UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

MARIENE MIYOKO NATORI

**Ingredientes derivados do milho em dietas para tilápia nilótica
(*Oreochromis niloticus*) e pacu (*Piaractus mesopotamicus*):
digestibilidade, desempenho e viabilidade econômica**

Pirassununga-SP

2011

MARIENE MIYOKO NATORI

**Ingredientes derivados do milho em dietas para tilápia nilótica
(*Oreochromis niloticus*) e pacu (*Piaractus mesopotamicus*):
digestibilidade, desempenho e viabilidade econômica**

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção de Título de Mestre em Zootecnia, na área de concentração: Qualidade de Produtividade Animal

Orientador(a): Profa. Dra. Elisabete Maria Macedo Viegas

Pirassununga – SP

2011

VERSÃO CORRIGIDA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
da Universidade de São Paulo

N279i	Natori, Mariene Miyoko
e	Ingredientes derivados do milho em dietas para tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) e pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>): digestibilidade, desempenho viabilidade econômica / Mariene Miyoko Natori. -- Pirassununga, 2011. 106 f. Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo. Departamento de Zootecnia. Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal. Orientadora: Profa. Dra. Elisabete Maria Macedo Viegas. 1. Água de maceração do milho 2. Glúten de milho 3. Germe de milho 4. Dextrina 5. Nutrição 6. Peixes. I. Título.

Letter for my grandparents in Japan, special tanks

To: My grandparents live in Chiba and Yamanashi

“Chiba no ojiichan to obaachan, soshite yamanashi no obaachan, ogenki desuka? Yahari nihongo to romaji a niawanai ne. Dakara, eigo de kakimasu”.

“I’m writing to you in English because I’m afraid of the program here couldn’t read kanji. There is a long time that I don’t send a letter to you, I’m little bit occupied here in Brazil. Now, I’m finishing one more cycle of my life, today, I’m going to be a master, I hope. But I don’t feel that I am a master, because, this word for me has a meaning of experience and wisdom, like you grandpa and grandmas. I live in a time that here, we leave without wars, like you passed in the Second World War. Both of you fought to survive and took care about your sons, you saw the sky in red color, you escaped to not be a prisoner; you lost parents because of the war. For all this things that you passed and still alive, I feel that the real master are you. I’m here, presenting my research, because, you didn’t give up and raised my mom and dad. I do have to register my thanks for you in my dissertation. For me, you are my real master. Thank you for all.”

Korekaramo, yoroshiku onegaishimasu.

From: Mariene Miyoko Natori

DEDICO

à minha família,

aos meus pais Yumiko e Michiomi,

Aos meus irmãos, Juliana e Alexandre.

Agradecimentos especiais ao
Thiago de Campos Previero,
Por ter me apoiado, por ter tido paciência
e pelos momentos de alegria e felicidade
o qual gostaria que durasse por muitos e longos anos

Agradecimentos

- Às empresas Corn Product do Brasil e a Evialis pela doação de ingredientes para esta pesquisa.
- Ao CNPq, pela bolsa concedida.
- À Profa. Dra. Elisabete Maria Macedo Viegas, por ter me orientado além de ter tido bastante paciência comigo, principalmente na hora de escrever a dissertação.
- Ao Prof. Dr. Augusto Gameiro que me ajudou em boa parte do meu trabalho.
- Ao Prof. Dr. Julio Balieiro, por ter me ajudado com a estatística.
- À professora Claudia Lima Verde Leal, que me deu a oportunidade em fazer uma iniciação científica.
- Aos colegas de trabalho, Sheyla Vargas, Fábio Sussel, Paulo Roberto C. Oliveira Filho e Pamela Girao, Julio Guerra Segura, João de Paula, Elaine Batista, Rodrigo Batista, Naira Cabral, Laura Soares Lima, Maria Angélica e Ligia U. Gonçalves pelos momentos de trabalho, descontração, e de happy hours. Não posso me esquecer do Sr e Sra Vargas, por ter cedido a casa na maioria das vezes.
- Aos funcionários, José Apolinário Ferraz e Daflin Mello, por ter me ajudado e também pelos momentos de descontração e risos.
- Ao pessoal da avicultura, Vanessa Nakagi, Bruna Pacheco, Agatha Pinho, Amanda Caniatto, Mariana Pavesi, Juliana Martinez, Paulo Bravo, Jessica Iwama, Eduardo Ruis, Midian pelos momentos do controle das aves até amigo ovo, além das risadas no bandeirão.
- À cantina do Miltinho, à Adriana, Miltinho, Ju, Jéssica, Elaine, pelos momentos de gastronomia e risadas.

- Ao grupo Gexpisc, Joana Angélica, Paula Parra, Camila e integrantes, por ter me convidado a dar palestras que para mim foi muito importante por ser a primeira, oficialmente.
- Especiais agradecimentos para a minha turma, XXV, principalmente a Alice Deleo Rodrigues, Eloisa Wataya, Carla Ortega, Marcela Kato, Frederico Issao Tomiita, Flavio Perna Júnior e Cristina Moncau.
- Ao Margutti e Rafaela, pelos momentos de diversão e “discussão sobre desempenho de jogadores” no bandeirão, na sala e na quadra, e pelos copos de água depois do treino.
- Aos colegas que participam comigo das atividades esportivas, no vôlei e no futsal, a Graziela, a Ju Diniz, a Reíssa, a Gabriela, Paula Okuro, Priscila, Flavia Vargas e os meninos e meninas da graduação (que são muitas pessoas) que me fazem chorar de rir e me fazer sair do sedentarismo. E ao time do JIZ feminino e masculino, que sempre causam barulho em quadras.
- Ao pessoal do APTA, que sempre me convidam para trabalhar e almoçar.
- Ao Guilherme, Leonardo Tachibana e Dani, pelos jantares e pelas risadas;
- Ao pessoal do Laboratório de Histologia, e principalmente, para o Nilton Pedro.
- À minha amiga de infância, Miriam Massami Suzuki,
- À vizinha da minha casa, dona Dirce e família,
- Ao Celso e Solange, da praia,
- À família do Thiago Previero, pelos momentos agradáveis.
- Aos meus bichos de estimação.

RESUMO

NATORI, M.M. **Ingredientes derivados do milho em dietas para tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) e pacu (*Piaractus mesopotamicus*): digestibilidade, desempenho e viabilidade econômica.** 2011. 106f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a digestibilidade, o desempenho e a viabilidade econômica da inclusão de derivados do milho: água de maceração (AM), glúten (GM), farelo de glúten (FG), germe (GEM) e dextrina (D) em dietas para tilápia (*Oreochromis niloticus*) e do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). No primeiro, segundo e terceiro experimentos, avaliaram-se a digestibilidade *in vivo* do AM para a tilápia e para o pacu, e GM, FG, GEM e D somente para o pacu. No quarto e no quinto experimentos, foram avaliados o desempenho e a viabilidade econômica de AM para a tilápia e o pacu. Para os ensaios de digestibilidade, foram utilizados 126 juvenis de tilápia (peso médio de $35,93\text{g} \pm 7,64\text{g}$), 120 pacus (peso médio de $29,50\text{ g} \pm 5,13\text{ g}$) e 108 pacus (peso médio de $77,69\text{g} \pm 17,65\text{g}$). Estes peixes foram acondicionados em seis gaiolas submersas em seis aquários de alimentação com capacidade de 100 L de água, e para a coleta de fezes, utilizaram-se três aquários cilíndricos de fundo cônico de 250 L. Para os ensaios de desempenho, foram utilizados 200 alevinos de tilápia (peso médio de $2,81 \pm 0,15\text{g}$) distribuídos em 20 caixas de 130L com densidade de 10 peixes por caixa, e 140 pacus (peso médio de $3,42 \pm 0,30\text{g}$) distribuídos em aquários de 40L com densidade de sete peixes por aquário. Foram obtidos os seguintes valores de coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) de AM: 94,15% e 84,93%, para tilápia e 97,10% e 98,43%, para pacu, respectivamente. Já para os ingredientes GM, FG, e GEM obtiveram-se os seguintes valores de CDAPB para o pacu: 99,62%, 84,92%, 70,97%, e para CDAEB: 98,13%, 76,89%, 62,88%, respectivamente. Em relação à D, foi determinado apenas o CDAEB de 85,16%. Quanto ao ensaio de desempenho, não foram verificadas diferenças significativas para os parâmetros zootécnicos avaliados, para as duas espécies, exceto para a taxa de eficiência protéica referente à tilápia. A análise de viabilidade econômica demonstrou que as

inclusões de 8% de AM em dieta para tilápia nilótica, e 6% em dietas experimentais para o pacu foram os tratamentos que mais reduziram os custos relacionados à formação da dieta em comparação ao controle.

Palavras-chave: Água de maceração do milho, glúten de milho, farelo de glúten de milho, germe de milho, dextrina, nutrição, peixes

ABSTRACT

NATORI, M.M. **Ingredient derived from corn in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and pacu (*Piaractus mesopotamicus*): digestibility, performance and economic viability.** 2011 – M.Sc. 106f. Dissertation – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

The aim of this research was to evaluate the digestibility, performance and economic viability of corn derivative ingredients inclusions in diets: condensed fermented corn extractive (CE), gluten meal (GM), corn gluten feed 21% (CGF) and dextrin (D) to Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In the first, second and third experiments, were evaluated the digestibility of CE of tilapia and pacu, and others ingredients, just for pacu. In fourth and five experiments, performance assay of CE of tilapia and pacu were evaluated. For the digestibility assays, were used 126 juveniles of tilapia (weight mean $35,93\text{g} \pm 7,64\text{g}$), 120 pacus (weight mean $29,50\text{g} \pm 5,13\text{g}$), and 108 pacus (weight mean $77,69\text{g} \pm 17,65\text{g}$). The fishes were assigned were assigned to six 100L feeding tanks and three 250 L cylindrical tanks with conical bottom, to feces collection. For the fourth and fifth experiments, were used 200 tilapia fingerlings (weight mean $2,81 \pm 0,15\text{g}$) distributed in twenty 130L tanks and 140 pacu fingerlings (weight mean $3,42 \pm 0,30\text{g}$) distributed in twenty 40L aquaria. For the CE digestibility assay, were obtained the following values of apparent digestibility coefficient (ADC) of crude protein (CP) and energy (CE): 94.15% and 84.93%, for tilapia, 97.10% and 98.43%, for pacu, respectively. For the GM, CGF and CG digestibility assay, were obtained the following values of ADCCP: 99,62%, 84,92% 70,97%, and ADCCE values: 98,13%, 76,89%, 62,88%, respectively. In relation to D, were obtained only the ADDCE value: 85,16%. For the performance assays, no significant differences in relation to parameters evaluated were found for both species, except the protein efficiency ratio of tilapia. The evaluation of economic viability demonstrated that inclusions of 8% of AM in diet for Nile tilapia, and 6% in diets for pacu were the treatment that most reduced the cost related to diets elaboration.

