

**VALOR ENERGÉTICO E DIGESTIBILIDADE DA PROTEÍNA EM ALIMENTOS
PARA TILÁPIA VERMELHA**

DIANA MILENA TORRES NOVOA

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

ORIENTADOR: Prof. Manuel Vazquez Vidal Júnior

Campos Dos Goytacazes

2009

**VALOR ENERGÉTICO E DIGESTIBILIDADE DA PROTEÍNA EM ALIMENTOS
PARA TILÁPIA VERMELHA**

DIANA MILENA TORRES NOVOA

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Aprovada em 17 de Junho de 2009

Banca examinadora:

Prof. Eduardo Shimoda (Doutor) - UCAM

Prof. Humberto Pena Couto (Doutor) – CCTA - UENF

Prof. Dalcio Ricardo de Andrade (Doutor) – CCTA - UENF

Prof. Manuel Vazquez Vidal Júnior (Doutor) – CCTA – UENF

Orientador

**A Deus, pela companhia,
triunfos e por dar-me força
e saúde;**

**Aos meus pais, Alcira e
Efraín, pelo amor,
dedicação, apoio, educação,
eles que são a fonte
inesgotável dos meus
sonhos.**

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao professor Manuel Vazquez Vidal Júnior e Olney Vieira da Motta por ter acreditado em mim, quando eu solicitei a vaga no curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, pela amizade, paciência, orientação nos meus estudos;

À minha família por ter me incentivado o tempo todo nesta empreitada profissional, e, a todos os que me são queridos Alcira Novoa, Efraín Torres, Sofia Novoa, Maruja Novoa, Maruja Céspedes, Olga Torres, Alejandro Torres, Silvia Rojas e Victor Hurtado por compreender o afastamento transitório durante o tempo dos meus estudos;

Às minhas grandes e eternas amigas, Maritza Riaño e Yamile Rojas, por serem como são e ter me aceitado do jeito que eu sou;

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e a Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Rio de Janeiro, FAPERJ pela concessão da bolsa de estudos e o apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa;

Aos funcionários e professores do programa de pós-graduação de Ciência Animal da UENF, em especial a Jovana, Dalcio, Humberto, Brandão, Rita, por terem repassado para mim um acervo de conhecimentos imprescindíveis no dia-a-dia do belo exercício da Zootecnia;

Aos meus amigos e colegas Marcella, William, Marcelo, Andre, Pedro, Gabriela, Michelle, Tânia;

Aos professores e funcionários do Instituto de Aqüicultura de los Llanos, Walter Vásquez Torres, Mariana, Marisol, Beatriz e Freddy pela ajuda e colaboração na realização da fase experimental.

BIOGRAFIA

DIANA MILENA TORRES NOVOA, nasceu em 23 de abril de 1985, na cidade de Villavicencio, Departamento de Meta, Colômbia, filha de Alcira Novoa Céspedes e Efraín Torres Ramirez.

Formou-se em Medicina Veterinária Zootecnia da Universidad de los Llanos da Colômbia em 2007.

Em março de 2008 ingressou no Curso de Mestrado em Ciência Animal na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, com defesa da dissertação em 17 de junho de 2009.

RESUMO

Valor energético e digestibilidade da proteína em alimentos para tilápia vermelha. Diana Milena Torres Novoa, Mestre em Ciência Animal, Manuel Vazquez Vidal Júnior, Orientador.

Com o objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta e da energia bruta de alimentos para tilápia vermelha foi conduzida esta pesquisa. Foi realizado um experimento com 378 tilápias vermelhas de $209 \pm 49,4$ g de peso, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com sete tratamentos, três repetições e 18 peixes por unidade experimental. A unidade experimental foi constituída por três incubadoras com seis peixes cada. Os peixes foram distribuídos em nove aquários de metabolismo, tipo sistema Guelph modificado de 200 litros para coleta de fezes. Os animais foram mantidos inicialmente em tanques de alvenaria de 1200 litros, durante cinco dias nos quais foram alimentados duas vezes ao dia às 08:00 horas e às 16:00 horas, com as rações experimentais. Ao sexto dia, meia hora após alimentação única os peixes foram transferidos para o aquário de metabolismo. Uma ração comercial foi utilizada como ração referência para tilápia, na qual foi realizada a substituição de 30% pelo alimento teste. Os tratamentos foram constituídos por: 1. Ração referência (RR) (100% ração comercial), 2. Farelo de arroz (FA) (70% RR + 30% FA), 3. Quirera de arroz (QA) (70% RR + 30% QA), 4. Resíduo de biscoito (RB) (70% RR + 30% RB), 5. Resíduo de macarrão (RM) (70% RR + 30% RM), 6. Farinha de raiz de mandioca (FM) (70% RR + 30% FM), 7. Farelo de soja (FS) (70% RR + 30% FS). A fase experimental foi de seis dias, sendo cinco dias para adaptação aos aquários e à ração e um dia para coleta de fezes. Na fase de adaptação foi fornecida ração à vontade para estimular o consumo diário, a quantidade estimada de ração foi equivalente a 2% do peso vivo dos peixes. Para avaliar a digestibilidade aparente dos nutrientes foi utilizado o método indireto de coleta de fezes por sedimentação e óxido de cromo (Cr_2O_3) como indicador inerte adicionado à dieta em uma concentração de 0,5%. As coletas foram realizadas de 30 em 30 minutos. Os CDA da PB foram 84,03; 84,92; 77,97; 80,25; 97,51 e 84,54% e os CDA da EB foram 65,83; 90,23; 75,54; 88,92; 93,14 e 82,26%, para farelo de arroz, quirera de arroz, resíduo de biscoito, resíduo de macarrão, farinha de raiz de mandioca e farelo de soja, respectivamente. O estudo conclui que os melhores valores de coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta e proteína bruta foram obtidos com quirera de arroz e a farinha de raiz de mandioca, demonstrando que podem ser utilizados em substituição ao milho, na fabricação de rações de custo mínimo para tilápias.

Palavras-chave: Alimentos alternativos, digestibilidade, tilápia

ABSTRACT

Energetic values and protein digestibility of food by red tilapia. Diana Milena Torres Novoa, M. Sc., Animal Science, Manuel Vazquez Vidal Júnior, Advisor.

The research carried to evaluate the apparent strain digestibility coefficients (CDA) of gross energy (EB) and crude protein (PB) of conventional and alternative foods by red tilapia. Were used 378 tilapias, with a mean weight of 209 ± 49.4 g, distributed in a completely block design with seven treatments, three replicates and 18 fish per experimental unit. The experimental unit were three aquarium with six fish the fish were allotted in nine metabolism aquarium, Guelph type of 200L for feces sample collected. The animals were allotted in tank of 1200L for five days feed two rations at 08:00 and 18:00 hrs with experimental diets to sixth day, 30 minutes after feed the fish were transfer for metabolism aquarium. The commercial diet was used as reference diet to replace 30% of test food and substitution of 30% by food to evaluate. The treatments were: 1. Reference diet (RD) (100% commercial concentrated), 2. meal rice (MR) (70% RD + 30% MR), 3. broken rice (BR) (70% RD + 30% BR), 4. remainder cookie (RC) (70% RD + 30% RC), 5. remainder macaroni (RM) (70% RD + 30% RM), 6. cassava meal (CM) (70% + 30% CM), 7. soybean meal (SM) (70% RD + 30% SM). The experimental phase was in six days, the adaptation to aquarium and diet to five days and one day to sample collected. CDA was determined by an indirect method, with 0.5% chromic oxide (Cr_2O_3) as marker. The collects were of 30 minutes each. CDA of PB was 84.03; 84.92; 77.97; 80.25; 97.51 and 84.54% and CDA of EB was 65.83; 90.23; 75.54; 88.92; 93.14 and 82.26%, for meal rice, broken rice, remainder cookie, remainder macaroni, cassava meal and soybean meal respectively. In conclusion, the rice broken and cassava meal were best values of CDA of gross energy were showed to be food for replace of corn, in the diet manufactures and price minimum by tilapia.

Key-words: Alternative food, digestibility, tilapia

LISTA DE FIGURAS

1. Aquário de coleta de fezes 24
2. Curva de calibração e equação para o cálculo da concentração de óxido de cromo (Cr_2O_3) no alimento e fezes para a tilápia vermelha 27

LISTA DE TABELAS

1. Composição bromatológica da ração comercial utilizada na ração referência para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente de alimentos para a tilápia vermelha na matéria seca 25
2. Composição bromatológica dos alimentos com base na matéria seca e na matéria natural 26
3. Composição bromatológica da ração referência e rações testes com base na matéria seca e na matéria natural 26
4. Parâmetros físico-químicos da água nos aquários dos diferentes tratamentos 30
5. Valores de proteína bruta e energia bruta das fezes de cada tratamento para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos alimentos teste para a tilápia vermelha 31
6. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) da ração referência e rações testes para a tilápia vermelha 31
7. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) e valores de proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) de alimentos para a tilápia vermelha 32
8. Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) e valores de proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) do farelo de arroz segundo alguns autores 35
9. Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) e valores de proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) da quirera de arroz segundo alguns autores 36
10. Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) e valores de proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) do farelo de trigo segundo alguns autores 37
11. Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) e valores de proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) do farelo de soja segundo alguns autores 38
12. Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) e valores de proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) da farinha de mandioca segundo alguns autores 40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVO	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 Espécie estudada	14
3.2 Digestibilidade de nutrientes	15
3.3 Metodologias para a determinação da digestibilidade	16
3.4 Digestibilidade de alimentos para peixes	18
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Animais e material experimental	23
4.2 Rações experimentais e alimentação	24
4.2.1 Composição dos alimentos, rações testes e ração referência	25
4.3 Marcador inerte	27
4.4 Coleta das fezes	28
4.5 Coeficiente de digestibilidade aparente	28
4.6 Análise Estatística	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 Parâmetros físico-químicos da água	30
5.2 Coeficientes de digestibilidade	30
6 CONCLUSÃO	42
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
8 APÊNDICE	52
Concentração de óxido de cromo nas rações	52
Concentração de óxido de cromo nas fezes	52

1. INTRODUÇÃO

A piscicultura, é uma atividade dedicada ao cultivo de peixes com implementação de boas práticas de manejo relacionadas com genética, incubação, alimentação, reprodução e sanidade das espécies, entre outras. Nos últimos 20 anos a produção mundial de peixes, tem crescido 12% ao ano, com produção para a tilápia de 2,6 milhões de toneladas em 2007. A China é o maior produtor mundial desta espécie com produção superior a 1,3 milhões de toneladas para 2007. No Brasil, a produção é de 42 mil toneladas por ano e na Colômbia, é de 15 mil toneladas por ano (FAO, 2008).

A tilápia, originária da África, é a segunda espécie de peixe mais cultivada em água doce, e a de maior importância na aquicultura mundial, segundo Borguetti, *et al.* (2003), destacando-se das demais pelo crescimento mais rápido e alta prolificidade.

O grande fator limitante na tilápicultura é o custo com a alimentação, pois chega a 70% do custo total de produção. Entretanto, a utilização de matérias-primas na ração como, resíduos de biscoito e de macarrão, quirera e farelo de arroz, farinha de raiz de mandioca e farelo de soja, podem reduzir os custos de produção sem prejudicar o desempenho dos animais nem a qualidade do produto final, visando otimizar a produção e rentabilidade das pisciculturas (HISANO, PORTZ, 2007).

Os valores nutricionais dos biscoitos dependem da matéria-prima pela qual estão constituídos. O biscoito com farinha de banana tem 4,54% de proteína e 1,89% de lipídios (FASOLIN *et al.*, 2007). O biscoito com flocos de aveia tem 18,29% de proteína bruta, 4,85% de lipídios, 9,51% de fibra e 55,60% de carboidratos (GUTKOSKI *et al.*, 2007).

