

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

SUBSTITUIÇÃO DO MILHO POR FARINHA DE CRUEIRA
DE MANDIOCA (*Manihot esculenta*, CRANTZ) EM
RAÇÕES PARA JUVENIS DE TAMBAQUI (*Colossoma
macropomum* CUVIER, 1818)

GERALDO PEREIRA JUNIOR
geraldoinpa@hotmail.com

MANAUS–AM
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

GERALDO PEREIRA JUNIOR

SUBSTITUIÇÃO DO MILHO POR FARINHA DE CRUEIRA
DE MANDIOCA (*Manihot esculenta*, CRANTZ) EM
RAÇÕES PARA JUVENIS DE TAMBAQUI (*Colossoma
macropomum* CUVIER, 1818)

Tese apresentada ao Programa
Multi-Institucional de Pós-
Graduação em Biotecnologia da
Universidade Federal do
Amazonas, como parte do
requisito para obtenção do título
de Doutor em Biotecnologia.

Orientador: Dra. Expedita Maria de Oliveira Pereira

MANAUS–AM

2011

Ficha catalográfica
Catalogação na fonte pela Biblioteca Central da
Universidade Federal do Amazonas

P436s Pereira Junior Geraldo

Substituição do milho por farinha de crueira de mandioca (*Manihot esculenta*, CRANTZ) em rações para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* CUVIER, 1818). Manaus: UFAM, 2011.

86. f: il color; 30 cm

Dissertação (Doutor em Biotecnologia). Universidade Federal dp Amazonas .
Orientadora: Dra. Expedita Maria de Oliveira Pereira.

1. Tambaqui (Peixe) – Alimentação e rações 2. Peixe de água doce –
Alimentação e rações 3. Farinha de mandioca – Alimentação e rações

I. Pereira, Expedita Maria de Oliveira (Orient.) II Título

CDU (2007): 639 31.043.13(043.2)

GERALDO PEREIRA JUNIOR

SUBSTITUIÇÃO DO MILHO POR FARINHA DE CRUEIRA
DE MANDIOCA (*Manihot esculenta*, CRANTZ) EM
RAÇÕES PARA JUVENIS DE TAMBACUI (*Colossoma
macropomum* CUVIER, 1818).

Tese apresentada ao Programa
Multi-Institucional de Pós-
Graduação em Biotecnologia da
Universidade Federal do
Amazonas, como parte do
requisito para obtenção do título
de Doutor em Biotecnologia.

Aprovado em de julho de 2011

BANCA EXAMINADORA

Prof^o: Dra. Expedita Maria de Oliveira Pereira – (UFAM)

Prof^o: Dr. Antônio José Inhamuns da Silva – (UFAM)

Prof^o: Dr. Frank George Guimarães Cruz – (UFAM)

Prof^o: Dr. Bruno Adan Sagratzki Cavero – (UFAM)

Prof^o: Dr. Fábio Tonissi Moroni – (UFAM)

Dedicatória

**Ao meu orientador
Dr. Manoel Pereira filho
pelos eternos ensinamentos.**

AGRADECIMENTOS

A Deus pai por tudo, sem ele tudo seria vazio e nada existiria.

A UFAM pela oportunidade.

Ao PPGBIOTEC pelos ensinamentos.

A FAPEAM pela bolsa e suporte financeiro.

Ao INPA pelo auxílio estrutural.

A Sr.a Maria Inês de Oliveira Pereira, pela atenção e dedicação nas análises bromatológicas.

A Sr.a Suzana Kawashima e Maria de fátima dos Santos pelo carinho.

Ao amigo Flávio Augusto Leão da Fonseca pela ajuda neste trabalho.

Ao amigo Euler de Melo Nogueira por todos estes anos de amizade.

A amiga Elenice Martins Brasil pela ajuda nas análises laboratoriais.

A todos os funcionários da CPAQ, pela ajuda prestada durante a execução deste trabalho.

Um agradecimento muito especial ao Dr. Manoel Pereira Filho que, até onde foi possível, me conduziu com paciência, humildade e sabedoria. Sempre me lembrarei com muito carinho do quanto fui privilegiado em ser seu orientado. Que o senhor esteja junto de Deus.

A Expedita Maria de Oliveira Pereira por dar continuidade na minha orientação.

A Paula de Souza Barbosa pelo companheirismo dedicação e fidelidade, com muito carinho.

Agradeço também a todas as outras pessoas que contribuíram para tornar este momento real.

AGRADEÇO

RESUMO

O milho sempre ocupou lugar de destaque como fonte energética em rações para organismos aquáticos. Entretanto, é crescente o interesse por fontes alternativas de energia em rações para peixes, com o objetivo de reduzir o custo com a alimentação. Dentre as fontes de energia com potencial de uso em rações para animais domésticos, destacam-se os subprodutos da mandioca. Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da substituição do milho por farinha de crueira de mandioca (*Manihot esculenta*) em rações para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). O estudo foi conduzido em duas etapas, seguindo um delineamento experimental inteiramente casualizado com seis tratamentos (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% de substituição do milho pela farinha de crueira) e quatro repetições. Na primeira etapa da pesquisa, 480 juvenis de tambaqui foram distribuídos em 24 caixas plásticas redondas para avaliação das médias dos parâmetros físico-químicos da água, ganho de peso, conversão alimentar aparente, composição corporal, custo de produção do quilograma de peso vivo ganho e dos parâmetros hematológicos. Na segunda etapa do estudo, 336 juvenis de tambaqui foram distribuídos em 24 tanques tipo cone para determinação da digestibilidade dos nutrientes das rações experimentais. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para os parâmetros físico-químicos da água, ganho de peso, conversão alimentar aparente, parâmetros hematológicos dos peixes e coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes das rações. Houve diferença significativa para o teor de extrato etéreo no músculo dos peixes alimentados com ração contendo níveis de substituição de 40 % e 100 %. A substituição do milho pela farinha de crueira de mandioca também proporcionou redução no custo de produção do quilograma de tambaqui. Concluiu-se que o milho pode ser totalmente substituído pela farinha de crueira de mandioca em rações para juvenis de tambaqui sem comprometimento das variáveis estudadas.

Palavras chave: Piscicultura, nutrição de peixes, carboidratos.

ABSTRACT

Corn has always occupied a prominent position as an energy source in diets for aquatic organisms. However, there is growing interest in alternative energy sources for use in fish diets, with the goal of reducing the cost of food. Among the sources of energy that have potential for use in pet foods, byproducts of cassava are important. This study aimed to evaluate the effects of replacing corn flour by cassava (*Manihot esculenta*) meal in diets for juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*). The study was conducted in two stages, following a completely randomized design with six treatments (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%), replacing maize meal by cassava meal. In the first stage, 480 juvenile tambaqui were distributed in 24 circular plastic tanks for the evaluation of physico-chemical parameters of water, weight gain, feed conversion, body composition, production cost per kilogram of body weight gain and haematological parameters. In the second stage, 336 juvenile tambaqui were distributed in 24 conical tanks for the determination of nutrient digestibility of the experimental diets. There were no significant differences between treatments in terms of physico-chemical parameters of water, weight gain, feed conversion, body composition and hematological parameters of fish. The replacement of corn flour with cassava meal also reduced the cost per kilogram of tambaqui. It is concluded that corn flour can be completely replaced by cassava meal in the diets for juvenile tambaqui, without affecting growth rate.

Keywords: Fish farming, fish nutrition

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Processo de obtenção de crueira de mandioca (*Manihot esculenta*), após peneiragem da massa de mandioca.....5
- Figura 2. Caixas plásticas utilizadas para avaliar a substituição do milho por farinha de crueira em rações para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*).....11
- Figura 3. Bateria de cones utilizados para coleta de fezes de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*).....20
- Figura 4. Sistema para coleta de fezes para avaliação de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*).....20
- Figura 5. Percentual de extrato etéreo no músculo de tambaquis alimentados com rações contendo níveis crescentes de substituição do milho pela farinha de crueira de mandioca.....27

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1. Composição bromatológica da raiz de mandioca (<i>Manihot esculenta</i>).....	4
Tabela 2. Tratamentos e a relação dos níveis de substituição do milho por farinha de cruera em dietas experimentais para juvenis de tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>).....	11
Tabela 3. Composição percentual dos ingredientes e características nutritivas de dietas experimentais com diferentes níveis de substituição do milho por farinha de cruera de mandioca (<i>Manihot esculenta</i>).....	13
Tabela 4. Parâmetros físico-químicos da água, durante o período experimental (média e desvio padrão).....	24
Tabela 5. Desempenho dos juvenis de tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) entre os diferentes tratamentos, durante período experimental (média e desvio padrão).....	25
Tabela 6. Percentual de umidade, proteína bruta, cinza e extrato etéreo no músculo dos tambaquis (<i>Colossoma macropomum</i>) nos diferentes tratamentos (média e desvio padrão).....	26
Tabela 7. Custo de produção das dietas experimentais e o custo médio da ração por quilograma de peso vivo ganho.....	29
Tabela 8. Parâmetros hematológicos de juvenis de tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>), após o período experimental (Média e desvio padrão).....	31

Tabela 9. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca dos ingredientes das rações contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de crueira de mandioca (média e desvio padrão).....	32
---	----

ANEXOS

Anexo 1. Custo total de produção de um hectare de mandioca (<i>Manihot esculenta</i>) na terra firme.....	70
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. A mandioca <i>Manihot esculenta</i>	2
1.1.1. Características nutricionais da raiz de mandioca.....	4
1.1.2. Mandioca na alimentação animal.....	5
1.1.3. Mandioca na alimentação de peixes.....	6
2. JUSTIFICATIVA	7
3. OBJETIVOS	8
3.1. Geral.....	8
3.2. Específicos.....	8
4. HIPÓTESES	9
5. MATERIAL E MÉTODOS	10
5.1. Delineamento experimental.....	10
5.2. ETAPA I.....	11
5.2.1. Manejo dos peixes.....	12
5.2.2. Preparo das rações.....	12
5.2.3. Análises bromatológicas.....	14
5.2.4. Parâmetros físico-químicos da água.....	14
5.2.5. Índices zootécnicos.....	14
5.2.6. Composição centesimal da carcaça	15
5.2.7. Custo da ração por quilograma de peso vivo ganho.....	16
5.2.8. Parâmetros hematológicos.....	16
5.3. ETAPA II.....	18
5.3.1. Preparo das rações.....	18
5.3.2. Manejo dos peixes.....	19
5.4. Análise de dados.....	22
6. RESULTADOS	23
6.1. Parâmetros físico-químicos da água.....	23
6.2. Desempenho produtivo.....	24
6.3. Composição centesimal das carcaças.....	26
6.4. Custo da ração por quilograma de peso vivo ganho.....	28
6.5. Parâmetros hematológicos.....	30

6.6. Digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes das rações.....	32
7. DISCUSSÃO.....	33
7.1. Parâmetros físico-químicos da água.....	33
7.2. Desempenho produtivo.....	35
7.3. Composição centesimal da carcaça.....	39
7.4. Custo da ração por quilograma de peso vivo ganho.....	43
7.5. Parâmetros hematológicos.....	45
7.6. Digestibilidade.....	49
8. CONCLUSÃO.....	53
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

1. INTRODUÇÃO

Para as populações que vivem na região amazônica, o peixe é a principal fonte de proteína de origem animal disponível, representando também uma fonte de renda para os pescadores (Araújo-Lima & Goulding, 1998). Entretanto, o intenso crescimento da população na região Norte tem aumentado a demanda por pescado e gerado maior pressão sobre os estoques naturais, diminuindo a quantidade de peixes capturados e elevando o preço das espécies preferidas para consumo (Batista, 2003). Diante desta problemática, a piscicultura regional apresenta-se como uma atividade com potencial para minimizar os efeitos da sobre exploração de algumas espécies de maior valor econômico (Silva *et al.*, 1991; Cyrino & Gryscek, 1997; Cheng *et al.*, 2003).

Inúmeros fatores contribuem para que a piscicultura seja a atividade zootécnica de maior potencialidade na região amazônica. Dentre estes, podem ser mencionadas a quantidade de recursos hídricos disponíveis (Rufino, 2002), a boa qualidade das águas (Araújo, 1989), as características físicas dos solos, a disponibilidade de mão de obra, mercado consumidor em expansão e a quantidade de espécies de peixes com potencial para criação em ambientes artificiais (Val & Honczaryk, 1995).

Entre as espécies de peixes nativos com potencial para cultivo em cativeiro, o tambaqui (*Colossoma macropomum*) destacou-se por apresentar diversas características desejáveis, tais como: disponibilidade de juvenis para comercialização durante o ano todo (Rolim, 1995), hábito alimentar diversificado (Silva *et al.*, 1991), rápido crescimento, boa conversão alimentar (Val *et al.*, 1998), resistência a baixos níveis de oxigênio dissolvido na água (Graef, 1995) e boa aceitação pelos consumidores (Hancz, 1993), destacam esta espécie para a piscicultura nacional. Segundo Saint-Paul (1986), esta é a espécie amazônica mais criada em todo território brasileiro.

Entretanto, para se obter bons resultados em cultivos comerciais de peixes os alimentos fornecidos para as espécies devem conter todos os nutrientes necessários para o bom desenvolvimento (Pereira Filho, 1995). Este mesmo autor chama a atenção para os custos com a alimentação dos peixes, que podem corresponder de 60 a 80% dos custos totais de produção. Geralmente, os nutrientes mais caros em dietas para organismos aquáticos

são a proteína e a energia, sendo suas principais fontes a farinha de peixe e o milho, respectivamente (Kubitza, 1999).

Segundo Pereira Filho *et al.* (1988), a região Norte não possui produção suficiente de ingredientes para serem utilizados no arraçamento de animais criados em cativeiro, sendo necessária a importação destes insumos de outros Estados. Este fato contribui para elevar o valor de comercialização dos ingredientes e das rações para alimentação animal, devido aos custos com transporte. É o que acontece com o milho, que é importado para a cidade de Manaus, principalmente do Estado do Mato Grosso, sendo comercializado a um valor médio de R\$ 50,00 a saca de 60 quilogramas (Comércio Agropecuário de Manaus, comunicação pessoal).

Desta forma, os estudos que avaliam a substituição total ou parcial dos ingredientes comumente utilizados em rações para peixes comerciais por ingredientes produzidos localmente, são indispensáveis para a elaboração de dietas mais eficientes e de menor custo (Meer *et al.*, 1996; Van der Meer *et al.*, 1997; Boonyaratpalin *et al.*, 1998). Sendo assim, a inclusão de produtos regionais em dietas para peixes tem sido amplamente investigada na região amazônica (Ximenes-Carneiro, 1991; Roubach & Saint-Paul, 1994; Mori-Pinedo *et al.*, 1999). Contudo, a identificação de novas fontes alternativas de alimento, com potencial de uso em rações para peixes comerciais, é indispensável para a verticalização da piscicultura na região amazônica.

1.1. A mandioca *Manihot esculenta*

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma espécie nativa da Amazônia pertencente à família das Euforbiáceas, que foi domesticada pelas populações pré-colombianas nas terras quentes da América. É uma das plantas fotossintetizadoras mais eficientes que se conhece, possuindo grande capacidade em acumular carboidratos no sistema radicular, onde pode apresentar um teor de amido de 20 a 45% (Mello, 1981), constituindo-se em uma das principais fontes de energia para alimentação humana e animal.

Atualmente, mais de 80 países produzem mandioca. O Brasil é o segundo produtor mundial, participando com mais de 15% da produção , o

que corresponde a 25 milhões de toneladas de raízes por ano (Takahashi, 2005). No Brasil, a mandioca é o cultivo com o quarto maior volume de produção, sendo antecedida apenas pela cana-de-açúcar, milho e soja (IBGE, 2004). Os principais fatores que contribuíram para a disseminação e a propagação do cultivo de mandioca no território nacional são: facilidade técnica do cultivo; baixa exigência nutricional dos solos (como no caso dos solos ácidos da Amazônia); alta resistência a pragas e doenças; boa capacidade de regeneração e de adaptação ecológica; boa reprodução vegetativa; elevada tolerância a períodos de estiagem (Gomes, 1987), e possibilidade de cultivo com outras culturas (Campos, 1978).

Cerca de 80% da produção brasileira de mandioca é destinada para atender a demanda da indústria de farinha (Peixoto & Warner, 2003). No Amazonas, a farinha de mandioca é um produto que faz parte do cardápio da maioria da população e sua produção caracteriza-se como uma atividade de significativa importância, tanto no aspecto econômico como social, pois contribui para a fixação do homem no campo e é a principal fonte energética de baixo custo para milhares de famílias.