Key words: condensed fermentative corn extractive, gluten meal, corn gluten feed, corn germ, dextrin, nutrition, fish

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. GRÁFICO DE PRODUÇÃO MUNDIAL DE FRANGOS, SUÍNOS E PESCADO. _____	20
FIGURA 2. PRODUÇÃO MUNDIAL E PREÇO DE FARINHA DE PEIXE E DE FARELO DE SOJA. _	25
FIGURA 3. PRIMEIRA ETAPA DO PROCESSAMENTO DO MILHO _____	32
FIGURA 4. SEGUNDA ETAPA DO PROCESSAMENTO DO MILHO _____	32
FIGURA 5. VISTA DO LABORATÓRIO DE AQUICULTURA (FZEA-USP) _____	41
FIGURA 6. AQUÁRIOS DE ALIMENTAÇÃO _____	43
FIGURA 7. MISTURA DE INGREDIENTES. _____	44
FIGURA 8. PELETIZAÇÃO DAS DIETAS _____	44
FIGURA 9. AQUÁRIOS CILINDRO-CÔNICO DE FIBRA DE VIDRO _____	46
FIGURA 10. AQUÁRIOS PARA DESEMPENHO. _____	48
FIGURA 11. RESERVATÓRIOS COM AQUECEDORES _____	48
FIGURA 12. FILTRO BIOLÓGICO _____	48
FIGURA 13. AQUÁRIOS _____	49
FIGURA 14. BIOFILTRO _____	49
FIGURA 15. SOPRADOR PARA AERAÇÃO _____	49
FIGURA 16. MISTURA DOS INGREDIENTES _____	52
FIGURA 17. PELETIZAÇÃO DAS DIETAS _____	52
FIGURA 18. EFEITO DA INCLUSÃO DE AM SOBRE A TAXA DE EFICIÊNCIA PROTÉICA EM DIETAS PARA A TILÁPIA NILÓTICA _____	69
FIGURA 19. CUSTOS DE DIETAS EXPERIMENTAIS, PARA FORMAÇÃO DE 1KG DE PESO VIVO DO ANIMAL, RELACIONADOS AO DESEMPENHO DA TILÁPIA NILÓTICA. _____	75
FIGURA 20. VARIAÇÕES DE CDPV DAS DIETAS CONTENDO 0% E AS DEMAIS INCLUSÕES DA AM RELACIONADAS AO DESEMPENHO DA TILÁPIA NILÓTICA _____	76
FIGURA 21. CUSTOS DE DIETAS EXPERIMENTAIS PARA FORMAÇÃO DE 1 KG DE PESO VIVO DO ANIMAL, RELACIONADOS AO DESEMPENHO DA TILÁPIA NILÓTICA _____	79
FIGURA 22. VARIAÇÕES DE CDPV DAS DIETAS CONTENDO 0% E AS DEMAIS INCLUSÕES DA AM, RELACIONADAS AO DESEMPENHO DA TILÁPIA NILÓTICA _____	79
FIGURA 23. CUSTOS DE DIETAS EXPERIMENTAIS PARA FORMAÇÃO DE 1 KG DE PESO VIVO DO ANIMAL, RELACIONADOS AO DESEMPENHO DA TILÁPIA NILÓTICA _____	82
FIGURA 24. VARIAÇÕES DE CDPV DAS DIETAS CONTENDO 0% E AS DEMAIS INCLUSÕES DA AM, RELACIONADAS AO DESEMPENHO DA TILÁPIA NILÓTICA _____	82
FIGURA 25. CUSTOS DE DIETAS EXPERIMENTAIS PARA FORMAÇÃO DE 1 KG DE PESO VIVO DO ANIMAL, RELACIONADOS AO DESEMPENHO DO PACU. _____	85
FIGURA 26. VARIAÇÕES DE CDPV DAS DIETAS CONTENDO 0% E AS DEMAIS INCLUSÕES DA AM, RELACIONADAS AO DESEMPENHO DO PACU. _____	86

FIGURA 27. CUSTOS DE DIETAS EXPERIMENTAIS PARA FORMAÇÃO DE 1 KG DE PESO VIVO DO ANIMAL, RELACIONADOS AO DESEMPENHO DO PACU. _____	88
FIGURA 28. VARIAÇÕES DE CDPV DAS DIETAS CONTENDO 0% E AS DEMAIS INCLUSÕES DA AM, RELACIONADOS AO DESEMPENHO DO PACU. _____	89
FIGURA 29. CUSTOS DE DIETAS EXPERIMENTAIS PARA FORMAÇÃO DE 1 KG DE PESO VIVO DO ANIMAL, RELACIONADOS AO DESEMPENHO DO PACU. _____	92
FIGURA 30. VARIAÇÕES DE CDPV DAS DIETAS CONTENDO 0% E AS DEMAIS INCLUSÕES DA AM, RELACIONADAS AO DESEMPENHO DO PACU. _____	92

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. FATORES ENVOLVIDOS NO DESENVOLVIMENTO DA AQUICULTURA_____	21
TABELA 2. BENEFÍCIOS E RISCOS DA AQUICULTURA_____	23
TABELA 3. UTILIZAÇÃO DE RAÇÃO E SUA EFICIÊNCIA (1995 E 2007). _____	26
TABELA 4. NÍVEIS DE INCLUSÃO DE FARINHA E ÓLEO DE PEIXE. _____	27
TABELA 5. PROPRIEDADES NUTRICIONAIS DA FARINHA DE PEIXE E INGREDIENTES PROTÉICOS DE ORIGEM ANIMAL COMUMENTE UTILIZADOS EM DIETAS PARA AQUICULTURA._____	30
TABELA 6. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE APARENTE (CDA%) DE PROTEÍNA BRUTA (PB) E ENERGIA BRUTA (EB) DE MILHO E SEUS DERIVADOS PARA A TILÁPIA, OBTIDOS POR VÁRIOS AUTORES. _____	34
TABELA 7. COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE APARENTE (CDA%) DE PROTEÍNA BRUTA (PB) E ENERGIA BRUTA (EB) DE MILHO E SEUS DERIVADOS PARA O PACU. _____	35
TABELA 8. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DOS INGREDIENTES UTILIZADOS NA FORMULAÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS DOS ENSAIOS DE DESEMPENHO E DE DIGESTIBILIDADE (BASE SECA). _____	41
TABELA 9. ESQUEMA DE PREPARO DAS DIETAS CONTROLE E TESTES _____	44
TABELA 10. FORMULAÇÃO E COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA DIETA REFERÊNCIA (DR) DO EXPERIMENTO 1 (EXP1), EXPERIMENTO 2 (EXP2) E EXPERIMENTO 3 (EXP3). _____	45
TABELA 11. FORMULAÇÃO E COMPOSIÇÃO DAS DIETAS PARA O ENSAIO DE DESEMPENHO DE TILÁPIA NILÓTICA(<i>OREOCHROMIS NILOTICUS</i>) (EXPERIMENTO 4). _____	50
TABELA 12. FORMULAÇÃO E COMPOSIÇÃO DAS DIETAS PARA O ENSAIO DE DESEMPENHO DE PACU (<i>PIARACTUS MESOPOTAMICUS</i>) (EXPERIMENTO 5). _____	51
TABELA 13. PARÂMETROS ZOOTÉCNICOS AVALIADOS PARA O DESEMPENHO DE TILÁPIA NILÓTICA E PACU. _____	53
TABELA 14. PREÇOS MÉDIOS DE INGREDIENTES UTILIZADOS. _____	55
TABELA 15. CUSTO DE PRODUÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS PARA TILÁPIA NILÓTICA E PARA O PACU. _____	56
TABELA 16. CENÁRIO DE VARIAÇÃO DOS PREÇOS RELATIVOS À AM, FARELO DE SOJA E FARINHA DE PEIXE. _____	57
TABELA 17. PREÇOS MÍNIMOS, MÉDIOS E MÁXIMOS DOS INGREDIENTES AM, FARELO DE SOJA E FARINHA DE PEIXE. _____	57
TABELA 18. VALORES DE COEFICIENTE DIGESTIBILIDADE DE PROTEÍNA E ENERGIA, E SEUS VALORES DE PROTEÍNA (PD) E ENERGIA DIGESTÍVEL (ED) DA AM EM TILÁPIA NILÓTICA E PACU. _____	59
TABELA 19. VALORES DE COEFICIENTE DIGESTIBILIDADE DE PROTEÍNA E ENERGIA, E SEUS VALORES DE PROTEÍNA (PD) E ENERGIA DIGESTÍVEL (ED) DOS INGREDIENTES DERIVADOS DO MILHO REFERENTES AO PACU. _____	59
TABELA 20. VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS ZOOTÉCNICOS DO ENSAIO DE DESEMPENHO DA TILÁPIA: GP (GANHO DE PESO), CR (CONSUMO DE RAÇÃO), CA (CONVERSÃO ALIMENTAR), TCE (TAXA DE CRESCIMENTO ESPECÍFICO), TEP (TAXA DE EFICIÊNCIA PROTÉICA). _____	68
TABELA 21. VALORES MÉDIOS REFERENTES AOS PARÂMETROS ZOOTÉCNICOS: GP (GANHO DE PESO), CR (CONSUMO DE RAÇÃO), CA (CONVERSÃO ALIMENTAR), TCE (TAXA DE CRESCIMENTO ESPECÍFICO), TEP (TAXA DE EFICIÊNCIA PROTÉICA) PARA O PACU. _	71
TABELA 22. VALORES DE CONVERSÃO ALIMENTAR (CA), CUSTO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS (CDE), CUSTO DA DIETA PARA FORMAÇÃO DE 1 KG PESO VIVO (CDPV) E VARIAÇÃO EM RELAÇÃO AO CDPV ENTRE 0% E OS RESPECTIVOS TRATAMENTOS, UTILIZANDO O PREÇO MÍNIMO, MÉDIO E MÁXIMO DA AM, PARA A VIABILIDADE ECONÔMICA _____	75
TABELA 23. VALORES DE CONVERSÃO ALIMENTAR (CA), CUSTO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS (CDE), CUSTO DA DIETA PARA FORMAÇÃO DE 1 KG PESO VIVO (CDPV) E VARIAÇÃO DO CDPV ENTRE 0% E OS RESPECTIVOS TRATAMENTOS, UTILIZANDO O PREÇO MÍNIMO DO FARELO DE SOJA, PARA A VIABILIDADE ECONÔMICA DO DESEMPENHO DA TILÁPIA NILÓTICA. _____	78

