não-nitrogenado.

Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ($p < 0,05$)

A digestibilidade total considera o quanto da ração foi digerido após passagem pelo sistema digestório (Figura 3). Os tratamentos controle e com 20,0% de inclusão de FCA não apresentaram diferenças significativas entre si (76,7±2,0% e 76,6±2,0%, respectivamente), e foram inferiores aos demais tratamentos. O tratamento com 10,0% de FCA foi o que apresentou melhor digestibilidade (85,9±0,3%) diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, enquanto o tratamento com inclusão de 30,0% de FCA, com valor de digestibilidade total de 81,1±0,8%, também diferiu dos demais tratamentos.

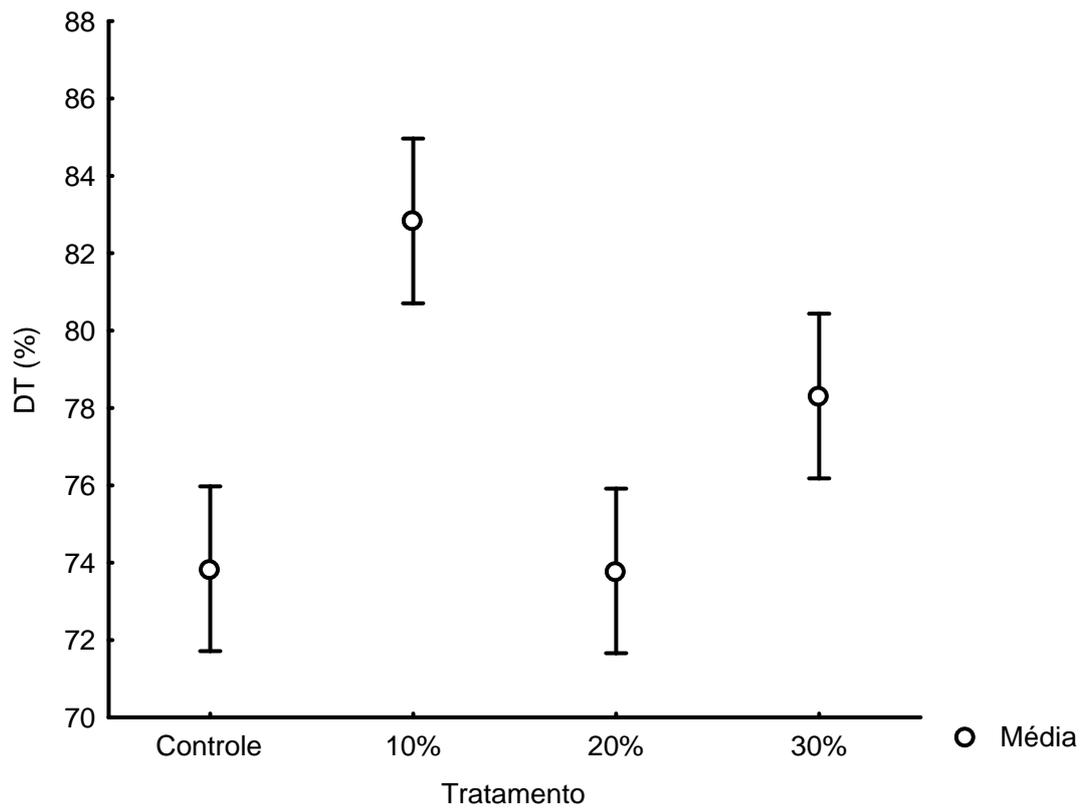


Figura 3. Digestibilidade total das rações contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de resíduo da castanha da Amazônia em juvenis de tambaqui.

Os valores obtidos para energia digestível para os tratamentos com 10,0% e 20,0% de FCA não diferiram estatisticamente entre si (Figura 4). O tratamento controle, com menor valor de energia digestível, e o tratamento com inclusão de 30,0% de FCA, com o maior valor, diferiram dos demais tratamentos.

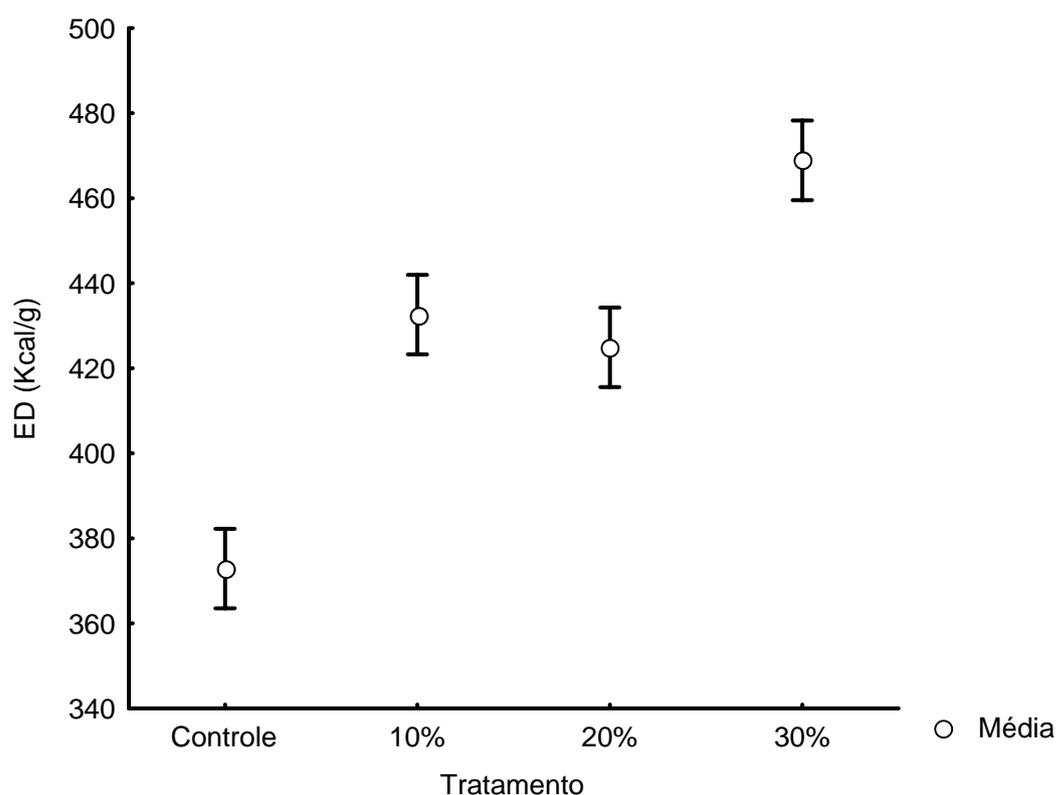


Figura 4. Energia digestível das rações contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de resíduo da castanha da Amazônia.

Os resultados dos coeficientes de digestibilidade aparente do resíduo da castanha da Amazônia estão representados na Tabela 11.

Tabela 11. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes da castanha da Amazônia.

Ingrediente	Coeficiente de Digestibilidade Aparente (%)			
	CDAm _s	CDA _{ee}	CDA _{prot}	CDA _{enn}
Castanha da Amazônia	87	93	95	37

CDA=Coeficiente de digestibilidade aparente.

ms= matéria seca; ee= extrato etéreo; prot= proteína; enn= extrato não-nitrogenado.

5. DISCUSSÃO

Os valores médios monitorados dos parâmetros físico-químicos da água não apresentaram variações acentuadas que pudessem interferir no desempenho dos peixes durante todo período experimental. O oxigênio é o segundo gás mais abundante dissolvido na água, superado apenas pelo nitrogênio, sendo o parâmetro de maior importância, pois os peixes não sobrevivem em sua ausência. A energia necessária para o metabolismo da maioria dos peixes provém da oxidação dos alimentos, produzindo dióxido de carbono e água no processo (Schimmedt-Nielsen, 1990).

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 4 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.

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 e 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*), onde, à temperatura de 27°C, os peixes ingeriram mais alimento (11,86g) do que à temperatura de 23°C (9,14g).