Existem diversas variedades de mandioca, as quais são classificadas em dois grupos (Creswell, 1978): 1) as mansas ou doces e 2) as bravas ou amargas. O sabor amargo está associado ao potencial cianogênico, relacionado à capacidade de liberação do ácido cianídrico (HCN), que é altamente tóxico (Coursey & Halliday, 1974), resultante da transformação dos glicosídeos cianogênicos (linamarina e lotoaustralina). O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) estabeleceu como critério para classificar as mandiocas mansas o limite máximo de 100 ppm de HCN na polpa crua das raízes (Lozano *et al.*, 1993). Não há entre esses dois grupos qualquer característica morfológica da planta que permita distingui-los (Sniffen *et al.*, 2000).

Os níveis de ácido cianídrico apresentam valores distintos nas diferentes partes da planta, sendo geralmente maiores na parte aérea que nas raízes, e dependem de fatores como a variedade, idade e manejo da planta e o pH do solo (Howeler, 1991). Algumas variedades doces ou mansas podem apresentar níveis inferiores a 20 ppm de ácido cianídrico no parênquima fresco, enquanto algumas variedades amargas ou bravas

ultrapassam 600 ppm. O processo mais usual para eliminação total ou parcial do conteúdo de ácido cianídrico na mandioca consiste na simples fragmentação e secagem do material, por ação dos raios solares, volatilizando o HCN (Lorenzoni & Mella, 1994; Marques *et al.*, 2000).

Os sintomas de intoxicação de animais com ácido cianídrico estão associados com a afinidade deste elemento com os íons metálicos, como ferro e o cobre. O radical $-CN$ do ácido reage com o íon ferro (Fe^{+2}) da hemoglobina, fato que impossibilita o transporte de oxigênio no sangue, levando o animal à morte (Lorenzi *et al.*, 1993).

1.1.1. Características nutricionais da raiz de mandioca

Os principais nutrientes da raiz de mandioca são os carboidratos solúveis, constituídos por amido e açúcares. Na Tabela 1 está apresentada a composição bromatológica da raiz de mandioca em base úmida. Observam-se valores elevados para extrato não nitrogenado e valores baixos para a proteína, extrato etéreo, fibra bruta e minerais. O extrato não nitrogenado contém cerca de 80% de amido, destes 70% é amilopectina e 20% é amilose. Na composição bromatológica da raiz de mandioca em base seca, o extrato não nitrogenado representa cerca de 90% da raiz. Estas características fazem da mandioca o quarto produto agrícola mais calórico, logo após do arroz, do milho e da cana-de-açúcar (Muller *et al.*, 1974; Cheng *et al.*, 2003).

Tabela 1. Composição bromatológica da raiz de mandioca (*Manihot esculenta*). Fonte: (Muller *et al.*, 1974).

Nutrientes	Níveis %
Umidade	58,5
Proteína bruta	1,0
Extrato etéreo	0,5
Fibra bruta	0,9
Extrato não nitrogenado	38,0
Cinzas	1,1

A composição bromatológica dos subprodutos e resíduos da raiz de mandioca é bastante heterogênea, dependendo das variedades utilizadas,

do nível tecnológico da indústria, do tipo de processamento, da qualidade da mão-de-obra (Caldas & Gomes, 2000). Na produção de farinha de mandioca o resíduo do peneiramento da massa é denominado de crueira, material composto por fiapos, entrecascas e cepas que, após secagem, pode apresentar na sua composição em média 69% de amido; 15% de fibra bruta; 9,52% de umidade; 0,8% extrato etéreo; 0,7% de cinza e 0,7% de proteína bruta (Abrahão, 2006). Esse subproduto, pelos teores baixos de proteína e elevados de amido residual, caracteriza-se como um alimento energético.

Apesar de não existirem dados absolutos a respeito da quantidade total produzida deste resíduo, estima-se que cerca de 10% da mandioca utilizada na fabricação de farinha é eliminada na forma de crueira (Cheng *et al.*, 2003).



Figura 1. Processo de obtenção da crueira de mandioca (*Manihot esculenta*), após peneiragem da massa de mandioca. (Fonte: www.aondefica.com).

1.1.2. Mandioca na alimentação animal

A mandioca e seus subprodutos são alimentos com grande potencial de uso em substituição ao milho na alimentação animal (Creswell, 1978; Furlan *et al.*, 2005). Zeoula *et al.*, (2003) observaram resultado positivo no desempenho de ovinos alimentados com rações contendo diferentes níveis de farinha de varredura como substituta ao milho. Resultados semelhantes foram encontrados no desempenho de coelhos ao substituírem o farelo de trigo da ração pela casca de mandioca (Michelan *et al.*, 2006); no de suínos na fase de terminação, com resíduo industrial de fécula de mandioca em até

30% (Bertol & Lima, 1999); no de bezerros holandeses não castrados, com idade média de 160 dias, com farinha de varredura (Jorge *et al.*, 2002), no de ratos machos recém desmamados, com farinha de mandioca enriquecida com bioproteína (Metri *et al.*, 2003); no de cabras em lactação, com farinha de varredura (Mouro *et al.*, 2002); no de coelhos em crescimento, com raspa integral de mandioca extrusada (Furlan, 2005).

Por outro lado, Prado *et al.* (2000) observaram redução no desempenho zootécnico de suínos na fase de crescimento, quando estes foram alimentados com ração contendo resíduo industrial de fécula de mandioca, assim como Menezes *et al.* (2004), ao avaliarem a digestibilidade de nutrientes e o ganho de peso diário de caprinos, alimentados com ração contendo casca de mandioca como fonte energética e Zeoula *et al.* (1999), que trabalharam com vacas primíparas. Nascimento *et al.* (2004), observaram que a substituição do milho pela raspa de mandioca diminuiu o ganho de peso e piorou a conversão alimentar e a ingestão em frangos de corte durante as fases de engorda e final. Resultados similares foram observados em novilhas mestiças em confinamento após inclusão do resíduo seco de mandioca na alimentação (Abrahão *et al.*, 2006).

1.1.3. Mandioca na alimentação de peixes

Apesar do potencial nutritivo da mandioca, é importante relatar que são poucos os trabalhos que avaliaram o uso deste alimento, ou de seus subprodutos, em rações para peixes. Lacerda *et al.* (2005) substituíram o milho pelo farelo de mandioca em rações para alevinos de carpa capim e encontraram resultados satisfatórios. Resultados semelhantes foram observados para tilápia *Oreochromis niloticus*, alimentadas com ração contendo farinha de varredura de mandioca (Boscolo *et al.*, 2002) e para pacu (*Piaractus mesopotamicus*), alimentados com rama de mandioca (Pádua *et al.*, 2009).

Por outro lado, Pereira-da-Silva & Pezzato (2000) avaliaram o comportamento alimentar da tilápia *Oreochromis niloticus* à atratividade e palatabilidade de diversos ingredientes, incluindo a farinha de raspa de mandioca e classificaram este alimento como de baixa atratividade-palatabilidade.

2. JUSTIFICATIVA

A piscicultura tem proporcionado ao homem do campo a possibilidade de conciliar a utilização racional dos recursos naturais com o desenvolvimento econômico e social, produzindo alimento, gerando renda e melhorando a qualidade de vida de populações que vivem no interior do Estado do Amazonas. Entretanto, a alimentação dos peixes com rações comerciais e/ou ingredientes importados de outras regiões, pode dificultar a verticalização da piscicultura como atividade econômica, devido ao elevado custo destes insumos.

A mandioca é uma planta cultivada em todo Estado do Amazonas, constituindo-se na principal fonte energética para inúmeras famílias, que preferem consumir este alimento na forma de farinha. Durante o processo de produção da farinha de mandioca são obtidos inúmeros resíduos, a exemplo da crueira, que podem apresentar potencial qualitativo para compor dietas para peixes.

Os estudos que buscam avaliar a possibilidade de substituição dos ingredientes comumente utilizados na elaboração de rações para peixes são essenciais para a evolução da piscicultura. Tais estudos são indispensáveis para a manipulação de dietas mais eficientes e de menor custo, que possam propiciar melhores resultados zootécnicos, favorecendo os produtores e os consumidores. Com a redução do custo de produção dos peixes os consumidores serão beneficiados por uma maior oferta de carne, a um preço reduzido, e os produtores serão beneficiados por uma maior quantidade de produtos no mercado.

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Avaliar o uso de rações para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) com níveis crescentes de farinha de crueira de mandioca (*Manihot esculenta*) em substituição ao milho (*Zea mays*).

3.2. Específicos

- a) Avaliar a qualidade da água através dos parâmetros físico-químicos: oxigênio dissolvido, temperatura, potencial hidrogeniônico, resíduos nitrogenados (amônia e nitrito), dureza, alcalinidade e gás carbônico;
- b) Avaliar o desempenho produtivo de juvenis de tambaqui através do ganho de peso e conversão alimentar aparente;
- c) Avaliar a qualidade de carcaça de juvenis de tambaqui através do teor de proteína bruta e extrato etéreo;
- d) Determinar o custo médio da ração para juvenis de tambaqui por quilograma de peso vivo ganho;
- e) Avaliar os parâmetros hematológicos de juvenis de tambaqui determinado pelo número de hematócrito, eritrócitos, hemoglobina, volume corpuscular médio, concentração de hemoglobina corpuscular média, glicose e proteína;
- f) Determinar a digestibilidade *in vivo* dos nutrientes das rações experimentais em juvenis de tambaqui.

4. HIPÓTESES

É possível substituir totalmente o milho por farinha de crueira em rações para juvenis de tambaqui sem que haja comprometimento dos parâmetros físico-químicos da água, das variáveis zootécnicas, da composição centesimal das carcaças dos peixes, dos parâmetros hematológicos e da capacidade digestiva desta espécie.

A substituição total do milho pela farinha de crueira de mandioca em rações para juvenis de tambaqui resultará em redução no custo de produção da ração e do quilograma de peixe.

5. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no galpão experimental da Coordenação de Pesquisas em Aqüicultura – CPAQ/INPA Manaus – AM, em duas etapas. Na primeira etapa (**Etapa 1**) foram avaliados os parâmetros de qualidade da água, desempenho zootécnico dos animais experimentais, custo da ração por quilograma de peso vivo ganho, composição centesimal das carcaças dos peixes e os parâmetros hematológicos; e na segunda etapa (**Etapa 2**), foi determinado o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes das dietas experimentais.

As análises da composição bromatológica dos ingredientes, rações, fezes e peixes foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Peixes/CPAQ/INPA.

5.1. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos (dietas) e quatro repetições, perfazendo 24 unidades experimentais. As rações foram formuladas de modo a serem isoprotéicas (36%PB) e isocalóricas (3500 kcal ED/kg), com níveis crescentes (0, 20, 40, 60, 80 e 100%) de substituição do milho por farinha de crueira, correspondendo aos tratamentos controle, I, II, III, IV e V, respectivamente (Tabela 2). Para balanceamento das rações experimentais foi utilizado o programa Super Crac, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa – UFV. Para realização da pesquisa, foram utilizados 490 juvenis de tambaqui (480 para as unidades experimentais e 10 para determinação da composição corporal inicial), provenientes dos estoques da CPAQ/INPA.

Tabela 2. Tratamentos e a relação dos níveis de substituição do milho por farinha de crueira em dietas experimentais para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*).

Dietas Experimentais	Milho	Farinha de crueira
Controle	100 %	0 %
Tratamento I	80 %	20 %
Tratamento II	60 %	40 %
Tratamento III	40 %	60 %
Tratamento IV	20 %	80 %
Tratamento V	0 %	100 %

5.2. Etapa 1

Esta etapa teve duração de 75 dias. Foi considerada como unidade experimental uma caixa plástica redonda, com capacidade para 350 L de água de poço artesiano, com aeração constante e renovação diária de água (Figura 2).



Figura 2. Caixas plásticas utilizadas para avaliar a substituição do milho por farinha de crueira em rações para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). (Fonte: Pereira Junior, G., 2005).

5.2.1. Manejo dos peixes

Cada unidade experimental recebeu, ao acaso, 20 indivíduos, cada um com peso médio de 6,6 g. Para aferir a homogeneidade do peso (g) dos animais, foi realizada uma biometria com o auxílio de uma balança eletrônica de dois dígitos ($\pm 0,5$ g).

Para adaptação às condições experimentais, os peixes foram alimentados durante sete dias com uma dieta controle, contendo 36% de proteína bruta. No oitavo dia, os animais passaram por um jejum para, posteriormente, serem alimentados três vezes ao dia (às 9:00, 13:00 e 17:30h) com as rações testadas, até a saciedade aparente. Foi registrado o consumo diário de ração de cada unidade experimental para determinação dos índices zootécnicos.

5.2.2. Preparo das rações

A crueira de mandioca utilizada neste trabalho foi doada por uma fábrica de farinha localizada na comunidade Santa Luzia do Baixo, rio Solimões, próximo a cidade de Manaus - AM. O material foi embalado em sacos plásticos e transportado à CPAQ/INPA, onde foi desidratado em estufa a 60 graus Celsius, por 48 horas. Após a desidratação, o material foi moído em moinho tipo martelo, com matriz fina de 0,8 milímetros. Para uniformização das partículas, todos os outros ingredientes utilizados na composição das rações passaram pelo mesmo processo de moagem. Os ingredientes (Tabela 3) foram adquiridos em casas comerciais de Manaus.

Todos os ingredientes foram misturados e processados em uma extrusora de rosca simples, para formação dos grânulos. Estes foram desidratados em estufa a uma temperatura de 60 graus Celsius, por 48 horas. As rações foram acondicionadas em sacos plásticos de 2 kg e mantidas em freezer a 5 °C negativos.

Tabela 3. Composição percentual dos ingredientes e características nutritivas das dietas experimentais com diferentes níveis de substituição do milho por farinha de cruera de mandioca (*Manihot esculenta*).

Ingredientes	Níveis de substituição da farinha de cruera (%)					
	0	20	40	60	80	100
Milho	30,0	24,0	18,0	12,0	6,0	0,0
Farinha de cruera	0,0	6,0	12,0	18,0	24,0	30,0
Óleo de soja	3,6	3,7	3,4	3,6	3,2	3,6
Farelo de soja	55	54	52,7	49,8	50,0	45,8
Farelo de glútem de milho	2,0	2,0	3,6	7,0	7,0	10,0
Farinha de carne e ossos	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0
Farinha de peixe	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Fosfato bicálcico	2,0	2,8	2,8	2,3	2,3	2,1
DL-metionina	0,35	0,35	0,35	0,32	0,43	0,4
Premix	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Nutrientes (%)	Níveis de substituição da farinha de cruera (%)					
	0	20	40	60	80	100
Matéria seca (%)	93,0	94,2	93,5	93,5	94,1	94,2
Proteína bruta (%)	38,3	36,9	37,7	37,6	36,7	36,7
Extrato etéreo (%)	3,6	4,4	3,9	3,8	3,4	4,4
Cinzas (%)	7,3	7,8	8,0	7,6	7,5	7,2
Fibra bruta (%)	1,8	2,2	2,7	2,8	2,8	3,1
ENN (%)	42,0	42,9	41,2	41,7	43,7	42,8
Energia bruta (Kcal/kg)*	4225	4259	4187	4191	4185	4243
EB:PB	11,0	11,5	11,1	11,1	11,4	11,5

ENN = extrativo não nitrogenado; EB = energia bruta; PB = proteína bruta.

* Calculado segundo NRC 1996

5.2.3. Análises bromatológicas

Para a determinação de composição bromatológica dos ingredientes, 20 gramas de cada um utilizado nas dietas foram separados e enviados para análise no laboratório de nutrição de peixes da CPAQ/INPA.

Os teores de umidade, proteína bruta pelo método de micro-Kjeldahl, extrato etéreo, fibra bruta e cinzas foram determinados segundo metodologia descrita pela AOAC (1997).

O valor do extrato não-nitrogenado (carboidratos) foi calculado segundo a fórmula proposta pela AOAC (1997), onde: $EEN = 100 - (UM + PB + EE + FB + CZ)$.

A Energia bruta foi estimada com base nos valores calculados de energia para proteína = 5,64 Kcal/g, extrato etéreo = 9,44 Kcal/g e extrato não-nitrogenado = 4,11 Kcal/g (National Research Council, 1993).

5.2.4. Parâmetros físico-químicos da água

A cada sete dias foram realizadas em todas as unidades experimentais, medidas de amônia, nitrito, gás carbônico, dureza e alcalinidade. Para estas determinações, foram utilizados o método da colorimetria (amônia e nitrito) e titulação (gás carbônico, dureza e alcalinidade).