TABELA 24. VALORES DE CONVERSÃO ALIMENTAR (CA), CUSTO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS (CDE), CUSTO DA DIETA PARA FORMAÇÃO DE 1 KG PESO VIVO (CDPV) E VARIAÇÃO DO CDPV ENTRE 0% E OS RESPECTIVOS TRATAMENTOS, UTILIZANDO O PREÇO MÍNIMO DA FARINHA DE PEIXE, PARA A VIABILIDADE ECONÔMICA DO DESEMPENHO DE TILÁPIA NILÓTICA. _____	81
TABELA 25. VALORES DE CONVERSÃO ALIMENTAR (CA), CUSTO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS (CDE), CUSTO DA DIETA PARA FORMAÇÃO DE 1 KG PESO VIVO (CDPV) E VARIAÇÃO DO CDPV ENTRE 0% E OS RESPECTIVOS TRATAMENTOS, UTILIZANDO O PREÇO MÍNIMO DA AM, PARA A VIABILIDADE ECONÔMICA DO DESEMPENHO DE PACU. _____	85
TABELA 26. VALORES DE CONVERSÃO ALIMENTAR (CA), CUSTO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS (CDE), CUSTO DA DIETA PARA FORMAÇÃO DE 1 KG PESO VIVO (CDPV) E VARIAÇÃO DO CDPV ENTRE 0% E OS RESPECTIVOS TRATAMENTOS, UTILIZANDO O PREÇO MÍNIMO DO FARELO DE SOJA, PARA A VIABILIDADE ECONÔMICA DO DESEMPENHO DE PACU. ____	88
TABELA 27. VALORES DE CONVERSÃO ALIMENTAR (CA), CUSTO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS (CDE), CUSTO DA DIETA PARA FORMAÇÃO DE 1 KG PESO VIVO (CDPV) E VARIAÇÃO DO CDPV ENTRE 0% E OS RESPECTIVOS TRATAMENTOS, UTILIZANDO O PREÇO MÍNIMO DA FARINHA DE PEIXE, PARA A VIABILIDADE ECONÔMICA DO DESEMPENHO DE PACU. ____	91
TABELA 28. RESUMO DOS PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS RELACIONADOS À INFLUÊNCIA DOS PREÇOS DE AM, FARELO DE SOJA E FARINHA DE PEIXE. _____	94

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1. Aquicultura e a produção mundial de pescado	19
2.2. A relação da aquicultura com a farinha e óleo de peixe	24
2.3. Tendência: Busca por ingredientes alternativos	28
2.4. Os ingredientes derivados do milho	31
2.5. Espécies estudadas	36
2.5.1. Tilápia nilótica	36
2.5.2. Pacu	38
3. OBJETIVOS E HIPÓTESES	39
3.1. Objetivo geral	39
3.2. Objetivos específicos	39
3.3. Hipóteses	39
4. MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1. Ensaio de Digestibilidade <i>in vivo</i>	42
4.1.1. Espécies de peixe avaliadas e condições experimentais	42
4.1.1.1. Experimento 1: Determinação da digestibilidade da água de maceração do milho (AM) para a Tilápia nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>)	42
4.1.1.2. Experimento 2: Determinação da digestibilidade da água de maceração do milho (AM) para o Pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>)	42
4.1.1.3. Experimento 3 : Determinação da digestibilidade do GM, FG, GEM e D para o Pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>)	43
4.1.2. Metodologia do ensaio de digestibilidade	43
4.1.3. Cálculos dos Coeficientes de Digestibilidade Aparente (CDA)	46
4.2. Ensaio de desempenho	47
4.2.1. Local e condições experimentais	47
4.2.1.1. Experimento 4: Ensaio de crescimento da tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	47
4.2.1.2. Experimento 5: Ensaio de crescimento do pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>)	48
4.2.2. Dietas para o ensaio de desempenho	49
4.2.3. Desempenho zootécnico	52
4.2.3.1. Experimento 4: Ensaio de crescimento da tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	52
4.2.3.2. Experimento 5: Ensaio de crescimento pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>)	52
4.2.4. Viabilidade econômica	53
4.2.4.1. Preços	54
5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	58
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
6.1. Ensaio de Digestibilidade	58
6.1.1. Experimento 1 e 2: Determinação da digestibilidade da AM para a Tilápia nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>) e para o Pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>)	59
6.1.2. Experimento 3: Determinação de digestibilidade de GM, FG, GEM e D do Pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>)	65
6.2. Ensaio de Desempenho	68

6.2.1. Experimento 4: Ensaio de crescimento da Tilápia nilótica(<i>Oreochromis niloticus</i>)	68
6.2.2. Experimento 5: Ensaio de crescimento do Pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>)	71
6.3. Viabilidade econômica	73
6.3.1. Experimento 4: Ensaio de crescimento da Tilápia nilótica	73
6.3.1.1. Variação dos preços da AM	74
6.3.1.2. Variação dos preços do farelo de soja	77
6.3.1.3. Variação dos preços da farinha de peixe	81
6.3.2. Experimento 5: Ensaio de crescimento do Pacu	84
6.3.2.1. Variação dos preços da AM	84
6.3.2.2. Variação dos preços do farelo de soja	87
6.3.2.3. Variação dos preços da farinha de peixe	91
7. CONCLUSÃO	95
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

1. INTRODUÇÃO

O pescado é considerado como uma fonte importante de proteína de alta qualidade, sendo consumido principalmente em regiões onde a criação de animais como bovinos, suínos entre outros é escassa (TIDWELL & ALLAN, 2001).

De acordo com as estatísticas da FAO (2009), detecta-se o aumento mundial de consumo de 16,4 Kg/ per capita de pescado em 2005, para 17 Kg/ per capita em 2007. Cerca de 80% da produção de pescado (113,7 milhões de toneladas), destinaram-se ao consumo direto para a população, e o restante para a formação de produtos como a farinha e óleo de peixe, utilizados em rações para animais.

Neste contexto, segundo Hannesson (2003), a aquicultura desenvolve de forma notória nos últimos anos em relação à pesca. No período entre 2002 e 2007, a atividade aquícola cresceu cerca de 6%, e atingiu a faixa de 50,2 milhões de toneladas, o qual gerou um aumento de 13,4 milhões de toneladas. Em contraste a esta atividade, entre 2001 e 2007, a produção pesqueira estagnou-se em 90 milhões de toneladas (FAO, 2009).

Em relação à aquicultura brasileira, entre os anos de 1998 e 2007, houve um crescimento na produção, cerca de 185 mil toneladas (FAO, 2009). A aquicultura continental apresentou crescimento contínuo nos últimos anos, passando de 180 mil toneladas em 2004 para 208 mil toneladas em 2008 (FAO, 2010).

Em sistemas intensivos de produção, a tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) se destaca pelo fato de apresentar algumas características desejáveis como o rápido crescimento em comparação às demais espécies utilizadas na piscicultura brasileira, além fornecer carne com boas características organolépticas, destinada ao processamento industrial, para obtenção de filés sem espinhas e de grande versatilidade industrial e culinária (FURUYA et al., 2010).

Existe o interesse em cultivar, de forma intensiva as espécies nativas tropicais, como o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) (ABIMORAD, 2004). O pacu pertence à subfamília Myleinae, na qual incluem-se os peixes considerados de maior potencial para a

piscicultura. Esta espécie, assim como o tambaqui e a pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), é altamente apreciada pela excelência da sua carne, grande importância na pesca comercial em suas regiões de origem, além de ser amplamente utilizada em piscicultura, apresenta grande habilidade de ganho de peso, rusticidade e adaptabilidade aos ecossistemas aquaculturais. (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Segundo Gatlin III *et al.* (2007), a expansão da aquicultura, entre outros fatores, foi viabilizada pelo crescimento da produção industrial de dietas para organismos aquáticos. O desafio encontrado pela aquicultura está relacionado à viabilidade econômica e alternativas sustentáveis para a substituição, em parte, de alimentos como a farinha e óleo de peixe, largamente utilizados em rações aquícolas. Dentre as alternativas, o milho é uma boa opção para a substituição, visto que é produzido em quase todos os continentes, tendo a sua importância caracterizada pelas diversas formas de utilização, que vão desde a alimentação animal até indústria de alta tecnologia, como a produção de filmes e embalagens biodegradáveis (PAES, 2006).