O farelo de soja, subproduto obtido na indústria da extração do óleo do grão de soja, possui alta porcentagem de proteína, além de conter a maioria dos aminoácidos essenciais para os peixes (NRC, 1993). A soja apresenta alto teor relativo de lisina, em relação aos outros farelos de vegetais, além de conter vitaminas do complexo B e minerais (MEURER *et al.*, 2008). O farelo de soja contém 45% de proteína bruta, 6,0% de fibra bruta e 4174 kcal de energia metabolizável (OLIVEIRA, 2005).

No beneficiamento de arroz branco polido são produzidos 14% de grãos quebrados, subproduto que é classificado como quirera. Em termos gerais o custo da quirera é equivalente a 20% do grão inteiro (LIMBERGER, 2005). A quirera de arroz fornece 7,46% de proteína bruta, 3,8% de lisina do total de proteínas, 0,55% de fibra bruta e 3846 kcal de energia bruta (ROSTAGNO *et al.*, 2005).

O farelo de arroz integral (FAI) é o produto originado do polimento realizado no beneficiamento do grão, de arroz sem casca e que não é submetido à extração do óleo. O farelo de arroz integral consiste de pericarpo, gérmen, fragmentos de arroz e pequenas quantidades de casca com granulometria fina, com 13,24% de proteína bruta, 12% de extrato etéreo, 13% de fibra bruta e 4394 kcal/kg em energia bruta (ROSTAGNO *et al.*, 2005).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Massa Alimentícias, ABIMA (2008), o macarrão é definido como o produto não fermentado, obtido pelo amassamento da farinha de trigo, da semolina ou da sêmola de trigo com água, adicionado ou não com outras substâncias permitidas.

A mandioca, (*Manihot esculenta*, Crantz), também, conhecida como macaxeira ou aipim, é uma planta perene arbustiva, pertencente à família *Euphorbiaceae*. É cultivada em todo o território brasileiro e possui excelente qualidade nutritiva para a alimentação animal. (BOHNENBERGER, 2008).

A melhor compreensão da nutrição dos peixes poderá contribuir para reduzir a eliminação de compostos potencialmente tóxicos, como amônia e o desperdício de nutrientes, mitigando o impacto ambiental no meio aquático (VÁSQUEZ, 2004). Os estudos de digestibilidade contribuem para que alimentos alternativos possam ser utilizados na dieta da tilápia com maior eficiência.

A digestibilidade de uma ração é definida como a habilidade com que o animal digere e absorve os nutrientes e a energia contidos na mesma (OLIVEIRA, 2005). A formulação de rações para tilápia considerando a digestibilidade dos alimentos, além de otimizar a utilização de nutrientes e reduzir os custos de produção, ajuda a evitar a poluição da água, devido ao fato que menor quantidade de amônia, nitritos e nitratos estariam sendo eliminados.

2 OBJETIVO

Determinar o valor energético e a digestibilidade aparente de proteína de resíduo de biscoito e de macarrão, quirera de arroz, farelo de arroz integral, farelo de soja, farinha de raiz de mandioca para tilápia vermelha.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Espécie estudada

As tilápias são Ciclídeos originários do continente Africano (PHILIPPART e RUWET, 1982), é uma espécie onívora, que se alimenta de pequenos invertebrados, frutos, e é filtradora de plâncton. Possui boca pequena e dentes faríngeos (FURUYA *et al.*, 2001).

A tilápia tem boa aceitação no mercado consumidor, destacando-se em cultivos, por apresentar crescimento rápido, rusticidade, carne de ótima qualidade, e por não apresentar espinhos na forma de “Y” no seu filé (BOSCOLO *et al.*, 2002). Segundo os mesmos autores, esta espécie é apropriada para a filetagem, tornando-se uma espécie de grande interesse para a piscicultura.

A temperatura ideal para o seu crescimento, segundo Furuya *et al.* (2001) varia de 26-30°C, podem resistir por períodos curtos até 0,5mg/L de oxigênio dissolvido na água e o pH pode ser neutro ou levemente alcalino.

O volume do estômago da tilápia é bem reduzido e, devido a isto, é uma espécie que necessita fazer muitas refeições por dia com baixas quantidades de alimento por vez. O comprimento médio do intestino é de 5,8 metros, sem atividade de amilase na boca, sendo a produção desta enzima restrita ao pâncreas e ao intestino (ROTTA, 2003). Este mesmo autor, explica que a maior parte da digestão dos alimentos ocorre no intestino e nos cecos pilóricos da tilápia. As secreções intestinais contêm as enzimas proteases, lipases e as carboxilases, para hidrólise de proteína, lipídeos e carboidratos contidos nos alimentos.

Os peixes onívoros possuem adaptações morfológicas e fisiológicas que possibilitam a utilização de rações com elevadas porcentagens de ingredientes de origem vegetal, pois utilizam melhor os carboidratos (OLIVEIRA, 2006) e a proteína dessas fontes (TENGGAROEK *et al.*, 2000), em relação aos peixes carnívoros. Isso possibilita redução no custo com a alimentação.

Segundo Boyd (1998), a alimentação em aquicultura, mal manejada, pode causar crescimento exagerado de algas e deterioração da qualidade da água, pela decomposição da ração e excreção de compostos poluentes como carbonatos, fosfatos e a amônia.

Segundo Hisano e Portz (2007), em sistemas de criação de peixes com densidades elevadas, onde a ração representa quase a totalidade do alimento disponível, a maioria dos problemas está relacionada com a baixa qualidade da matéria-prima e ao inadequado manejo alimentar, daí a importância de um maior conhecimento sobre digestibilidade dos alimentos utilizados na aquicultura para gerar melhores resultados produtivos e a baixo custo.

3.2 Digestibilidade de nutrientes

Segundo Oliveira (2005), a digestibilidade de uma ração é definida como a habilidade com que o animal digere e absorve os nutrientes e a eficiência de aproveitamento da energia contidos na mesma. A digestibilidade verdadeira dos alimentos é aquela que leva em conta as perdas endógenas durante a excreção. Essas perdas são produtos da oxidação das proteínas, lipídeos e carboidratos, como as perdas endógenas são pequenas, em torno de 5% (NRC, 1993), e ao fato do peixe viver no meio aquático e, a digestibilidade verdadeira é de difícil quantificação. Deste modo o método de avaliação mais utilizado é o da digestibilidade aparente, que não leva em conta as perdas endógenas citadas anteriormente (OLIVEIRA, 2005).

A determinação do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) foi reportada para diversas espécies de peixes, como mostram os trabalhos de Hajen *et al.* (1993), Yamoto *et al.* (1997), e Sugiura *et al.* (1998), com salmonídeos, Khan (1994), e Erfanullah-Jafri (1998), com carpas, e Guimarães *et al.* (2008) com tilápias.

A metodologia para determinar a digestibilidade dos nutrientes em animais aquáticos difere daquelas aplicadas para suínos e aves, principalmente em relação à coleta de fezes. Entre as dificuldades desta coleta no meio aquático, existem os seguintes riscos: estresse do peixe devido à excessiva manipulação, lixiviação do alimento, contaminação das fezes por muco, escamas e partículas de alimento regurgitadas, além da eficiência dos indicadores como, por exemplo, óxido de cromo (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007), e o tamanho do peixe (BOMFIM e LANNA, 2004), também podem afetar a digestibilidade dos nutrientes.

Também tem influência sobre a digestibilidade dos nutrientes a composição e, o processamento das dietas, tais como a quantidade de carboidrato, fibra e gordura (NRC, 1993), grau de moagem (MEURER *et al.*, 2005), presença de antinutrientes (FURUYA *et al.*, 2001; CHENG e HARDY, 2002), nível de inclusão do ingrediente teste (BOMFIM e LANNA, 2004) e os processos tecnológicos como extrusão ou peletização do alimento melhorando o valor nutricional e os coeficientes de digestibilidade dos alimentos, pela maior exposição e gelatinização do amido, solubilização das fibras alimentares, inativação de inibidores de proteases e outras substâncias antinutricionais, modificação do tamanho e estrutura das partículas dos alimentos (SORENSEN *et al.*, 2002)

A concentração do oxigênio dissolvido na água é outro fator que afeta a digestibilidade nos peixes. Os processos de digestão, absorção e síntese de tecidos requerem grande quantidade de oxigênio, em função do gasto de energia (OLIVEIRA, 2005). Em águas com níveis de oxigênio dissolvido abaixo da faixa ótima que vai de 4mg/L até 6mg/L para tilápia (PEZZATO *et al.*, 2002), tem sido verificado que a tilápia, para diminuir o gasto com oxigênio, reduz a ingestão de alimento, como também tem sido observada menor digestibilidade dos nutrientes nessa condição (BOMFIM e LANNA, 2004).

A temperatura da água afeta a digestibilidade de nutrientes em peixes, porque afeta a taxa de passagem, a capacidade de digestão e de absorção, assim como, a velocidade das reações enzimáticas. Esta é a variável ambiental que mais afeta o metabolismo dos peixes, que são pecilotérmicos, pelo fato de regular a taxa metabólica, sendo esta uma das causas do elevado coeficiente de variação dos ensaios de digestibilidade em teleósteos (VÁSQUEZ, 2004).

3.3 Metodologias para a determinação da digestibilidade

Segundo Sakomura e Rostagno, (2007), as metodologias usadas para determinar a digestibilidade em peixes têm sido a coleta total e parcial com uso de indicadores. O método de coleta total em função da dificuldade de quantificar com precisão o material ingerido e excretado tem sido pouco utilizado. O método mais indicado é a coleta parcial com o uso de indicadores. As coletas de fezes podem ser realizadas fora ou dentro dos aquários. Entre as técnicas para coletar fezes dos peixes, a mais usada tem sido a coleta feita fora da água por extrusão manual, sucção ou dissecação intestinal na parte final do intestino. No entanto, essa

técnica pode proporcionar uma subestimação da digestibilidade dos nutrientes, especialmente de proteína, pela contaminação das fezes com material endógeno.

Existem técnicas adaptadas para coleta total de fezes, como a câmara metabólica, sistema de filtragem contínua adaptada para a coleta total de fezes (HALVER, 1989) e sistema de bolsa coletora de fezes (VIDAL JÚNIOR, 2000).

O sistema convencional de Guelph consiste de um aquário cilíndrico de fibra de vidro com capacidade de 200L e fundo cônico. O abastecimento de água é contínuo e superior, com escoamento da água pelo fundo e as fezes são decantadas por tubulação externa, onde são depositadas em tubos acoplados na extremidade inferior. Registros de água são utilizados para facilitar as coletas das excretas nos tubos.

Neste sistema, os peixes são mantidos em aquários convencionais e, após serem alimentados por cinco dias com as dietas contendo óxido de cromo, são transferidos para os aquários de coleta, assim que começam a aparecer fezes nos tubos, as mesmas são coletadas a intervalo de 30 minutos para evitar lixiviação de nutrientes, que é maior na primeira hora em contato com a água e é diretamente proporcional à temperatura e ao fluxo de água (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

Por outro lado, a coleta freqüente de fezes por sifonamento do fundo do aquário está sujeita a produzir coeficientes não confiáveis de digestibilidade por causa da lixiviação de nutrientes na água, promovendo a superestimação da digestibilidade dos nutrientes (BOMFIM e LANNA, 2004). Estes mesmos autores observaram que a técnica proposta por Smith (1971), na qual os peixes são mantidos em pequenos aquários metabólicos, também produz coeficientes de digestibilidade pouco confiáveis. Quando os peixes são submetidos à alimentação forçada, podendo ocorrer regurgitação do alimento, proporcionando balanços negativos dos nutrientes.

O indicador externo mais utilizado tem sido o óxido de cromo, porém existem críticas ao seu uso, uma vez que já foi reportado que ele causa aumento na eficiência de utilização dos carboidratos, o que eleva a atividade da fosfofrutuquinase, indicando que este elemento pode não ser totalmente inerte para os peixes (URBINATI *et al.*, 1998). Em alguns casos mais raros, observou-se intoxicação por cromo; nesta situação os peixes (*Colisa fasciatus*) apresentaram lesões nas brânquias e nos testículos, além de produção excessiva de muco epitelial e, aumento do lactato no sangue (NATH e KUMAR, 1988).