A cada dois dias foram aferidas as medidas de temperatura da água, pH e oxigênio dissolvido. Para determinar os valores de oxigênio dissolvido foi utilizado um oxímetro digital. As outras medidas foram verificadas com um peagâmetro digital. Estas medidas foram tomadas as 9:00 horas da manhã.

5.2.5. Índices zootécnicos

Os índices zootécnicos ou desempenho produtivo (ganho de peso e conversão alimentar aparente) foram calculados utilizando os dados obtidos após três biometrias, sendo uma realizada no início do experimento, cuja finalidade era aferir a homogeneidade dos lotes, a segunda aos 35 dias e a última aos 75 dias de avaliação experimental. Estas últimas possibilitaram avaliar o efeito de cada ração sobre o desempenho dos peixes. Para reduzir os efeitos de estresse durante a manipulação dos peixes, foi usada uma solução com anestésico, 100 mg/L de benzocaína (Gomes *et al.*, 2001).

O ganho de peso foi determinado pela diferença entre o peso médio final e o peso médio inicial dos peixes em cada tratamento:

$$\mathbf{Gp = Pf - Pi}$$

Onde:

Gp = ganho de peso

Pf = peso médio final (g)

Pi = peso médio inicial (g)

A conversão alimentar aparente foi determinada dividindo-se a quantidade de ração consumida em cada unidade experimental, pelo ganho de peso dos peixes (g) ao final do experimento:

$$\mathbf{CAA = RC/GP}$$

Onde:

CA = conversão alimentar aparente

RC = ração consumida (g)

GP = ganho de peso (g)

5.2.6. Composição centesimal da carcaça

A composição centesimal inicial da carcaça dos animais foi determinada tomando uma amostra de 10 indivíduos do lote total. Ao final da primeira etapa do experimento, três indivíduos por unidade experimental foram escolhidos ao acaso para a determinação da composição centesimal final da carcaça.

Os teores de umidade, proteína bruta e extrato etéreo das carcaças foram determinados segundo técnica descrita pela AOAC (1997).

5.2.7. Custo da ração por quilograma de peso vivo ganho

Para avaliar a influência da substituição do milho pela farinha de cruzeira de mandioca no custo produtivo, foi determinado o custo médio do alimento por quilograma de peso vivo ganho, segundo Bellaver *et al.* (1985).

$$Y_i = Q_i \times P_i / G_i$$

Onde:

Y_i = custo médio da ração por quilograma ganho no i -ésimo tratamento;

Q_i = quantidade média de ração consumida no i -ésimo tratamento;

P_i = preço médio por quilograma de ração utilizada no i -ésimo tratamento;

G_i = ganho médio de peso do i -ésimo tratamento.

5.2.8. Parâmetros hematológicos

Amostras de sangue, para determinação das variáveis hematológicas, foram coletadas através da punção do vaso caudal, utilizando-se para isto seringas heparinizadas. Após coleta, as amostras de sangue foram acondicionadas em frascos eppendorf® e refrigeradas para posterior análise. Objetivou-se com esta análise determinar o efeito das dietas sobre o metabolismo animal.

O hematócrito foi determinado pela técnica de microhematócrito, em um tubo capilar com 75 mm de comprimento e 1,0 mm de diâmetro interno e 1,5 mm externo. Neste tubo foi inserido sangue total por diferença de pressão, sendo posteriormente fechado em uma das extremidades e centrifugado a 1.2000 rpm, durante 10 minutos. A leitura do percentual da sedimentação dos eritrócitos foi feita em uma escala padronizada de volume celular.

Para contagem de eritrócitos, 10 μ L de sangue total foi diluído em 2 ml da solução de Natt & Herrick (1952), sendo posteriormente homogeneizado em solução de Natt & Herrick (1952). Após 10 minutos de repouso, foi realizada a contagem dos eritrócitos, em câmara de Neubauer, com auxílio de um microscópio óptico com ampliação de 400 vezes. Os eritrócitos foram contados em cinco áreas de 0,04 mm² e os valores foram expressos em unidades/ μ L de sangue.

A concentração de hemoglobina foi determinada por método fotocolorimétrico, com utilização de kit comercial DOLES, baseado na

formação de cianometahemoglobina. Para isso, 2,0 mL do reagente de Drabkin foram misturados a 10 µl de sangue. O material foi centrifugado, utilizando-se o sobrenadante para a dosagem de hemoglobina em espectrofotômetro a 540 nm de absorvância. A concentração de hemoglobina foi calculada usando-se a fórmula: Hb (g/dL) = Absorvância da amostra x Fator, onde Fator = 14,3/Absorvância padrão. Os resultados foram expressos em g/dl.

Os índices hematimétricos: volume corpuscular médio (VCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) foram determinados após obtenção dos valores de RBC, Ht e [Hb] de cada indivíduo, seguindo as recomendações de Wintrobe (1934).

$$\mathbf{VCM\ (fL)\ =\ Ht*10/RBC}$$

$$\mathbf{CHCM\ (\%)\ =\ [g/dL]*100/Ht}$$

A determinação da glicose plasmática foi realizada pelo método enzimático-colorimétrico (glicose oxidase), utilizando kit comercial (Doles). As amostras de sangue foram centrifugadas para a separação do plasma dos eritrócitos. Em seguida, 10 µl de plasma de cada amostra foi diluído em 1 mL do reagente Glucos, posteriormente agitado num agitador de tubo e mantido em banho-maria a 37 °C, durante 10 minutos. As amostras foram lidas em 510 nm em espectrofotômetro. A glicose plasmática foi calculada usando-se a fórmula:

$$\mathbf{Glicose\ (mg/dL)\ =\ Absorvância\ da\ amostra\ x\ Fator^*}$$

$$*Fator\ =\ 100/Absorvância\ padrão$$

A determinação das proteínas totais do plasma foi realizada pelo método colorimétrico, utilizando o reagente de biureto (kit comercial Human do Brasil). Para a obtenção das amostras do plasma, o sangue foi centrifugado numa centrífuga mini Spin da marca Eppendorff. Cada amostra de plasma (20 µL) foi diluída em 1 mL de biureto e homogeneizada por meio de agitador de tubo magnético, ficando posteriormente em repouso por 15 minutos a uma temperatura de 25°C. Após a diluição foi efetuada a leitura da absorvância em espectrofotômetro num comprimento de onda de 550 nm. Os valores de leitura da absorvância da amostra foram aplicados na formula:

$$\text{Proteínas totais (g/dL)} = \frac{(\text{Absorvância das amostras} \times 4)}{(\text{Absorvância do Padrão})}$$

5.3. Etapa 2

Esta etapa teve a duração de 30 dias e foram utilizados 336 juvenis de tambaqui, provenientes da primeira etapa deste estudo (CPAQ/INPA).

Cada unidade experimental foi constituída por 14 juvenis de tambaqui alojados em um tanque com forma afunilada e capacidade para 300 L, abastecido com água de poço artesiano, sistema de aeração artificial, renovação diária de água e sistema de funil na extremidade inferior para coleta das excretas (Figura 3).

5.3.1. Preparo das rações

As rações utilizadas para determinação da digestibilidade dos nutrientes foram as mesmas utilizadas na primeira fase da pesquisa, porém houve inclusão de 0,5% de óxido de cromo (Cr^2O^3) como marcador inerte. Para isto, as rações foram processadas em moedor de carne, com matriz fina de 1 mm, e o Cr^2O^3 misturado. Esta mistura foi umedecida e processada em moedor de carne, com matriz de 6 mm, para a formação dos peletes. Para secagem destes, foi usada uma estufa com circulação forçada de ar, a temperatura constante de 60 °C, durante 48 horas. Após a elaboração das rações, foram coletadas amostras para determinação de suas composições centesimais, e o restante foi acondicionado em saco plástico e armazenado em freezer.

As concentrações de óxido de cromo nas amostras de rações e fezes coletadas foram determinadas através do método colorimétrico, conforme metodologia descrita por Furukawa & Tsukahara (1966). O método para análise da digestibilidade aparente foi o da via indireta, segundo a metodologia descrita Ng & Wilson (1997).

5.3.2. Manejo dos peixes

Ao término da primeira etapa desta pesquisa os animais foram redistribuídos nas unidades experimentais “tipo funil”, para coleta das fezes. Para isso eles foram pesados com uma balança eletrônica de dois dígitos ($\pm 0,5g$), para garantir a homogeneidade das unidades experimentais. O peso médio foi de 33 gramas.

Cada unidade experimental foi povoada por 14 peixes, havendo um período de aclimação de sete (7) dias, onde os animais receberam uma ração controle com 36% de proteína bruta. Após este período, os peixes ficaram em jejum durante 24 horas, depois foram alimentados com as rações experimentais *ad libitum*. O alimento foi fornecido três vezes ao dia, às 9:00, 13:00 e 17:30 horas.

Na porção inferior dos cones, junto a saída d'água, está adaptado um sistema coletor de fezes constituído de juntas de PVC com registro hidráulico. A porção terminal do coletor possui uma rosca para encaixe de pré-formas de garrafa pet com volume de 50 ml, para coleta das fezes, conforme a Figura 4. Foram colocadas telas metálicas em formato circular no interior dos cones, com malha de dez milímetros, separando uma área para permanência dos peixes e outra para decantação das fezes, evitando a lixiviação excessiva do material.



Figura 3. Bateria de cones utilizados para coleta de fezes de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). (Fonte: Pereira Junior, G., 2005).

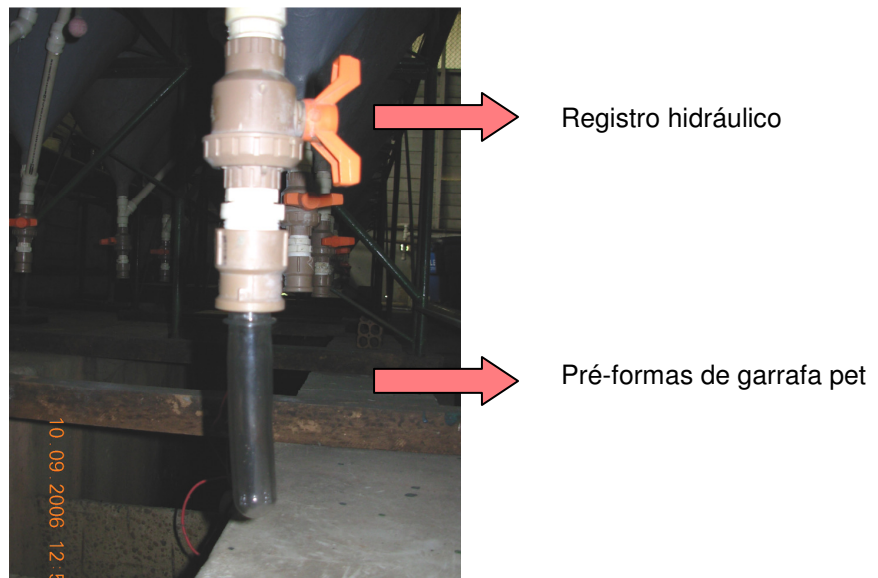


Figura 4. Sistema para coleta de fezes para avaliação de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). (Fonte: Pereira Junior, G., 2005).

As fezes foram coletadas por decantação na coluna da água até juntar a quantidade de material fecal necessária para realização das análises (dez gramas de peso seco de fezes). As coletas foram efetuadas ao longo do dia, com início às 11 horas e término às 23 horas. Para evitar que os coeficientes de digestibilidade fossem subestimados, o registro do sistema de coleta de cada unidade experimental foi aberto para descarte dos peletes não consumidos, uma hora após a alimentação. Após o fechamento do registro, os tubos coletores foram encaixados, seguindo o intervalo de coleta de uma hora. As fezes decantadas nos tubos coletores foram retiradas, após o fechamento do registro, homogeneizadas e congeladas em placas de Petri para posterior liofilização e análises bromatológicas.

Foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, proteína bruta, fibra bruta, extrato não nitrogenado e extrato etéreo dos ingredientes da ração. Para determinação do coeficiente de digestibilidade desses alimentos foi aplicada a metodologia descrita por Cho *et al.* (1985).

$$\text{CDA}_{\text{MS}} = 100 \times \left| 1 - \frac{(\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ dieta})}{(\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ fezes})} \right|$$

$$\text{CDA}_n = 100 \times \left| 1 - \frac{(\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ dieta}) (\% f_{n/e})}{(\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ fezes}) (\% r_{n/e})} \right|$$

Onde:

CDA_n = Coeficiente de digestibilidade aparente de nutrientes;

$\% \text{Cr}_2\text{O}_3$ dieta = % de óxido de cromo na ração;

$\% \text{Cr}_2\text{O}_3$ fezes = % de óxido de cromo nas fezes;

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

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

5.4. Análise de dados

Para avaliar os efeitos dos tratamentos foi usada análise de variância (ANOVA) para os parâmetros físico-químicos da água: oxigênio, temperatura, pH, dureza, alcalinidade e amônia; composição centesimal da carcaça: proteína bruta e parâmetros hematológicos: hematócrito, hemoglobina, volume corpuscular médio, concentração de hemoglobina corpuscular média, glicose e proteína.

Por não terem atendido os pressupostos da ANOVA, foram submetidos ao teste de distribuição livre de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) os dados de parâmetros físico-químicos da água: gás carbônico e nitrito; desempenho zootécnico: ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar aparente; composição centesimal da carcaça: matéria seca, cinza e extrato etéreo; parâmetros hematológicos: eritrócitos e coeficiente de digestibilidade aparente: matéria seca, extrato etéreo, proteína bruta e extrato não nitrogenado.

6. RESULTADOS

6.1. Parâmetros físico-químicos da água

Os valores médios para as variáveis físico-químicas da água não apresentaram diferenças ($p > 0,05$) entre os tratamentos, conforme apresentado na Tabela 4. Contudo, ao analisarmos os valores numéricos podemos observar pequenas diferenças entre os tratamentos.

Tabela 4. Parâmetros físico-químicos da água, durante o período experimental (média e desvio padrão).

Parâmetros	Rações experimentais											
	Controle	CV%	TI	CV%	TII	CV%	TIII	CV%	TIV	CV%	TV	CV%
Oxigênio (mg/L)	5,6 ± 0,1	9.5	6,1 ± 0,2	7.3	6,1 ± 0,2	12.4	6,0 ± 0,2	5.8	6,1 ± 0,2	9.4	6,1 ± 0,1	7.3
Temperatura (°C)	27,7 ± 0,4	11.7	27,6 ± 0,4	9.8	28,0 ± 0,4	8.5	27,6 ± 0,3	10.0	27,9 ± 0,2	11.2	28,0 ± 0,3	7.8
pH	5,6 ± 0,4	11.3	5,6 ± 0,2	12.4	5,7 ± 0,2	8.7	5,6 ± 0,2	15.2	5,9 ± 0,1	12.3	5,7 ± 0,1	9.1
Amônia total (mg/L)	0,5 ± 0,1	22.4	0,6 ± 0,2	40.6	0,5 ± 0,2	46.9	0,6 ± 0,0	7.2	0,6 ± 0,3	49.7	0,4 ± 0,1	33.5
Nitrito (mg/L)	0,02 ± 0,1	40.8	0,03 ± 0,0	54.5	0,02 ± 0,1	70.1	0,02 ± 0,0	40.8	0,02 ± 0,0	66.6	0,02 ± 0,1	28.5
Dureza (mg/L)	2,1 ± 0,2	10.8	2,3 ± 0,3	8.1	2,0 ± 0,3	14.6	2,0 ± 0,1	6.4	1,9 ± 0,1	6.7	1,9 ± 0,1	3.8
Alcalinidade (mg/L)	2,1 ± 0,3	13.3	2,5 ± 0,3	12.8	2,4 ± 0,2	30.2	2,7 ± 0,1	22.0	2,5 ± 0,2	34.6	2,1 ± 0,3	12.5
CO ₂ (Mg/L)	12,1 ± 0,3	3.9	12,0 ± 0,2	3.2	12,4 ± 0,2	2.0	11,5 ± 0,3	5.0	12,3 ± 0,2	4.0	12,0 ± 0,1	0.8

CV = coeficiente de variação.

6.2. Desempenho produtivo

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para as variáveis de desempenho produtivo analisadas. Os valores médios encontrados para ganho de peso individual, consumo individual de ração e conversão alimentar aparente estão apresentados na Tabela 5. Contudo, ao analisarmos os valores numéricos podemos observar pequenas diferenças entre os tratamentos.