Em geral, os peixes cultivados necessitam de mesmos nutrientes exigidos pelos animais terrestres para funções fisiológicas como o crescimento e reprodução (NRC, 1993). Normalmente, tais nutrientes são obtidos pela ingestão de alimentos naturais disponíveis no ambiente e das rações comerciais fornecidas aos animais criados em cativeiros (ROTTA, 2003).

A utilização de resíduos, assim como subprodutos agroindustriais, pode ser uma solução viável para a substituição de ingredientes convencionais, com o intuito de diminuir os custos de produção (CHOVATIYA, 2011). Por sua vez, o processamento do milho envolve além da produção de amido, a geração de subprodutos como a água de maceração, germe, farelo de glúten 21%, glúten 60% e a dextrina (MOREIRA *et al.*, 2002).

O emprego de dietas nutricionalmente eficientes e de baixo custo pode ser fundamental para a produção. Dietas menos onerosas podem ser obtidas a partir do uso de ingredientes como subprodutos ou produtos alternativos. Desta forma, o estudo sobre a utilização de ingredientes derivados do milho é interessante tanto quanto no aspecto nutricional, como no econômico e no ambiental. Portanto o objetivo deste trabalho foi avaliar a digestibilidade, o desempenho e a viabilidade econômica das inclusões de ingredientes

derivados do milho em dietas para a tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) e do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) alimentados com dietas contendo ingredientes derivados do milho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aquicultura e a produção mundial de pescado

A aquicultura é definida como a produção de organismos aquáticos tais como peixes, crustáceos, e moluscos, de forma individual, em grupos ou corporações usando intervenções como alimentação artificial, medicamentos, controle de cruzamento e contenções, aumentando a produtividade (SAPKOTA *et al.*, 2008), sendo estas técnicas responsáveis pela geração de espécies de alto valor como o camarão e o salmão, e os tradicionais como a carpa (ASCHE & TVERAS°, 2004).

A atividade da aquicultura iniciou-se com o sistema de produção de pescado de água doce na Ásia e, na atualidade, espalhou-se para todos os continentes, utilizando os recursos aquáticos e variedades de espécies aquáticas. A atividade aquícola que antes era praticada em pequena escala comercial e familiar, atualmente inclui produções de larga escala comercial e industrial de peixes de alto valor aquisitivo sendo negociados em níveis regional, nacional e internacional (SUBASINGHE, 2009).

Na década de 90, a produção aquícola em países em desenvolvimento era realizada em sistema extensivo ou semi-extensivo, utilizando o policultivo como base da tecnologia de produção, contrastando-se com a produção encontrada em países desenvolvidos, abalizada em criação intensiva de peixes carnívoros de valor elevado, utilizando nutrientes considerados como onerosos (HASAN, 2001).

Comparando-se com os outros tipos de criação, como a avicultura e suinocultura, a partir da década de 1970, a aquicultura (a salmonicultura, carcinicultura, tilapicultura e afins), vem demonstrando elevado crescimento, atingindo porcentagens acima de 10,3% (Figura 1). Já para outros setores, entre os anos de 1985 a 2006, o crescimento referente ao setor avícola e suinícola foi de 2,8% e 4,9%, respectivamente. A tendência ao crescimento

destes negócios reflete o aumento do consumo globalizado por estas fontes de proteína (TVERA°S & TVERA°S, 2010).

Fonte: (TVERA°S & TVERA°S, 2010)

Figura 1. Gráfico de produção mundial de frangos, suínos e pescado.

De acordo com a FAO (2009), o aumento da produção entre os anos de 1970 a 2006 foi de 6,9% ao ano (com média de 5,8% entre os anos de 2004 e 2008), refletindo-se o padrão típico, de rápido crescimento seguido pela desaceleração de produção devido à concorrência e outras restrições. Em números, a produção aquícola, excluindo a quantidade produzida de plantas aquáticas, no período entre 1950 a 2008, aumentou de 639 mil para 52,5 milhões de toneladas, atingindo valor de 98,5 bilhões de dólares (FAO, 2010).

Para Bostock *et al.* (2010), o contínuo desenvolvimento da atividade aquícola depende da interação de alguns elementos descritos na Tabela 1. Para o crescimento deste ramo, os estudos sobre a relação destes fatores fazem-se necessários. Os principais fatores a serem discutidos são: a demanda do mercado (e competição), a disponibilidade dos recursos ambientais, o desenvolvimento ou a transferência de tecnologias apropriadas e o favorecimento de negócios que permitam aos empresários lucrarem com os investimentos neste setor.

Percebe-se que a aquicultura diversifica-se em suas características e métodos de produção, seja em grande ou pequena escala comercial. São demonstrados sinais de agregação, e divisão entre dois sub-setores principais:

os produtores de larga escala comercial os quais se baseiam em métodos intensivos de produção, e os produtores familiares de menor dimensão ou cooperativistas baseados principalmente em formas tradicionais de produção de peixes, moluscos e plantas aquáticas, fornecendo nichos especializados em mercados locais ou nacionais, através de agentes tradicionais (MUIR & YOUNG, 1998).

Tabela 1. Fatores envolvidos no desenvolvimento da aquicultura

Fator	Implicação
Demanda de mercado	Boa demanda e preços elevados para espécies selecionadas, em que mercados tradicionais oferecem vantagens iniciais para produtores, crescente desenvolvimento de mercados para espécies mais importantes (competitividade no mercado sendo o fator central na formação de um sistema viável de produção)
Ambiente	Disponibilidade inicial de locais com acesso a água com qualidade, clima, nutrientes para criações dependentes do meio ambiente, como exemplo a criação de moluscos bivalves
Infraestrutura	Disponibilidade ou prover transporte, energia, comunicação, acesso a mercados importantes, sistema de informação, e apoio científico
Capacidade técnica	Desenvolvimento e estabelecimento rápido de técnicas para produção de larvas, agricultura, ração, lagoas, tanque-rede e outros sistemas de cultivo, melhorias no sistema tradicional, oportunidades para integração com outras atividades e setores
Investimentos	Investimento local, nacional, e regional, sendo privativo, comercial ou institucional, incentivos e esquemas de apoios para desenvolvimento e pesquisas técnicas
Recursos humanos	Estabelecimento de escolas técnicas de ensino referentes à atividade, desenvolvidas por empresas e desenvolvimento de centros, aumentando o nível de conhecimentos em gestão em grupos de base
Sistema institucional	Estabelecimento de estratégias para pesquisas, adaptando as necessidades de mudanças da indústria, desenvolvimento de sistemas de leis e regulamentos, sendo proativo para o meio ambiente.

Fonte: Muir & Young (1998), adaptado por Bostock *et al.* (2010)

Além destes componentes descritos na Tabela 1, outros dois podem ser considerados como fundamentais para a aquicultura: a qualidade do produto e a regularidade no fornecimento. Produtores e empresas aquícolas necessitam, assim como empresas, ponderar os fatores de produção, a fim de fornecer produtos de boa qualidade aos consumidores finais, tomando-se como exemplo o controle de pontos críticos, cuidados relacionados ao processamento, embalagem, distribuição, assim como, obter estratégias relacionadas à produção escalonada, e o marketing (VALENTI, 2002).

O crescimento da produção aquícola, para Naylor *et al.* (2000), pode também ser considerado como forma de redução de estoques marinhos. Alguns tipos de criações, incluindo a produção de salmão e camarão, podem ocasionar danos potenciais aos recursos naturais através dos efluentes ou poluentes gerados, da inserção de espécies exóticas e de patógenos, e do uso exacerbado de quantidade de farinha e óleo de peixe, provenientes de peixes de menor valor aquisitivo como a anchoveta.

Na produção de pescado reside, portanto, um paradoxo: a aquicultura seria uma possível solução para diminuição dos estoques marinhos, mas também, um fator contribuinte para esta degradação (NAYLOR *et al.*, 2000). Para Frankic & Hershner (2003); a atividade apresentaria benefícios e riscos aos recursos aquáticos (Tabela 2).

Tabela 2. Benefícios e riscos da aquicultura

Benefícios da aquicultura
Promover o aumento da oferta de alimentos e melhorar a nutrição para a população
Promover a diversificação de fontes de renda e alimento
Promover o aumento de empregos e redução de preços de alimentos
Preservar a biodiversidade aquática através do repovoamento e recuperação de espécies
Reduzir a pressão sobre os recursos pesqueiros, caso a atividade seja realizada de forma sustentável
Estimular o desenvolvimento de pesquisas e a tecnologia
Aumentar a preocupação sobre a educação e conscientização ambiental
Riscos da aquicultura
Aumento da sedimentação pelo enriquecimento orgânico, reduzindo a qualidade da água
Enriquecimento da coluna d'água por nutrientes/carbono liberados pela produção
Redução de níveis de oxigênio dissolvido na coluna d'água, e geração de eutrofização
Poluição do ambiente por substâncias químicas, farmacêuticas e tóxicas nos sedimentos e coluna d'água (efeitos locais ou à distância)
Surgimento de patógenos, doenças devido ao sistema de criação intensificado, e mudanças na estrutura do ecossistema local, e introdução de estoques de cultivos de indivíduos geneticamente modificados (NAYLOR <i>et al</i> , 2002)
Fonte: Frankic & Hershner (2003)

Para atingir o equilíbrio entre as suas características positivas e negativas, a aquicultura deve-se ater a regras, visando à sustentabilidade. Para Ross *et al.* (2008), a atividade necessita também reduzir o uso de recursos naturais escassos como a terra, água e alimentos para a população, mantendo a biodiversidade aquática, e prover a qualidade de vida humana, a equidade em benefícios para os envolvidos no setor aquícola, tornando a atividade sustentável.