3.4 Digestibilidade de alimentos para peixes

As exigências de proteína bruta e de energia digestível para tilápia na fase de terminação foram estabelecidas pelo NRC (1993) em 32% e 3.000 kcal/kg respectivamente e, portanto, devem-se utilizar ingredientes de alta digestibilidade para maximizar o desempenho do peixe nessa fase.

Segundo Hardy e Barrows (2002), os alimentos utilizados na fabricação de rações podem ser divididos em protéicos ou energéticos. Os ingredientes protéicos são aqueles que possuem mais de 20% de proteína bruta. Esses ingredientes se subdividem em protéicos de origem animal, tais como farinhas de peixe, carne, ossos, vísceras, sangue, ou de origem vegetal: farelo de soja, farelo de algodão, farelo de amendoim, farelo de canola. Os farelos de milho, trigo, sorgo e arroz, entretanto, são chamados de ingredientes energéticos, pois apresentam porcentagem de proteína bruta inferior a 20%.

Os ingredientes protéicos ou energéticos de origem animal ou vegetal possuem diferentes coeficientes de digestibilidade, dependendo da capacidade digestiva dos peixes, a qual está diretamente relacionada ao seu hábito alimentar (BOMFIM e LANNA, 2004). Para minimizar os custos e maximizar a produção de peixes, têm-se buscado alimentos energéticos e protéicos não tradicionais. Entre esses ingredientes estão os resíduos de biscoitos e macarrão, que podem suprir tal função tendo em vista o grande volume destes alimentos disponíveis para serem utilizados na alimentação animal.

Segundo Francis *et al.* (2001), a utilização de alguns dos alimentos de origem vegetal é limitada, devido aos fatores antinutricionais, presentes. Os fatores antinutricionais mais importantes são: inibidores de protease, fitatos, glucosinolatos, fitoestrogênicos, alcalóides, compostos antigênicos, gossipol, cianogênicos, mimosina, canavanina, antivitaminas, oligossacarídeos e polissacarídeos não amiláceos, (PNA).

As matérias-primas utilizadas na alimentação de peixes em geral são produzidas em condições agrônomicas diferentes e os processos de agroindustrialização como peletização e extrusão aplicados nelas podem alterar os conteúdos nutricionais, principalmente de energia e proteína desses ingredientes, o que justifica realizar trabalhos para estabelecer a digestibilidade da energia e da proteína de resíduos de biscoito e de macarrão, quirera e farelo

de arroz, farinha de raiz de mandioca, e farelo de soja, ainda mais considerando que as tilápias exigem alimentos altamente digestíveis.

Consideráveis quantidades de resíduos de panificação estão disponíveis para serem utilizadas na alimentação animal. Incluindo-se nestas as sobras de bolos, restos de pães, biscoitos doces e salgados, produtos não comercializados ou que ultrapassaram o prazo de validade, além de quebras, excesso ou falta de cozimento durante o processamento DE OLIVEIRA (2006). Contudo, poucos trabalhos avaliaram o uso do resíduo de macarrão e de biscoito como ingrediente das rações para tilápia. Com o aparecimento dos resíduos e de retornos da industrialização por prazo de validade vencido, surgiram novas matérias-primas com vistas à alimentação animal, havendo a necessidade de comprovação científica para sua utilização envolvendo ensaios de digestibilidade.

De acordo com Monteiro e Martins (2005), o Brasil conta atualmente com 876 fábricas de biscoitos, segundo dados da indústria, para 2003 foram produzidas 1.059 toneladas de biscoito com um faturamento de 6.070 milhões de reais, o preço médio de venda é de R\$ 5,73 por quilo de biscoito. Comparando o volume de biscoitos produzidos e vendidos, existe um excedente não comercializado de 2.170 kg de biscoito/mês. Um consumo per capita de 6,0 kg (NEVES e JESUS, 2008).

Os valores nutricionais dos biscoitos dependem da matéria-prima pela qual estão constituídos, por exemplo, o biscoito com farinha de banana tem 4,54% de proteína e 1,89% de lipídios (FASOLIN *et al.*, 2007). O biscoito com flocos de aveia tem 18,29% de proteína bruta, 4,85% de lipídios, 9,51% de fibra, 55,60% de carboidratos (GUTKOSKI *et al.*, 2007). Segundo Lima *et al.* (2006), os teores de proteína bruta e de energia bruta são de 10,30% e 4437kcal/kg, respectivamente e 3925 kcal de energia digestível para resíduo de biscoito.

A soja (*Glicine Max*) pertence à família Leguminosae e é originária do Oriente, sendo consumida em larga escala nos países asiáticos. A produção mundial com 233,2 milhões de toneladas em grão e 158,0 milhões de toneladas de farelo de soja. O Brasil é o segundo maior produtor com 57.759,1 milhões de toneladas em grão, 24.948,0 milhões de toneladas de farelo de soja e preço de venda é de R\$ 0,761 por quilo de soja (CONAB, 2009), compreende uma das culturas mais importantes economicamente, sendo a principal fonte de matéria-prima para a extração de óleo vegetal comestível para uso na alimentação humana (EMBRAPA, 2009).

O farelo de soja, subproduto obtido na indústria da extração do óleo do grão de soja, possui alta porcentagem de proteína, além de conter a maioria dos aminoácidos essenciais

para os peixes (NRC, 1993). A soja apresenta alto teor de lisina, em relação aos outros farelos de vegetais, além de conter vitaminas do complexo B e minerais (MEURER *et al.*, 2008). O farelo de soja contém 45% de proteína bruta, com 88,3% de digestibilidade para *Rhamdia quelen*, 8,60% de fibra bruta, e, 4174 kcal de energia metabolizável (OLIVEIRA, 2005).

O arroz (*Oryza sativa L.*) é mundialmente produzido para ser consumido por humanos. Entretanto, quando não estiver dentro das especificações para o consumo humano ou quando razões econômicas permitem sua utilização na alimentação animal (BRUM JUNIOR, *et al.*, 2007). A produção de arroz no mundo, em 2008, foi de 439,1 milhões de toneladas. O Brasil foi o nono maior produtor mundial e o primeiro da América Latina, com produção de 12.177,1 toneladas e preço de venda é de R\$ 1,65 por quilo de arroz (CONAB, 2009).

No beneficiamento de arroz branco polido são produzidos 14% de grãos quebrados, subproduto que é classificado como quirera. Em termos gerais o custo da quirera é equivalente a 20% do grão inteiro (LIMBERGER, 2005). A quirera de arroz fornece 7,46% de proteína bruta, 3,8% de lisina do total de proteínas, com 88,1% de digestibilidade para suínos, 0,55% de fibra bruta, 3821 kcal/kg de energia bruta e 3491 kcal de energia metabolizável (ROSTAGNO *et al.*, 2005).

O farelo de arroz integral (FAI) é o produto originado do polimento realizado no beneficiamento do grão, de arroz sem casca e que não é submetido à extração do óleo. O farelo de arroz integral consiste de pericarpo, gérmen, fragmentos de arroz e pequenas quantidades de casca com granulometria fina, com 12% de extrato etéreo e 13% de fibra bruta. O fato de conter níveis tão altos de gordura e fibra bruta torna este ingrediente limitante nas rações para monogástricos (BUTOLO, 2002). Em relação ao conteúdo em energia bruta é de 4394 kcal/kg e 13,24% PB (ROSTAGNO *et al.*, 2005).

O farelo de arroz contém polissacarídeos não amiláceos, (PNA) (TACHIBANA, 2007), os quais têm os efeitos a seguir: aumento da viscosidade do quimo no intestino; proteção do alimento contra os ataques de enzimas digestivas; aumento da taxa de passagem; aumento no número de microrganismos; diminuição da digestibilidade da gordura pela inativação dos sais biliares e aumento na secreção pancreática de enzimas (CAMPBELL *et al.*, 1983).

Em muitas espécies de peixes como salmão (*Salmo salar*), truta (*Oncorhynchus mykiss*), carpa (*Cyprinus carpio*) e tilápia (*Oreochromis niloticus*) os PNA solúveis reduziram o crescimento e a digestibilidade dos nutrientes (LEENHOUWERS *et al.*, 2006).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Massa Alimentícias, ABIMA (2008), o macarrão é definido como o produto não fermentado, obtido pelo amassamento da farinha de trigo, da semolina ou da sêmola de trigo com água, adicionado ou não com outras substâncias permitidas.

A ABIMA, classifica o macarrão quanto ao teor de umidade em seco e fresco. O macarrão seco é o produto que passa por secagem e no produto final a umidade máxima é de 13,0% (g/100g). O macarrão fresco é o produto que pode ou não ser submetido a um processo de secagem parcial de forma que o produto final apresente umidade máxima de 35,0% (g/100g). Em termos de mercado, o Brasil está entre os cinco maiores produtores de macarrão do mundo, e é o 2^o maior consumidor desta pasta, que já faz parte até da cesta básica dos brasileiros e o preço de venda é de R\$ 4,58 por quilo de macarrão (CONAB, 2009).

Segundo a ABIMA (2008), o consumo per capita de macarrão é de 5,7 kg no país, o qual vem crescendo de forma expressiva nos últimos anos. No entanto, em termos de valor nutricional, o resíduo de macarrão tem 12,4% de proteína bruta, 87,90% de matéria seca, 3790 kcal/kg de energia bruta, 2,0% de fibra bruta, (NUNES *et al.*, 2001).

A mandioca, (*Manihot esculenta*, Crantz), também, conhecida como macaxeira ou aipim, é uma planta perene arbustiva, pertencente à família *Euphorbiaceae*. É cultivada em todo o território brasileiro e possui excelente qualidade nutritiva para a alimentação animal. Qualquer tipo de solo proporciona boas colheitas de mandioca, sendo mais propício nos que se apresentam com textura arenosa, boa aeração e drenagem e com bom teor de matéria orgânica, se adapta a solos pobres, é resistente à seca, consegue sobreviver junto a ervas daninhas e apresentam ampla adaptação às mais variadas condições climáticas (BOHNENBERGER, 2008).

Segundo a FAO (2005), a produção mundial de mandioca em 2004 chegou a 202,7 milhões de toneladas por ano. O Brasil produz 26,8 milhões de toneladas (IBGE, 2008) e o consumo per capita de mandioca é de 18 kg/ano. (IBGE, 2008). Da produção mundial de mandioca 60% é para a alimentação do homem, 33% para a alimentação animal e 7% para a produção de amido e há biotransformações do produto (IBGE, 2008) e preço de venda é de R\$ 0,740 por quilo de farinha de mandioca (CONAB, 2009).

A mandioca tem um alto potencial para a alimentação animal, é uma fonte rica em energia, seus diferentes resíduos (casca de mandioca, farinha de varredura, farinha de raiz de mandioca, entre outros) podem ser utilizados na alimentação animal (BOSCOLO, *et al.*,

2002). Além disto, farinha de mandioca destinada ao consumo humano que por algum motivo cai no chão da fábrica, sendo, portanto um subproduto do processamento da mandioca pelas indústrias farinheiras pode ser utilizada na alimentação animal.

A farinha de mandioca apresenta um efeito aglutinante, característica esta favorável à formulação de rações para as funções aquícolas, diminuindo a dissolução desta na água e conseqüente perda de nutrientes, propiciando um melhor aproveitamento pelo animal (SEIXAS *et al.*, 1997ab).