Tabela 5. Desempenho dos juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) entre os diferentes tratamentos, durante o período experimental (média e desvio padrão).

Tratamento	Variáveis de desempenho								
	Peso inicial		Peso final		Ganho de peso individual		Consumo individual de ração		Conversão alimentar aparente
	Gramas	gramas	CV%	gramas	CV%	gramas	CV%	gramas	CV%
Controle	6,6 ± 0,1	31,4 ± 7,4	23.8	24,8 ± 7,5	30.3	25,5 ± 2,2	10.0	1,1 ± 0,2	26.3
I	6,6 ± 0,1	30,4 ± 9,6	33.2	23,8 ± 8,1	42.7	26,6 ± 3.4	12.0	1,1 ± 0,1	22.0
II	6,6 ± 0,1	34,4 ± 6,3	15.1	27,8 ± 5,1	18.5	28,9 ± 6.6	25.4	1,0 ± 0,1	25.4
III	6,6 ± 0,1	37,2 ± 6,5	16.7	30,6 ± 4,1	20.2	33,0 ± 2,8	7.0	1,1 ± 0,0	6.7
IV	6,7 ± 0,1	35,7 ± 2,5	7.1	29,0 ± 1,9	8.9	30,5 ± 5.8	18.7	1,1 ± 0,0	5.6
V	6,6 ± 0,1	35,1 ± 6,7	19.1	28,5 ± 6,7	23.6	30,8 ± 3.7	14.5	1,1 ± 0,1	20.1

CV = coeficiente de variação.

6.3. Composição centesimal das carcaças

A composição centesimal das carcaças dos peixes no início e no fim do experimento está apresentada na Tabela 6. Não foram encontradas diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos para as variáveis matéria seca, proteína bruta e cinza. Entretanto, foram encontradas diferenças significativas ($p<0,05$) entre os tratamentos II e V para a variável extrato etéreo.

Tabela 6. Percentual de umidade, proteína bruta, cinza e extrato etéreo no músculo dos tambaquis (*Colossoma macropomum*) nos diferentes tratamentos (média e desvio padrão).

Tratamento	Matéria seca		Proteína bruta		Cinza		Extrato etéreo	
Inicial	21,4	CV%	61,0	CV%	13,2	CV%	15,9	CV%
Controle	27,3 ± 0,3	1,4	59,7 ± 1,9	3,2	12,5 ± 1,5	4,5	20,0 ± 1,3ab	6,6
I	28,2 ± 1,1	4,1	58,3 ± 1,5	2,6	13,9 ± 1,1	8,5	21 ± 1,8 ab	8,6
II	27,4 ± 1,2	4,3	59,0 ± 2,0	3,4	14,2 ± 0,3	2,1	20,9 ± 0,2 a	1,4
III	28,5 ± 3,6	16,6	58,5 ± 2,4	4,2	13,5 ± 1,4	10,6	20,2 ± 1,0 ab	5,2
IV	27,5 ± 2,9	10,5	58,0 ± 1,2	2,2	12,3 ± 1,5	12,3	22,8 ± 2,7 ab	12,2
V	28,3 ± 0,9	3,4	58,2 ± 1,1	2,0	12,4 ± 0,8	5,2	22,8 ± 1,5 b	6,9

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si (Teste de Kruskal-Wallis $p<0,05$).

Inicial = Análise centesimal dos tambaquis no início do experimento.

CV = coeficiente de variação.

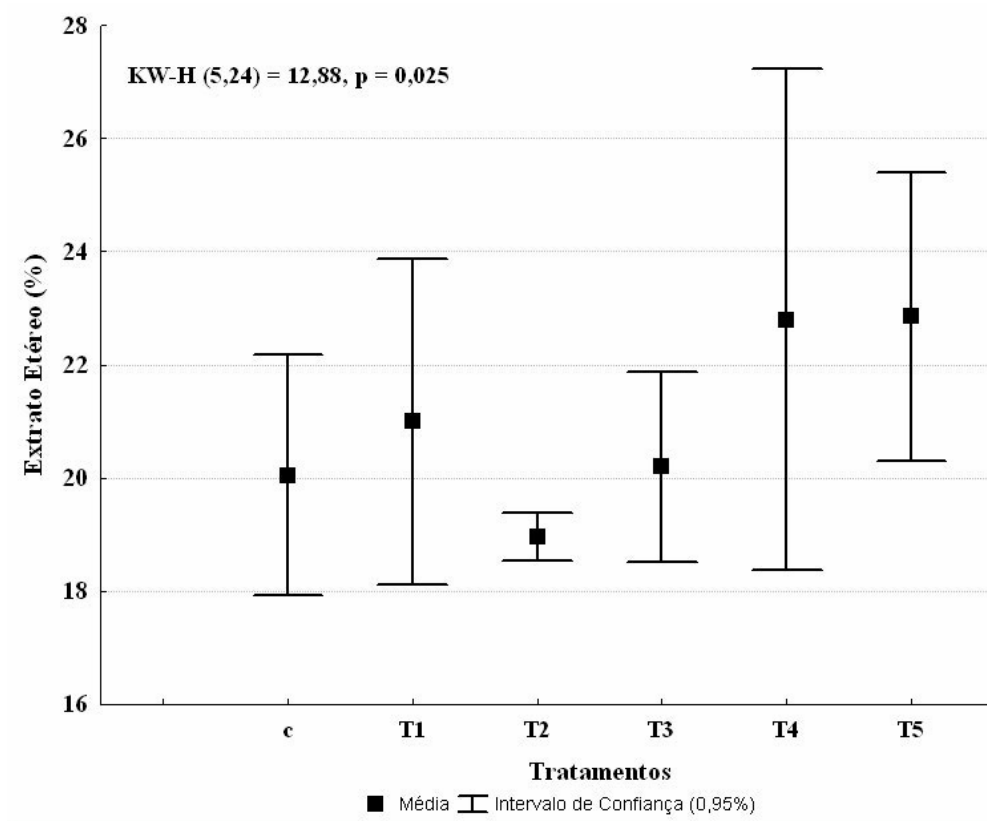


Figura 5. Percentual de extrato etéreo no músculo de tambaquis alimentados com rações contendo níveis crescentes de substituição do milho pela farinha de cruzeira de mandioca.

6.4. Custo da ração por quilograma de peso vivo ganho

Observa-se que houve queda no custo de produção das rações com a inclusão da farinha de crujeira de mandioca, conforme apresentado na Tabela 5. A ração mais cara foi a controle (R\$ 1,43/kg), seguida da ração I (R\$ 1,38/kg), ração II (R\$ 1,33/kg), ração III (R\$ 1,28/kg), ração IV (R\$ 1,25/kg), e ração V (R\$ 1,21/kg), respectivamente.

Também houve tendência de queda no custo de produção do quilograma de peixe com a inclusão da farinha de crujeira de mandioca nas rações. O quilograma de peixe mais barato foi do TV (R\$ 1,30). Já o quilograma mais caro foi do TI (R\$ 1,54), seguido pelo controle (R\$ 1,47), TII e TIII (R\$ 1,38) e TIV (R\$ 1,31), respectivamente.

Tabela 7. Custo de produção das dietas experimentais e o custo médio da ração por quilograma de peso vivo ganho.

Ingrediente	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Custo das rações experimentais (R\$) / Tratamento					
			Controle	TI	TII	TIII	TIV	TV
Milho	kg	0,84	25,52	20,16	15,12	10,08	5,04	-
Farinha de crueira de mandioca	kg	0,10	-	0,60	1,20	1,80	2,40	3,00
Óleo de soja	L	2,50	9,00	9,25	8,50	9,00	8,00	9,00
Farelo de soja	kg	1,22	67,10	56,88	64,29	60,75	61,00	55,87
Farelo glúten de milho	kg	1,20	2,40	2,40	4,32	8,40	8,40	12,00
Farinha de carne e ossos	kg	1,40	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	5,60
Farinha de peixe	kg	1,80	5,40	5,40	5,40	5,40	5,40	5,40
Fosfato bicálcico	kg	1,20	2,40	3,36	3,36	2,76	2,76	2,52
DL-metionina	kg	20,00	7,00	7,00	7,00	6,4	8,6	8,00
Premix	kg	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
TOTAL (100 kg)	-	-	143,02	138,25	133,39	128,79	125,80	121,39
Custo/kg de ração	-	-	1,43	1,38	1,33	1,28	1,25	1,21
Custo médio/kg de PV ganho	-	-	1,47	1,54	1,38	1,38	1,31	1,30

Valores unitários obtidos através de consultas no comércio de Manaus no mês de maio de 2011.

6.5. Parâmetros hematológicos

Não foram observadas diferenças significativas ($p \geq 0,05$) entre os tratamentos para as variáveis hematológicas avaliadas neste trabalho, conforme apresentado na Tabela 8. Contudo, ao analisarmos os valores numéricos podemos observar pequenas diferenças entre os tratamentos.

Tabela 8. Parâmetros hematológicos de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*), após o período experimental (Média e desvio padrão).

Parâmetros	Rações experimentais											
	Controle	CV %	TI	CV%	TII	CV%	TIII	CV%	TIV	CV%	TV	CV%
Hematócrito (%)	30,0 ± 1,0	3,6	28,7 ± 2,3	8,2	27,9 ± 1,4	5,2	28,2 ± 4,2	15,1	28,0 ± 3,7	12,6	27,0 ± 1,0	3,8
Eritrócitos (x10 ⁶ /μL)	1,8 ± 0,1	6,0	1,7 ± 0,1	6,6	1,6 ± 0,0	2,4	1,6 ± 0,2	14,3	1,6 ± 0,2	13,3	1,6 ± 0,0	4,5
Hemoglobina (g/dL)	6,8 ± 0,5	8,2	7,1 ± 0,1	2,1	6,8 ± 0,3	5,2	6,8 ± 0,8	11,6	7,5 ± 1,0	13,2	6,9 ± 0,1	1,5
VCM (fL)	171,7 ± 6,2	3,6	163,8 ± 2,6	1,6	166,5 ± 2,7	1,6	165,6 ± 7,0	4,2	169,8 ± 2,3	1,3	165,3 ± 3,4	2,1
CHCM (g/dL)	23,5 ± 1,5	6,4	25,0 ± 1,6	6,4	24,7 ± 1,2	5,0	25,4 ± 2,4	9,6	24,3 ± 0,8	3,3	25,9 ± 1,1	4,2
Glicose (mg/dL)	104,7 ± 11,4	11,0	110,1 ± 35,8	31,1	105,7 ± 17,4	16,5	104,5 ± 27,4	26,2	107,5 ± 57,1	40,1	109,5 ± 43,1	35,1
Proteína (mg/dL)	2,4 ± 0,3	13,8	2,4 ± 0,1	6,9	2,3 ± 0,1	6,7	2,2 ± 0,1	7,2	2,4 ± 0,1	5,9	2,3 ± 0,2	9,7

VCM = volume corpuscular médio; CHCM = concentração de hemoglobina corpuscular média; CV = coeficiente de variação.

6.6. Digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes das rações

Não foram observadas diferenças significativas ($p \geq 0,05$) entre os tratamentos para o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, do extrato etéreo, da proteína bruta e do extrato não nitrogenado, conforme a Tabela 9.

Tabela 9. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca dos ingredientes das rações contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de cruzeira de mandioca (média e desvio padrão).

Dieta	CDA (%) dos nutrientes das rações							
	CDA ms	CV%	CDA ee	CV%	CDA prot.	CV%	CDA enn	CV%
Controle	72,0 ± 1,0	2,0	95,0 ± 2,0	1,4	90,0 ± 2,0	2,0	55,0 ± 1,0	1,7
TI	69,0 ± 3,0	4,2	96,0 ± 1,0	0,5	89,0 ± 1,0	1,4	53,0 ± 4,0	8,0
TII	69,0 ± 3,0	12,7	89,0 ± 4,0	4,2	89,0 ± 3,0	3,2	51,0 ± 1,3	24,4
TIII	77,0 ± 0,0	3,4	93,0 ± 1,0	2,1	90,0 ± 0,0	1,7	67,0 ± 1,0	5,6
TIV	75,0 ± 2,0	2,2	95,0 ± 3,0	3,1	89,0 ± 2,0	1,9	64,0 ± 3,0	4,5
TV	76,0 ± 2,0	2,1	90,0 ± 6,0	6,0	88,0 ± 3,0	3,2	67,0 ± 3,0	3,9

MS = matéria seca; ee = extrato etéreo; prot. Proteína; enn = extrato não nitrogenado; CV = coeficiente de variação.

7. DISCUSSÃO

7.1. Parâmetros físico-químicos da água

Condições inadequadas de qualidade da água prejudicam o crescimento, a reprodução, a saúde, a sobrevivência e até mesmo a qualidade dos peixes. Diversas variáveis e processos físicos, químicos e biológicos interagem entre si e determinam a qualidade da água nos ambientes de cultivo. Sendo assim, o acompanhamento dos parâmetros físico-químicos da água é de grande importância para o desempenho dos peixes em um sistema de cultivo (Kubitza, 2003).

A alcalinidade total esta diretamente ligada a capacidade da água em manter seu equilíbrio ácido-básico. As águas com alcalinidade total inferior a 20 mg CaCO₃/L apresentam baixa capacidade em resistir a variações de pH (poder tampão). Os baixos valores para alcalinidade total observados nos diferentes tratamentos ($2,1 \pm 0,3$ a $2,7 \pm 0,1$) estão relacionados à ausência de calagem na água. Em seu ambiente natural, o tambaqui vive em águas de baixa alcalinidade, estando adaptado a estas condições (Araújo-Lima & Goulding, 1998).

O oxigênio é um parâmetro de grande relevância nos ecossistemas aquáticos. Para se obter sucesso em pisciculturas é necessário que o oxigênio dissolvido na água esteja em concentrações apropriadas. Para Kubitza (2003) as concentrações de oxigênio dissolvido na água devem ser mantidas, preferencialmente, acima de 4 mg/L em cultivos comerciais de peixes.

O tambaqui é um peixe que suporta baixos níveis de oxigênio dissolvido na água (Graef, 1995). Segundo Saint-Paul (1986), esta espécie pode suportar, por um período curto, concentrações de até 0,5 mg/L de oxigênio dissolvido. Desta forma, os valores médios de oxigênio dissolvido encontrados neste trabalho ($5,6 \pm 0,1$ a $6,1 \pm 0,2$) atendem às exigências da espécie.

A amônia é o principal produto de excreção dos organismos aquáticos. Este cátion é produto do metabolismo de proteínas consumidas pelos peixes e pela decomposição da matéria orgânica pelas bactérias. Quando a concentração da amônia aumenta em ambientes aquáticos, ocorre

uma diminuição de excreção deste composto, podendo ocasionar sérias mudanças fisiológicas no animal (Vinatea, 1997). Para a maioria das espécies de peixes de interesse comercial, a faixa de tolerância de amônia compreende valores entre 0,6 a 2,0 mg/L, sendo que a toxicidade deste íon aumenta com o aumento do pH e da temperatura.

Ismiño-Orbe *et al.* (2003) avaliaram a influência da amônia no desenvolvimento do tambaqui e concluíram que se trata de uma espécie bastante rústica, podendo ser mantida em concentrações de amônia de até 0,8 mg/L sem comprometimento do seu crescimento. Sendo assim, os valores médios encontrados neste trabalho ($0,4 \pm 0,1$ a $0,6 \pm 0,2$) estão dentro dos padrões recomendados para cultivo do tambaqui.

O nitrito (NO_2^-) é um composto intermediário do processo de nitrificação, em que a amônia é transformada (oxidada) por bactérias para nitrito e logo a seguir para nitrato (NO_3^-), em sistemas de aquicultura. Este composto possui a capacidade de se ligar a hemoglobina do sangue, convertendo-a em meta-hemoglobina (molécula incapaz de transportar oxigênio), provocando, assim, morte dos organismos por asfixia. Os valores de nitrito encontrados nesta pesquisa ($0,02 \pm 0,1$ e $0,03 \pm 0,0$) estão dentro da faixa aceitável pela espécie (Kubitza, 2003).

Quase toda dureza da água está determinada pelo conteúdo de sais de cálcio e de magnésio dissolvidos. Os valores médios de dureza encontrados neste estudo ($1,9 \pm 0,1$ a $2,3 \pm 0,3$) são considerados baixos, estando este fato relacionado com a ausência de calagem.