Bendiksen *et al.* (2003) encontraram diferenças significativas nos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína (90,8±0,4% vs. 91,2±0,4%) e do extrato etéreo (96,3±0,5% vs. 98,2±0,4%) para salmão (*Salmo salar*) submetido a temperaturas de 2 e 8°C, sendo a digestibilidade menor à 2°C. Kim *et al.* (1998) também encontraram diferenças nos coeficientes de digestibilidade do concentrado proteico de soja pela carpa comum (*Cyprinus carpio*) em temperaturas de 18 e 25°C.

A média da temperatura da água foi de $27,5 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ e não houve diferença significativa entre os tratamentos, sugerindo que a temperatura não influenciou os parâmetros experimentais. Este valor está na média de conforto para esta espécie, que segundo Cyrino & Kubitzka (1996) está entre 25 e 32°C .

Quando o peixe é exposto a pH ácido, a quantidade de muco nas brânquias aumenta, interferindo as 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 tamoatá (*Hoplosternum litorale*).

Neste trabalho não foram encontradas diferenças significativas para os valores de pH entre os tratamentos, oscilando pouco entre as médias ($5,2 \pm 0,1$). O tambaqui habita naturalmente águas com pH ácido (Araújo-Lima & Goulding, 1998) e os valores encontrados apresentaram-se dentro dos limites da zona de conforto dos peixes. Valores próximos de pH ($5,92 \pm 0,08$) foram reportados por Chagas & Val (2003) em condições experimentais semelhantes, testando a suplementação de vitamina C em rações para tambaqui (*Colossoma macropomum*). Melo *et al.* (2001) encontraram pH da ordem de 7,5 para produção de alevinos avançados em viveiros de argila/barragem sem troca de água e pH 6,7 nos viveiros de engorda para tambaqui no estado do Amazonas. Izel & Melo (2004) encontraram valores de pH 7,5 para engorda de tambaquis em viveiros escavados.

A condutividade elétrica da água é uma medida da habilidade de condução de cargas elétricas. Está diretamente relacionada à salinidade da água, que influencia o equilíbrio osmótico dos peixes. A condutividade elétrica média entre os tratamentos não apresentou diferença que pudesse afetar o equilíbrio osmótico dos peixes durante o período experimental.

A amônia é o principal composto nitrogenado excretado por peixes, constituindo cerca de 80-90% dos produtos excretados (Jobling, 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 que aumente 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 NH_3/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.

O Nitrito (NO_2^-) é a forma ionizada do ácido nitroso (HNO_2). É formado pela oxidação da amônia por bactérias nitrificantes transformada em nitrito e depois em nitrato (NO_3), composto tóxico aos peixes. Em regiões tropicais, com temperaturas mais elevadas, a atividade das bactérias nitrificantes é favorecida (Hargreaves, 1998), há aumento da taxa metabólica dos peixes e, conseqüentemente, redução da quantidade de oxigênio dissolvido na água (Fernandes & Rantin, 1989).

O nitrito oxida o grupo heme-ferro da hemoglobina, transformando para forma ferrosa e produzindo a meta-hemoglobina, que não pode se ligar ao oxigênio, comprometendo a capacidade de transporte deste gás. A depreciação dos parâmetros hematológicos (Williams *et al.*, 1997) pode afetar a sobrevivência e o crescimento dos peixes. Para o nitrito, não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos. Portanto, a capacidade de difusão do oxigênio não foi alterada durante todo o período experimental, devido a concentrações altas de nitrito e, conseqüentemente, não houve influência nas variáveis mensuradas.

O abastecimento contínuo das unidades experimentais, com taxa alta de renovação de água e aeração constante, propiciou a estabilidade dos parâmetros físico-químicos da água, que permaneceram dentro dos níveis considerados adequados para o desenvolvimento do tambaqui (Castagnolli & Cyrino, 1986; Boyd, 1990; Sipaúba-Tavares, 1995).

5.1. Variáveis de desempenho produtivo

O ganho de peso dos peixes expressa o ganho de massa corporal ao longo do tempo. Para o ganho de peso total, após sessenta dias experimentais, não houve diferença estatística significativa entre os pesos dos peixes submetidos aos

diferentes tratamentos. Isso sugere que a inclusão de até 30,0% de FCA não influenciou o crescimento em biomassa dos peixes.

Os altos valores de desvio padrão nos tratamentos com 10,0% e 30,0% de FCA ($27,4 \pm 4,7g$ e $27,7 \pm 4,3g$, respectivamente) mostram desigualdade de ganho de peso nas réplicas destes tratamentos. Pode ter ocorrido dominância de alguns peixes maiores dentro das unidades em relação ao consumo de alimento. O alto valor do desvio padrão nestes tratamentos pode ter relação com a ausência de diferença significativa entre os tratamentos, visto a pequena diferença entre as médias dos tratamentos (33,3; 27,4; 31,0 e 27,7g).

A diferença significativa ocorreu entre os dois períodos do experimento, onde o maior ganho de peso no período 1 está relacionado à taxa metabólica. Peixes menores possuem taxa metabólica mais alta comparada à de peixes maiores, quando considerado o gasto de energia por unidade de peso (Baldisserotto, 2002). Portanto, o consumo de alimento é maior em peixes menores, de modo a satisfazer suas exigências metabólicas e, conseqüentemente, maior taxa de crescimento.

A taxa de crescimento específica expressa o ganho de tamanho (comprimento) do animal após determinado período de tempo. O resultado obtido nesta pesquisa sugere que a inclusão de até 30,0% de FCA em rações para tambaqui não influenciou no tamanho final dos peixes após sessenta dias de alimentação.

Do mesmo modo que o ganho de peso, o incremento de tamanho dos peixes foi maior no período 1. Isto, devido à maior taxa metabólica dos peixes nesta fase (Baldisserotto, 2002). A ausência de diferenças significativas para a taxa de crescimento específico, após sessenta dias, pode ter ocorrido devido ao curto período experimental.

A equação da taxa de crescimento relativo é válida para peixes jovens observados por um curto período de tempo, pois há redução dessa taxa à medida que o peso corporal aumenta, sendo a taxa de crescimento relativo subestimada para peixes maiores (Baldisserotto, 2002). A taxa de crescimento relativo é expressa em porcentagem do ganho de peso dos peixes após determinado período. Pode-se afirmar que os peixes dobraram sua biomassa após os sessenta dias de experimento, com média geral de $102,0 \pm 8,2\%$.

Valores deste parâmetro para os tratamentos de 10 e 30% de inclusão de FCA não apresentaram diferenças estatísticas para os demais tratamentos devido

ao alto valor de desvio padrão nestas unidades. O consumo desigual de ração pelos peixes nas réplicas dos tratamentos de 10% e 30% de FCA contribuiu para aumentar o desvio padrão destes tratamentos. Da Silva *et al.* (1984), em condições experimentais semelhantes, avaliaram a eficiência do milho (*Zea mays*) na alimentação de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) e o resultado de ganho de peso relativo dos peixes foi 118%.

A conversão alimentar aparente significa quanto de ração se consome para cada quilo de peixe produzido. Melhores taxas de conversão alimentar aparente são desejadas no cultivo de peixes, visto que quanto menos alimento o animal consumir sem interferir na sua taxa de crescimento, mais rentável se torna a produção. O aporte ideal de nutrientes em rações corretamente balanceadas potencializa a alimentação dos peixes, sem que haja consumo desnecessário de ração. O suprimento dos nutrientes conforme a demanda de cada espécie depende do conhecimento da biologia do peixe e das exigências nutricionais.

Quanto maior o peixe, menor a ingestão e pior a conversão alimentar. Neste trabalho, todos os tratamentos apresentaram bons índices de conversão alimentar, atribuídos às boas condições de qualidade de água nas unidades experimentais, ao manejo alimentar e à qualidade das dietas experimentais.