Com uma tonelada de mandioca fresca pode-se obter 280 kg de farinha ou 230 kg de amido ou 170 litros de álcool (CIAT, 1996). A raiz de mandioca é eminentemente calórica, cerca de 1500 kcal/kg a partir do amido e apresenta a seguinte composição química 60-65% de umidade; 21-33% de amido; 1,0-1,5% de proteína bruta; 3767,80 kcal/kg de energia bruta, 0,7-1,06% de fibra bruta; e 0,6-0,9% de cinzas. O amido representa a maior parte dos carboidratos (96%), é o principal componente da matéria seca da raiz. Essa composição pode variar conforme as condições ambientais, a cultivar utilizada e a idade da planta (BUTOLO, 2002).

Existem dois tipos de mandioca: a mansa e a brava. A mandioca mansa é a mandioca de mesa, consumida cozida, frita, na forma de bolos e outros tipos de alimentos, porém não é utilizada na fabricação da farinha, pois, origina um produto de pouca aceitação no mercado. A mandioca brava é destinada ao uso industrial (fabricação de farinha) e apresenta ácido cianídrico acima de 50 mg/kg, o que é considerado altamente tóxico para o homem e os animais (BOHNENBERGER, 2008). Segundo Carvalho *et al.* (1999), quase todo o ácido cianídrico pode volatilizar-se mediante secagem ao sol, ocorrendo redução no teor do mesmo logo após a colheita.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto de Aqüicultura, IALL, da Universidad de los Llanos, cidade de Villavicencio, Colômbia, 74° 4' 30" de longitude oeste, 4° 35' 57" de latitude norte, (IGAC, 2007).

4.1 Animais e material experimental

Foram utilizadas 378 tilápias vermelhas (*Oreochromis aureus* x *Oreochromis niloticus*) invertidas sexualmente durante a fase larval, utilizando-se 60 mg do hormônio 17 α -metiltestosterona/kg de dieta, com peso vivo médio de 209 \pm 49,4 g, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com sete tratamentos, três repetições e 18 peixes por unidade experimental. A unidade experimental foi constituída por três incubadoras com seis peixes cada.

Os peixes foram mantidos inicialmente em tanques de alvenaria de 1200 litros, com fluxo contínuo de água, dotado com dispositivos de aeração permanente, durante cinco dias nos quais foram alimentados duas vezes ao dia às 08:00h e às 16:00 horas, com as rações experimentais. O consumo diário foi calculado segundo a biomassa estimada por aquário, equivalente a 2% do peso vivo dos animais. Ao sexto dia, meia hora após a alimentação única, realizou-se despesca dos peixes com rede de arraste e foram colocados em baldes com água, e imediatamente transferidos para os aquários de metabolismo para a coleta das fezes por tratamento.

Os peixes foram distribuídos em nove aquários de metabolismo, tipo sistema Guelph modificado de 200 litros, 61 cm de diâmetro, na parte mais larga, 100 cm de altura, fabricadas em fibra de vidro, onde no fundo possuía uma válvula de PVC, adaptada a um recipiente para coleta de fezes (figura 1) por meio de um registro de PVC.

Os aquários possuem um sistema de fluxo contínuo de água, com uma taxa de 1-2 L/minuto, procedente do sistema fechado de fluxo de água, dotado com dispositivos de aeração permanente para manter os níveis de oxigênio próximos à saturação, um filtro mecânico para remover partículas em suspensão e quatro filtros biológicos em série para reduzir a concentração de amônia.

Durante a fase experimental os parâmetros físico-químicos da água, nos tanques e nos aquários foram monitorados duas vezes por dia, e para manter o pH ótimo para a tilápia, se diluiu calcário em água nos tanques de alvenaria. Foi mantido um regime de iluminação de 12 horas de luz e 12 horas de escuro, a iluminação é proveniente de luz natural associada a lâmpadas fluorescentes de 950 lúmenes de intensidade.



Figura 1. Aquário de coleta de fezes

4.2 Rações experimentais e alimentação

Foi utilizada como ração referência (RR) uma ração comercial extrusada (tabela 1) para atender as exigências nutricionais de tilápia na fase de terminação (NRC, 1993), na qual foi feita a substituição de 30% pelo alimento a testar. Os tratamentos estavam constituídos pelas rações experimentais contendo as matérias-primas a testar:

1. Ração referência (100% ração comercial)
2. Farelo de arroz integral (70% RR + 30% farelo de arroz integral)
3. Quirera de arroz (70% RR + 30% quirera de arroz)
4. Resíduo de biscoito (70% RR + 30% resíduo de biscoito)
5. Resíduo de macarrão (70% RR + 30% resíduo de macarrão)
6. Farinha de raiz de mandioca (70% RR + 30% farinha de raiz de mandioca)
7. Farelo de soja (70% RR + 30% farelo de soja)

Para cada uma das rações (a ração referência, e as rações testes) e matérias-primas utilizadas, realizaram as análises de matéria seca, proteína bruta pelo método de micro-Kjeldahl e energia bruta em bomba calorimétrica PARR, 121AE. As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Instituto de Aqüicultura, IALL, da Universidad de los Llanos, Unillanos da Colômbia.

4.2.1 Composição dos alimentos, rações testes e ração referência

Nas Tabelas 1, 2 e 3 encontram-se a composição bromatológica da ração comercial (ração referência), dos alimentos e das rações-testes, respectivamente.

Tabela 1. Composição bromatológica da ração comercial¹ utilizada na ração referência para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente de alimentos para a tilápia vermelha na matéria seca²

Nutriente	Quantidade
Energia bruta (kcal/kg) ²	4324,85
Proteína bruta (%) ²	31,65
Extrato etéreo (%) ¹	4,00
Matéria mineral (%) ¹	12,00
Fibra bruta (%) ¹	6,00
Vitaminas e minerais ¹	-

¹Níveis de garantia (quilograma do produto): Vitamina A 1.200.000 UI; vitamina D₃ 200, 000 UI; vitamina E 12, 000 mg; vitamina K₃ 2,400 mg; vitamina B₁ 4,800 mg; vitamina B₂ 4,800 mg; vitamina B₆ 4,000 mg; vitamina B₁₂ 4,800 mg; ácido fólico 1,200 mg; vitamina C 48,000 mg; biotina 48 mg; colina 65,000 mg; niacina 24,000 mg; ferro 10,000 mg; cobre 600 mg; manganês 4,000 mg; zinco 6,000 mg; iodo 20 mg; cobalto 2 mg e selênio 20 mg. As matérias-primas utilizadas para a fabricação desta ração foram: Farinha de pescado, farelo de soja e algodão, farelo de trigo, farinha de mandioca, farelo de arroz integral, farinha de osso e carbonato de cálcio.

¹Nível de garantia max. Informado pelo fabricante da ração comercial.

²Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do IALL-Unillanos.

Tabela 2. Composição bromatológica dos alimentos com base na matéria seca¹ e na matéria natural²

Alimentos	MS (%)¹	PB_{MS} (%)	PB_{MN}(%)	EB_{MN}(kcal/kg)	EB_{MS} (kcal/kg)
Farelo de arroz integral	90,22	14,33 (1,33)	12,93	3985,81	4417,88 (1,21)
Quirera de arroz	90,50	8,20 (7,93)	7,42	3913,98	4324,85 (1,67)
Resíduo de biscoito	91,50	7,46 (14,61)	6,82	4243,40	4637,60 (0,43)
Resíduo de macarrão	90,42	14,45 (4,47)	13,06	3971,02	4391,75 (1,58)
Farinha de raiz de mandioca	90,38	2,53 (25,30)	2,29	3508,90	3882,39 (1,40)
Farelo de soja	89,05	48,57 (2,29)	43,25	4213,67	4731,80 (0,99)

¹ Análises realizados no Laboratório de Nutrição Animal do IALL-Unillanos

¹ Média de três repetições (% CV) percentagem do coeficiente de variação

² Valores calculados

Tabela 3. Composição bromatológica da ração referência e rações testes com base na matéria seca¹ e na matéria natural²

Tratamentos	MS (%)¹	PB_{MS} (%)	PB_{MN}(%)	EB_{MN}(kcal/k)	EB_{MS} (kcal/kg)
Ração referência (RR)	90,00	31,65(2,46)	28,49	3893,37	4324,85(2,08)
RR + Farelo de arroz integral	90,29	23,82(3,61)	21,51	3287,74	3641,31(2,66)
RR + Quirera de arroz	90,38	21,48(1,49)	19,41	3972,07	4394,85(0,93)
RR + Resíduo de biscoito	90,68	21,62(2,31)	19,61	4138,05	4563,36(2,16)
RR + Resíduo de macarrão	90,36	24,44(3,81)	22,08	4067,68	4501,64(2,07)
RR + Farinha raiz de mandioca	90,34	19,45(4,58)	17,57	4014,94	4444,26(0,96)
RR + Farelo de soja	89,95	35,36(1,50)	31,81	4229,63	4702,20(1,66)

¹ Análises realizados no Laboratório de Nutrição Animal do IALL-Unillanos

¹ Média de três repetições (% CV) percentagem do coeficiente de variação

² Valores calculados

A ração referência e as matérias-primas foram moídas em moinho de martelo com peneira de 0,5 mm, logo, foi realizada a homogeneização 70% da ração referência com 30% de cada alimento e óxido crômico a 0,5%, previamente diluído em óleo de peixes para sua fixação na ração, em misturador durante 15 minutos. Após a mistura, a ração experimental foi peletizada, em equipo marca Ex-micro de capacidade de peletização de 150 kg de ração/h, obtendo pellets de 5 mm de diâmetro. As rações foram secas a 60⁰C durante 24 horas, embaladas em sacos plásticos e conservados em lugar fresco.

A fase experimental foi de seis dias por tratamento, sendo cinco dias para adaptação aos aquários e à ração e a coleta de fezes foi feita um dia por tratamento na ordem seguinte: ração referência, farelo de arroz integral, quirera de arroz, resíduo de biscoito, resíduo de

macarrão, farinha de raiz de mandioca e farelo de soja. Na fase de adaptação foi fornecida ração à vontade para estimular o consumo diário, a quantidade estimada de fornecimento de ração foi equivalente a 2% da biomassa do aquário.

4.3. Marcador inerte

Para avaliar a digestibilidade aparente dos nutrientes foi utilizado o método indireto de coleta de fezes por sedimentação e óxido de cromo (Cr_2O_3) como indicador inerte adicionado à ração em uma concentração de 0,5%. Este método assume que a quantidade do indicador no alimento e nas fezes permanecerá constante durante o período experimental e que todo o composto ingerido se apresentará nas fezes.

Para determinar o conteúdo de óxido de cromo (Cr_2O_3) na ração referência, experimental e nas fezes, utilizou-se o método de digestão ácida proposto por Furukawa e Tsukahara (1966). Através de espectrofotometria realizou-se a absorbância do Cr_2O_3 das rações e das fezes, e os valores obtidos foram substituídos na equação de regressão linear ($\hat{y} = -0,003 + 0,222 X$) obtida de uma curva de calibração feita a partir de diluições conhecidas de óxido de cromo (figura 2).