O pH é um parâmetro muito especial nos ambientes aquáticos, podendo ser a causa de muitos fenômenos químicos e biológicos. A escala de pH compreende valores de 0 a 14. O pH 7 indica uma condição neutra na água, onde há um equilíbrio entre os íons H^+ e OH^- . Como regra geral os valores de pH próximos à neutralidade (6,5 a 8,0) são mais adequados à produção de peixes.

Os valores de pH observados neste experimento ($5,6 \pm 0,2$ a $5,9 \pm 0,1$) são considerados baixos para cultivo de peixes. Isso ocorreu devido à ausência de calagem na água. Acontece que o tambaqui vive em águas ácidas em ambiente natural (Araújo-Lima & Goulding, 1998), estando adaptado a estas condições.

Dentre os parâmetros físicos, a temperatura desempenha um papel de destaque sobre todos os organismos aquáticos, pois está relacionada a inúmeros processos biológicos, desde a velocidade de simples reações químicas até a distribuição ecológica de uma espécie animal. Cada espécie de peixe apresenta uma exigência em temperatura (Kubitza, 2003). O tambaqui, por exemplo, é um peixe de águas quentes, necessitando de temperaturas entre 25 a 32 °C para obter um ótimo crescimento (Cyrino & Kubitza, 1996).

Neste trabalho, os valores médios encontrados para temperatura da água ($27,6 \pm 0,4$ e $28,0 \pm 0,4$) estão dentro da faixa de conforto para a espécie.

7.2. Desempenho Produtivo

Poucos são os trabalhos encontrados na literatura científica que avaliaram o desempenho produtivo de organismos aquáticos alimentados com rações contendo mandioca ou seus derivados. Neste estudo, comprovou-se a possibilidade da utilização da farinha de cruzeira de mandioca em rações para juvenis de tambaqui sem comprometimento do desempenho produtivo.

O ganho de peso é um índice zootécnico que expressa a alteração da massa corporal do animal em um determinado período de tempo. Os resultados para esta variável sugerem que o tambaqui é um peixe capaz de aproveitar bem rações contendo farinha de cruzeira de mandioca. Isso porque foi observado que os peixes submetidos aos tratamentos III, IV, V e II apresentaram valores ligeiramente maiores para a variável ganho de peso ($30,6 \pm 4,1$; $29,0 \pm 1,9$; $28,5 \pm 6,7$ e $27,8 \pm 5,1$, respectivamente), quando comparados aos peixes dos tratamentos controle e I ($24,8 \pm 7,5$ e $23,8 \pm 8,1$, respectivamente). Pode-se explicar este fato pelo maior consumo de ração que os peixes dos quatro primeiros tratamentos mencionados apresentaram ($33,0 \pm 2,8$; $30,5 \pm 2,0$; $30,8 \pm 6,0$ e $28,9 \pm 3,6$, respectivamente), quando comparados aos peixes dos dois últimos ($25,5 \pm 2,2$ e $26,6 \pm 5,7$, respectivamente).

Estes resultados concordam com os obtidos por Gallego *et al.* (1994) para enguia européia (*Anguilla anguilla*), que avaliaram a utilização de

farinha de mandioca, amido de trigo, maltodextrina de milho e amido de milho pré-gelatinizado em rações. Estes autores observaram que essa espécie aproveitou bem a farinha de mandioca, a qual promoveu taxas de crescimento superiores ao amido de milho e as outras fontes de carboidratos avaliadas. Segundo eles, isso pode ser explicado pelo fato da ração com farinha de mandioca apresentar boa aceitabilidade pela espécie.

Concordam, ainda, com os resultados encontrados por Seixas *et al.* (1997), que avaliaram o efeito aglutinante do farelo de mandioca em rações para pós-larvas de camarão (*Macrobrachium rosenbergii*), constatando melhores resultados de ganho de peso nos animais alimentados com rações contendo a mandioca como aglutinante quando comparados com outros alimentos que apresentam essa característica, como: melão seco, farinha de trigo e um aglutinante comercial. Para os autores, esse resultado pode ser explicado pelo fato da ração com farinha de mandioca apresentar menor lixiviação dos nutrientes.

Lacerda *et al.* (2005) trabalharam com carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) e não observaram diferença significativa ($p > 0.05$) para o ganho de peso quando peixes foram alimentados com dietas contendo níveis de substituição do milho por farinha de varredura de mandioca. Segundo estes autores, por ser uma espécie de hábito alimentar herbívora, a carpa-capim apresenta grande capacidade em aproveitar alimentos de origem vegetal.

Boscolo *et al.* (2002), alimentaram tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com farinha de varredura de mandioca e verificaram que é possível substituir totalmente o milho pela farinha de varredura de mandioca, sem comprometimento da variável ganho de peso. Para estes autores, a mandioca apresenta efeito aglutinante, sendo uma característica favorável às rações aquícolas, reduzindo a dissolução da ração na água e conseqüente perda de nutrientes por lixiviação, proporcionando melhor aproveitamento da ração pelo animal. Este fato também foi mencionado por Cantelmo *et al.* (2002) e Seixas *et al.* (1997).

Por outro lado, Souza *et al.* (2008) avaliaram o desenvolvimento do tambaqui (*Colossoma macropomum*) em área de várzea utilizando massa de mandioca branca como fonte de alimentação. Estes autores concluíram que

peixes alimentados exclusivamente com mandioca apresentaram resultados insatisfatórios para o ganho de peso. Segundo eles, isso pode ser explicado pela baixa quantidade de proteína e alta quantidade de energia encontrada na massa da mandioca.

Para que um ingrediente seja escolhido na hora de se formular rações para animais é imprescindível que ele apresente boa aceitação pela espécie a ser alimentada. Tradicionalmente a mandioca é utilizada na alimentação animal, sendo considerada favorável para o aumento da produtividade em sistemas pecuários. Trata-se de uma planta que apresenta inúmeras características favoráveis, sendo destacada a sua palatabilidade (Coursey & Halliday, 1974).

Os resultados para consumo de ração obtidos neste trabalho, evidenciam que os peixes alimentados com dietas contendo farinha de crueira de mandioca apresentaram valores ligeiramente maiores para esta variável ($26,6 \pm 5,7$ a $33,0 \pm 2,8$), quando comparados ao tratamento controle ($25,5 \pm 2,2$). Isso sugere que o tambaqui possui boa aceitação às rações contendo farinha de crueira de mandioca, possivelmente pela palatabilidade deste ingrediente. Isso foi observado diariamente durante os horários de alimentação, sendo que os peixes que receberam dietas com farinha de crueira de mandioca apresentaram atividade intensa para o consumo.

Os resultados para a variável consumo de ração, encontrados nesta pesquisa, corroboram com os encontrados por Gallego *et al.* (1994) que encontraram resultado semelhante ao trabalharem com enguia européia (*Anguilla anguilla*) alimentadas com rações contendo farinha de mandioca. Estes autores observaram maiores consumos de ração por esta espécie quando alimentadas com dietas contendo farinha de mandioca. Este fato também foi observado no trabalho de Seixas *et al.* (1997).

Boscolo *et al.* (2002) não verificaram diminuição no consumo de ração pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com níveis crescentes de inclusão de farinha de varredura de mandioca em substituição ao milho. Concordam também com Lacerda *et al.* (2005) que não encontraram problemas quanto a aceitabilidade da carpa capim por rações contendo níveis de substituição do milho pelo farelo de mandioca.

Conversão alimentar aparente é um índice zootécnico que estima a quantidade de ração necessária para proporcionar ao animal um quilograma de peso vivo ganho. Quanto maior a conversão alimentar, maior é o gasto com ração.

Os peixes, quando comparados aos animais endotérmicos, são mais eficientes em converter ração em tecido corporal. Isso se deve ao melhor aproveitamento da energia da dieta pelo peixe. Este melhor aproveitamento está relacionado a três fatores, que são: a não necessidade de manter a temperatura corporal constante; a menor demanda energética para atividade muscular e para manter a posição na água; a excreção de produtos nitrogenados na forma de amônia, não sendo necessária a conversão em produtos secundários (Lovell , 1984).

Os valores para conversão alimentar aparente encontrados neste estudo foram o mesmo em todos os tratamentos ($1,1 \pm 0,2$), com exceção do TII ($1,0 \pm 0,0$). Estes valores são considerados baixos para o cultivo do tambaqui e estão dentro da faixa ideal para cultivo de peixes, que é de 0,9 a 1,8 (Kubitza, 1999). Evidencia-se com estes resultados que o *Colossoma macropomum* possui grande capacidade em aproveitar bem alimentos de origem vegetal. Isso porque é necessário que os ingredientes contidos nas rações sejam digeridos e seus nutrientes absorvidos ao longo do aparelho digestivo. Isso foi observado nesta pesquisa, ao se evidenciar taxas elevadas de digestão total (coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca) nas rações contendo níveis crescentes de substituição do milho pela farinha de crueira de mandioca.

Vale ressaltar que os animais utilizados neste estudo estavam na fase juvenil, sendo esta uma fase caracterizada por intensa síntese de tecidos. Este fato pode ter contribuído para os baixos valores encontrados para esta variável.

Os resultados encontrados nesta pesquisa concordam com os obtidos por Lacerda *et al.* (2005) para carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*), que não observaram diferença significativa para conversão alimentar aparente com o aumento dos níveis de farinha de varredura de mandioca nas rações. Estes autores afirmaram que esta espécie de peixe aproveita os nutrientes

da mandioca tão bem quanto os do milho, sem implicações na digestibilidade das rações.

Os resultados encontrados neste trabalho também concordam com Boscolo *et al.* (2002), ao alimentar alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com rações contendo níveis crescentes de substituição do milho por farinha de varredura de mandioca. Para estes autores, a farinha de varredura de mandioca não apresentou problemas quanto a aceitabilidade pela tilápia do Nilo. Mencionaram também que a inclusão deste alimento não implicou em desbalanço nutricional das rações avaliadas, visto que foram formuladas com base em nutrientes digestíveis.

Os valores de desempenho produtivo analisados neste trabalho indicam que a farinha de cruzeira de mandioca é um alimento com potencial de uso em rações para juvenis de tambaqui. O comportamento das variáveis zootécnicas observados neste estudo pode estar relacionado ao hábito alimentar da espécie, uma vez que, de acordo com Goulding (1980), o tambaqui é caracterizado como onívoro, podendo aproveitar uma ampla gama de alimentos vegetais, sendo que carboidratos são itens freqüentes na sua dieta.

Vale ressaltar que o ácido cianídrico, um gás extremamente tóxico presente em algumas variedades de mandioca "*in natura*", possivelmente estava ausente na farinha de cruzeira de mandioca. Isso por se tratar de um composto químico que inibe a enzima citocromo oxidase, da cadeia transportadora de elétrons, cessando o metabolismo energético e levando o animal à morte súbita. Fato que não foi observado durante o período experimental. A ausência desta substância no ingrediente, possivelmente está relacionada com a sua característica termolábil, sendo volatilizada durante o processamento da farinha de mandioca (Michelan *et al.*, 2006).

7.3. Composição centesimal das carcaças

A composição química do pescado é extremamente variável, dependendo de diversos fatores endógenos e/ou exógenos, sendo destacada a quantidade e qualidade do alimento ingerido pelo peixe. O conhecimento desta variável é necessário para que a utilização do pescado como alimento humano possa ser otimizada, possibilitando a competição

com outras fontes protéicas largamente utilizadas como a carne bovina, suína e de aves. Este conhecimento também permitirá avaliar a eficiência da transferência de nutrientes do alimento para o peixe, bem como a escolha da tecnologia a ser utilizada no seu beneficiamento, processamento e conservação (Bello & Rivas, 1992).

No início do experimento, a composição corporal dos peixes foi de 61% de proteína bruta, 15,9 % de extrato etéreo e 13,2 % de cinzas. Ao final da pesquisa, observa-se uma diminuição para os valores de proteína bruta na carcaça dos peixes e um aumento na deposição de gordura corporal, em todos os tratamentos. Este fato pode estar relacionado com a diminuição da atividade física dos peixes durante o período experimental, já que no início deste estudo, os animais estavam alojados em um viveiro, sendo, posteriormente, confinados em uma caixa plástica com capacidade para 350 litros, para realização deste trabalho.

Resultado semelhante a este foi reportado por Hackbarth (2004), que avaliou as respostas metabólicas e de crescimento de exemplares de matrinxãs (*Brycon cephalus*), submetidos a exercício contínuo de longa duração, pelo período de 37 e 72 dias, concluindo que os peixes submetidos a maior tempo de exercício incorporaram mais aminoácidos e proteínas no músculo. Este mesmo autor também observou níveis reduzidos de lipídios no músculo dos peixes, indicando que as matrinxãs submetidas a exercício intenso utilizam as vias metabólicas lipídicas para obtenção de energia. Também pode ser citado o trabalho de Arbelaez-Rojas *et al.* (2002), que observaram os mesmos resultados ao comparar criação de tambaquis e matrinxãs em sistema intensivo em canal de igarapé e sistema semi-intensivo em viveiros. Para estes autores, os peixes criados em canal de igarapé tiveram maior gasto energético para manter a posição de seus corpos na coluna da água ao nadar contra a corrente, o que ocasionou diminuição na deposição de gordura corporal.

Além do mais, o zooplâncton produzido naturalmente nos viveiros é uma importante fonte de nutrição para o tambaqui, sendo capaz de fornecer a esta espécie todos os aminoácidos essenciais. Desta forma, estes microcrustáceos podem, em parte, ser responsável pelo melhor crescimento dos peixes criados em viveiro (Araújo-Lima & Goulding, 1998).

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos II e V para deposição de gordura corporal. Estas diferenças podem ser explicadas por três teorias: diferença na relação energia:proteína, melhor aproveitamento do carboidrato pelo tambaqui ou aumento da concentração de extrato etéreo na dieta.

A maior relação energia:proteína da ração do tratamento V (11,5), quando comparada com a relação energia:proteína do tratamento II (11,1) sugere que a energia excedente fornecida aos peixes foi anabolizada para fins energéticos através da lipogênese, aumentando a deposição de gordura corporal.

Resultado semelhante foi encontrado por Bomfim *et al.* (2004) que determinaram a exigência de proteína bruta e energia digestível em dietas para alevinos de curimatá (*Prochilodus affinis*), concluindo que peixes alimentados com dietas contendo maior nível energético apresentaram maior ganho de gordura corporal que aqueles alimentados com dietas contendo menor nível energético. Para estes autores, os peixes alimentados com baixos níveis de proteína utilizaram a energia adicional da dieta para deposição de gordura corporal. Também podemos citar os trabalhos de Cotan *et al.* (2006), para lambari tambuí (*Astyanax bimaculatus*), Sá & Fracalossi (2002), para piracanjuba (*Brycon orbignyanus*), Cyrino *et al.* (2000), para black bass (*Micropterus salmoides*) e de Gonçalves *et al.* (2009), para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), que constataram aumento de extrato etéreo na composição química da carcaça dos peixes alimentados com dietas contendo aumentos na relação energia:proteína.

Vale a pena ressaltar que, apesar de não ter havido diferenças significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$) para o coeficiente de digestibilidade aparente do extrato não nitrogenado, o tratamento V apresentou o maior valor ($67,0 \pm 3,0$). Já o tratamento II apresentou o menor valor para esta variável ($51,0 \pm 1,3$), conforme apresentado na tabela 9. Isso sugere que os peixes alimentados com a ração do tratamento V aproveitaram de maneira mais eficiente a energia da dieta fornecida pelo carboidrato, quando comparado aos peixes alimentados com a ração do tratamento II.

Os carboidratos são as principais fontes de energia utilizadas em rações para peixes onívoros, a exemplo do tambaqui. Isso se deve ao fato desta espécie possuir adaptações morfológicas no aparelho digestivo que possibilitam o aproveitamento adequado desta fonte de energia. Este fato pode ter contribuído para o maior acúmulo do extrato etéreo no músculo dos peixes alimentados com a Ração do tratamento V.

Uma outra possibilidade para o maior acúmulo de gordura no músculo dos peixes alimentados com a ração do tratamento V é o maior teor de extrato etéreo evidenciado nesta ração (4,4 %), conforme apresentado na tabela 3. Esse maior teor de extrato etéreo pode estar relacionado com o maior nível de inclusão de óleo de soja e farinha de carne e ossos nesta ração. Resultado semelhante foi encontrado por Lanna *et al.* (2004) que avaliaram os efeitos de diferentes níveis de fibra bruta e de óleo na composição química da carcaça de tilápias, concluindo que a maior inclusão de óleo à ração tem efeito significativo no depósito de gordura corporal. Também podemos citar os trabalhos de Melo *et al.* (2003), para jundiá (*Rhamdia quelen*) e de Sampaio *et al.* (2000), para tucunaré (*Cichla sp.*), que constataram aumento de lipídios na composição química da carcaça dos peixes com dietas contendo níveis crescentes de lipídio.