Sendo assim, a aquicultura moderna deve considerar a produção lucrativa, a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento social como fatores essenciais e indissociáveis para a continuidade da atividade (VALENTI, 2002). A atividade possui o potencial para fomentar o desenvolvimento social, econômico e ambiental de países em desenvolvimento como o Brasil (VALENTI, 2008).

2.2. A relação da aquicultura com a farinha e óleo de peixe

Para a aquicultura, a questão nutricional é considerada fundamental, visto que, o crescimento, a saúde e a reprodução de peixes e de outros organismos aquáticos dependem primariamente do fornecimento dos elementos nutricionais adequados. Esta provisão nutricional, seja em termos qualitativos como quantitativos, pode ser realizada pela adoção de dietas completas ou com organismos vivos, ou através da adubação por fertilizantes (TACON & FOSTER, 2003; HASAN, 2001). Para o êxito dos sistemas de produção implantados, é necessário fornecer regularmente estes componentes, para alcançar as metas pré-determinadas (HASAN, 2001).

A nutrição dos animais de criação é responsável por mais de 50% dos custos de produção. Dentre os ingredientes utilizados para a formação de rações para pescado, geralmente os grãos são fontes de carboidratos e a farinha de peixe é a principal fonte de proteína para maioria dos cultivos comerciais, especialmente na produção de peixes carnívoros (RANA *et al.*, 2009).

A farinha de peixe, segundo Drew *et al.* (2007), pode ser produzida a partir de subprodutos de pescado destinado ao consumo humano ou por peixes que são capturados especificamente para a produção desta “commodity”. Para a sua produção, pode-se utilizar peixe seco, cru ou o subproduto, seguida de extração de óleo. Dependendo do substrato, o nível de proteína bruta pode variar entre 500 a 720 g Kg⁻¹, e matéria mineral de 100 a 210 g Kg⁻¹.

O uso de farinha assim, como do óleo de peixe, em dietas para animais é devido às suas características como alta porcentagem de proteína apresentada, são fontes de aminoácidos essenciais, possuem excelente concentração de ácidos graxos ômega 3, como o EPA (ácido eicosapentaenóico) e DHA (ácido docosahexaenóico), alta digestibilidade dos nutrientes, e reduzida presença de elementos anti-nutricionais (BARROWS, 2008; SHAMSHAK & ANDERSON, 2008), com inclusão em torno de 30 a 60% em rações para espécies carnívoras (LI *et al.*, 2009).

De acordo com Hardy (2010), a inclusão de farinha de peixe em criações de peixes carnívoros e onívoros até 2005 era justificada pelo melhor custo e

benefício apresentado por este ingrediente. Considerando o período de 1977 a 2005, como apresentado pela Figura 2, o preço da farinha de peixe permanecia entre 400 a 900 dólares por tonelada, sendo as variações de preços atribuídas à maior ou menor demanda global pelo produto. No entanto, a partir de 2006, houve um aumento de preço para 1500 dólares, permanecendo atualmente na faixa de valor superior a 1100 dólares por tonelada.

Fonte: (TVERA°S & TVERA°S, 2010)

Figura 2. Produção mundial e preço de farinha de peixe e de farelo de soja.

A tendência à evolução positiva do setor aquícola também acaba gerando o aumento pela demanda, e consequentemente, o preço da farinha de peixe, demonstrado na Figura 2. A produção de farinha de peixe concentra-se em alguns países, dentre os quais o Peru, o qual detém acima de 50% da produção mundial deste tipo de ingrediente conjuntamente com o Chile, sendo estes, o primeiro e o segundo maiores produtores mundiais, respectivamente, seguidos por países nórdicos como Noruega, Dinamarca e Islândia, que contribuem com 15% do total produzido (TVERA°S & TVERA°S, 2010).

Segundo Naylor *et al.* (2009), entre os anos de 1995 e 2007, a produção de organismos aquáticos triplicou em volume. Neste período, com os avanços relacionados à nutrição, houve redução na taxa de conversão alimentar e o uso de farinha e óleo de peixe (Tabela 3). Paradoxalmente, houve o aumento pela demanda por estes insumos pelo setor aquícola, para 3,6 milhões e 835 mil toneladas, respectivamente para a farinha e óleo de peixe.

Esta procura deve-se, em parte, pela intensificação dos cultivos de espécies como carpa chinesa, tilápia e camarão, e a maior dependência de espécies marinhas por estes alimentos, observadas na Tabela 3. O aumento do uso e consequente elevação de preços destas “commodities” incentivam a sobrepesca, pressionando negativamente os recursos marinhos (NAYLOR et al., 2009).

Tabela 3. Utilização de ração e sua eficiência (1995 e 2007).

Grupos de espécies	Grupos de Espécies	Porcentagem em rações*	Média FCR**	Média (%) farinha de peixe em rações***	Média (%) óleo de peixe em rações***	Total de rações usadas ****
Camarão	1995	75	2,0	28	2	1.392
	2007	93	1,7	18	2	5.603
Salmão	1995	100	1,5	45	25	806
	2007	100	1,3	24	16	1.923
Peixe Marinho	1995	50	2,0	50	15	498
	2007	72	1,9	30	7	2.311
Carpa chinesa	1995	20	2,0	10	0	1.970
	2007	47	1,7	5	0	8.578
Tilápia	1995	70	2,0	14	1	984
	2007	82	1,7	5	0	3.590

*Porcentagem estimada da produção total de grupos de espécies baseada no fornecimento de ração. ** Média da taxa FCR (consumo total de ração/aumento total da biomassa dos grupos de espécies). *** Também conhecido como taxas de inclusão. **** Fornecimento de ração para grupos de espécies (mil toneladas).

Fonte: Naylor *et al.* (2009)

Ao estudar a utilização de farinha e óleo de peixe, entre os anos de 2006 e 2007, Tacon & Metian (2008), constataram diferentes níveis de inclusão destas “commodities” na dieta de espécies aquáticas criadas em cativeiro entre diversos países (Tabela 4).

Tabela 4. Níveis de inclusão de farinha e óleo de peixe.

Espécies	Níveis de inclusão (%)	
	Farinha de peixe	Óleo de peixe
Camarão	5 – 40	0,5 – 10
Salmão	20 – 50	9 – 35
Truta	15 – 55	3 – 40
Enguia	40 – 80	0 – 24
Peixe marinho	7 – 70	1 – 15
Tilápia	0 – 20	0 – 10
“Milk fish”	1 - 5	0 – 2
Camarão de água doce	5 – 25	0 – 3
Carpa chinesa	0 – 20	0 – 2
Catfish	3 – 40	0 – 15

Fonte: Tacon & Metian (2008)

Os diferentes níveis de utilização destes produtos entre países, segundo os autores, podem estar relacionados ao sistema de produção, diferenças específicas entre as espécies cultivadas e seus respectivos valores de mercado, a disponibilidade dos ingredientes, seus custos e qualidade e a existência ou não de legislação sobre o uso e a importação (subsídios ou incentivos) dos produtos. (TACON & METIAN, 2008).

Em 2006, no Brasil, foram produzidas 65.000 toneladas de rações para a carcinicultura marinha, sendo incluídos 15% (9750 toneladas) e 3% (1950 toneladas) de farinha e óleo de peixe, respectivamente. Para a tilapicultura, foram produzidas, em 2007, cerca de 40.000 toneladas de ração, sendo incluídos 2,5% (1000 toneladas) e 0,5% (200 toneladas) de farinha e óleo de peixe, respectivamente. Há uma tendência de diminuição do uso destes ingredientes de origem extrativa, ocasionada por alguns fatores, como a diminuição de estoques marinhos, que servem de substrato para a formação dos ingredientes em questão. O aumento de preços destes insumos, portanto, poderia ocorrer devido ao aumento dos custos operacionais, referentes a pesca, maior consumo de energia entre outros fatores (TACON & METIAN, 2008).

Devido ao aumento dos custos de produção destes ingredientes, além do aumento de sua demanda, fazem com que empresas produtoras de ração busquem ingredientes alternativos, como exemplo, os alimentos de origem vegetal (BARROWS *et al.*, 2008).

No Brasil, a disponibilidade de farinha de peixe de boa qualidade é pequena, devido alto custo de importação, levando pesquisadores a buscarem fontes alternativas protéicas que possam substituir este ingrediente sem afetar de forma significativa o desempenho dos animais (BOSCOLO *et al.*, 2001).

2.3. Tendência: Busca por ingredientes alternativos

O desenvolvimento de pesquisas atuais relacionadas à produção de dietas para aquicultura direciona-se à procura de ingredientes alternativos para substituir matérias-primas de origem aquática (BRINKER & REITER, 2011). Para viabilizar tais substituições, os ingredientes potenciais devem possuir características como: adequação nutricional, pronta disponibilidade, fácil manuseio, transporte e estocagem, boa porcentagem de proteína, perfil favorável de aminoácidos, alta digestibilidade dos nutrientes e palatabilidade, baixo teor de fibra, de amido, de carboidratos não solúveis e de elementos antinutricionais (GATLIN III *et al.*, 2007). Os ingredientes substitutos poderiam ser de origem vegetal ou animal (GLENCOSS *et al.*, 2007).

A escolha das matérias-primas alternativas também deve ponderar as possíveis modificações na saúde e desempenho de peixes cultivados, assim como as características inerentes ao animal, como a pecilotermia, a dependência direta ou indireta do ambiente e os hábitos alimentares que influem diretamente no seu comportamento, integridade estrutural, bem estar, funções fisiológicas, reprodução e crescimento. Além disso, o baixo preço dos produtos é essencial para a sua inclusão em rações para cultivos (CYRINO *et al.*, 2010; NAYLOR *et al.*, 2009).