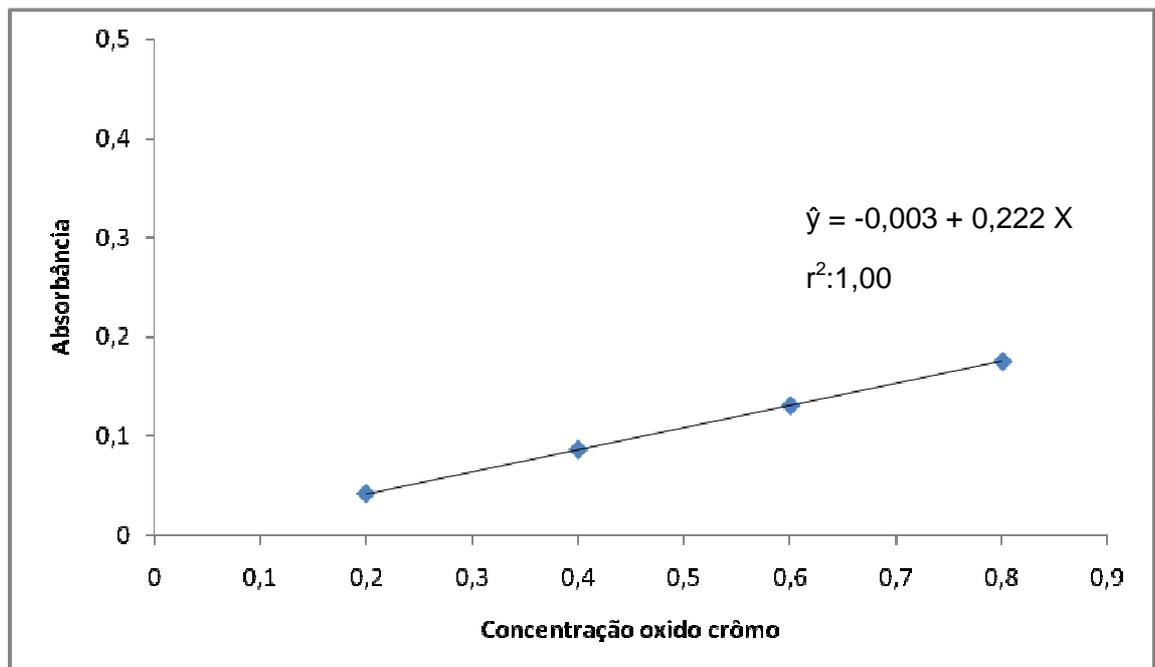


Figura 2. Curva de calibração e equação para o cálculo da concentração de óxido de cromo (Cr_2O_3) no alimento e fezes para a tilápia vermelha.

4.4 Coleta das fezes

Uma hora antes de iniciar a coleta das fezes realizou-se limpeza geral da válvula do sistema coletor para eliminar todos os materiais acumulados no tubo coletor (alimentos não consumidos, fezes e escamas). Como se apresenta na figura 1, o coletor de fezes está constituído por um tubo de PVC de 1 polegada de diâmetro e 5 cm de comprimento.

Mediante experimentos preliminares, determinou-se que o tempo de início do aparecimento das fezes foi de uma hora, e o tempo de esvaziamento gástrico de aproximadamente 12 horas para a tilápia. Por este motivo, a coleta das fezes para as análises iniciou-se uma hora depois da última alimentação, até completar aproximadamente 12 horas de coleta, quando então os peixes foram transferidos para os tanques de alimentação.

As coletas foram feitas de 30 em 30 minutos, para evitar a lixiviação de nutrientes. A válvula das cubas coletoras foi fechada (figura 1); então, os copos coletores foram desconectados e as fezes acondicionadas em recipientes de papel alumínio, e levadas diretamente ao laboratório para sua secagem em estufa a 60°C durante 24 horas. Depois de realizadas as respectivas análises, da composição proximal, calorimetria e determinação de óxido de cromo por espectrofotometria em triplicata.

4.5. Coeficiente de digestibilidade aparente

Foram estabelecidos os coeficientes de digestibilidade aparente de energia bruta e de proteína bruta da ração referência, bem como das rações experimentais calculados aplicando as formulas propostas por Nose (1966).

$$CDA_{\text{Nut}} (\%) = 100 - \left\{ 100 \times \left(\frac{\%Cr_2O_3 d}{\%Cr_2O_3 f} \times \frac{\%Nut f}{\%Nut d} \right) \right\}$$

Onde:

$CDA_{Nut} (\%)$ = Coeficiente de digestibilidade aparente do Nutriente (Proteína bruta e Energia digestível).

$\%Cr_2O_3 d$ = Percentagem de óxido de cromo da dieta

$\%Cr_2O_3 f$ = Percentagem de óxido de cromo das fezes

$\%Nut f$ = Percentagem do nutriente nas fezes

$\%Nut d$ = Percentagem do nutriente na dieta

Com a equação proposta por Reigh *et al.* (1990), se estabeleceu a digestibilidade total de cada ingrediente selecionado:

$$CDA_{Nut} (\%) = \frac{(CDA_{Nut ds} - CDA_{Nut dr} \times X)}{Y}$$

Onde:

$CDA_{Nut} (\%)$ = Coeficiente de digestibilidade aparente do Nutriente (Proteína bruta e Energia digestível)

$CDA_{Nut ds}$ = Coeficiente de digestibilidade aparente do Nutriente na dieta substituída

$CDA_{Nut dr}$ = Coeficiente de digestibilidade aparente do Nutriente na dieta referência

X = Proporção da dieta referência (70%)

Y = Proporção da dieta substituída (30%)

4.6 Análise Estatística

Os resultados foram submetidos à estatística descritiva. Os coeficientes de digestibilidade aparente de energia bruta e de proteína bruta para tilápia vermelha foram estimados a partir das médias obtidas das repetições de cada tratamento.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Parâmetros físico-químicos da água

Os valores médios dos parâmetros físico-químicos da água nos tanques foram para pH, de $6,5 \pm 0,4$, oxigênio dissolvido de $5,82 \pm 1,12$ mg/L, e temperatura de $26,12 \pm 0,25^\circ\text{C}$., e nos aquários, estão apresentados na tabela 4. Os resultados mantiveram-se dentro da faixa recomendada para a tilápia (FURUYA *et al.*, 2001) e portanto, não influenciaram os resultados observados.

Tabela 4- Parâmetros físico-químicos da água nos aquários dos diferentes tratamentos¹

Tratamentos	pH	T ^o C	O ₂ mg/L
Ração referência (RR)	6,6 (2,88)	26,3 (1,29)	5,9 (8,81)
RR + Farelo de arroz integral	6,4 (7,81)	26,4 (0,91)	5,8 (6,90)
RR + Quirera de arroz	6,5 (8,15)	26,7 (0,56)	5,8 (1,38)
RR + Resíduo de biscoito	6,3 (4,60)	26,7 (0,49)	5,5 (4,72)
RR + Resíduo de macarrão	6,5 (3,85)	26,7 (0,86)	5,8 (1,38)
RR + Farinha de raiz de mandioca	6,6 (6,67)	26,6 (0,60)	5,9 (4,75)
RR + Farelo de soja	6,4 (4,38)	26,4 (0,95)	5,9 (4,41)

¹Média de três repetições (% CV) percentagem do coeficiente de variação

5.2 Coeficientes de digestibilidade

Os valores de proteína bruta e energia bruta das fezes de cada tratamento estão apresentados na tabela 5, os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) da ração referência e rações testes para a tilápia vermelha encontram-se na tabela 6.

Tabela 5. Valores de proteína bruta e energia bruta das fezes de cada tratamento para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos alimentos teste para a tilápia vermelha¹

Tratamentos	PB (%)¹	EB (kcal/kg)¹
Ração referência (RR)	16,18(14,21)	3277,30(6,78)
RR + Farelo de arroz integral	11,41(4,47)	2835,29(3,81)
RR + Quirera de arroz	12,48(14,34)	3341,28(3,66)
RR + Resíduo de biscoito	10,40(19,23)	3028,63(6,20)
RR + Resíduo de macarrão	8,77(4,22)	2013,44(18,29)
RR + Farinha de raiz de mandioca	9,82(10,69)	3444,24(6,65)
RR + Farelo de soja	15,34(6,71)	2879,60(4,87)

¹Média de três repetições (% CV) percentagem do coeficiente de variação

Tabela 6. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) da ração referência e rações testes para a tilápia vermelha¹

Tratamentos	PB (%)¹	EB (%)¹	CV (%)²
Ração referência (RR)	75,42	63,55	58,82
RR + Farelo de arroz integral	78,00	64,24	19,23
RR + Quirera de arroz	78,27	71,56	38,17
RR + Resíduo de biscoito	76,18	67,15	35,29
RR + Resíduo de macarrão	76,87	71,16	11,98
RR + Farinha de raiz de mandioca	82,04	72,43	7,41
RR + Farelo de soja	78,16	69,17	14,29

¹ média de três repetições

² CV %: percentagem do coeficiente de variação

O melhor coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta e energia bruta das rações foram para a ração contendo farinha de raiz de mandioca e o pior foi para a ração referência. Os valores de proteína bruta se poderia explicar, pelo fato da mandioca ter baixo teor de proteína, a quantidade oferecida aos peixes nesta ração não atende os requerimentos nutricionais, deste modo os animais utilizam a proteína disponível na dieta, diminuindo os níveis de excreção de nitrogênio, o que resulta em valores altos de digestibilidade nesta ração.

Deste modo, Reigh *et al.* (1990) explicam que a mistura de ingredientes na dieta pode melhorar os valores de digestibilidade, devido a um efeito de sinergismo positivo entre os componentes da dieta. No caso do CDA da energia bruta na farinha de mandioca, se explica pelo alto conteúdo de amido da mandioca com 100% de digestibilidade da matéria orgânica (ROSTAGNO *et al.*, 2005). O pior resultado de digestibilidade da proteína bruta e da energia bruta foi obtido pela ração referência, o que pode ser explicado pelos possíveis ingredientes utilizados na fabricação da ração comercial, na qual podem ter sido utilizadas matérias-primas fibrosas ou de baixa qualidade.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da energia bruta da ração do farelo de arroz integral foram menores comparados com os da ração contendo quirera de arroz. Este resultado poderia ser explicado pelo fato que o farelo de arroz contém 13% de fibra, com alto conteúdo de celulose, hemicelulose e lignina, além de alto teor de polissacarídeos nos amiláceos (PNA), assim a fibra é de baixa utilização pela tilápia. O teor de fibra bruta reduz a digestibilidade da energia, ficando na parede celular da estrutura morfológica do farelo de arroz (NCR, 1998).

Os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta e energia bruta e valores de proteína digestível e energia digestível dos alimentos com base de farelo de arroz integral, quirera de arroz, resíduo de biscoito, resíduo de macarrão, farinha de mandioca e farelo de soja para a tilápia vermelha encontram-se na tabela 7.

Tabela 7- Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) e valores de proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) de alimentos para a tilápia vermelha

Tratamentos	PB (%) ¹	EB (%) ¹	PD (%) ¹	ED(kcal/kg)	CV (%) ²
Ração referência	75,42	63,55	23,87	2748,03	58,82
Farelo de arroz integral	84,03	65,83	12,04	2908,20	19,23
Quirera de arroz	84,92	90,23	6,96	3902,35	38,17
Residuo de biscoito	77,97	75,54	5,82	3503,09	35,29
Residuo de macarrão	80,25	88,92	11,60	3905,14	11,98
Farinha de raiz de mandioca	97,51	93,14	2,47	3616,65	7,41
Farelo de soja	84,54	82,26	41,06	3892,80	14,29

¹ média de três repetições,

² % CV: percentagem do coeficiente de variação

Os valores de energia digestível com base na matéria seca da ração referência encontram-se deficientes em 251,97 kcal/kg para atender as recomendações pelo NRC (1993) para tilápias.

Os valores de coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta e energia bruta variaram conforme o alimento, indicando que a sua composição exerce direta influência na sua digestibilidade (BOMFIM e LANNA, 2004). Outro fator para explicar a diferença nos valores dos coeficientes de digestibilidade aparentes encontrados entre os alimentos é o perfil enzimático que cada espécie possui, ou seja, as tilápias possuem enzimas que permitem digerir melhor os nutrientes de determinado alimento do que outras. Essas enzimas são proteases, lipases e as carboxilases, para hidrólise de proteína, lipídeos e carboidratos contidos nos alimentos (ROTTA, 2003).

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes encontrados para a tilápia vermelha, neste experimento, foram altos, entre 77,97% e 97,51% para proteína bruta dos alimentos resíduo de biscoito e farinha de raiz de mandioca, respectivamente e 65,83% e 93,14% para energia bruta dos alimentos farelo de arroz integral e farinha de raiz de mandioca, indicando desta maneira que a tilápia vermelha possui boa capacidade de digerir alimentos altamente energéticos.