A proteína consumida pelo peixe é utilizada por duas vias metabólicas, (1) catabolismo, produzindo energia para manutenção e (2) anabolismo, principalmente pela síntese de proteínas do corpo. A quantidade de proteína sintetizada vai depender, dentre outros fatores, da relação entre energia e proteína da dieta. Quando a dieta apresenta alta relação entre energia e proteína, a eficiência da utilização da proteína é baixa; a medida que o nível de proteína aumenta, a relação entre energia e proteína tende a diminuir e alcança o máximo de aproveitamento próximo do nível exigido pela espécie. Isso pode explicar os resultados observados neste estudo, onde menores valores para proteína corporal dos peixes foram observados nos tratamentos com maior inclusão de farinha de cruzeira de mandioca em substituição ao milho.

Resultados similares aos encontrados neste estudo foram reportados por Bomfim *et al.* (2005) que observaram menor concentração de proteína corporal em curimatás (*Prochilodus affinis*) quando alimentados com dietas

contendo maior relação energia:proteína. Para estes autores, os peixes alimentados com dietas contendo baixos níveis de proteína provavelmente utilizaram a energia adicional para deposição de gordura.

Também podemos citar o trabalho de Sá & Fracalossi (2002), que verificaram aumento no teor de proteína corporal de alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyana*) com aumento da proteína da dieta. Segundo estes autores, a proteína ingerida pode ter sido suficiente para atender a exigência mínima em aminoácidos para manutenção (*turnover* protéico) e máxima deposição protéica. Também podemos citar os trabalhos de Gonçalves *et al.* (2009), para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e de Cotan *et al.* (2006), para lambari tambuí (*Astyanax bimaculatus*), que constataram aumento de proteína na composição química da carcaça dos peixes com dietas contendo menor relação energia:proteína.

7.4. Custo da ração por quilograma de peso vivo ganho

Em cultivos comerciais de peixes, os gastos com a alimentação correspondem com a maior parte dos custos produtivos, podendo alcançar 80% dos custos totais. Isso ocorre devido ao elevado valor que os ingredientes e as rações alcançam no mercado. Isso fica bem evidente na região amazônica, onde existe a necessidade de importação desses produtos, devido à baixa produtividade agrícola regional. Este fato dificulta a verticalização da piscicultura como atividade economicamente sustentável nessa região. Por isso, é imprescindível que sejam descobertos ingredientes com potencial de uso em rações para peixes na Amazônia. Tais ingredientes devem contribuir para o desenvolvimento de uma piscicultura regional economicamente viável, ambientalmente correta e socialmente justa.

Na Tabela 12 (anexo) está representado o custo total estimado para produção de 1 hectare de mandioca em área de terra firme, sendo esperada uma produtividade de 40 toneladas de raiz. Se a composição da raiz for de 41,5% de matéria seca, haverá um total de 16.600 kg de matéria seca. Se o rendimento da cruzeira de mandioca for equivalente a 10% do valor da matéria seca, a produtividade deste ingrediente será de 1.660 kg por hectare. Presumindo que o custo deste subproduto seja de 4% sobre o custo total de

produção da área cultivada (R\$ 4.583,00), o quilograma da crueira de mandioca custará R\$ 0,10.

A redução no custo de produção das rações experimentais foi proporcional aos níveis de inclusão de farinha de crueira de mandioca. O menor valor foi observado na ração do TV (R\$ 1,21) e o maior na ração do controle (R\$ 1,43). Isso ocorreu devido ao alto custo do milho quando comparado ao valor da farinha de crueira de mandioca, que é um subproduto.

Também houve redução do custo de produção do quilograma de peixe com a inclusão da farinha de crueira de mandioca nas rações. O quilograma de peixe mais caro foi observado no TI (R\$ 1,54) e controle (R\$ 1,47). Já o quilograma de peixe mais barato foi observado no TV (R\$ 1,30). Isso ocorreu pela boa conversão alimentar aparente dos peixes que foram alimentados com rações contendo farinha de crueira de mandioca e pelo baixo valor deste ingrediente.

Na piscicultura são utilizados quatro sistemas de criação, que são: extensivo, semi-intensivo, intensivo e super-intensivo. O sistema extensivo é caracterizado por baixa produtividade e pouca adoção tecnológica, não sendo muito aplicado em cultivos comerciais de peixes. Já o sistema semi-intensivo, possui uma produtividade média com adoção de tecnologias simples, sendo o sistema de criação de peixes mais utilizado pelos pequenos e médios produtores. O sistema intensivo apesar de possuir alta produtividade, necessita de tecnologia e cuidados especiais, sendo utilizado somente por produtores que dispõem do aparato tecnológico e conhecimento técnico. O sistema super-intensivo possui altíssima produtividade, necessitando de tecnologia avançada e cuidados técnicos diários, sendo pouco utilizado, pelo baixo número de produtores que dispõem destes recursos.

Se um produtor rural da região amazônica optasse pelo sistema semi-intensivo de criação de tambaqui, a produtividade média esperada seria em torno de 10 toneladas de peixe por hectare ao ano. Nessas condições, o gasto com ração necessário para produzir o pescado seria de R\$ 14.700,00 para a ração controle, R\$ 15.400,00 para a ração TI, R\$ 13.800,00 para as rações TII e TIII, R\$ 13.100,00 para a ração TIV e R\$ 13.000,00 para a ração

TV. Comparando o gasto com a ração controle e a ração TV, observa-se uma economia de R\$ 1.700,00 por hectare de lâmina d'água. Isso corresponde a 12 % de redução no custo de produção de tambaqui, referente a ração. Essa vantagem permitirá ao produtor ofertar um produto mais competitivo no mercado. Já o consumidor terá acesso a um produto de menor valor comercial.

Vale ressaltar que a redução no custo de produção do tambaqui discutida neste trabalho é referente a substituição de fontes energéticas na ração. Ao analisarmos os valores dos ingredientes na Tabela 7, evidenciamos que os maiores gastos são referentes as fontes protéicas, a exemplo do farelo de soja e do farelo de glútem de milho. Sendo assim, é necessário que outros estudos sejam realizados buscando substituir ingredientes protéicos tradicionalmente utilizados em rações para tambaqui. Dessa forma, será possível reduzir ainda mais o custo de produção desta espécie na região amazônica.

Este resultado concorda com o obtido por Chabalin *et al.* (1992), que utilizou restos de feira na alimentação do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) uma espécie que tem necessidade nutricional semelhante ao tambaqui, e observou uma redução de 55% no custo de produção. Concorda, ainda, com os resultados encontrados por Soares *et al.* (2000), para piavuçu *Leporinus macrocephalus*, que observaram redução dos custos com o aumento dos níveis de substituição da proteína do farelo de soja pela proteína do farelo de canola. Também concorda com os resultados encontrados por Furuya *et al.* (1997), para tilápias *Oreochromis niloticus*, que observaram efeito quadrático para esta característica, com diminuição dos custos até o nível de 25,36% de inclusão do farelo de canola nas dietas.

Entretanto, discorda com os resultados encontrados por Soares (1998), para carpa capim *Ctenopharyngodon idella*, e Galdioli *et al.* (2002), para curimatá *Prochilodus lineatus*, que não verificaram diminuição dos custos de produção com níveis crescentes de inclusão de farelo de canola nas rações experimentais.

7.5. Parâmetros hematológicos

Os parâmetros sanguíneos podem ser usados como indicadores biológicos no monitoramento da saúde dos peixes, como rápida ferramenta de identificação do estresse que o ambiente pode impor aos animais. Em condições estressantes é comum observar mudança no comportamento, acompanhada de varias mudanças na fisiologia e na bioquímica do peixe (Tavares-Dias & Moraes, 2003).

O crescimento é um processo complexo onde atuam diferentes reações fisiológicas. Para que ele ocorra de maneira satisfatória em ambientes artificiais, é necessário que o alimento fornecido aos peixes contenha todos os nutrientes essenciais para o bom desempenho. No entanto, para as espécies tropicais ainda não estão determinadas as exigências nutricionais por completo, especialmente para as espécies nativas brasileiras (Chagas & Val, 2003), sendo um fator limitante para o aumento da produtividade em sistemas de produção.

Estudos que envolvem a hematologia como parâmetro de avaliação das respostas fisiológicas dos peixes alimentados com dietas artificiais tem sido bastante utilizados (Barros *et al.*, 2002; Chagas & Val, 2003; Ferrari *et al.*, 2004; Falcon, 2007; Guimarães, 2009), sendo essa uma ferramenta importante para se avaliar a eficiência das dietas em ambiente de cultivo. Isso porque através desse parâmetro é possível estimar, ainda que indiretamente, a condição nutricional do peixe (Tavares-Dias *et al.*, 2002).

Os resultados para parâmetros hematológicos encontrados neste estudo sugerem que a inclusão da farinha de cruveira de mandioca nas rações não causa alterações nas variáveis sanguíneas de juvenis de tambaqui. Os valores encontrados para o hematócrito ($27,0 \pm 1,0$ a $30,0 \pm 1,0$), eritrócitos ($1,6 \pm 0,0$ a $1,8 \pm 0,1$), hemoglobina ($6,8 \pm 0,3$ a $7,5 \pm 1,0$), volume corpuscular médio ($163,8 \pm 2,6$ a $171,7 \pm 6,2$), concentração de hemoglobina corpuscular média ($23,5 \pm 1,5$ a $25,9 \pm 1,1$), glicose ($104,5 \pm 7,0$ a $110,1 \pm 3,0$) e proteína ($2,2 \pm 0,1$ a $2,4 \pm 0,3$) encontram-se dentro dos valores de referência para o *Colossoma macropomum* (Tavares-Dias & Moraes, 2004).

O maior valor para o hematócrito foi observado no tratamento controle ($30,0 \pm 1,0$) e o menor no TV ($27,0 \pm 1,0$). Provavelmente isso ocorreu devido

ao maior teor de proteína bruta evidenciado na ração do controle (38,3%), quando comparado a ração do TV (36,7%). Apesar dos programas de formulação de rações indicarem em suas planilhas o mesmo nível de proteína bruta em todos os tratamentos, é normal que ocorra esta pequena variação devido às reais composições centesimais dos ingredientes.

Os resultados para o hematócrito obtidos neste trabalho concordam com os obtidos por Pádua *et al.* (2009) que observaram variações nos níveis de hematócrito de *Piaractus mesopotamicus* com aumento nos níveis de proteína bruta nas rações. Concordam, ainda, com Camargo *et al.* (2005) que avaliaram o efeito da dieta com diferentes níveis de proteína sobre os parâmetros eritrocitários do jundiá (*Rhamdia quelen*).

Os eritrócitos são as células mais abundantes na circulação, sua principal função é o transporte de oxigênio e gás carbônico por meio da combinação da hemoglobina com o oxigênio, formando oxihemoglobina, nos órgãos respiratórios, ocorrendo posterior a troca pelo gás carbônico tecidual. Os valores de eritrócitos encontrados neste trabalho tiveram comportamento similar ao hematócrito, havendo maiores valores no controle ($1,8 \pm 0,1$) e menores nos TII, TIV e TV, que apresentaram o mesmo valor ($1,6 \pm 0,2$). Isso está relacionado ao fato da ração controle apresentar maior teor de proteína bruta, sendo este o principal constituinte dos eritrócitos (Tavares-Dias & Moraes, 2004). Este fato também foi reportado por Camargo *et al.* (2005) e Pádua *et al.* (2009).

Apesar de não haver diferenças significativas ($p > 0,05$), observa-se uma tendência de aumento para a concentração de hemoglobina corpuscular média com a inclusão de farinha de cruveira de mandioca nas rações. Isso pode ser explicado pelo maior teor de ferro encontrado na raiz da mandioca (10 mg/kg) quando comparado aos grãos de milho (4 mg/kg). Este micronutriente entra na composição da unidade heme, que junto da unidade globina, formam a hemoglobina. O átomo de ferro da unidade heme que é responsável pelo acoplamento do oxigênio e do gás carbônico, para que ocorra o transporte desses gases de acordo com a necessidade metabólica (Howeler, 1991). Este resultado também foi reportado por Barros *et al.* (2002) ao avaliarem níveis de vitamina C e ferro no desempenho produtivo e parâmetros fisiológicos da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Em geral existe uma correlação entre os parâmetros eritrocitários, sendo que maiores valores são observados nas espécies de hábitos ativos e com respiração branquial, quando comparadas a espécies de baixa atividade e com respiração aéro-branquial (Val & Almeida-Val, 1995). Isso acontece com o tambaqui que é uma espécie adaptada a condições de baixos níveis de oxigênio dissolvido na água, necessitando de uma alta quantidade de hemoglobina para carrear o pouco gás disponível (Val & Almeida-Val, 1998). O conhecimento dessas variáveis é imprescindível para que se possam estabelecer relações entre a capacidade de transporte de oxigênio dos peixes com a concentração desse gás disponível no ambiente de cultivo.

Para os teores de glicose, percebe-se variação entre os tratamentos ($104,7 \pm 7,0$ a $110,1 \pm 3,0$). Isso pode estar relacionado ao estresse que os animais sofreram durante a biometria, demandando uma maior quantidade de energia. Esta energia é atendida pela liberação de glicose no sangue através da gliconeogênese hepática. Esta via metabólica produz glicose a partir de compostos aglicanos, devido a liberação aumentada do cortisol e das catecolaminas. Padrão similar foi observado por Ortunõ *et al.* (2002) em exemplares de *Sparus aurata* submetidos ao estresse natatório.

Vale ressaltar que o aumento nos teores de fibra bruta nas rações foi proporcional a inclusão de farinha de cruera de mandioca e, mesmo assim, não houve decréscimo nos níveis de glicose no sangue. Isso demonstra a capacidade que o tambaqui possui em aproveitar alimentos fibrosos. Esse aproveitamento está relacionado com a ação da flora bacteriana gastrintestinal, que auxilia na digestão de componentes alimentares difíceis de serem digeridos (Hepher, 1993).

Os resultados de parâmetros hematológicos encontrados neste trabalho concordam com Oliveira (2005), que não observaram diferenças significativas nos parâmetros hematológicos de tambaqui quando alimentados com dietas contendo frutos de embaúba, catoré, jauari, camu-camu e semente de munguba. Segundo o autor, o desempenho hematológico apresentou boas respostas devido a boa condição nutricional em que os animais se encontravam, em decorrência das dietas, o que pode ter minimizado o efeito causado pelo estresse.

Por outro lado, discordam dos resultados encontrados por Pádua *et al.* (2009), que verificaram alterações nos níveis de hemoglobina e hematócrito de *Piaractus mesopotamicus* alimentados com diferentes níveis de rama de mandioca e teores de proteína bruta nas rações. Para os autores, esse comportamento caracteriza uma interação entre o teor de proteína bruta e a biossíntese de hemoglobina.

Discordam ainda de Tachibana *et al.* (2010), que observaram aumento no número de eritrócitos e redução do volume corpuscular médio ao alimentarem tilápias do Nilo com rações contendo triticales (*Triticum turgisecale*) em substituição ao milho.

7.6. Digestibilidade

A digestibilidade é um dos aspectos mais relevantes para se avaliar a capacidade de utilização dos nutrientes dos alimentos após ingestão pelos peixes. O conhecimento desta variável é muito importante para que se possam potencializar os ganhos zootécnicos em cultivos comerciais de peixes, além de diminuir as quantidades de nutrientes excretados pelas fezes, minimizando o impacto ambiental.

Durante o processo de digestão, o alimento sofre ações físicas e químicas dentro do organismo para que haja simplificação das moléculas orgânicas e posterior absorção. O resultado desse processo depende de três fatores principais: 1) a susceptibilidade do alimento ingerido aos efeitos das enzimas digestivas; 2) a atividade das enzimas digestivas; 3) o tempo que o alimento está exposto às enzimas digestivas. Cada um destes fatores principais é influenciado por múltiplos fatores secundários, alguns dos quais se relacionam com a característica estrutural do alimento.

A técnica de determinação da digestibilidade envolve o uso de marcador inerte como, por exemplo, o óxido de cromo. Considera-se que a quantidade do marcador no alimento e nas fezes permaneçam constantes durante o período experimental e que todo marcador ingerido aparecerá nas fezes. Existem críticas quanto ao uso do óxido de cromo (Urbinati *et al.*, 1998), contudo o óxido de cromo é um indicador externo efetivo para estimar os coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos para tambaqui (Vidal *et al.*, 2004).