Ainda, de acordo com Glencoss *et al.* (2007), a fim de realizar possíveis substituições devem ser consideradas as seguintes variáveis ou componentes chaves: a caracterização, a digestibilidade, a palatabilidade, a utilização do nutriente e a sua funcionalidade. Outro fator a ser mensurado em testes com

ingredientes substitutos são a aceitação do consumidor, o mínimo de poluição e danos ao ecossistema e benefícios à saúde humana.

Atualmente, a inclusão de proteínas e óleos de origem vegetal é amplamente utilizada nas formulações de rações aquícolas. São realizadas pesquisas para avaliar ingredientes de origem vegetal com níveis protéicos de 20 a 50%. Estes elementos têm sido considerados como novas opções viáveis em busca de sustentabilidade (DIAS *et al*, 2009).

Segundo Pezzato *et al.* (2009), pesquisas também visam obter informações necessárias para a formulação de rações que possam atender as exigências para as espécies cultivadas. O alimento balanceado permite aos animais respostas de potencial máximo produtivo. Existem várias fontes protéicas que podem ser substitutos da farinha de peixe, como grãos oleaginosos (soja e canola), legumes (algodão) e grãos de cereais (milho e trigo), cujas propriedades ou qualidades podem ser influenciadas pelo processamento (HANSEN, 2009).

Para obter formulação adequada para a dieta animal, deve-se considerar a relação energia/proteína como a base de cálculo. A proteína dietária (balanço de aminoácidos), pode ser responsável por cerca de 60% de custo da produção de ração, sendo difícil a sua alteração relacionada ao valor estabelecido. As substituições mal realizadas podem proporcionar perdas significativas ao desempenho, bem-estar, e ao ambiente (PEZZATO *et al.*, 2009).

Para Hardy (2010), os produtores procuram diminuir os níveis de adição da farinha de peixe, através do uso combinado de ingredientes de origem vegetal. Para atingir as metas de diminuição dos custos relacionados à inclusão deste concentrado, desafios são gerados para manter a taxa de crescimento e baixa conversão alimentar, visto que, existe a dificuldade em se substituir acima de 50% do concentrado protéico de origem aquática.

A busca pela relação adequada de energia/proteína para uma determinada espécie depende principalmente dos valores nutritivos dos alimentos combinados (PEZZATO *et al*, 2009). A indústria de rações remunera os fornecedores de ingredientes pelos seus valores digestíveis, logo, o aporte nutricional pode determinar os preços de ingredientes energéticos como milho, trigo, arroz ou sorgo, e protéicos como os farelos de soja, canola ou algodão.

É de consenso geral, a necessidade em suprir as deficiências ocasionadas por tais substituições (proteína animal por proteína vegetal), adicionando alguns aminoácidos sintéticos, para balancear o perfil de aminoácidos essenciais das dietas. A alta porcentagem de inclusão dos *inputs* de origem vegetal pode gerar alterações na digestão e utilização de outros nutrientes para algumas espécies. Estes suplementos podem ser dotados de fatores antinutricionais e porcentagem considerável de carboidratos (Tabela 5) (DIAS, *et al.*, 2009). Por esta razão, faz-se necessário a avaliação de cada variável, descrita por Glencoss *et al.* (2007).

Tabela 5. Propriedades nutricionais da farinha de peixe e ingredientes protéicos de origem animal comumente utilizados em dietas para aquicultura.

Ingredientes	Proteína bruta (g.Kg ⁻¹)	Taxa de eficiência de proteína	Compostos secundários termo lábeis	Compostos secundários termo estáveis
Farinha de peixe	500 – 720	3,1 – 3,7	-	-
Farelo de soja	480	1,60	Inibidor de tripsina, lecitinas	Saponinas, polisacarídeos não amiláceos
Farelo de Canola	380	3,29	Mirosinase	Glucosinolatos, fitatos, taninos, sinapine, fibra, compostos fenólicos
Linho	260	2,88	Glicosídeos cianogênicos, linatine	Mucilagem, polissacarídeos não amiláceos

Fonte : Drew *et al.* (2007)

Sendo assim, para uma busca de formulações de dietas de custo mínimo sem afetar o desempenho, a composição dos ingredientes, a exigência animal e o preço são os fatores que devem ser considerados. A crescente tendência mundial de elevação de preços de fontes protéicas e a poluição ambiental têm levado nutricionistas a formularem rações que atendam de forma adequada às exigências nutricionais, mesmo aqueles que utilizam alimentos alternativos em função do seu valor nutritivo, o custo e a oferta desses

produtos (RODRIGUES *et al.*, 2001). O exato conhecimento sobre os alimentos, por exemplo, os coeficientes de digestibilidade, permitem melhor atendimento às exigências nutricionais, evitando a sobrecarga fisiológica do animal e ambiental, possibilitando o uso de diversos alimentos alternativos os quais podem permitir a aproximação para o equilíbrio entre o ponto ótimo biológico e econômico (PEZZATO *et al.* 2009; RODRIGUES *et al.* 2001).

2.4. Os ingredientes derivados do milho

O milho é produzido em quase todos os continentes, tendo a sua importância caracterizada pelas diversas formas de utilização, que vão desde a alimentação animal até indústria de alta tecnologia, como a produção de filmes e embalagens biodegradáveis. Cerca de 70% da produção mundial deste ingrediente, até o momento, está sendo destinado à alimentação animal, podendo este percentual chegar a 85%, em países desenvolvidos. Em termos gerais, apenas 15% da produção mundial total destina-se ao consumo humano, de forma direta ou indireta (PAES, 2006).

No mercado, existem algumas variedades de milho: as de alto teor de óleo (6 a 7,5%) e alto teor de proteína (>12%) destinados para a nutrição animal, alto teor de amilose (milho waxy), com propriedades importantes para a indústria alimentícia e de papel; alto teor de amilopectina (milho ceroso), para a indústria alimentícia e de produção de adesivos; alto teor de ácido graxo oléico, para a produção de margarinas e óleos de fritura especiais; alto teor de aminoácidos (lisina e triptofano), com melhor qualidade protéica e com amido de fácil extração, destinados à indústria de produção de álcool (PAES, 2006).

O processamento do milho tem como objetivo separar partes do milho em componentes principais: farelo/fibra de germe, glúten e amido (GATLIN III *et al.*, 2007), obtendo-se produtos como a água de maceração, germe, farelo de glúten 21%, glúten 60% e a dextrina (MENEGETTI & DOMINGUES, 2008) (Figura 3 e 4) .

A cada 100 quilos de milho processados, podem ser gerados de 62 a 68 quilos de amido, três quilos de óleo, três quilos de farelo de germe, 20 quilos de glúten e por volta de 5 quilos de farelo de glúten (MOREIRA *et al.*, 2002). As

Figura 3 e 4 apresentam as etapas do processo de fabricação dos derivados do milho.

Fonte: Fernandes (2003), citado por Meneghetti & Domingues (2008), modificada

Figura 3. Primeira etapa do processamento do milho

Fonte: Fernandes (2003), citado por Meneghetti & Domingues (2008), modificada

Figura 4. Segunda etapa do processamento do milho

Para Chovatiya *et al.* (2011), a utilização de resíduos assim como subprodutos agroindustriais, pode ser a solução para a substituição de ingredientes convencionais e a diminuição de custos de produção. Desta forma, estes derivados do milho podem ser alternativas viáveis para as indústrias de ração.

A água de maceração do milho é usada como fonte protéica para alimentação de ruminantes e monogástricos, além de ser palatabilizante para ração de cães, e usado como meio de cultura para fermentação industrial ou isca para o combate de moscas. Este subproduto possui como características a coloração marrom escura ou amarela, dependendo do tipo de estocagem, odor agradável, alta porcentagem de proteína bruta, aminoácidos, minerais, vitaminas, ácidos orgânicos (principalmente o ácido láctico), enzimas, baixas quantidades de fibras e gordura (CHOVATIYA *et al.*, 2011, SILVA, 2006).

Além disso, este derivado é considerado como uma fonte relativamente barata de nutrientes para a produção de compostos, como as enzimas geradas por microrganismos já que fornecem de maneira satisfatória o nitrogênio, vários micronutrientes, vitaminas e fatores estimulantes para o seu crescimento (NASCIMENTO & MARTINS, 2006).

Em peixes, a água de maceração do milho foi testada por Chovatiya *et al.* (2011), em dietas para alevinos de carpa indiana (*Labeo rohita*), obtendo-se resultados significativos como a porcentagem de substituição de 75% de ingredientes convencionais, além de melhorar a qualidade de carcaças, em relação à proteína e gordura. Segundo estes mesmos autores, são raros os estudos com a água de maceração do milho para a nutrição de peixes, diferentemente de outros subprodutos, como por exemplo, o glúten de milho.

Este ingrediente é um dos mais importantes na indústria de amido, possuindo cerca de 60 a 65% de proteína bruta, baixa quantidade de gordura (< 5%), vitaminas B e E, e a ausência de fatores antinutricionais, mas, deficiente em alguns aminoácidos essenciais como a lisina e metionina. Por esta razão, existe a necessidade em suplementar lisina em dietas, para salmonídeos, quando utilizar esse ingrediente (REGOST, *et al.*, 1999). Em salmão do atlântico (*Salmo salar* L.), Mente *et al.* (2003), constataram a possibilidade em substituição de 50%, da farinha de peixe por este alimento.

Em carpas, a substituição de 25% da farinha de peixe por água de maceração do milho, demonstrou melhor resultado relacionado ao ganho de peso (KAUR & SAXENA, 2005). Para a espécie *Sparus aurata*, a inclusão acima de 60% deste ingrediente não gerou efeitos negativos ao desempenho (PEREIRA & TELES, 2003). Estes autores verificaram o uso deste como fonte

protéica, em combinação com outros insumos, para substituir a farinha de peixe, em truta arco-íris, carpas, robalo, tilápia.