A energia de um alimento é derivada de seus componentes nutritivos, das proteínas, carboidratos e lipídios, sendo que o coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta do alimento depende da habilidade dos peixes em digerir e absorver seus nutrientes (NRC, 1993). A tilápia por ser um peixe onívoro, tem a capacidade de utilizar estes nutrientes de diversos alimentos como fonte de energia.

O coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta da quirera de arroz foi relativamente alto. Isto se deve ao fato deste alimento ser uma boa fonte energética (3.902,35 kcal de ED/kg), o mesmo foi evidenciado com a farinha de raiz de mandioca, que também contém um alto valor energético (3.616,65 kcal de ED/kg), baixa amilose e fibra bruta (1,06%), tornando-a de fácil digestão pela tilápia (BUTOLO, 2002), além disso, estes ingredientes são ricos em amido de alta digestibilidade (ROSTANHO *et al.*, 2005).

Na ração referência e no farelo de arroz integral, os CDA de EB foram de 63,55 e 65,83%, respectivamente, sendo estes os menores valores entre os alimentos avaliados. Este resultado poderia ser explicado pelo menor valor energético da ração referência e ração com

farelo de arroz integral. No caso do farelo de arroz integral o conteúdo de fibra e de polissacarídeos não amiláceos impedem que a energia contida na parede celular seja liberada para ser aproveitada pela tilápia, e as gorduras são menos aproveitadas devido à diminuição na emulsificação e desconjugação dos sais biliares (CAMPBELL *et al.*, 1983).

Os maiores valores de coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta obtidos neste experimento para tilápia vermelha foram com os alimentos quirera de arroz (84,92%) e farinha de raiz de mandioca (97,51%). O farelo de soja que contém o maior valor de proteína bruta comparado com os outros alimentos neste trabalho, sua digestibilidade foi de 84,54%, esta diferença na digestibilidade pode ser consequência dos altos valores de fibra bruta do farelo de soja de 5,41% (ROSTAGNO *et al.*, 2005), que pioram o aproveitamento dos nutrientes.

O menor valor de CDA da PB para o resíduo de biscoito (77,97%), pode estar relacionado com o maior nível de lipídios de 11,29% (ROSTAGNO *et al.*, 2005) presentes em relação com os outros alimentos, isto se deve, à elevação da viscosidade da digesta, prejudicando a difusão e o transporte convectivo das enzimas e substratos, bem como de sais biliares e micelas no trato gastrointestinal (BOMFIM e LANNA, 2004).

O coeficiente de digestibilidade aparente para energia bruta do resíduo de biscoito neste experimento foi de 75,54%. É importante salientar que existem poucos estudos na literatura sobre a digestibilidade do resíduo de biscoito, porém o valor obtido é semelhante ao encontrado por Lima (2006), que foi de 72% para tilápia do nilo.

O CDA da PB do resíduo de biscoito neste experimento foi de 77,97%, o que equivale a ter no produto 5,82% de proteína digestível. Do mesmo modo, os resultados obtidos neste experimento são superiores aos constatados por Moraes (2006) utilizando biscoito de chocolate e inferiores aos observados com o mesmo produto com *Spirulina platensis*. (86,9%) para este mesmo autor.

Santucci *et al.* (2003) encontraram 88,9% de digestibilidade em biscoitos enriquecidos com 5,0% de extrato de levedura *Saccharomyces sp.* Estes autores explicam que, o melhor aproveitamento da proteína bruta do biscoito de chocolate com *Spirulina platensis*, é devido ao teor protéico da *Spirulina* (60-70%), incrementando o conteúdo de proteína do biscoito para 10,4%.

Ao contrário de outros microrganismos utilizados como fontes de proteínas, a *Spirulina* não contém parede celulósica, e sim uma cobertura de mucopolissacarídeos brandos, relativamente frágeis, isto explica a boa digestibilidade de suas proteínas (MORAIS, 2006).

No intuito de comparar os resultados obtidos neste trabalho, nas tabelas 8, 9, 10, 11 e 12 estão apresentados os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta e energia bruta e valores de proteína digestível e energia digestível do farelo de arroz, quirera de arroz, resíduo de macarrão, farelo de soja e farinha de mandioca, encontrados por outros autores.

Tabela 8. Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) e valores de proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) do farelo de arroz segundo alguns autores

Farelo de arroz					
Espécie	PB (%)	EB (%)	PD (%)	ED (kcal/kg)	Referência
Tilápia do Nilo	77,48	77,78	11,06	3679,00	Gonçalves <i>et al.</i> (2004)
Tilápia do Nilo	94,86	91,30	8,06	3577,00	Pezzato <i>et al.</i> (2002)
Pintado	44,21	51,84	5,92	2327,11	Gonçalves <i>et al.</i> (2003)
Tilápia do Nilo	66,88	57,58			Guimarães (2006)

O CDA da EB para o farelo de arroz integral encontrado neste experimento foi de 65,83%, inferior aos valores encontrados para tilápia do nilo por Gonçalves *et al.* (2004) e superior aos resultados reportados por Gonçalves *et al.* (2003) avaliando o farelo de arroz em experimentos com pintado, e por Guimarães (2006) para o farelo de arroz em experimentos com tilápia do nilo.

Os valores de CDA da PB e da EB do farelo de arroz integral podem ser explicados pelo conteúdo de fibra e de polissacarídeos não amiláceos que reduzem a digestibilidade de proteína e de energia e dos outros nutrientes contidos nos alimentos.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta e energia bruta obtidos para o farelo de arroz integral neste experimento foram inferiores aos observados por Pezzato *et al.* (2002), que utilizaram farelo de arroz desengordurado em experimentos com tilápia do

nilo, a explicação pode estar relacionada com os níveis de lipídios presentes nos alimentos afetando a taxa de passagem e o aproveitamento dos nutrientes contidos nos alimentos.

O CDA da PB obtido para o farelo de arroz, foi superior ao determinado por Gonçalves *et al.* (2004) para tilápias do nilo de 100 gramas de peso, com adição da enzima fitase no farelo de arroz e substituição de 40% do alimento na ração referência, foi superior também em comparação com Gonçalves *et al.* (2003), para pintado (*Pseudoplastystoma coruscans*), e Guimarães (2006) para tilápia do nilo trabalhando com farelo de arroz.

Estes autores explicam que um inconveniente na utilização do farelo de arroz, em rações para não-ruminantes, é o ácido fítico ou mioinositol hexafosfato, um componente natural de toda semente, constituindo de 1 a 3% do peso nas leguminosas e cereais, sendo este capaz de complexar com cátions, proteínas, lipídeos e amido (CHERYAN, 1980), tornando assim grande parte destes nutrientes não digestíveis para a tilápia, uma vez que, de acordo com Vielma *et al.* (1998), a mucosa intestinal dos peixes não secreta a enzima fitase, uma fosfatase que remove o fósforo do ácido fítico.

Tabela 9. Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) e valores de proteína digestível (PD) e de energia digestível (ED) da quirera de arroz segundo alguns autores

Espécie	Quirera de arroz				Referência
	PB (%)	EB (%)	PD (%)	ED (kcal/kg)	
Pintado	43,24	47,34	4,21	1818,33	Gonçalves <i>et al.</i> (2003)
Tilápia do nilo	63,01	95,34			Guimarães (2006)
Jundiá	80,7	64,8	9,21	2453,33	Oliveira (2005)

Em relação à quirera de arroz o CDA da PB (84,92%) e da EB (90,23%), os resultados obtidos foram superiores aos constatados por Oliveira (2005) para a espécie jundiá e Gonçalves *et al.* (2003) para pintado, estes valores são explicados, associando-se ao hábito alimentar das espécies, que aproveitam melhor as fontes protéicas de origem animal que as de origem vegetal, pelo menor comprimento do intestino, onde os alimentos ficam portanto menos tempo expostos à superfície de absorção, e no caso da energia os peixes carnívoros apresentam limitada secreção e atividade de amilase no trato intestinal, o que é suficiente apenas para digerir uma limitada quantidade de carboidratos (ROTTA, 2003).

Os valores de coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta da quirera foram superiores aos obtidos por Guimarães (2006) para tilápia do nilo, a explicação pode ser atribuída ao beneficiamento, à conservação e qualidade do subproduto de arroz utilizado e foi semelhante a Oliveira (2005) com jundiá para juvenis de 78,5 g de peso, a explicação pode ser atribuída, o jundiá, apesar de ter habito alimentar onívoro, tem grande capacidade de digestão protéica e relativa dificuldade de digerir ingredientes energéticos, sugerindo que este peixe seja um onívoro com tendência carnívora (OLIVEIRA, 2005).

Tabela 10. Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) e valores de proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) do farelo de trigo segundo alguns autores

Farelo de trigo					
Espécie	PB (%)	EB (%)	PD (%)	ED (kcal/kg)	Referência
Tilápia do nilo ¹	88,54	71,03	16,29	3109,00	Gonçalves <i>et al.</i> (2004)
Tilápia do nilo ¹	78,21	70,33	11,68	2700,81	Furuya <i>et al.</i> (2001)
Tilápia do nilo ¹	91,00	68,81	13,44	2825,88	Boscolo <i>et al.</i> (2002)
Tilápia do nilo ¹	91,13	77,70	13,94	3126,00	Pezzato <i>et al.</i> (2002)
Tilápia do nilo ¹	91,03	78,72	11,92	3134,78	Signor <i>et al.</i> (2007)

¹ trabalho realizado com trigo (o trigo é o principal componente do macarrão).

Não foram encontrados trabalhos científicos sobre o uso de resíduos de macarrão na alimentação para peixes, pelo qual, não permite comparar este trabalho com pesquisas sobre digestibilidade deste alimento. Porém, existem vários estudos realizados com trigo (farelo, farinha ou triguilho). Os resultados de CDA da PB obtidos neste trabalho foram de 80,25%, inferiores aos constatados por Boscolo *et al.* (2002), e por Signor (2007) trabalhando com tilápia do nilo, isto pode ser explicado pelo fato, que sendo o trigo um componente do macarrão, não se conhece os outros componentes do macarrão utilizados neste experimento, e que poderiam afetar a digestibilidade dos nutrientes em estudo.

O CDA da PB obtido para resíduo de macarrão foi inferior ao encontrado por Pezzato *et al.* (2002) e Gonçalves *et al.* (2004) utilizando farelo de trigo de alto valor protéico de 15,30 e 18,40% de proteína bruta, respectivamente, o que explicaria a diferença na digestibilidade nos experimentos. O CDA da EB foi superior ao encontrado por Furuya *et al.*

(2001) e Pezzato *et al.* (2002) para farelo de trigo com menores valores energéticos de 3488,82 e 4023kcal/kg de energia bruta, respectivamente, demonstrando que a composição bromatológica dos alimentos melhora o piora a digestibilidade dos nutrientes dos alimentos.

O resíduo de macarrão apresentou um CDA da EB de 88,92%, resultado superior ao encontrado por Furuya *et al.* (2001), Pezzato *et al.* (2002), Boscolo *et al.* (2002), Gonçalves *et al.* (2004) e Signor *et al.* (2007) trabalhando com tilápia do nilo. Esses autores explicam os resultados pela alta percentagem de polissacarídeos não amiláceos, que compõem o trigo, os quais não são aproveitados eficientemente pela tilápia do nilo, e também devido a que alguns desses componentes são redutores da digestibilidade, como as pentosanas e beta-glucanos que estão presentes nos cereais, e causam aumento da viscosidade intestinal prejudicando a ação enzimática.