Para realização deste trabalho foi determinado o intervalo de tempo entre coletas de uma hora. Isso para se evitar subestimações dos coeficientes de digestibilidade em razão da lixiviação dos nutrientes na água, como se esta fração de nutriente tivesse sido aproveitada pelo peixe. Essa interferência nos resultados de digestibilidade aparente, relacionado com o intervalo de coleta de fezes, foi evidenciada para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), uma espécie parecida com o tambaqui (Abimorad *et al.*, 2004).

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 (Hepher, 1993).

Os resultados encontrados neste trabalho evidenciam maiores teores de proteína bruta e extrato etéreo nas fezes dos peixes alimentados com rações dos tratamentos III, IV e V (níveis de substituição de 60, 80 e 100% do milho pela farinha de crueira de mandioca, respectivamente). Nessas mesmas fezes foram observados menores teores de extratos não nitrogenados. Isso demonstra a capacidade que o tambaqui possui em aproveitar bem alimentos ricos em carboidratos, a exemplo da crueira de mandioca. Com relação aos teores de proteína, deve ser levado em consideração que o nitrogênio fecal de origem do próprio animal, e não oriundo da ingestão de alimentos, pode influenciar os valores de proteína encontrados nas fezes (Nyachoti *et al.*, 1997).

Para os valores de digestibilidade total das rações, que considera quanto da ração foi digerida pelo peixe, as rações do tratamento III, IV e V foram as que apresentaram os maiores valores ($77,0 \pm 0,0$, $75,0 \pm 2,0$ e $76,0 \pm 2,0$, respectivamente). Provavelmente isso está relacionado com os resultados encontrados para o coeficiente de digestibilidade aparente do extrato não nitrogenado ($67,0 \pm 1,0$, $64,0 \pm 3,0$ e $67,0 \pm 3,0$, respectivamente), que foram maiores nestes tratamentos quando comparados aos tratamentos controle, I e II ($55,0 \pm 1,0$, $53,0 \pm 4,0$ e $51,0 \pm 1,3$, respectivamente). Tais dados indicam que o tambaqui aumentou a

eficiência digestiva dos carboidratos com a inclusão da farinha de cruzeira de mandioca nas rações. Isto pode ser explicado pela fermentação da raiz de mandioca durante o preparo da farinha de mandioca. Essa fermentação pode ter desestruturado as moléculas de amido, através de ação microbiana, favorecendo a absorção da glicose a nível intestinal.

Vale a pena ressaltar que o tambaqui possui grande capacidade em aproveitar alimentos de origem vegetal, inclusive carboidratos, que fazem parte da sua dieta em ambiente natural (Araújo-Lima & Goulding, 1998). Isso está relacionado com adaptações morfológicas do aparelho digestivo desta espécie. Após o estômago, há um grande número de projeções denominadas cecos pilóricos, seguidos de um longo intestino (Saint-Paul, 1984). Um tambaqui adulto pode ter até 75 cecos pilóricos, ou apêndices ligados ao estômago. Acredita-se que este grande número de cecos ajude na digestão de material vegetal. O comprimento do intestino no tambaqui adulto alcança em média cerca de 5,5 a 6 vezes o comprimento do corpo. Isto é similar a muitas espécies de peixes detritívoros e herbívoros (Araújo-Lima & Goulding, 1998). Inúmeros estudos apontam para a capacidade que o tambaqui possui em utilizar bem alimentos de origem vegetal em dietas artificiais (Roubach, 1991; Kohla *et al.*, 1992; Silva *et al.*, 2003; Lemos *et al.*, 2011).

Os resultados encontrados nesta pesquisa concordam com o trabalho de Boscolo *et al.* (2002), que encontraram valores altos de digestibilidade de carboidratos em vários ingredientes, incluindo farinha de varredura de mandioca, para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Concluíram que a tilápia utiliza de forma eficiente os carboidratos da dieta, sendo esta característica desejável, visto que geralmente os alimentos ricos em amido são fontes de energia de menor custo.

Concordam ainda com Campeche *et al.* (2011) que avaliaram o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia digestível da raspa de mandioca para tilápia rosa (*Oreochromis sp.*) e concluíram que este ingrediente pode ser utilizado em rações para esta espécie de peixe. Segundo eles, o hábito alimentar onívoro da tilápia rosa pode ter contribuído para o coeficiente de digestibilidade observado.

Santos *et al.* (2009) estudaram a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e energia bruta da farinha da folha da mandioca, farinha de mandioca quebrada, farinha da casca de mandioca e farinha de varredura de mandioca para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Estes autores concluíram que estes subprodutos são bem aproveitados pela tilápia do Nilo, sendo que a farinha de varredura de mandioca apresentou os melhores índices de digestibilidade, enquanto que a farinha de casca de mandioca apresentou os piores. Segundo eles, esses menores valores se devem aos elevados conteúdos de polissacarídeos não amiláceos e de fibra bruta presentes na casca.

Cantelmo *et al.* (1999) determinaram a influência de vários aglutinantes: carboximetilcelulose, polimetilcarbamida, amido de mandioca, alginato de sódio, polivinilpirrolidona e goma guar, bem como a técnica de processamento, com e sem vapor, na digestibilidade aparente das frações matéria seca e proteína bruta para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Estes autores verificaram que a gelatinização do amido de mandioca proporcionou bons resultados para digestibilidade aparente das rações.

8. CONCLUSÃO

É viável a substituição total do milho pela farinha de cruera de mandioca, em rações para juvenis de tambaqui, sem que haja comprometimento da qualidade da água, dos parâmetros de desempenho avaliados neste trabalho, dos parâmetros hematológicos estudados, nem da digestibilidade aparente dos nutrientes das rações.

A substituição total do milho pela farinha de cruera de mandioca proporcionou aumento na deposição de gordura corporal dos peixes. Essa substituição também resultou em redução no custo de produção das rações e do tambaqui.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J., 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**, v. 33, n. 5: ct. 2004.

ABRAHÃO, J. J. S.; PRADO, I. N.; MARQUES, J. A.; PEROTO, D.; LUGÃO, S. M. B. Avaliação da substituição do milho pelo resíduo seco da fécula da extração da fécula de mandioca sobre o desempenho de novilhas mestiças em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v. 35, n.2, p. 1-12. 2006.

A.O.A.C. 1997. Official Methods of Analysis. 17th. Ed. Gaithersburg, USA: Association of Official Analytical Chemists Int.

ARAÚJO-LIMA, C.; GOULDING, M. Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia. Tefé, AM: Sociedade Civil Mamirauá/CNPq. 1998. 187 p.

ARAÚJO, O. J. Situação do cultivo de “*Colossoma*” no Brasil. In: CULTIVO DE COLOSSOMA. Ed. Guadalupe LTDA. 1989. P. 207-218.

ARBELAEZ-ROJAS, G. A.; FRACALOSSO, D. M.; FIM, J. D. I. Composição corporal de tambaqui, *Colossoma macropomum*, e matrinxã, *Brycon cephalus*, em sistemas de cultivo intensivo, em igarapé, e semi-intensivo, em viveiros. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v. 31, n.3, p.1059-1069. 2002

BARROS, M. M.; PEZATO, L. E.; KLEEMANN, G. K.; HISANO, H.; ROSA, G. J. M. 2002. Níveis de vitamina C e Ferro para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v. 31, n.6, p. 2149-2156. 2002.

BATISTA, V. S.; PETRERE JÚNIOR, M. Characterization of the commercial fish production landed at Manaus, Amazonas State, Brazil. **Acta Amazônica**, v. 33, n.1, p.53-66. 2003.

BELLAVER, C.; FIALHO, E. T.; PROTAS, J. F. S. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n.8, p. 969-974. 1985.

BELLO, R. A.; RIVAS, W. G. 1992. Evaluacion y aprovechamiento de La cachama, *Colossoma macropomum* cultivada, como fuente de alimento. México FAO, Proyecto Aquila II. 113p.

BERTOL, T. M.; LIMA, G. J. M. Níveis de resíduo industrial de fécula da mandioca na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 243-248. 1999.

BOONYARATPALIN, M.; SURANEIRANAT, P.; TUNPIBAL, T. Replacement of fish meal with various types of soybean products in diets for the Asian seabass, *Lates calcarifer*. **Aquaculture**, v.161, p. 67-78. 1998.

BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; SERAFINI, M. A.; RIBEIRO, F. B.; PENA, K. S. Proteína bruta e energia digestível em dietas para alevinos de curimatá (*Prochilodus affinis*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 1795-1806. 2005.

BOSCOLO, W.; HAYASHI, C.; MEURER, F. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 1-9. 2002.

CALDAS, R. C.; GOMES, J. Competição de cultivares de mandioca para produção de farinha de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, v. 14, n. 3, p. 159-171. 2000.

CAMARGO, S. O.; POUHEY, J. L.; MARTINS, C. Parâmetros eritrocitários do jundiá (*Rhamdia quelen*) submetido à dieta com diferentes níveis de proteína. **Ciência Rural.**, v. 35, n. 6, p.1406-1411. 2005.

CAMPOS, O. F.; SILVA, J. F. C. Determinação de valor nutritivo da raspa de mandioca e da crueira para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v. 38, p. 6-10. 1978.

CAMPECHE, D. F. B.; MORAES, S. A.; LIMA, V. T.; SOUSA, S. M. N.; OLIVEIRA, S. T. L.; SOUSA, M. G.; PAULINO, R. V. Composição bromatológica e digestibilidade aparente de alimentos encontrados na região semiárida brasileira para arraçoados de tilápia rosa em cultivos. **Ciência Rural.**, v. 41, n. 2, p. 343 - 348. 2011.

CANTELMO, A. O.; PEZZATO, E. L.; BARROS, M. M.; RIBEIRO, M. A. R. Influência de diferentes aglutinantes na digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína, no pacu (*Piaractus mesopotamicus*) arraçoados com rações com e sem vapor. **Acta Scientiarum**, v. 21, n. 2, p. 277-282. 1999.

CANTELMO, A. O.; PEZZATO, E. L.; BARROS, M. M.; PEZZATO, A. C. Características físicas de dietas para peixes confeccionadas com diferentes aglutinantes. **Acta Scientiarum.**, v. 24, n. 4, p. 949-955. 2002.

CHABALIN, E.; PALHARES, F. J. V.; FERRAZ, J. A.; NEVES, E. M. 1992. Viabilidade econômica da utilização de resíduos hortifrutigranjeiros na criação do pacu, *Piaractus mesopotamicus*, em gaiolas. Boletim técnico do CEPTA, 5: 23-29.

CHAGAS, E. C.; VAL, A. L. Efeito da vitamina C no ganho de peso e em parâmetros hematológicos de tambaqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 3, p. 397- 402.2003.

CHENG, Z. J.; HARDY, R. W.; USRY, J. L. Effects of lysine supplementation in plant protein-based diets on the performance of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and apparent digestibility coefficients of nutrients. **Aquaculture**, v. 215, n. 1-4, p. 255-265. 2003.

CHO, C.Y.; COWEY, C.B.; WATANABE, T. Finfish nutrition in Asia: methodological approaches to research and development. Ottawa: IDRC. 1985. 154 p.

COURSEY, D. G.; HALLIDAY, D. Cassava as animal feed. **Outlook on Agriculture**, v. 8, n. 1, p.10-14. 1974.

COTAN, J. L. V.; LANNA, E. A. T.; BOMFIM, M. A. D.; DONZELE, J. L.; RIBEIRO, F. B.; SERAFINI, M. A. Níveis de energia digestível e proteína bruta em rações para alevinos de lambari tambuí. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 634-640. 2006.

CRESWELL, D. C. Cassava (*Manihot esculenta*) as a feed for pigs and poultry. **Tropical Agriculturist**, v. 55, n. 3, p. 273-282. 1978.

CYRINO, J. E. P.; PORTZ, L.; MARTINO, R. C. Retenção de proteína e energia em juvenis de "black bass" *Micropterus salmoides*. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 4, p. 609-616. 2000.

CYRINO, J. E.; GRÏSCHEK, 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. p. 1-30.

CYRINO, Jose. Eurico. Possebon; KUBITZA, Fernando. Piscicultura. Cuiabá. MT: Ed. SEBRAE. Coleção Agroindústria. 1996. 8: 86.

FALCON, D.R. β -glucano e vitamina C no desempenho produtivo e parâmetros fisiopatológicos em juvenis de tilápia do Nilo: nível de suplementação e tempo de administração. 2007. 158 f. Tese de doutorado em Aqüicultura - Centro de Aqüicultura da Unesp, Jaboticabal - SP.

FERRARI, J.E.C.; BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E.; GONÇALVES, G.S.; HISANO, H. Níveis de cobre em dietas para tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*. **Acta Scientiarum Animal Science**., v. 26, n. 4, p. 429 - 436. 2004.

FURLAN, A. C.; SCAPINELLO, C.; MOREIRA, I.; MURAKAMI, A. E.; SANTOLIN, M. L. R.; OTUTUMI, L. K. Avaliação nutricional da raspa integral de mandioca extrusada ou não para coelhos em crescimento. **Acta Scientiarum Animal Science**.,v. 27, n. 1, p. 99-103. 2005.

FURUKAWA, A.; TSUKAHARA, H. 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**., v.32, p. 502-506.1966.

FURUYA, V. R. B.; HAYASHI, C.; FURUYA, W. M. Farelo de canola na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.), durante o período de reversão do sexo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V. 26, n. 6, p. 1067-1073. 1997.

Gallego, M. G.; Bazoco, J.; Akharbach, H. Utilization of different carbohydrates by the European eel (*Anguilla anguilla*). **Aquaculture**., v.124, n. 4, p. 638 - 644.1994

GALDIOLI, E. M.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M.; FURUYA, V. R. B.; FARIA, A. C. A. Substituição da Proteína do Farelo de Soja pela Proteína do Farelo de Canola em Rações para Alevinos de Curimatá (*Prochilodus lineatus* v.). **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.31, n. 2, p. 552 - 559. 2002.

GRAEF, E. W. As espécies de peixes com potencial para criação no Amazonas. In: CRIANDO PEIXES NA AMAZÔNIA. Manaus, 1995. p. 29-43.

GOMES, L. C.; CHIPPARI-GOMES, A. R.; LOPES, N. P.; ROUBACH, R.; ARAÚJO - LIMA, C. A. R. M. Efficacy of benzocaine as an anesthetic in juvenile tambaqui, *Colossoma macropomum*. **Journal of the World Aquaculture society.**,v. 32, n. 4, p. 426 - 431. 2001.

GOMES, J. C. Considerações sobre adubação e calagem para a cultivar da mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**, v.6, n. 2, p. 99-107. 1987.

GONCALVES, G. S.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; HISANO, H.; ROSA, M. J. S. Níveis de proteína digestível e energia digestível em dietas para tilapias-do-nylo formuladas com base no conceito de proteína ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v. 38, n. 12, p. 2289-2298. 2009.

GOULDING, M. The fish and the forest. Explorations in Amazonian Natural History. Los Angeles: University of California Press. 1980. 280p.

GUIMARÃES, I. G. Vitamina A em dietas para tilápia do Nilo. 2009. 100 f. Tese de doutorado em Zootecnia - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Unesp – SP.

HACKBARTH, A. Respostas metabólicas e de crescimento de matrinxãs (*Brycon cephalus* Gunther, 1869) submetidos ao exercício sustentado. 2004. 88 f. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de São Carlos - SP.

HANCZ, C. Performance of the Amazonian tambaqui, *Colossoma macropomum*, in pond polyculture. ***Aquaculture***, v.12, p. 245 - 254. 1993.

HEPHER, Balfour. Nutrición de peces comerciales em estanques. México: Limusa. 1993. 406 p.

HOWELER, R. H. 1991. Long-term effect of cassava cultivation on soil productivity. ***Field Crops Research***, v. 26, n. 1, p. 1-19.

IBGE.2004.(<http://www.ibge.gov.br/>).http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#populacao. Data de acesso: 25 de fevereiro de 2005. Hora de acesso: 14:35.

ISMINÕ-ORBE, R. A.; ARAÚJO-LIMA, C. A.; GOMES, L. C. 2003. Excreção de amônia por tambaqui (*Colossoma macropomum*) de acordo com variações na temperatura da água e massa do peixe. ***Pesquisa Agropecuária Brasileira***,v. 38, n. 10, p. 1-7.