Por serem animais pecilotérmicos, as espécies de clima tropical possuem melhores taxas de conversão alimentar, pois apresentam atividade metabólica diretamente relacionada à temperatura da água. O aumento da temperatura da água promove aumento da taxa de crescimento, enquanto as exigências para manutenção das atividades metabólicas permanecem constantes, permitindo que a energia ingerida como alimento seja utilizada para o crescimento (Cho, 1987; Lovell, 1989).

Page & Andrews (1973) constataram que a alta relação energia:proteína na dieta resultou na diminuição do consumo voluntário de alimento para o bagre de canal (*Ictalurus punctatus*), uma vez que os peixes atingem a saciedade antes de ingerir a quantidade de proteína de que necessitam. Neste trabalho não foi verificado diminuição do consumo de ração nos tratamentos com níveis de inclusão de até 30% de FCA.

A taxa de eficiência protéica mensura a capacidade de aproveitamento da proteína consumida pelo animal. Os resultados mostraram que a proteína contida nas dietas foi utilizada de forma semelhante pelos peixes, independente do nível de

inclusão de FCA. Para a utilização líquida de proteína, os resultados mostraram que houve retenção de proteína pelos tecidos, caracterizando o crescimento do animal.

Vários estudos a respeito da substituição de determinados ingredientes que normalmente integram as rações, por fontes alternativas de ingredientes, são reportados, como a ervilha (Gomes *et al.*, 1993; Pfeffer *et al.*, 1995), tremoço (De la Higuera *et al.*, 1988; Moyano *et al.*, 1992) e diversas sementes (Stickney *et al.*, 1996). Alguns trabalhos indicaram a potencialidade da substituição de ingredientes para peixes onívoros. Viola *et al.* (1981) relataram a substituição da farinha de peixe pelo farelo de soja em até 50%, na alimentação de carpas (*Cyprinus carpio*), sem efeitos negativos ao desempenho dos peixes.

Saint-Paul (1985) avaliou a eficiência do arroz bravo (*Oryza glumaepatula*), que possui 9,1% proteína bruta, sobre o desempenho no crescimento do tambaqui e encontrou diferenças no ganho de peso e na conversão alimentar, comparadas à dieta controle, que apresentou melhor desempenho. A diminuição de custos foi enfatizada por Saldaña & Lopez (1988), que substituíram o arroz, trigo e milho por arroz polido, farelo de trigo e glúten de milho em dietas para tambaqui à base de pasta de soja e cereais, com 29% de proteína bruta e 3500 kcal/kg. Não houve diferenças significativas para a produtividade e rendimento da espécie.

Os índices de desempenho produtivo para o tambaqui não foram alterados no estudo de Mori-Pinedo *et al.* (1999), que substituíram o fubá de milho pela farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*), não influenciando significativamente o crescimento, o peso e a composição corporal. Shiau & Kwok (1989) verificaram que o crescimento e a conversão alimentar de tilápias (*Oreochromis mykiss*) foram reduzidos quando a dieta continha valores altos de fibra de diferentes fontes. Na presente pesquisa, os valores de fibra observados neste experimento são considerados baixos para o tambaqui e não tiveram influência nos índices de desempenho.

Kohla *et al.* (1992) avaliaram a eficiência da utilização de proteína de fontes vegetais em juvenis de tambaqui. Concluíram que o crescimento dos peixes quando receberam ração com 50% de proteína vegetal foi maior na dieta que não continha a farinha de peixe.

McGoogan & Gatlin (1997) observaram que o crescimento de alevinos de corvina vermelha (*Sciaenops ocellatus*) alimentados com farelo de soja foi prejudicado pela deficiência de aminoácidos sulfurados. A castanha da Amazônia possui alta concentração de aminoácidos sulfurados, principalmente metionina e

cisteína, com aproximadamente 8,3% do peso da proteína (Sun *et al.*, 1987). O resíduo de castanha utilizado neste experimento possui 22,7% de proteína bruta, valor superior aos frutos e sementes testados por Roubach (1991), que avaliou o efeito de quatro dietas à base de frutos e sementes sobre o crescimento, ganho de peso e composição corporal de alevinos de tambaqui. Concluiu que *Pseudobombax munguba* proporcionou melhor ganho em peso, provavelmente por apresentar maior porcentagem protéica (21,3% da MS) que *Hevea spp*, *Oryza sativa* e *Cecropia spp*.

Da Silva *et al.* (1984) avaliaram por meio do crescimento do tambaqui, a eficiência de uma dieta composta com 100% de torta de babaçu (*Orbignya martiana*) contendo 24% de proteína bruta. O ganho de peso foi de 448%, no período de 360 dias, ou seja, 74,4% nos primeiros sessenta dias. Este resultado é inferior ao encontrado nesta pesquisa, onde durante o mesmo período experimental os peixes obtiveram crescimento de 102,03%.

Os ingredientes de origem vegetal utilizados na alimentação dos peixes, como sementes de leguminosas, tortas de sementes oleaginosas e tubérculos, entre outros, são limitados devido à presença de grande variedade de substâncias antinutricionais (Francis *et al.*, 2001). A presença destes fatores no alimento pode resultar em crescimento reduzido e conversão alimentar ruim. No presente estudo, a ausência de alterações significativas das variáveis de desempenho produtivo sugere que a farinha de castanha da Amazônia não possui quantidade de fatores antinutricionais de maneira que afete os índices testados. O processamento para obtenção da farinha ou o processamento da ração pode ter destruído tais substâncias.

A deficiência em aminoácidos essenciais em peixes causa redução na utilização da proteína e retarda o crescimento, diminuindo o ganho de peso e a eficiência alimentar. Isso sugere que o resíduo da FCA, usados neste trabalho, supriu as exigências em aminoácidos essenciais para juvenis de tambaqui.

5.2. Composição corporal

O único tratamento em que não houve alteração na porcentagem inicial de proteína corporal dos peixes foi o tratamento contendo 10,0% de inclusão de FCA. Os tratamentos com maiores níveis de inclusão de FCA (20,0 e 30,0%) resultaram

em redução do teor protéico na composição corporal dos peixes, enquanto o tratamento controle apresentou maior concentração de proteína corporal.

A menor deposição de proteína na composição da carcaça dos peixes pode estar relacionada ao aumento na concentração de lipídios. Robinson & 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 & Kaushik, 1990).

Houve aumento na deposição de gordura corporal dos peixes conforme aumentados os níveis de inclusão de FCA nas rações. Observou-se que os peixes arraçoados com a dieta controle praticamente manteve o percentual de gordura corporal do início do experimento. O aumento da quantidade de FCA nos tratamentos elevou a quantidade de extrato etéreo das rações.

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*), Rojas & Verdegem (1994) para guapote (*Cichlasoma manguense*) e Brauge *et al.* (1995) para truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*).

Altas relações energia:proteína resultaram em maior deposição de gordura em tambaquis, que pode ser observado quando a quantidade de proteína bruta na dieta foi baixa comparada à energia. Eckman (1987) registrou aumento de 16% no teor de gordura corporal do tambaqui quando estes foram alimentados com ração contendo 25%.

Van der Meer *et al.* (1996) utilizaram rações com 20% de proteína e registraram teor de 18% de gordura na carcaça do tambaqui, enquanto houve deposição de 11% e 8% de gordura quando alimentados com rações contendo 30% e 40% de proteína, respectivamente. Roubach (1991) observou relação direta entre a composição corporal dos peixes e a composição dos frutos e das sementes que ingeriram, predominando a maior quantidade de extrato etéreo nos peixes que consumiram os alimentos mais energéticos.

Em condições de confinamento, como ocorreu neste estudo, quando os movimentos dos peixes foram restritos, houve aumento da deposição de gordura corporal. Lovell (1986) observou que peixes alimentados com baixa quantidade de

proteína na dieta usaram a energia sobressalente para acumular gordura visceral ao invés de incorporar proteína. Altos teores de gordura no alimento não são desejáveis, pois reduzem o rendimento de carcaça, a qualidade do pescado e o tempo de prateleira dos produtos processados, além de possuir baixa aceitação pelo consumidor.