Tabela 11. Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) e valores de proteína digestível (PD) e de energia digestível (ED) do farelo de soja segundo alguns autores

Espécie	Farelo de soja				Referência
	PB (%)	EB (%)	PD (%)	ED (kcal/kg)	
Tilápia do nilo	92,72	77,21	43,05	3113,65	Furuya (2000)
Tilápia do nilo	89,58	71,38	42,19	3057,00	Boscolo <i>et al.</i> (2002)
Tilápia do nilo	91,56	73,18	41,77	3064,00	Pezzato <i>et al.</i> (2002)
Matrinchã	90,53				Sallum <i>et al.</i> (2002)
Pintado	67,10	61,66	30,86	2708,45	Gonçalves <i>et al.</i> (2003)
Tilápia do nilo	91,31	77,22	45,88	3482,00	Gonçalves <i>et al.</i> (2004)
Betta	72,52	67,91	33,03	2780,24	Zuanon <i>et al.</i> (2007).
Pacu	90,6	78,36	40,6	4085,04	Abimorad <i>et al.</i> (2008)
Tilápia do nilo	92,4		47,31		Guimarães <i>et al.</i> (2008)

Os valores de coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta do farelo de soja obtidos neste experimento foram de 84,54%, inferiores aos encontrados por Furuya (2000), Pezzato *et al.* (2002) e Gonçalves *et al.* (2004), que utilizaram metodologia indireta com 0,10% de óxido de cromo e com ração composta por uma mistura de 30% do ingrediente-teste e 70 % de ração semi-purificada formulada com base na proteína da albumina e gelatina. Esta diferença pode se explicar pelo processo industrial aplicado na soja na obtenção do farelo e as metodologias adotadas utilizados nos experimentos. O CDA da PB

foi inferior também, em comparação com trabalhos realizados com tilápia do nilo por Boscolo *et al.* (2002) e Guimarães *et al.* (2008), Sallum *et al.* (2002) e Abimorad *et al.* (2008) em experimentos com matrinhã e pacu, respectivamente.

O peso, tamanho e idade dos animais exercem influência nas diferenças encontradas nos estudos de digestibilidade para uma mesma espécie e alimento utilizado. Nos trabalhos realizados com tilápia do nilo por Pezzato *et al.* (2002), Gonçalves *et al.* (2004) e Guimarães *et al.* (2008) utilizaram animais pesando entorno de 100g, já Furuya (2000) e Boscolo *et al.* (2002) utilizaram tilápias do nilo de 25,24 e 37,61g de peso, respectivamente.

As diferenças na digestibilidade da proteína bruta como da energia bruta com outras espécies de peixes, como matrinhã (SALLUM *et al.*, 2002), pintado (GONÇALVES *et al.*, 2003), betta (ZUANON *et al.*, 2007) e pacu (ABIMORAD *et al.*, 2008), se explicam pelas adaptações morfológicas e fisiológicas de cada espécie, granulometria da dieta, fatores antinutricionais presentes nos alimentos, processos aplicados na obtenção dos ingredientes, entre outros fatores que influem na digestibilidade dos nutrientes contidos nos alimentos.

As espécies carnívoras utilizam menos eficientemente a proteína bruta do farelo de soja, em relação aos peixes onívoros como a tilápia, fato atribuído à baixa utilização dos carboidratos que, não sendo utilizados, também reduzem, a digestibilidade da proteína, como pode ser observado nos trabalhos de Gonçalves *et al.* (2003) com pintado e Zuanon *et al.* (2007) com betta.

Por outro, lado Furuya *et al.* (2004) indicam que a inclusão de 30% farelo de soja integral reduz o ganho de peso, a eficiência de utilização e a digestibilidade da proteína, em relação à ração com proteína oriunda do farelo de soja.

O farelo de soja apresentou para este experimento CDA da EB de 82,26%, este valor foi superior ao encontrado por Boscolo *et al.* (2002), Pezzato *et al.* (2002), Gonçalves *et al.* (2004) e Furuya (2000) para tilápia e Zuanon *et al.* (2007) e Gonçalves *et al.* (2003) trabalhando respectivamente, com betta e pintado. Os valores de digestibilidade da energia bruta do farelo de soja estão relacionados ao seu conteúdo de lipídios e ao processo de extração do óleo na indústria. As espécies carnívoras como betta e pintado apresentam baixa eficiência para utilizar a energia dos cereais e seus subprodutos (FURUYA *et al.*, 2001).

Tabela 12. Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) e valores de proteína digestível (PD) e energia digestível (ED) da farinha de mandioca segundo alguns autores

Farinha de mandioca					
Espécie	PB (%)	EB (%)	PD (%)	ED (kcal/kg)	Referência
Tilápia do nilo	64,00				Wee (1989)
Tilápia do nilo	97,52	91,40	1,76	3280,09	Boscolo <i>et al.</i> (2002)
Tilápia do nilo	66,57	30,06	32,23	1661,13	Bohnenberger (2008)

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da energia bruta (EB) para farinha de raiz de mandioca neste experimento foi de 93,14%, o que equivale a 3.616,06 kcal de energia digestível por quilo do ingrediente, valores superiores aos encontrados por Wee (1989) que trabalhou com folha de mandioca, Lima (2006) que obteve 90,87% de CDA e 2682 kcalED/kg, para farinha de mandioca, estas diferenças se explicam pela qualidade dos ingredientes, as folhas de mandioca têm alto teor de fibra, o que reduz a digestibilidade dos nutrientes, além disto já foi salientado que a farinha de raiz de mandioca é rica em amido de alta digestibilidade, o que incrementa o aproveitamento da energia.

Entretanto, Boscolo *et al.* (2002) constataram para farinha de varredura de mandioca na tilápia do nilo CDA da EB de 91,40% e 3280,09 kcal de energia digestível. Bohnenberger, (2008) determinou CDA de 30,06 % para energia bruta e 1,661 kcalED/kg, para folhas de mandioca para a tilápia do nilo. A possível explicação dos melhores resultados de digestibilidade obtidos com farinha de raiz de mandioca está no fato que este ingrediente tem teor de fibra muito baixo.

Com relação ao CDA da PB de 97,51% determinados para raiz de mandioca neste experimento, apresenta um valor semelhante ao obtido por Boscolo *et al.* (2002), e superior aos reportados por Wee (1989) e Bohnenberger (2008), isto poderia ser explicado pela preparação do ingrediente e sua composição química.

As diferenças entre os CDA dos trabalhos utilizados para a comparação com os observados no presente experimento podem ser atribuídas a uma série de fatores, como diferenças na metodologia de coleta de fezes (SMITH, 1971; NRC, 1993), níveis de inclusão do alimento teste, possíveis fatores antinutricionais (FURUYA *et al.*, 2001; CHENG e HARDY, 2002), espécies ou linhagens de animais (BOMFIM e LANNA, 2004), hábito alimentar, anatomia do trato digestivo, tamanho e idade do animal, formulação e

processamento das rações e alimentos que as compõem (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

Os CDA da EB e os conseqüentes valores de ED, determinados no presente trabalho para os alimentos de origem vegetal avaliados são considerados satisfatórios e podem ser explicados pela eficiência com que a tilápia utiliza os carboidratos da dieta, confirmado por Boscolo *et al.* (2002).

6. CONCLUSÃO

Coeficientes de digestibilidade aparente de proteína bruta e energia bruta, dos ingredientes resíduo de biscoito, farinha de raiz de mandioca, farelo de soja, farelo de arroz, quirera de arroz e resíduo de macarrão são relativamente altos, com potencial para serem utilizados na alimentação de tilápias.

Os melhores valores de coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta e proteína bruta foram obtidos com quirera de arroz e a farinha de raiz de mandioca, demonstrando que podem ser utilizados em substituição ao milho, na fabricação de rações de custo mínimo para tilápias, contribuindo na minimização dos excessos e desperdícios de nutrientes, podendo reduzir a eutrofização da água e o impacto ao meio ambiente.

Os piores valores de coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta e proteína bruta foram obtidos com farelo de arroz integral e resíduo do biscoito, respectivamente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMORAD, E. G.; SQUASSONI, G. H.; CARNEIRO, D. J. Apparent digestibility of protein, energy, and amino acids in some selected feed ingredients for pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture Nutrition**, v. 14, 374-380, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE MASSA ALIMENTÍCIAS, ABIMA- Disponível em <http://www.abima.com.br>. Acessado em Maio 2008.
- BOHNENBERGER, L. **Concentrado protéico de folhas de mandioca como complemento alimentar para tilápias do Nilo**. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2008.
- BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T. Fatores que afetam os coeficientes de digestibilidade nos alimentos para peixes **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, n. 1, p. 20-30, 2004.
- BORGUETTI, N. R. B.; OSTRENSKY, A.; BORGUETTI, J. R. “Aqüicultura – uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo”. Curitiba: **Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais**, p. 129. 2003.
- BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; MEURER, M. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*,). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.13, n.2, p.539-545, 2002.
- BOYD, C. E. Water and bottom soil quality management in freshwater aquaculture. In: **SIMPOSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA**, 10. Recife. Anais Recife: Simbrapa, p.303-312. 1998.

- BRUM JÚNIOR, B.; ZANELLA, I.; PINTO DE TOLEDO, G. S.; GONÇALVES, X. E.; ALVES, T.; CAMPOS, G. E.; SIQUEIRA, B. J. Dietas para frangos de corte contendo quireira de arroz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.5, p.1423-1429, setembro-outubro, 2007.
- BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. CBNA, Campinas, 430p. 2002.
- CAMPBELL, G. L.; CLASSEN, H. L.; GOLDSMITH, K. A. Effect of fat retention on the rachitogenic effect of rye fed to broiler chicks. **Poultry Science**, v.62, p.2218-2213, 1983.
- CARVALHO, L. E., GADELHA, J. E.; PINHEIRO, M. J. P.; ESPINDOLA, G. B.; BASTOS, F. J. S. Efeitos da utilização de raspa integral de mandioca seca ao sol no desempenho se suínos em crescimento. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 1, n. 02, p. 139-143, 1999.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, CIAT. **La industria del almidón en Colombia**. p.16. 1996.
- CHENG, Z. J.; HARDY, R.W., Apparent digestibility coefficients and nutritional value of cottonseed meal for rainbow trout (*Oncorhynchus myfiss*). **Aquaculture**, v. 212, p.361-372, 2002.
- CHERYAN, M. Phytic acid interactions in food systems. **Revista food science nutrient**, Boca Raton. v.13, p.179-335,1980.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, CONAB. **Indicadores da agropecuária**. XVIII N° 01, p. 64. 2009.
- DE OLIVEIRA. A. H. **Valor nutritivo de rações para ovinos com quatro níveis do resíduo de panificação**, teses (metrado). Universidade federal do ceará centro de ciências agrárias departamento de zootecnia programa de pós-graduação em zootecnia. 2006.
- EMBRAPA. Disponível em <http://www.embrapa.com.br>. Acessado em 25 de março 2009.

- ERFANULLAH-JAFRI, A. K. Evaluation of digestibility coefficients of some carbohydrate-rich feedstuffs for indian major carp fingerlings. **Aquaculture**. v.29, p.511-519. 1998.
- FASOLIN, L. H.; ALMEIDA, G. C.; CASTANHO, P. S.; NETTO-OLIVEIRA, E. R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial *Chemical, physical and sensorial evaluation of banana meal cookies*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.3, p.787-792, 2007.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, FAO. **Data Base**. 2005. 80 p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, FAO. **The state of world fisheries and aquaculture**, p. 180, 2008.
- FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**. v.199, p.197-227, 2001.
- FURUKAWA, A.; TSUKAHARA, H. “Método de digestão ácida para determinação do óxido crômico usado como substância indicadora nos estudos de digestibilidade dos alimentos para peixes. **Bulletin of Japanese Society of Scientific Fisheries**, v. 32, n 6. p. 502-506. 1966.
- FURUYA, W. M. **Digestibilidade aparente de aminoácidos e substituição da proteína da farinha de peixes pela proteína do farelo de soja com base no conceito de proteína ideal em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Tese (Doutorado), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- FURUYA, W. M.; GONÇALVES, G. S.; FURUYA, V. R. B.; HAYASHI, C. Fitase na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e Digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p.924-929, 2001.
- FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; PEZZATO, A. C.; BARROS, M. M.; DE MIRANDA, E. C. Coeficiente de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1143-1149, 2001.