JORGE, V. R. J; ZEOULA, M. L.; PRADO, I. N; GERON, L. J. V. Substituição do milho pela farinha de varredura (*Manihot esculenta*) na ração de bezerros holandeses. Digestibilidade e valor energético. 2002. ***Revista Brasileira de Zootecnia***, v. 31, n. 1, p. 1-10.2002.

KEER, Morag G. Exames Laboratoriais em Medicina Veterinária. Bioquímica, Clínica e Hematologia. 2 ed. São Paulo, SP: Roca. 2003. 436 p.

KOHLA, U.; SAINT-PAUL, U.; FRIEBE, J.; WERNICKE, D.; HILBE, V. BRAUM, E.; GROPP, J. Growth, digestive enzyme activities and hepatic glycogen leavels in juvenile *Colossoma macropomum* Cuvier from South America during feeding, starvation and refeeding. ***Aquaculture and Fisheries Management***, v.23, p. 189-208. 1992.

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

KUBITZA, Fernando. Nutrição e alimentação de peixes cultivados. Campo Grande, MS: Jundiaí. 1999. 44 p.

LACERDA, C. H. F.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M.; BOSCOLO, W. R.; KAVATA, L. C. B. Farelo de mandioca (*Manihot esculenta*) em substituição ao milho (*Zea mays*) em rações para alevinos de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*). **Acta Scientiarum.**, v.27, n. 2, p. 241-245. 2005.

LANNA, E.A.T.; PEZZATO, L.E.; FURUYA, W.M.; VICENTINI, C.A.; CECON, P.R. BARROS, M.M. Fibra bruta e óleo em dietas praticas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, 33(6): 1-12. 2004.

LEMONS, M. V. A.; GUIMARÃES, I. G.; MIRANDA, E. C. Farelo de coco em dietas para tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal.**, v. 12, n. 1, p. 188-198.2011.

LORENZONI, W. R., MELLA, S. C. Avaliação de resíduo obtido de lavagem de raiz de mandioca como alimento energético para bovinos. In: CEREDA, M. P. (Ed.) *Resíduos da industrialização da mandioca*. Botucatu. 1994. p.91-100.

LORENZI, J. O.; RAMOS, M. T. B.; MONTEIRO, D. A. Teor de ácido cianídrico em variedades de mandioca. **Agricultura em São Paulo.**, v. 23, n. 1, p. 123-139.

LOZANO, J.C.; BELLOTI, A.; REYS, J.A.; HOWELER, R.; LEIHNER, D. Problemas no cultivo da mandioca. Brasília: EMBRATER, 1993. 208 p.

LOVELL, R. T. Use of soybean products in diets for aquaculture species. ***American Soybean Association Technical Bulletin.***, v. 21, n. 7, p. 1-16. 1984.

MARQUES, J. A.; PRADO, I. N.; ZEOULA, L. M. Avaliação da mandioca e seus resíduos industriais em substituição ao milho no desempenho de novilhas confinadas. ***Revista Brasileira de Zootecnia***, v. 29, n. 5, p. 1528-1536. 2000.

MEER, M. B.; FABER, R.; ZAMORA, J. E.; VERDEGEM, M. C. J. Effect of feeding level on feed losses and feed utilization of soya and fish meal diets in *Colossoma macropomum* (Cuvier). ***Aquaculture Research.***, v. 28, p. 391-403. 1996.

MELO, J.F.B.; BIIJNK, C.L.; NETO, J.R. Efeito da alimentação na composição química da carcaça do jundiá (*Rhamdia quelen*). ***Biodiversidade Pampeana***, 1(1): 12-23. 2003.

MENEZES, M. P. C.; RIBEIRO, M. N.; COSTA, R. G.; MEDEIROS, A. N. Substituição do milho pela casca de mandioca (*Manihot esculenta*) em rações completas para caprinos: consumo, digestibilidade de nutrientes e ganho de peso. ***Revista Brasileira de Zootecnia.***, v. 33, n. 3, p. 1-11. 2004.

METRI, A. C.; BION, F. M.; OLIVEIRA, S. R. P.; LOPES, S. M. L. Farinha de mandioca enriquecida com bioproteínas (*Saccharomyces cerevisiae*), em associação ao feijão e arroz, na dieta de ratos em crescimento. ***Revista de Nutrição.***, v.16, n. 1, p. 1-12. 2003.

MICHELAN, A. C.; SCAPINELLO, C.; FURLAN, A. C.; MARTINS, E. N.; FARIA, H. G.; ANDREAZZI, M. A. Utilização da casca de mandioca desidratada na alimentação de coelhos. **Acta Scientiarum Animal Sciences.**, v. 28, n. 1, p. 31-37. 2006.

MORI-PINEDO, L. A.; PEREIRA-FILHO, M.; OLIVEIRA-PEREIRA, M. I. 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.**,v. 29, n. 3, p. 447-453. 1999.

MOURO, G. F.; BRANCO, A. F.; MACEDO, F. A. F.; RIGOLON, L. P.; MAIA, F. J.; GUIMARÃES, K. C.; DAMASCENO, J. C.; SANTOS, G. T. Substituição do milho pela farinha de mandioca de varredura em dietas para cabras em lactação: Produção e composição do leite e digestibilidade dos nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.31, n. 1, p. 475-483. 2002.

MULLER, Z.; CHOU, K. C.; NAH, K. C. La yuca como sustituto total de los cereales en las raciones del ganado y de las aves de corral. **Revista Mundial de Zootecnia.**, v.12, p. 19-24. 1974.

NASCIMENTO, G. A. J.; PERAZZO, F. G.; AMARANTE, V. S.; BARROS, L. R. Efeitos da substituição do milho pela raspa de mandioca na alimentação de frangos de corte, durante as fases de engorda e final. **Acta Scientiarum.**, v. 29, n.1, p. 200-207. 2004

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrients requirements of warmwater fishes and shellfishes. Washington: Academy Press. 1993. 102p.

NG, W. K.; WILSON R.P. Chromic oxide inclusion in the diet does not affect glucose utilization or chromium retention by channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Journal of Nutrition.**, v.127, p. 2357-2362. 1997.

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

OLIVEIRA, A.M. Aspectos fisiológicos e bioquímicos do tambaqui (*Colossoma macropomum*, CUVIER 1818) alimentado com dietas suplementadas por frutos e sementes de áreas alagáveis. 2005. 82f. Dissertação de Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus - AM.

ORTONÓ, J.; ESTEBAN, M. A.; MESEGUER, J. The effect of dietary intake of vitamins C and E on the stress response of gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Fish Shellf Immunol.**, v.14, p.145-156. 2002.

PADUA, D. M. C; SILVA, P. C.; PADUA, J. T.; URBINAT, E. C. Respostas fisiológicas do pacu (*Piaractus mesopotamicus*), alimentado com rama de mandioca (*Manihot esculenta*) na ração. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 2, p. 385-396. 2009.

PEIXOTO, R. R.; WARNER, R. G. Avaliação da farinha de mandioca como componente de rações para terneiros leiteiros e desaleitamento precoce. **Revista Brasileira de Mandioca**, v.12, p. 39-47. 2003.

PEREIRA-DA-SILVA, E. M.; PEZZATO, E.L. Resposta da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) à atratividade e palatabilidade de ingredientes utilizados na alimentação de peixes. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v. 29, n. 5, p.1273-1280. 2000.

PEREIRA-FILHO, Manoel. Alternativas para a alimentação de peixes em cativeiro. In: CRIANDO PEIXES NA AMAZONIA. 1995. p. 75-82.

PEREIRA-FILHO, Manoel. Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 5, 1987, Fortaleza - CE. Preparo e utilização de ingredientes produzidos em Manaus, no arraçoamento do matrinxã, *Brycon* sp. Anais do V Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, Fortaleza - CE. 1987. 199 p.

PRADO, I. N.; MARTINS, A. S.; ALCALDE, C. R. Desempenho de suínos alimentados com rações contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.29, n.1, p. 278-287. 2000.

ROLIM, P. R. 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.1995. p. 7-16.

ROUBACH, R. Uso de frutos e sementes de florestas inundadas na alimentação o tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). 1991. 79f. Dissertação de mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus - AM.

ROUBACH, R.; SAINT-PAUL, U. Use fruits and seeds from Amazonian inundated forest in feeding trials with *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Pisces, Characidae). **Journal Applied Ichthyology.**, v. 101, p. 34-140. 1994.

RUFFINO, Mario Luis. Estatística pesqueira do Amazonas e Pará. Ibama; ProVárzea. 2002. 73p.

SÁ, M. V. C.; FRACALOSSI, D. M. Exigência protéica e relação energia/proteína para alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n. 1, p. 1-10. 2002.

SAINT-PAUL, U. 1984. Ecological and physiological investigations of *Colossoma macropomum*, a new species for fish culture in Amazonia. Memoria de la Association Latinoamericana de la Acuicultura. 5:501-518.

SAINT-PAUL, U. Potential for aquaculture of south american fresh water fishes. **A review Aquacult.**, v. 54, p. 205-240. 1986.

SAMPAIO A.M.B.; KUBITZA, F.; CYRINO, J.E.P. Relação energia:proteína na nutrição do tucunaré. **Science Agrícola**, 57(2): 1-13. 2000.

SANTOS, E. L.; LUDKE, L. M.; RAMOS, A. M.; BARBOSA, J. M.; LUDKE, J. B.; RABELO, C. B. Digestibilidade de subprodutos da mandioca pela tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Ciência Rural**, v.4, n. 3, p. 358 – 362. 2009.

SEIXAS, J. T. E; SANTIAGO A. M. Avaliação do desempenho de pós-larvas de camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) alimentados com dietas contendo diferentes aglutinantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n. 4, p. 638-644. 1997.

SILVA, J. A. M.; PEREIRA-FILHO, M.; OLIVEIRA-PEREIRA, M. I. Frutos e sementes consumidos pelo tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) incorporados em rações: Digestibilidade e velocidade de trânsito pelo trato gastrointestinal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n. 2, p. 2-12. 2003.

SILVA, P. C.; MESQUITA de, A. J.; PALMA, C. S.; OLIVEIRA de, A. N. Aspectos biométricos, bacteriológicos e físico-químicos do tambaqui (*Colossoma macropomum*) criado em consórcio com suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.5, n.3,p. 6-8. 1991.

SNIFFEN, C. J.; CONDOR, J. D.; SOEST, P. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. **Journal of Animal Science.**, v.70, n. 11, p. 3562-3577. 2000.

SOARES, C. M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V. R. B. Farelo de canola na alimentação de alevinos de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella* V.). **Acta Scientiarum.**, v.20, n.3, p. 395-400. 1998.

SOARES, C. M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V. R. B.; FURUYA, W. M.; GALDIOLI, E. M. Substituição parcial e total da proteína do farelo de canola na alimentação de alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 15-22. 2000.

SOUZA, A. S.; SOUZA, R. A. L.; MELO, N. F. A.; FILHO, M. M. 2008. Desenvolvimento do tambaqui (*Colossoma macropomum*, CUVIER 1818) em área de várzea utilizando-se massa de mandioca, *Manihot esculenta*, branca como alimentação alternativa. Seminário Internacional – Amazônia e Fronteiras do Conhecimento. UFPA.

TACHIBANA, L.; GONÇALVES, G. S.; GUIMARÃES, I. G.; FALCON, D. R.; BARROS, M. M.; PEZZATO, L. E. Substituição do milho pelo triticales na alimentação de tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.39, n. 2, p. 241-246. 2010.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F. R. Características hematológicas da *Tilapia rendalli* Boulenger, 1896 (Osteichthyes: Cichlidae) capturada em "Pesque-Pague" de Franca, São Paulo, Brasil. **Bioscience Journal.**, v.19, p. 103-110. 2003.

TAVARES-DIAS, M.; MATAQUEIRO, M. I.; PERECIN, D. Total leukocyte counts in fishes by direct or indirect methods. **B. Inst. Pesca.**, v. 28, n. 2, p.155-161. 2002.

TAVARES-DIAS, Marcos.; MORAES, Flávio Ruas. Hematologia de peixes teleósteos. Ribeirão Preto, SP: Tavares-dias, 2004. 144 p.

TAKAHASHI, Mario.; GONÇALO, Silvio. A cultura da mandioca. 2^o ed. Paranaíba: Olímpica. 2005. 115 p.

URBINATI, E. C.; SILVA, B. F.; BORGES, R. Inclusão de cromo e vanádio para melhorar o aproveitamento de carboidrato da dieta do pacu, *Piaractus mesopotamicus*. Recife, CE: Aquicultura Brasil. Simbraq. 1998. 153 p.

VAL A. L.; SILVA M. N. P.; ALMEIDA-VAL V. M. F. Hypoxia adaptation in fish of the Amazon: a never-ending task. ***South African Journal of Zoology***, v. 33, n. 2, p. 107-114. 1998.

VAL, Adalberto Luiz.; HONCZARYK, A. A criação de peixes na Amazônia: um futuro promissor. In: CRIANDO PEIXES NA AMAZÔNIA. Manaus, 1995. P. 1-5.

VAL, Adalberto Luiz.; ALMEIDA-VAL, Vera Maria Ferreira. Fishes of the Amazon and their environment: physiological and biochemical aspects. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1995. 224p.

VAN DER MEER, M. B.; FABER, R.; ZAMORA, J. E.; VERDEGEM, M. C. J. Effect of feeding level on feed losses and feed utilization of soya and fish meal diets in *Colossoma macropomum* (Cuvier). ***Aquaculture Research.***, v. 28, p.391-403. 1997.

VIDAL J. R.; M. V.; DONZELE, J. L.; ANDRADE, R. D. de; SANTOS, L. C. dos. 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.***, v. 33. n. 6. p. 2193-2200. 2004.

VINATEA, Arana L.. Princípios químicos de qualidade da água em aqüicultura: uma revisão para peixes e camarões. Florianópolis. Ed. Da UFSC. 1997. 166p.

WINTROBE, M. M. Variations on the size and hemoglobin content of erythrocytes in the blood of various vertebrates. **Folia Haemat.**, v.51, p. 32-49. 1934.

XIMENES-CARNEIRO, A. R. Elaboração e uso de ensilado biológico de pescado na alimentação de alevinos de tambaqui *Colossoma macropomum*, (Cuvier, 1818). 1991. 81f. Dissertação de mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus - AM.

ZEOULA, L. M.; NETO, S. F. C.; GERON, L. J. V.; MAEDA, E. M.; PRADO, I. N.; JORGE, J. R. V.; MARQUES, J. A. Substituição do milho pela farinha de varredura de mandioca (*Manihot esculenta*) em rações de ovinos: Consumo. Digestibilidade, balanços de nitrogênio e energia e parâmetros ruminiais. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v. 32, n. 2, p. 491-502. 2003.

ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N.; CECATO, U. Valor nutritivo de rações compostas de amido e de nitrogênio com alta e baixa degradabilidade ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v. 28, n. 5, p. 1159-1167. 1999.

Anexo 1. Custo total de produção de um hectare de mandioca (*Manihot esculenta*) na terra firme.

PREPARO DA ÁREA				
Discriminação	Unidade	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)
Aração	Hora	50,00	3	150,00
Gradagem	Hora	50,00	3	150,00
Calcáreo	40 kg	15,00	35	525,00
Adubo orgânico	Ton.	150,00	2	300,00
Mão-de-obra	Dia	40,00	4	160,00
Subtotal	-	-	-	1.285,00
PLANTIO				
Discriminação	Unidade	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)
Plantadeira	Hora	50,00	5	250,00
Maniva	100 kg	50,00	1	50,00
Uréia	50 kg	79,00	3	237,00
Superfosfato triplo	50 kg	124,00	3	372,00
Cloreto de potássio	50 kg	161,00	2	322,00
Mão-de-obra	Dia	40,00	4	80,00
Subtotal	-	-	-	1.311,00
TRATOS CULTURAIS				
Discriminação	Unidade	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)
Isca formicida	500g	5,50	5	27,50
Enxada	Unidade	20,00	4	80,00
Mão-de-obra	Dia	40,00	5	200,00
Subtotal	-	-	-	307,50
ADUBAÇÃO DE MANUTENÇÃO				
Discriminação	Unidade	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)
Uréia	50 kg	79,00	4	316,00
Mão-de-obra	dia	40,00	5	200,00
Cloreto de potássio	50 kg	161,00	4	644,00
Subtotal	-	-	-	1.160,00
COLHEITA E ARMAZENAGEM				
Discriminação	Unidade	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)
Transporte	Hora	40,00	8	320,00
Mão-de-obra	Dia	40,00	8	320,00
Subtotal	-	-	-	520,00
TOTAL				4.583,00

Dados obtidos a partir de coeficientes técnicos da cultura.