Tacon (1989) estimou as exigências de aminoácidos para peixes baseado na composição de aminoácidos da carcaça, sugerindo sua aplicação para elaboração de dietas para as diferentes espécies. Dietas com níveis adequados de aminoácidos digestíveis reduzem a excreção de nitrogênio para o meio aquático (Furuya *et al.*, 2001).

A umidade é inversamente proporcional à quantidade de lipídio na carcaça, conforme relatado por Moshen & Lovell (1990) para o bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) e Serrano *et al.* (1992) para corvina vermelha (*Sciaenops ocellatus*). Apesar de não terem sido constatadas diferenças significativas na umidade da carcaça dos peixes, houve diminuição dos valores de umidade conforme aumentou a deposição de lipídio na composição corporal ao final do experimento.

5.3. Determinação da digestibilidade

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 (Andrighetto *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 & Juancey, 1995; Jones & De Silva, 1997). É potencial indicador da energia e dos nutrientes disponíveis para o crescimento, manutenção e reprodução do animal.

A técnica de determinação da digestibilidade envolve o uso de marcador inerte como, por exemplo, o óxido de cromo III, incluído na dieta em concentrações de 0,5 a 1,0 % (Ng & Wilson, 1997). Considera-se que as quantidades do marcador no alimento e nas fezes permaneçam constantes durante o período experimental e

que todo o marcador ingerido aparecerá nas fezes. Existem críticas quanto ao uso do óxido de cromo III (Shiau & Liang, 1995; Urbinati *et al.*, 1998), contudo o óxido de cromo III é um indicador externo efetivo para estimar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos alimentos para tambaqui (Vidal *et al.*, 2004).

O intervalo de tempo entre coletas de uma hora 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 mesopotanicus*) o intervalo de coletas pode interferir nos resultados de digestibilidade de proteína em sistema semelhante de coleta.

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).

As comparações dos CDA entre espécies para qualquer ingrediente são comprometidas devido a diferenças na metodologia utilizada. Apesar de alguns autores reportarem similaridades nos coeficientes de digestibilidade mensurados por diferentes métodos de coleta (Cho *et al.*, 1982; Hajen *et al.*, 1993) outros observaram discrepância de resultados (Henken *et al.*, 1986).

A ração contendo 10,0% de FCA apresentou os maiores valores dos CDA para todos os nutrientes. Entretanto, as rações dos demais tratamentos apresentaram valores muito próximos, permitindo que sejam consideradas rações altamente digestíveis quando comparados a estudos de digestibilidade de rações contendo ingredientes similares aos utilizados neste estudo (Gaylord & Gatlin III, 1996; Joshua & Rebecca, 2000).

Para os valores da digestibilidade total das rações, que considera quanto da ração foi digerida pelo peixe, a ração contendo 10,0% de FCA se mostrou mais digestível, devido aos melhores resultados para os coeficientes de digestibilidade aparente de todos os seus nutrientes.

Georgopoulos & Conindes (1999) relataram que a energia digestível do carboidrato do milho aumentou como resultado dos processos de gelatinização do

amido. Segundo Stone *et al.* (2003), o menor valor para o coeficiente de digestibilidade aparente do amido cru, quando comparado ao amido gelatinizado, deveu-se à reduzida solubilidade e, conseqüentemente, o impedimento da ação da enzima alfa-amilase.

O milho utilizado na formulação das rações experimentais foi previamente cozido em água para a gelatinização do amido. Os resultados dos CDA dos extratos não-nitrogenados podem ser considerados satisfatórios. No entanto, a literatura aponta que os peixes não utilizam de forma eficiente os carboidratos, mas estes são necessários para síntese de diversos compostos essenciais aos peixes (Wilson, 1994). Provavelmente esta afirmação sobre a eficiência de utilização de carboidratos se aplique mais a peixes carnívoros que onívoros, como o tambaqui.

Os peixes são capazes de desaminar as proteínas por meio da formação de amônia, a qual é excretada passivamente pelas brânquias, utilizando a proteína mais eficientemente que as aves e mamíferos. Segundo De la Higuera *et al.* (1988), a determinação da digestibilidade das proteínas é um dos requisitos para avaliar suas possibilidades como componente da dieta.

Carneiro (1981) verificou que o CDA da proteína de dietas isocalóricas para o tambaqui reduziu na dieta com 26% de proteína, devido ao teor protéico estar acima do exigido pelo tambaqui. No presente estudo, não houve redução da digestibilidade protéica, uma vez que os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína são altos em dietas contendo em média 39% de proteína bruta.

Os valores dos CDA dos nutrientes e energia de todas as rações foram superiores aos resultados de Silva *et al.* (2003), que testaram rações substituindo o fubá de milho (*Zea mays*) por farinhas elaboradas com frutos e sementes da dieta natural do tambaqui. Silva *et al.* (1999) observaram que os CDA do jauari (*Astrocaryum jauari*), da seringa barriguda (*Hevea spruceana*), da seringa comum (*Hevea brasiliensis*) e da munguba (*Pseudobombax munguba*) para tambaqui foram baixos, mas concluíram que os resultados encontrados para CDA da proteína mostraram-se dentro dos padrões de aproveitamento da proteína de origem vegetal pelos peixes. O CDA da proteína da amêndoa do jauari consumido *in natura* pelo tambaqui foi de 10,0%.

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. Os resultados dos CDA deste trabalho estão na média dos valores estipulados por Mohanta *et al.* (2006) para diversos ingredientes de origem vegetal para o silver barb (*Puntius gonionotus*), como o gergelim e cascas de sementes.

Hanley (1991) determinou os CDA da proteína bruta e energia bruta de vários ingredientes para tilápia (*Oreochromis niloticus*) e encontrou os CDA para a proteína da farinha de soja de 91% e, para a farinha de peixe de 86%. Os resultados deste estudo mostraram CDA de proteínas de 95% e digestibilidade de lipídios de 93% para o resíduo da castanha da Amazônia.

Fontainhas-Fernandes *et al.* (1999) determinaram a digestibilidade de diversos ingredientes para tilápia (*Oreochromis niloticus*), como o tremço, soja sob diferentes técnicas de processamento e farinha de peixe. O resíduo da castanha apresentou maior digestibilidade que os ingredientes testados por este autor, que encontrou CDA do lipídio inferior ao observado para farinha de peixe (91,5%). Hofer *et al.* (1985), em estudo com ciprinídeo onívoro (*Rutilus rutilus*), com dietas à base de gramíneas e vermes, encontraram coeficiente de digestibilidade total da matéria orgânica vegetal de 47,6% e 82,4% para a farinha animal. Ambos os resultados foram inferiores aos obtidos neste experimento.

Hossain & Jauncey (1989) determinaram a digestibilidade da proteína e da energia pela carpa comum (*Cyprinus carpio*) alimentada com dietas formuladas com ingredientes de origem vegetal. A mostarda, linhaça e gergelim apresentaram CDA protéica de 85,3%, 85,8% e 78,9%, respectivamente. Oliveira *et al.* (1997) determinaram a digestibilidade aparente dos nutrientes da torta de dendê e do farelo de coco em pacu (*Piaractus mesopotanicus*). Os resultados dos foram inferiores aos resultados deste estudo, com exceção da digestibilidade dos lipídios do farelo de coco (97,5%).

Watanabe *et al.* (1996) obtiveram o CDA da proteína de ingredientes de origem vegetal para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), carpa comum (*Cyprinus carpio*), ayu (*Plecoglossus altivelis*) e a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Foi analisada a farinha de filé de peixe, farinha comercial de peixe, farinha de carne, polpa do bicho da seda, glúten de milho, dentre outros. O valor do CDA da proteína da FCA foi superior a todos os ingredientes testados por esses autores.