- FURUYA, W. M.; HAYASHI, C.; FURUYA, V. R. B.; SAKAGUTI, E. S.; BOTARO, D.; SILVA, L. C. R.; AURESCO, S. A. Farelo de soja integral em rações para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) **Acta Scientiarum Animal Sciences**. v. 26, no. 2, p. 203-207, 2004.
- GONÇALVES, E. G.; CARNEIRO, D. J. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados AM dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista Brasileira de Zootecnia**., v. 32, n. 4, p. 779-786, 2003.
- GONÇALVES, G. S.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; HISANO, H.; FREIRE, E. S.; FERRARI, J. E. C. Digestibilidade aparente e suplementação de fitase em alimentos vegetais para tilápia do Nilo. **Acta Scientiarum Animal Sciences** Maringá, v. 26, n. 3, p. 313-321, 2004.
- GUIMÃRAES, I. G., **Digestibilidade de alimentos energéticos extrusados para a tilápia do nilo**. (Dissertação de Mestrado), Universidade Estadual Paulista, UNESP, 2006.
- GUIMARÃES, I. G.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M. Amino acid availability and protein digestibility of several protein sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, **Aquaculture Nutrition**, v.1, p.1-9, 2008.
- GUTKOSKI, L. C.; IANISKI, F.; DAMO, T. V.; PEDÓ, I. Biscoitos de aveia tipo cookie enriquecidos com concentrado de β -glicanas, **Brazilian Journal of Food and Technology**, v. 10, n. 2, p. 104-110, 2007.
- HAJEN, W.E.; HIGGS, D. A.; BEAMES, R.M. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in sea Water. 2. Measurement of Digestibility. **Aquaculture**, v.113, p.333-348, 1993.
- HALVER, J. E. **Fish nutrition**. San Diego Academic Press. 2 ed. 798p. 1989.
- HARDY, R. W.; BARROWS, F. T. **Diet formulation and manufacture. Fish nutrition**. 3 ed. San Diego: Elsevier Science, 824p. 2002.

HISANO, H.; PORTZ, L. Redução de custos de rações para tilápia: a importância da proteína. **Bahia Agrícola**, v.8, n. 1, p.42-45, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE, 2006. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Acesso em: 25 set. 2008. 64p. On line. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola (LSPA)** - setembro de 2008. 78p.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZI, IGAC. **Mapas de Colombia**. 140 p. 2007.

KHAN, M. S. Apparent digestibility coefficients for common feed ingredients in formulated diets for tropical Catfish, *Mystus nemurus* (Cuvier & Valenciennes). **Aquaculture**, v. 25, p. 167-174. 1994.

LEENHOUWERS, J.I.; ADJEI-BOATENG, J.A.J.; SCHRAMA, J.W. Digesta viscosity, nutrient digestibility and organ weights in african catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets supplemented with different levels of a soluble non-starch polysaccharide. **Aquaculture Nutrition**, v.12, p.111-116, 2006.

LIMA, M. R.; LUDKE; M. M.; LUDKE, J. V.; SANTOS, E. L.; DE MELO, W.; DE OLIVEIRA, E. L. 1 **Estudo nutricional para tilápia do Nilo com ingredientes alternativos existentes na zona da mata**. Universidade Federal Rural de Pernambuco. p. 2, 2006.

LIMBERG, V. M. **Modificação física e química do amido de quirera de arroz para aproveitamento na indústria de alimentos**. UFSM, 79p. (Dissertação de mestrado). 2005.

MEURER, F.; BOMBARDELLI, R. A.; HAYASHI, C.; FORNARI, D. C. Grau de moagem dos alimentos em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante o período de reversão sexual, **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 27, n.1, p. 81-85, 2005.

- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BARBERO, L. M.; SANTOS, L. D.; BOMBARDELLI, R. A.; SARAGIOTTO, L. M. Farelo de soja na alimentação de tilápias-do-nylo durante o período de reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.5, p.791-794, 2008.
- MONTEIRO, A. R.; MARTINS, M. F. Processo de desenvolvimento de produtos na indústria de alimentos: Estudo de caso em um fabricante de biscoitos de grande porte. V CBGDP Curitiba, PR, Brasil, 2005.
- MORAIS, M. G.; DE MIRANDA, M. Z.; VIEIRA, J. A. Biscoitos de chocolate enriquecidos com spirulina platensis: características físico-químicas, sensoriais e digestibilidade. **Alimentação nutritime**. Araraquara v.17, n.3, p.323-328, 2006.
- NATH, K.; KUMAR, N. Hexavalent chromium: toxicity and its impact on certain aspects of carbohydrate metabolism of a freshwater tropical teleost *Colisa fasciatus*. **Journal of Animal Science**, v.72, n.1, p.175-181. 1988.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of fish**. Washington, D.C.: National Washington Academy Press, 114p. 1993.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of swine**, Washington, D.C.: National Washington Academy Press, 190p. 1998.
- NEVES, M. F.; DE JESUS, D. M. **Kraft vs. Bauducco: concorrência acirrada no mercado de biscoitos, 2008 pensa programa dos estudos dos negócios do sistema agroindustrial**, disponível em WWW.pensa.org.br, aceso em 23 de abril de 2008.
- NOSE, T. Resents advances in the study of fish digestion in Japan. **Symposium on feeding trout and salmon culture**, II (7): 17. 1966.
- NUNES, V. R.; ROSTAGNO, S. H.; TEIXEIRA, A. L. F.; GOMES, P. C.; DO NASCIMENTO, A. H. Valores de Aminoácidos Digestíveis Verdadeiros e Equações de Predição dos Aminoácidos Digestíveis do Grão e de Subprodutos do Trigo para Aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 774-784. 2001.
- OLIVEIRA, P. R. **Coefficiente de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de Jundiá, *Rhamdia quelen***. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2005.

- OLIVEIRA, G. R. **Digestibilidade de nutrientes em ração com complexo enzimático para tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*)**, Teses (mestrado). Universidade Federal de Lavras. 2006.
- PEZZATO, L. E.; DE MIRANDA, E. C.; BARROS, M. M.; PINTO, L. G.; FURUYA, W. M. PEZZATO, A. C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- PHILIPPART, J. C.; RUWET, J. C. **Ecology and Distribution of Tilapias**. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (eds) *The biology and culture of tilapias*. p. 15-59. 1982.
- REIGH, R. C.; BRADEN, S. L.; CRAIG, R. "Apparent digestibility coefficients for common feedstuffs in formulated diets for red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*. **Aquaculture**, v. 84: p. 321-334. 1990.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa:UFV, 186p. 2005.
- ROTTA, M. Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura. **EMBRAPA**, 2003.
- SALLUM, W. N.; BERTECHINI, A. G.; CANTELMO, O. A.; PEZZATO, L. E.; LOGATO, P. R. V. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo de ingredientes de ração para o matrinhã (*Brycon cephalus*, gunther 1869) (Teleostei, Characidae). **Ciência Agrotecnica**. Lavras, v. 26, n. 1, p. 174181, jan/fev., 2002.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos**. p. 283. 2007.
- SANTUCCI, M. C. C.; ALVIM, I. D.; FARIA, E. V.; SGARBIERI, V. C. Efeito do enriquecimento de biscoito tipo água e sal, com extrato de levedura (*Saccharomyces* sp.). **Ciência Tecnologia Alimento**, v. 23, p. 441-446, 2003.

- SEIXAS, J. T. E.; ROSTAGNO, H. S.; EUCLYDES, R. F. Efeito de aglutinantes na hidrosolubilidade de dietas balanceadas para o camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) no estágio pós-larva. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.4, p.629-637, 1997a.
- SEIXAS, J. T. E.; ROSTAGNO, H. S.; QUEIROZ, A.C. Avaliação do desempenho de pós-larvas de camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) alimentados com dietas balanceadas contendo diferentes aglutinantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.4, p.638-644, 1997b.
- SIGNOR, A. A.; BOSCOLO, W. R.; SIGNOR, A. F. Triguilho na alimentação da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus* L.): digestibilidade e desempenho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p.1116-1121, jul-ago, 2007.
- SMITH, R. R. A method for measuring digestibility and metabolizable energy of feeds progressive fish culture, **Aquaculture**, v.33, p.132-134, 1971.
- SORENSEN, M.; LJOKJEL, K.; STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K.D.; SKREDE, A. Apparent digestibility of protein, amino acids and energy in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed a fish meal based diet extruded at different temperatures. **Aquaculture**, v.211, p.215-225, 2002.
- SUGIURA, S.H.; RABOY, V.; YOUNG, K.A. Availability of phosphorus trace elements in low-phytate varieties of barley and corn for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.70, n.3/4, p.285-296. 1998.
- TACHIBANA, L. **Triticale na alimentação da tilápia do Nilo**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal. 2007.
- TENGJAROENKUL, B.; SMITH, B. J.; CACECI, T.; SMITH, S. A. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 182, n. 3/4, p. 317-327, Feb. 2000.
- URBINATI, E. C.; SILVA, B. F.; ROVIERO, D. P. Inclusão de cromo e vanádio para melhorar o aproveitamento de carboidrato da dieta do pacu, *Piaractus mesopotamicus*. **Aquicultura Brasil**. In *Resumos*. Recife: Simbraq, p.153. 1998.
- VASQUEZ, W. **Principios de Nutrición Aplicada al cultivo de peces**. Universidad de los Llanos. 2004.

- VIDAL JUNIOR, M. V. **Técnicas de determinação de digestibilidade e determinação da digestibilidade de nutrientes de alimentos para tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. Viçosa, MG: UFV. 96p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa. 2000.
- VIELMA, J.; MATTILA, P. Effects of dietary phytase and cholecalciferol on phosphorus bioavailability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, Amsterdam, v.163, n. 3, p. 309-323, 1998.
- WEE, L. The nutritive value of cassava leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. **Aquaculture**, 83: 45-58. 1989.
- YAMOTO, T.; IKEDA, K.; UNUMA, T. Apparent availabilities of amino acids and minerals from several protein sources for fingerling rainbow trout. **Fisheries Science**, v.63, n.6, p.995-1001. 1997.
- ZUANON, J. A.; HISANO, H.; ROCHA, D.; GARCIA, F.; BARROS, M. M.; PEZZATO, L. E. Digestibilidade de alimentos protéicos e energéticos para fêmeas de beta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.987-991, 2007.

8. APÊNDICE

APÊNDICE 1

Concentração de óxido de cromo nas rações¹

Tratamento	Absorbância¹	% Cr₂O₃²
Ração referência (RR)	0,136±0,08	0,63
RR + Farelo de arroz integral	0,156±0,03	0,72
RR + Quirera de arroz	0,131±0,05	0,60
RR + Resíduo de biscoito	0,170±0,06	0,78
RR + Resíduo de macarrão	0,167±0,02	0,76
RR + Farinha de raiz de mandioca	0,135±0,01	0,62
RR + Farelo de soja	0,140±0,02	0,64

¹ Análises feitas no Laboratório de Nutrição de peixes do IALL/Unillanos. ¹Média ± desvio padrão de três repetições. ² Média de três repetições

Concentração de óxido de cromo nas fezes¹

Tratamento	Absorbância¹	% Cr₂O₃²
Ração referência (RR)	0,286±0,06	1,30
RR + Farelo de arroz integral	0,343±0,06	1,56
RR + Quirera de arroz	0,354±0,03	1,61
RR + Resíduo de biscoito	0,347±0,08	1,57
RR + Resíduo de macarrão	0,260±0,06	1,18
RR + Farinha de raiz de mandioca	0,384±0,04	1,74
RR + Farelo de soja	0,281±0,06	1,28

¹ Análises feitas no Laboratório de Nutrição de peixes do IALL/Unillanos. ¹Média ± desvio padrão de três repetições. ² Média de três repetições