Pezzato *et al.* (2002), ao estudar a digestibilidade em tilápias, de alguns ingredientes comumente utilizados na nutrição animal, verificaram valores de coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) altos para o glúten de milho 21% e 60%, assim como o milho (Tabela 6.). Gonçalves *et al.* (2005), ao avaliarem a ação de fitase na digestibilidade de alimento, concluíram que os melhores resultados foram apresentados por farelo de soja, seguido por farelo de algodão (28%), farelo de girassol e o glúten de milho. Em geral, os CDAs da proteína bruta são maiores que os valores de CDA da energia (Tabela 6.)

Tabela 6. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA%) de proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) de milho e seus derivados para a tilápia, obtidos por vários autores.

Alimento	CDA (%)		Espécie	Autor
	PB	EB		
Milho	91,66	83,95	Tilápia	Pezzato <i>et al.</i> (2002)
	87,12	82,63	Tilápia	Furuya <i>et al.</i> (2001)
Glúten de milho	95,61	71,80	Tilápia	Pezzato <i>et al.</i> (2002)
	97,61	93,52	Tilápia	Meurer <i>et al.</i> (2003)
Amido de milho	91,99	69,28	Tilápia	Pezzato <i>et al.</i> (2002)

Em relação ao germe de milho, Pezzato *et al.* (2002) obtiveram os seguintes dados de CDA de matéria seca, proteína e energia bruta para tilápia (*Oreochromis niloticus*): 54,54 %, 86,77% e 51,03 %, respectivamente. Em relação aos valores de CDA de matéria seca, estes autores constataram a semelhança em valores entre o milho, amido de milho e germe. No entanto ao avaliar os valores relacionados a outros nutrientes, este mesmo alimento apresentou porcentagem inferior aos demais derivados do milho. Assim como estes autores, Furuya *et al.* (2001), constataram bons resultados relacionado ao valor de CDA do milho, para a tilápia nilótica.

Para a espécie pacu (*Piaractus mesopotamicus*), segundo Abimorad *et al.*(2008), dentre os concentrados protéicos, o glúten de milho apresentou

valores altos relacionados a quantidade e digestibilidade de metionina e cistina, assim como o CDA da proteína, diferentemente do milho, o qual apresentou valor de CDA de metionina inferior ao seu derivado. Dentre os ingredientes pesquisados por outros autores, apresentados na Tabela 7, pode se observar que o milho e glúten de milho (60%) apresentaram valores mais altos de CDA, tanto para a proteína bruta como a energia.

Tabela 7. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA%) de proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) de milho e seus derivados para o pacu.

Alimento	CDA (%)		Espécie	Autor
	PB	EB		
Milho	84,38	86,69	Pacu	Abimorad & Carneiro (2004)
	85,8	75,8	Pacu	Abimorad <i>et. al</i> (2008)
Glúten de milho (60%)	95,96	86	Pacu	Abimorad <i>et. al</i> (2008)
Amido de milho regular	84,2	72,8	Pacu	Muñoz (2005)
Amido de milho ceroso	81,4	74	Pacu	Muñoz (2005)
Amido pregel. e modif.	86,9	79,5	Pacu	Muñoz (2005)
Dextrina	80,9	64,7	Pacu	Muñoz (2005)

A dextrina é um amido granular, não ramificado, com moléculas reorganizadas pela conversão termoquímica do amido, o que confere aos grânulos a propriedade de se solubilizar na água fria (INTERNATIONAL STARCH CENTER, 2010; MUÑOZ, 2005).

Segundo Muñoz (2005), diversos autores têm realizado importantes revisões sobre a utilização de carboidratos e possíveis efeitos em seu metabolismo em variedades de espécies. O carboidrato constitui-se em um dos três componentes principais para as rações aquícolas, sendo usado como fonte de energia para o crescimento animal, para as funções biológicas e para a metabolização deste nutriente; no entanto, seu mecanismo de utilização ainda não está totalmente entendido.

Para Lee & Lee (2004), ao analisar o custo e o benefício, os carboidratos são as melhores fontes de energia para animais, sendo que a habilidade em utilizar este nutriente varia entre as espécies de peixe. O seu uso como fonte energética depende de características relacionadas ao sistema digestório e

metabólico do animal, sendo adaptado por diferentes ambientes aquáticos, por nível de carboidratos e por sua complexidade.

A inclusão de fontes de carboidratos em dietas para a espécie *Platichthys stellatus*, proporcionou melhores resultados com a utilização de dextrina (LEE & LEE, 2004). Em pacu, Muñoz (2005) observou diminuição de CDA da proteína e energia, relacionada a inclusão do alimento em questão.

O fornecimento de níveis apropriados deste nutriente, evita o catabolismo da proteína e lipídeos para obtenção de energia, permitindo produzir metabólitos intermediários fundamentais para a síntese de outros compostos biologicamente importantes (WILSON, 1994). Em relação às espécies, peixes tropicais são mais eficientes em usar níveis dietários mais altos de carboidratos do que peixes marinhos ou de água fria. A tilápia nilótica utiliza de forma eficiente a energia do milho, o qual é rico em amido e aproveitado por esta espécie (PEZZATO *et al.*, 2002).

Desta forma, a tilápia (*Oreochromis niloticus*) e pacu (*Piaractus mesopotamicus*) são espécies que potencialmente podem utilizar de forma eficiente o milho e seus derivados.

2.5. Espécies estudadas

2.5.1. Tilápia nilótica

As criações referentes às espécies exóticas introduzidas no Brasil, como tilápia, carpa, truta e catfish americano, possuem o conhecimento técnico disponível, tanto no campo da biologia como no da própria piscicultura, sendo imprescindível para viabilizar técnica e comercialmente (SEBRAE, 2008).

Dentre estes cultivos, a tilapicultura vem sendo considerada economicamente importante em diversos países, tendo sua produção mundial crescente, principalmente em regiões de clima tropical e subtropical, incluindo o Brasil (FURUYA *et al.*, 2010).

A tilápia nilótica é uma espécie exótica, originária da África, pertencente à família dos cíclídeos e possui raios das nadadeiras dorsal, pélvica e anal transformados em espinhos defensivos. Este peixe tem como característica a rusticidade e a baixa susceptibilidade a doenças parasitárias, precocidade

sexual aliada à alta prolificidade e resistência a baixas concentrações de oxigênio dissolvido. O interesse pelo seu cultivo, nas regiões sul e sudeste, cresceu rapidamente devido à introdução de técnicas relacionadas à reversão sexual e utilizações de espécies para o lazer como os pesque-pagues. No país, o cultivo está sendo realizado em diversos sistemas de produção, principalmente em viveiros e tanques-rede (FURUYA *et al.*, 2010; AIURA, 2007).

A tilápia nilótica apresenta hábito alimentar onívoro, tendo a capacidade em aproveitar o amido como fonte de energia, além de aceitar sem dificuldades as rações comerciais (TACHIBANA, 2007). Em se tratando de mercado, este peixe é amplamente consumido no Brasil, Europa e Estados Unidos, podendo ser comercializado ao atingir peso de 350 a 1000 gramas, dependendo do seu destino final. As formas de apresentação para a sua venda são diversas como o peixe inteiro ou filé resfriado ou congelado, ou em cortes específicos. Os resíduos gerados pela sua filetagem podem ser processados para produzir silagem ácida, farinha e óleo de peixe com intuito de se utilizar em alimentação animal.

A produção mundial de tilápia nilótica aumentou de 825.340 toneladas em 1999 para 2.334.432 toneladas em 2008. Em relação à produção brasileira, considerando as espécies de tilápias cultivadas, houve crescimento de 27.104 toneladas em 1999 para 96.000 toneladas em 2010 (FAO, 2010).

O desenvolvimento de técnicas como a reversão sexual, na década de 70, representou grande avanço em sua criação possibilitou a produção de populações apenas de machos, e com esta tecnologia, podem-se fornecer peixes uniformes e de tamanho desejado pelo mercado (FAO, 2010).

Atualmente, os programas de melhoramento e a importação de novas linhagens desenvolvem peixes com características adequadas para criação no Brasil. Diversos grupos de pesquisas realizam estudos na área de nutrição, contribuindo para o aperfeiçoamento do manejo nutricional e formação de rações que permitem melhoras dos índices zootécnicos de tilápias em confinamento, bem como gerando informações para elaborar rações que resultem em menor impacto ambiental (FURUYA *et al.*, 2010).

2.5.2. Pacu

O pacu pertence à família Characidae, e é largamente difundido em território brasileiro, podendo ser encontrado desde a bacia do Rio do Prata até a bacia dos rios Paraguai-Uruguai. Possui o hábito alimentar onívoro, alimentando-se naturalmente de frutos, detritos orgânicos, crustáceos, moluscos e pequenos peixes, variando-se as fontes em função da sazonalidade (ABIMORAD & CARNEIRO, 2004).

Esta espécie, atualmente denominada *Piaractus mesopotamicus*, a qual era classificada como *Colossoma mitrei*, é um peixe reofílico, e tem grande importância na pesca comercial. Apresenta cabeça relativamente pequena, com duas séries de dentes, escamas pequenas, havendo relatos de peixes com 82 cm de comprimento total e 18,5 Kg de peso vivo (GUEVARA, 2003).

O pacu é uma das espécies nativas mais cultivadas nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil por possuir fácil adaptação à alimentação artificial, por aceitar diversos ingredientes de origem vegetal e animal, rápido crescimento, carne de excelente sabor, e conseqüentemente, elevado valor comercial (BICUDO, 2008; URBINATI & GONÇALVES, 2005; ABIMORAD, 2004).

No entanto, a criação deste peixe em diferentes pontos do país, devido a diferenças climáticas regionais, exige adaptações em seu manejo para possibilitar a sua produção. Em Santa Catarina, a produção é realizada em baixas densidades populacionais, e o tempo necessário para atingir um quilograma pode demorar até 30 meses. Já em Mato Grosso, a densidade na criação utilizada costuma ser de duas a três vezes maiores e o tempo de cultivo menor (OSTRENSKY *et al.*, 2008).