Neste estudo, o valor do CDA do extrato não-nitrogenado foi considerado normal (37%). Boscolo *et al.* (2002) encontraram valores altos de digestibilidade de

carboidratos em vários ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Concluíram que a tilápia utiliza de forma eficiente os carboidratos da dieta, sendo essa característica desejável, visto que geralmente os alimentos ricos em amido são fontes de energia de menor custo.

A determinação da energia metabolizável em dietas para peixes é tecnicamente difícil devido à metodologia para mensurar a quantidade das perdas urinárias e brânquiais. Portanto, a utilização da energia digestível para formulação de dietas para peixes é recomendada, pois os valores são obtidos por métodos menos suscetíveis a erros grosseiros (Cho *et al.*, 1982). Deficiência ou excesso de energia digestível na dieta pode reduzir as taxas de crescimento dos peixes (NRC, 1993). Porém, não foram verificadas alterações nas taxas de crescimento dos peixes alimentados com dietas contendo até 30,0% de inclusão de FCA.

A energia bruta aumentou conforme acrescida a quantidade de FCA nas rações, sendo diretamente proporcional ao aumento da energia digestível das rações. A ração com 30% de inclusão de FCA apresentou o maior valor de energia digestível (470 kcal/g).

O acúmulo de restos alimentares não digeridos pelos peixes diminui a qualidade de água do cultivo, ocasionando doenças e aumentando o custo de tratamento. A utilização de ingredientes altamente digestíveis reduz o potencial poluente das rações para peixes. Neste estudo, o resíduo da castanha da Amazônia obteve valores altos para a digestibilidade dos nutrientes (MS = 87%, EE = 93%, PB = 95%).

Pesquisas referentes à digestibilidade do resíduo da castanha da Amazônia são limitadas na literatura. Não há estudos de digestibilidade da castanha da Amazônia para nenhuma espécie de peixe. Tampouco estudos sobre a utilização deste insumo como fonte de proteína e energia para animais. Poucos estudos são relativos ao potencial de utilização da castanha para alimentação humana (Hasan Arshad & Gant, 2001).

A digestibilidade do resíduo da castanha da Amazônia foi superior aos resultados de digestibilidade da farinha de peixe mensurados por Hossain & Jauncey (1989) e Ufodike & Matty (1983) para carpa comum (*Cyprinus carpio*). Souza & Menezes (2004) observaram que a proteína da castanha da Amazônia é rica em todos os aminoácidos essenciais, com elevado teor de aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína), geralmente carentes em fontes protéicas vegetais.

Segundo Glória (1996) a castanha da Amazônia possui proteína de excelente qualidade, pois apresenta quantidades de aminoácidos essenciais suficiente, comparado ao perfil de aminoácidos da proteína de referência recomendada pela FAO. O único aminoácido limitante é a lisina, que pode ser encontrada na forma sintética para venda e diversos trabalhos citam a suplementação de lisina como sendo viável para formulação de rações para peixes (Rodehutschord *et al.*, 2000).

6. CONCLUSÃO

É viável a inclusão de até 30,0% de farinha de resíduo de castanha da Amazônia em rações para juvenis de tambaqui sem que haja comprometimento da qualidade da água e dos parâmetros de desempenho zootécnico. No entanto, este nível de inclusão resultou em aumento na deposição de lipídios na carcaça dos peixes.

Baseado na composição centesimal dos aminoácidos da Castanha da Amazônia, na alta digestibilidade dos nutrientes e das rações com níveis crescentes de inclusão, a farinha de resíduo de castanha da Amazônia apresenta potencial para substituição de insumos como a soja e a farinha de peixe em rações para peixes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abimorad, E. G.; Carneiro, D. J., 2004. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). Revista Brasileira de Zootecnia, 33 (5): ct.
- 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.
- Allan, G.L.; Scott, P.; Booth, M.A. 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*. I. Digestibility of alternative ingredients. Aquaculture, 186: 293-310.
- Alceste, C.C.; Jory, D.E. 2000. Tilápia – Alternative protein sources in tilapia feed formulation. Aquaculture Management, 26(4): 7-13.
- Andriguetto, J.M.; Perly, L.; Minardi, I. 1985. Nutrição animal. Nobel 4.ed. São Paulo, SP. 395p.
- Association of official analytical chemists - A.O.A.C. 1995. Official methods of analysis. 12th Edition. George Banta Co. Inc. Manasha, Winsconsin, USA. 937 p.
- Arana, L. A. V. 2004. Princípios químicos de qualidade da água em Aqüicultura: uma revisão para peixes e camarões. Ed. UFSC 2ed. Florianópolis, SC. 231p.
- Araújo-Lima, C.; Goulding, M. 1998. Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia. Sociedade Civil Mamirauá/CNPq. Tefé, AM. 187 p.
- Baldisserotto, B. 2002. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. Santa Maria. Ed. UFSM. 212p.
- Batista, V. S.; Petreire Júnior, M. 2003. Characterization of the commercial fish production landed at Manaus, Amazonas State, Brazil. Acta Amazonica 33(1): 53-66.

- Bendikesen, E.A.; Arnesen, A.M.; Jobing, M. 2003. Effects of dietary fatty acid profile and fat content on smolting and seawater performance in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 225: 149-163.
- Boonyaratpalin, M.; Suraneiranat, P.; Tunpibal, T. 1998. Replacement of fish meal with various types of soybean products in diets for the Asian seabass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture*, 161: 67-78.
- 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.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(2): 22-27.
- Boyd, C. 1990 *Water quality in ponds for aquaculture*. London: Birmingham Publishing. 482 p.
- 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.
- Bureau, D.P., Harris, A.M., Cho, C.Y., 1999. Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 180: 345–358.
- Cantelmo, O. A. 1998. Características físicas e avaliação biológica de rações para peixes confeccionadas com diferentes aglutinantes e técnicas de processamento. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP. 65 p.
- Carneiro, D. J. 1981. Digestibilidade protéica em dietas isocalóricas para o tambaqui, *Colosoma macropomum* CUVIER (Pisces, Characidae). *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA*, Jaboticabal: Associação Brasileira de Aqüicultura, p.78-80.
- Carter, C. G.; Hauler, R. C. 1999. Fish meal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon, *Salmo salar* L. School of Aquaculture, Univ. Of Tasmania, Launceston, Australia.
- Castagnolli, N.; Cyrino, J.E.P. 1986. *Piscicultura nos Trópicos*. São Paulo: Ed. Manole.

- Chagas, E. C.; Val, A. L. 2003. Efeito da vitamina C no ganho de peso e em parâmetros hematológicos de tambaqui. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 38(3): 397-402.
- Cheng, Z.J.; Hardy, R.W.; Usry, J.L. 2003. Effects of lysine supplementation in plant protein-based diets on the performance of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and apparent digestibility coefficients of nutrients. *Aquaculture*, 215(1-4):255-265.
- Cho, C. Y.; Cowey, C. B.; Watanabe, T. 1985. *Finfish nutrition in Asia: methodological approaches to research and development*. Ottawa, IDRC. 154 p.
- 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.; Slinger, S. J.; Bayley, H. S. 1982. Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. *Comparative Biochemistry Physiology*, 73: 25-41.
- Cho, C.Y. 1987. Fish nutrition, feeds, and feeding: with special emphasis on salmonid aquaculture. *Food Reviews International*, 6(3): 333-357.
- Cuenca, 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.; Gröschek, J.M. 1997. Perspectivas da piscicultura como Agroindústria no Brasil. *In: Cyrino, E. e Kubitza, F (Eds). Anais do I simpósio sobre manejo e nutrição de peixes. Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. Campinas, SP. 30 p.*
- Cyrino, J.E.; Kubitza, F. 1996. *Piscicultura*. Ed. Sebrae. Coleção Agroindústria. Cuiabá, MT. 8: 86-90.
- Da Silva, A.B.; Dos Santos, E.P.; De Melo, J.T.C.; Sobrinho, A.C. Melo, F.R., 1984. Quantitative analyses of a preliminary fish culture experiment of tambaqui, *Colossoma macropomum* (CUVIER). *Revista Ciência e Cultura*, 36: 82-86.

- De la Higuera, M.; Garcia-Gallego, M.; Sanz, A.; Cardenote, G. Suae, M. D.; Moyano, F. J. 1988. Evaluation of lupin seed meal as alternative protein source in feeding of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 71: 37-50.
- 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.
- Eckmann, R., 1987. Growth and body composition of juvenile *Colossoma macropomum* CUVIER 1818 (Characidae) feeding artificial diets. *Aquaculture*, 64: 293-303.
- Fernandes, M.N., Rantin, F.T., 1989. Respiratory responses of *Oreochromis niloticus* (Pisces, Cichlidae) to environmental hypoxia under different thermal conditions. *J. Fish Biol.*, 35: 509–519.
- Fontainhas-Fernandes, A.; Gomes, E.; Reis-Henriques, M.A.; COIMBRA, J. 1999. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of Nile tilapia: digestibility and growth performance. *Aquaculture International*, 7: 57–67.
- Forster, I. P. 1996. A revised equation to calculate coefficients of digestibility for nutrients in feedstuffs for fish. VII International Symposium on Nutrition and Feeding of Fish, 11-15 August, College Station, TX.
- Forster, I. 1999. A note on method of calculating digestibility coefficients of nutrients provided by single ingredients to feeds of aquatic animals. *Aquaculture Nutrition*, 5: 143-145.
- Francis, G.; Makkar, H.P.S.; Becker, K. 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199: 197-227.
- Furukawa, A.; Tsukahara, H. 1966. On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index in the study of digestibility of fish feed. *Bull. of the Jap. Soc. Sci. Fisheries*, 32: 502-506.
- Furuya, W.M., Pezzato, L.E., Barros, M.M., Miranda, E.C., Pezzato, L.E. 2001. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de

- alguns ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 30: 1143-1149.
- Gaylord, G. T.; Gatlin III, D. M. 1996. Determination of digestibility coefficients of various feedstuffs for red drum (*Sciaenops ocellatus*). Aquaculture, 139: 303-314.
- Georgopoulos G.B.; Conindes A.J. 1999. Study on the effects of dietary starch on growth, food conversion and digestibility of adult gilthead seabream (*Sparus aurata* L. 1758). Journal of Aquaculture in the Tropics, 14:143-152.
- Géry, J. 1969. The fresh-water fishes of South America. In: Fittkau, E.; Illies, J.; Klinge, H.; Schwabe, G.H.; Sioli, H. (Eds). Biogeography and ecology in South America. Vol. 2 (E. J. Fittkau et al., eds.). The Hague. p. 828-848.
- Glória, M. M.. 1996. Obtenção e caracterização de concentrado e isolado protéico de torta de castanha-do-Pará. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Campinas, SP. 71 p.
- Gomes, E. F.; Corraze, G.; Kaushik, S. 1993. Effects of dietary incorporation of a co-extruded plant protein (repressed and peãs) on growth, nutrient utilization and muscle fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 113: 339-353.
- Goulding, M.; Carvalho M.L. 1982. Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae) an important Amazonian food fish. Rev. Brasil. Zool., 1(2): 107-133.
- Goulding, M. 1993. Flooded forests of the Amazon. Scient. Amer., 268 (3): 113-120.
- Graef, E.W. 1995. As espécies de peixes com potencial para criação no Amazonas. In: Val, A.L.; Honczaryk, A. (Eds.). Criando peixes na Amazônia. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Manaus, AM. p..29-43.
- Guimarães, S. F.; Storti Filho, A. 2004. Produtos agrícolas e florestais como alimento suplementar de tambaqui em policultivo com jaraqui. Pesq. Agropec. Bras., 39(3): 293-296
- Hajen, W.E., Higgs, D.A., Beames, R.M., Dosanjh, B.S., 1993. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*.in sea water: 2. Measurement of digestibility. Aquaculture, 112: 333–348.

- Hancz, C. 1993. Performance of the Amazonian tambaqui, *Colossoma macropomum*, in pond polyculture. *Aquacult. Engen.*, 12: 245-254.
- Hanley, F., 1991. Effect of supplementary diets containing varying levels of lipid on growth, food conversion and body composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 93: 323-334.
- Hardy, R. W. 1999. Aquaculture`s rapid growth requirements for alternative protein sources. *Feed Manegement*, 58: 25-28.
- Hargreaves, J.A., 1998. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture*, 166: 181-212.
- Hasan Arshad, S.; Gant, C. 2001. Allergy to nuts: how much of a problem really is this?. *Clinical and Experimental Allergy*, 31: 5-7.
- Henken, A.M.; Lucas, H.; Tjisse, P.A.T.; Machiels, M.A.N. 1986. A comparison between methods used to determine the energy content of feed, fish and faeces. *Aquaculture*, 58: 195-201.
- Hofer, R.; Krewedl, G.; Koch, F., 1985. An energy budget for an omnivorous cyprinid *Rutilus rutilus*. *Hydrobiologia*, 122(1): 53-59.
- Honda, E.M.S. 1974. Contribuição ao conhecimento da biologia de peixes do Amazonas. II. Alimentação do tambaqui, *Colossoma bidens*, (Spix). *Acta Amazonica*, 4: 47-53.
- Hossain, M. A. R.; Haylor, G. S.; Beveridge, M. C. M. 2000. The influence of food particle size on gastric emptying and growth rates of fingerling African catfish, *Clarias gariepinus* Burchel, 1822. *Aquaculture Nutrition*, 6: 73-76.
- Hossain, M.A. & Jauncey, K., 1989. Studies on the protein, energy and amino acid digestibility of fish meal, mustard oilcake, linseed and sesame meal for common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, 83: 59-72.
- IBAMA. 2004. Produção brasileira da aqüicultura e pesca, por Estado e espécie, para o ano de 2002. CEPENE.
- IBAMA. 2005. Estatística da Pesca Brasil: Grandes regiões e Unidades da federação. Brasília, DF.
- IBGE. 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 25 nov. 2005.

- Izel, A. C. U.; Melo, L. A. S. 2004. Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) tanques escavados no Estado do Amazonas. Embrapa Amazônia Ocidental. Série Documentos 32. 19 p.
- Jobling, M. 1994. Fish bioenergetics. Chapman & Hall, London, 294p.
- 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.
- Joshua, R.; Rebecca, L. 2000. Comparative aspects of feed and feedstuffs by yaqui and channel catfish. Journal of Aquaculture, 62(4): 279-284.
- Kohla, U.; Saint-Paul, U.; Friebe, J., 1992. Growth, digestive enzyme activities and hepatic glycogen levels in juvenile *Colossoma macropomum* Curvier from South America during feeding, starvation and refeeding. Aquaculture Fisheries Management, 23(1): 189- 208.
- Kim, J. D.; Kaushik, S. J.; Breque, J. 1998. Nitrogen and phosphorus utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets with or without fish meal. Aquatic Living Resources, 11: 261-264.
- Kohla, U.; Saint-Paul, U.; Friebe, J. 1992. Growth, digestive enzyme activities and hepatic glycogen levels in juvenile *Colossoma macropomum* Curvier from South America during feeding, starvation and refeeding. Aquaculture Fisheries Management, 23(1): 189-208.
- Klontz, G.W. 1995. Care of fish in biological research. Journal of Animal Science, 73(11): 3485-3492.
- Krogdahl, A., Lea, T.B., Olli, J.J. 1994. Soybean proteinase inhibitors affect intestinal trypsin activities and amino acid digestibilities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Comparative Biochemistry and Physiology, 107(A): 215-219.
- Kubitza, F. 1998. Nutrição e alimentação de peixes cultivados. Campo Grande, MS. 44 p.
- Kubitza, F. 2003. Qualidade de água no cultivo de peixes e camarões. Jundiaí, SP. 229 p.

- Lim, C., Akiyama, D.M. 1992. Full-fat soybean meal utilization by fish. *Asian Fisheries Science*, 5: 181-197.
- Lovell, T. 1986. Weight gain versus protein gain for evaluating fish feeds. *Aquaculture Magazine*, 12: 45-47.
- Lovell, T. 1989. *Nutrition and feeding of fish*. Van Nostrand Reinhold. New York, USA. 260 p.
- 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.
- Marcon, J. L.; Moreira, S. S.; Fim, J. D. I. 2004. Median 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.
- Mcgoogan, B.B.; Gatlin, D.M. 1997. Effects of replacing fish meal with soybean meal in diets for red drum *Sciaenops ocellatus* and potential for palatability enhancement. *Journal of the World Aquaculture Society*, 28(4): 374-385.
- Melo, L. A. S.; Izel, A. C. U.; Rodrigues, F. M. 2001. Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em viveiros de argila/barragens no Estado do Amazonas. Embrapa Amazônia Ocidental. Série Documentos 18. 30 p.
- Merola N.; Pagan-Font F. A. 1988. Pond culture of the amazon fish tambaqui, *Colossoma macropomum* - a pilot-study. *Aquacultural engineering*, 7(2):113-125.
- Mohanta, K. N.; Mohanty, S. N.; Jena, J. K.; Sahu, N. P. 2006. Apparent protein, lipid and energy digestibility coefficients of some commonly used feed ingredients in formulated pelleted diets for silver barb, *Puntius gonionotus*. *Aquaculture Nutrition*, 12: 211-218.
- Mori-Pinedo, L.A.; Pereira-Filho, M.; Oliveira-Pereira, M.I. 1999. Substituição do fubá de milho (*Zea mays*, L.) por farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*, H.B.K.) em rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818). *Acta Amazonica*, 29(3): 447-453.

- Moshen A.A. and Lovell R.T. 1990. Partial substitution of soybean meal with animal protein sources in diets for channel catfish. *Aquaculture*, 90: 303-311.
- Moyano, F. J.; Cardenete, G.; de la Higuera, M. 1992, Nutritive value of diets containing a high percentage of vegetable proteins for trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquat. Living Resour*, 5: 23-29.
- Müller, C. H.; Figueiredo, F. J.; Kato, A. K.; Carvalho, J. E. U. de. 1995. A cultura da castanha-do-Brasil. EMBRAPA. Coleção plantar, 23. 65 p.
- National Research Council – NRC. 1993. Nutritional Requirements of fishes. National Academy Press. Washington, DC, USA. 114 p.
- Naylor, R. L.; Goldberg, R. J.; Primavera, J. H.; Kautsky, N.; Beveridge, M. C. M.; Clay, J.; Folks, C.; Lubchenco, J.; Mooney, H.; Troell, M. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405(6790): 1017-1024.
- Ng, W.K.; Wilson R.P. 1997. Chromic oxide inclusion in the diet does not affect glucose utilization or chromium retention by channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Journal of Nutrition*, 127: 2357-2362.
- Nyachoti, C. M.; de Lange, C. F. M.; McBride, 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.
- Oliveira, A. C. B. ; Cantelmo, O. A.; Pezzato, M. A. R.; Ribeiro, M. M.; Barros, M. M. 1997. Coeficiente de digestibilidade aparente da torta de dendê e do farelo de coco em pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Revista Unimar*, 19(3): 897-903.
- Ono, E.A. 2005. Cultivar peixes na Amazônia: possibilidade ou utopia? *Panorama da Aqüicultura*, 90: 41-48.
- Page, J.W.; Andrews, J.W. 1973. Interaction of dietary levels of protein and energy on Channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Journal of Nutrition*, 103:1339-1346.
- Pereira-Filho, M.; Graef, E. W.; Storti Filho, A. 1988. Preparo e utilização de ingredientes produzidos em Manaus, no arraçamento do matrinxã, *Brycon* sp II. Teste experimental. In: Anais do V Cong. Bras. Eng. de Pesca, 26-31, july 1987, Fortaleza, CE. p. 187-199.

- Pereira Filho, M; Guimarães, S.; Storti Filho, A.; Graef, E. 1991. Piscicultura na Amazônia brasileira: entraves ao seu desenvolvimento. *In: Val, A.; Figliuolo, R.; Feldberg, E. (Eds). Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia. Vol. 1, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Manaus, AM. p. 373-380.*
- Pereira-Filho, M. 1995. Alternativas para a alimentação de peixes em cativeiro. *In: Criando peixes na Amazônia. A.L. Val & A. Honczaryk. (Eds.). p. 75-82.*
- Pfefer, E.; Kinzinger, S.; Rodehutscord, M. 1995. Influence of the proportion of poultry slaughter by-products and of untreated or hydrothermally treated legume seeds in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, on apparent digestibilities of their energy and organic compounds. *Aquaculture Nutrition*, 1: 111-117.
- 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.
- Rodehutscord, M.; Borchert, Z.; Gregus, Z.; Pack, M.; Pfeffer, E. 2000. Availability and utilization of free lysine in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* 1. Effect of dietary crude protein level. *Aquaculture*, 187: 163-176.
- 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.
- Rolim, P.R. 1995. A infra-estrutura básica para criação de peixes no Amazonas. *In: Val, L.A. & Honczark, A. (Eds). Criando peixes na Amazônia. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Manaus, AM. p. 7-16.*
- Roubach, R. 1991. Uso de frutos e sementes de florestas inundáveis na alimentação de *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1818) (PISCES, CHARACIDAE). Dissertação de Mestrado. INPA/FUA, Manaus-AM. 79p.
- Roubach, R.; Saint-Paul, U. 1994. Use fruits and seeds from Amazonian inundated forest in feeding trials with *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Pisces, Characidae). *Journal Applied Ichthyology*, 101: 34-140.

- Roubach, R.; Correia, E. S.; Zaiden, S.; Martino, R. C.; Cavalli, R. O. 2003. Aquaculture in Brazil. *World Aquaculture*, 34(1): 28-34.
- Sadiku, S. O. E.; Juancey, K. 1995. Digestibility, apparent amino acid digestibility and waste generation potential of soybean flour: poultry meat blend based diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), fingerlings. *Aquaculture Research*, 26: 651-657.
- Saint-Paul, U. 1984. Ecological and physiological investigations of *Colossoma macropomum*, a new species for fish culture in Amazonia. *Mems. Assoc. Latinoam. Acuic.*, 5(3): 501-518.
- Saint-Paul, U., 1985. The neotropical serrasalmid *Colossoma macropomum*, a promising species for fish culture in Amazonia. *Animal Research and Development*, 22: 7-31.
- Saint-Paul, U. 1986. Potential for aquaculture of South American fresh water Fishes: A review. *Aquaculture*, 54: 205-240.
- Saldaña, A.L.; Lopez, M.E.M., 1988. Formulación y evaluación de dietas para *Colossoma macropomum* en México. An. VI Simp. Latinoamericano de Acuicultura e V Simp. Brasileiro de Aqüicultura, Florianópolis-SC. 323-336.
- Sallum, W. B.; Bertechini, A. G.; Cantelmo, O. A.; Pezzato, L. E.; Logato, P. R. V. 2002. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo de ingredientes de ração para o matrinhã (*Brycon cephalus*, Günther 1869) (Teleostei, Characidae). *Ciênc. agrotec.*, 26(1): 174-181.
- 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.
- Serrano J.A., Nepatipour G.R. and Gatlin D.M. 1992. Dietary protein requirement of the red drum (*Sciaenops ocellatus*) and relative use of dietary carbohydrate and lipid. *Aquaculture* 101: 283-291.
- Schmidt-Nielsen, K. 1990. *Fisiologia Animal – Adaptação e Meio Ambiente*. Editora Santos. 600 p.
- Shiau, S-Y. & Kwok, C.C., 1989. Effects of cellulose, agar, carrageenin, guar gum and carboxymethylcellulose on tilapia growth. *World Aquacult.*, 20(2): 60.

- Shiau, S.Y.; Liang, H.S. 1995. Carbohydrate utilization and digestibility by tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*), are affected by chromic oxide inclusion in diet. *Journal of Nutrition*, 125(4): 976-982.
- Sigiura, S. H.; Dong, F. M.; Rathbone, C. K.; Hardy, R. W. 1998. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. *Aquaculture*, 5: 177-202.
- Silva, P.C.; Mesquita de, A.J.; Palma, C.S.; Oliveira de, A.N. 1991. Aspectos biométricos, bacteriológicos e físico-químicos do tambaqui (*Colossoma macropomum*) criado em consórcio com suínos. *Bol. Red Reg. Acuicult.*, 5(3): 6-8.
- Silva, J.A.M. 1997. Nutrientes, energia e digestibilidade aparente de frutos e sementes consumidos pelo tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) nas florestas inundáveis da Amazônia Central. Manaus/Am. Tese de Doutorado. INPA/UFAM. 142 p.
- Silva, J.A.M.; Pereira-Filho, M.; Oliveira-Pereira, M.I. 1999. Digestibility of seeds consumed by tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier,1818): an experimental approach. In: Val, A.L.; Almeida-Val, V.M.F. (Eds.) *Biology tropical fishes*. Manaus:Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1999. p.137-148.
- Silva, J. A. M.; Pereira-Filho, M.; Oliveira-Pereira, M. I. 2003. Frutos e Sementes Consumidos pelo Tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) Incorporados em Rações. Digestibilidade e Velocidade de Trânsito pelo Trato Gastrointestinal. *R. Bras. Zootec.*, 32(6): 1815-1824.
- Sipaúna-Tavares, L. H. S. 1995. *Limnologia aplicada à aqüicultura*. Jaboticabal. Funep. 72 p.
- Souza, M. L. de; Menezes, H. C. de. 2004. Processamento de amêndoa de torta de castanha-do-Brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 24(1): 120-128.
- Stickney, R. R.; Hardy, R. W., Koch, K.; Harrold, R.; Seawright, D.; Masse, K. C. 1996. The effects of substituting selected oilseed protein concentrates for fish

- meal in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* diets. Journal World Aquaculture Society, 27: 57-63.
- Stone, D.A.J.; Allan, G.L.; Andersen, A.J. 2003. Carbohydrate utilization by juvenile silver perch, *Bydianus bydianus* (Mitchell). II. Digestibility and utilization of starch and its breakdown products. Aquaculture research, 34: 109-121.
- Sun, S. S. M.; Leung, F. W.; Tomic, J. C. 1987. Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) proteins: fractionation, composition, and identification of a sulfur-rich protein. J. Agric. Food Chem., 35: 232-235.
- Tacon, A.J. 1989. Nutrición y Alimentación de Peces y Camarones Cultivados: Manual de Capacitación. Food and Agriculture Organization, Brasília, DF. 572p.
- Ufodike, E.B.C.; Matty, A.J. 1983. Growth responses and nutrient digestibility in mirror carp (*Cyprinus carpio*) fed different levels of cassava and rice. Aquaculture, 31: 41-50.
- Urbinati, E.C.; Silva, B.F.; Borges, R. 1998. Inclusão de cromo e vanádio para melhorar o aproveitamento de carboidrato da dieta do pacu, *Piaractus mesopotamicus*. Aquicultura Brasil. Simbraq. Recife, CE. 153 p.
- Val, A.L.; Honczaryk, A. 1995. A criação de peixes na Amazônia: um futuro promissor. In: Val, A.L.; Honczaryk, A. (Eds). Criando peixes na Amazônia. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Manaus, AM. p. 1-5.
- Val A. L.; Silva M. N. P.; Almeida-Val V. M. F. 1998. Hypoxia adaptation in fish of the Amazon: a never-ending task. South African Journal of Zoology, 33(2): 107-114
- Van Der Meer, M. B.; Huisman, E. A.; Verdegem, M. C. J. 1996. Feed consumption, growth and protein utilization of *Colossoma macropomum* (Cuvier) at different dietary soya meal/ fish meal ratios. Aquaculture Research, 27: 531-538.
- Van Der Meer, M. B.; Faber, R.; Zamora, J. E.; Verdegem, M. C. J. 1997. Effect of feeding level on feed losses and feed utilization of soya and fish meal diets in *Colossoma macropomum* (Cuvier). Aquaculture Research, 28: 391-403.

- Van Der Ploeg, M.; Boyd, C.E. 1991. Geosmin production by cyanobacteria (blue green algae) in fish ponds at Auburn, Alabama. *Journal of the World Aquaculture Society*, 22: 207-216.
- Van Der Ploeg, M.; Tucker, C.S. 1994. Seasonal trends in flavor quality of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, from commercial ponds in Mississippi. *Journal of Applied Aquaculture*, 3: 121-140.
- Vidal J.R.; M. V.; Donzele, J. L.; Andrade, R. D. de; Santos, L. C. dos. 2004. 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. *R. Bras. Zootec.*, 33(6): 2193-2200.
- Viola, S.; ARIELI, J.; Rappaport, Y.; Mokady, S. 1981. Experiments in the nutrition of carp replacement of fish meal by soybean meal. *Journal of Aquaculture*, 33(2): 35-49.
- Vonderheide, A. P.; Wrobel, K.; Kannamkumarath, S. S.; B'Hymer, B.; Montes-Bayon, M.; Ponce de Leon, C.; Caruso, J. A. 2002. Characterization of selenium species in Brazil nuts by HPLC-ICP-MS and ES-MS. *J. Agric. Food Chem.*, 50: 5722-5728.
- Waldhoff, D.; Saint-Paul, U.; Furch, B. 1996. Value of fruits and seeds from the floodplains forests of Central Amazonia as food source for fish. *Ecotropica*, 2(2):143-156.
- Waldhoff, D.; Maia, L. 2000. Production and chemical composition of fruit from trees in floodplain forests of Central Amazonia and their importance for fish production. *In: The Central Amazon Floodplain: Actual use and options for a sustainable management*. W.J. Junk; J.J. Ohly; M.T.F. Piedade & M.G.M. Soares (Eds.). Backhuys Publishers, Leiden. p. 393-410.
- Watanabe, T.; Takeuchi, T.; Satoh, S.; Kiron, V. 1996. Digestive crude protein contents in various feedstuffs determined with four freshwater fish species. *Fisheries Science*, 62(2): 278-282.

- Webster, C.D.; Tidwell, J.H.; Yancey, D.H. 1991. Evaluation of distiller's grain with solubles as a protein source in diets for channel catfish. *Aquaculture*, 96: 179-190.
- Webster, C.D.; Thompson, K.R.; Morgan, A.M. 2000. Use of hempseed meal, poultry by-product meal, and canola meal in practical diets without fish meal for sunshine bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*). *Aquaculture*, 188: 299-309,
- Williams, E.M., Nelson, J.A., Heisler, N., 1997. Cardio-respiratory function in carp exposed to environmental nitrite. *J. Fish Biol.*, 50: 137–149.
- Wilson, R. P. 1994. Utilization of dietary carbohydrate by fish: Review. 1994. *Aquaculture*, 124: 67-80.
- Wilson R.W., Wood C.M., Gonzalez R.J., Patrick M.L., Bergman H.L., Narahara A. & 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.
- Ximenes-Carneiro, A.R. 1991. Elaboração e uso de ensilado biológico de pescado na alimentação de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). Dissertação de mestrado. INPA/FUA. Manaus, AM. 81p.
- Yusoff, F.M.; McNabb, C.D. 1989. Effects of nutrient availability and fish production in fertilized tropical ponds. *Aquaculture*, 78: 303-332
- Zar, J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. 3^a ed. Prentice-Hall, Englewood Clif, NJ. 662p.