As espécies nativas da Amazônia e Pantanal, em 2004, segundo Diegues (2006), apresentaram crescimento constante nos últimos anos, cerca de 30% da produção nacional, destacando-se o tambaqui (*Colossoma macropomum*), com 25.272 toneladas, o pacu (*Piaractus mesopotomicus*) com 8.946 toneladas.

Em 2005, segundo Bicudo (2008), esta espécie representa 5,06% de toda produção nacional de peixes de água doce. Considerando o híbrido tambacu, proveniente do cruzamento do tambaqui e o pacu, a produção passa

para 11,14%. Segundo as estatísticas da FAO (2010), a produção de pacu no Brasil, entre os anos de 1999 a 2008, cresceu de 4.339 para 12.400 toneladas.

3. OBJETIVOS E HIPÓTESES

3.1. Objetivo geral

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a digestibilidade dos ingredientes água de maceração do milho para a tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), e derivados do milho: água de maceração, glúten, farelo de glúten, germe e dextrina para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), e o desempenho destas duas espécies submetidas às dietas contendo diferentes níveis de inclusão da água de maceração do milho, e a sua viabilidade econômica.

3.2. Objetivos específicos

- Determinar a digestibilidade aparente *in vivo* dos ingredientes água maceração de milho (AM) em tilápia nilótica e pacu e glúten de milho (GM), farelo de glúten de milho (FG), germe de milho (GM) e dextrina (D), para o pacu.
- Avaliar o desempenho zootécnico das espécies tilápia e pacu, alimentados com dietas contendo diferentes níveis de adição do ingrediente água de maceração do milho.
- Verificar a viabilidade econômica da inclusão da AM em dietas para tilápia nilótica e para o pacu.

3.3. Hipóteses

Em relação aos ensaios de desempenho, foram formuladas as seguintes hipóteses:

- H_0 : Os valores dos parâmetros zootécnicos (ganho de peso, consumo, conversão alimentar, taxa de crescimento específico, taxa de retenção protéica) não foram alterados com adição do ingrediente água de maceração do milho nas dietas de tilápia e pacu.
- H_1 : Os valores dos parâmetros zootécnicos (ganho de peso, consumo, conversão alimentar, taxa de crescimento específico, taxa de retenção protéica) foram alterados com adição do ingrediente água de maceração do milho nas dietas de tilápia e pacu.

Considerando os objetivos deste projeto de pesquisa, não foram realizadas análises estatísticas nos ensaios de digestibilidade.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios de digestibilidade e desempenho foram realizados no Laboratório de Aquicultura da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA-USP) (Figura 5). Realizaram-se análises bromatológicas nos ingredientes utilizados nestes ensaios seguindo a metodologia da AOAC (1990). Os resultados obtidos nas análises são apresentados na Tabela 8.

Figura 5. Vista do Laboratório de Aquicultura (FZEA-USP)

Tabela 8. Composição centesimal dos ingredientes utilizados na formulação das dietas experimentais dos ensaios de desempenho e de digestibilidade (base seca).

INGREDIENTES (g. Kg ⁻¹)	Matéria seca	Proteína bruta	Extrato Etéreo	Matéria Mineral	Energia Bruta (kcal.Kg ⁻¹)
Farinha de peixe	92,54	64,57	9,07	21,26	4242,5*
Farelo de trigo	88,35	17,18	3,36	5,35	4289*
Farelo de soja	88,66	51,18	2,46	6,4	4586*
Farelo de milho	88,86	9,36	4,08	1,34	4284*
Quirera de arroz	88,85	9,11	0,55	0,71	4149*
Água de maceração	53,00	42,83	0,186	15,54	3311
Glúten de milho	90,43	59,03	2,23	1,97	5114
Farelo de glúten 21%	91,00	22,65	1,74	4,96	4382
Germe de milho	91,53	18,63	4,28	1,34	4426
Dextrina	99,13	1,10	0,17	-	3970

* Dados obtidos por WATANABE, 2006.

4.1. Ensaio de Digestibilidade *in vivo*

4.1.1. Espécies de peixe avaliadas e condições experimentais

4.1.1.1. Experimento 1: Determinação da digestibilidade da água de macreação do milho (AM) para a Tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*)

Para este ensaio, foram utilizados 126 juvenis de tilápias nilótica (peso médio de $35,93\text{g} \pm 7,64\text{g}$) mantidos em seis gaiolas, inseridas em aquários de alimentação com capacidade de 100 L de água (densidade 21 peixes por aquários), em um sistema de fluxo contínuo, aeração e com controle da temperatura por aquecedores com termostato de 300 watts, (Figura 6). A iluminação foi controlada por temporizador, mantendo fotoperíodo constante de 12 horas luz e 12 horas escuro. Foram monitorados semanalmente os seguintes parâmetros da água: temperatura, oxigênio dissolvido (OD), pH, através do equipamento Horiba U-10, obtendo valores médios de $24,18\text{ }^{\circ}\text{C}$; $7,06\text{ mg. L}^{-1}$; e 6,8, respectivamente, os quais estão de acordo com valores ideais para esta espécie (OSTRENSKY, A; BOEGER, W.; 1998).

4.1.1.2. Experimento 2: Determinação da digestibilidade da água de maceração do milho (AM) para o Pacu (*Piaractus mesopotamicus*)

Para este ensaio, foram utilizadas 120 juvenis de pacu (peso médio de $29,50\text{g} \pm 5,13\text{g}$), acondicionados em seis gaiolas (densidade 20 peixes por aquário), em esquema experimental idêntico ao Experimento 1. Foram obtidos os seguintes valores de temperatura, oxigênio dissolvido e pH: $26,26\text{ }^{\circ}\text{C}$, $4,56\text{ mg. L}^{-1}$; 6,75, respectivamente, os quais estão de acordo com valores ideais para esta espécie (OSTRENSKY, A; BOEGER, W.; 1998).

4.1.1.3. Experimento 3 : Determinação da digestibilidade do GM, FG, GEM e D para o Pacu (*Piaractus mesopotamicus*)

Para este ensaio, foram utilizadas 108 juvenis de pacu (peso médio de $77,69\text{g} \pm 17,65\text{g}$), acondicionados em seis gaiolas (densidade 18 peixes por aquário), em esquema experimental idêntico ao Experimento 1. Foram obtidos os seguintes valores de temperatura, oxigênio dissolvido e pH: $27,69\text{ }^{\circ}\text{C}$, $5,89\text{ mg.L}^{-1}$ e $6,34$, respectivamente, os quais estão de acordo com valores ideais para esta espécie (OSTRENSKY, A; BOEGER, W.; 1998).

Fonte: Watanabe (2006)

Figura 6. Aquários de alimentação

4.1.2. Metodologia do ensaio de digestibilidade

Para avaliar a digestibilidade dos ingredientes, água de maceração do milho, glúten de milho, farelo de glúten 21% e dextrina, foi utilizado o método indireto para determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína e energia.

Sendo assim, os peixes foram alimentados com dieta controle e dieta teste, seguindo a metodologia descrita por Cho & Kaushik (1990) (Tabela 9), utilizando o óxido de crômio (Cr_2O_3), como indicador inerte para a determinação do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA), conforme recomendações de Shipton & Britz (2001).

Tabela 9. Esquema de preparo das dietas controle e testes

Conteúdo	Dieta Controle (%)	Dietas Testes (%)
Dietas referências (Tabela 2)	99,5	69,50
Ingredientes teste	0	30,00
Óxido de cromo	0,5	0,5

As dietas referências foram formuladas a partir de dados obtidos pelas análises bromatológicas dos ingredientes (AOAC, 1990), demonstrado na Tabela 8. Os ingredientes da dieta referência, a água de maceração do milho e o óxido de cromo foram misturados homogeneamente, peletizados, (Figura 7 e 8), secos e estocados em freezer a temperatura de -18°C . Analisou-se a composição centesimal da dieta referência, ilustrada na Tabela 10.

Figura 7. Mistura de ingredientes. **Figura 8.** Peletização das dietas

Tabela 10. Formulação e composição centesimal da dieta referência (DR) do experimento 1 (EXP1), experimento 2 (EXP2) e experimento 3 (EXP3).

Ingredientes (g. Kg ⁻¹)	DR EXP1	DR EXP2	DR EXP3
Amido	8	7,8	7,8
farelo de milho	28,8	18	18
farelo de soja	26	35	35
farelo trigo	18	18	18
farinha de peixe	13	13	13
quirera de arroz	5	7	7
Premix vitamínico e mineral ¹	0,5	0,5	0,5
Sal comum	0,2	0,2	0,2
Óxido de cromo	0,5	0,5	0,5
Nutrientes (g. Kg ⁻¹)	Composição analisada		
Matéria seca (MS)	94,73	96,19	95,67
Proteína Bruta (PB)	26,62	31,77	32,18
Proteína digestível (PD)*	23,20	28,02	28,02
Matéria mineral (MM)	6,46	9,71	8,39
Extrato Etéreo (EE)	2,87	2,79	2,74
Energia bruta (EB)	4246	4155	4203
Energia digestível (ED)*	3276	3321	3557

Suplemento Vitamínico e mineral (Evimix Fish): níveis de garantia por Kg de produto: Vit.A, 1.000.000UI; Vit.D3, 500.000UI; Vit.E, 20.000 mg; Vit.K, 500 mg; Vit.C, 25.000 mg; Vit.B1, 500 mg; Vit.B2, 1.750,00 mg; Vit. B6, 1.125,00 mg; Pantotenato de Cálcio, 5.000,00 mg; Ácido Fólico, 250,00 mg; Biotina, 50,00 mg; Niacina, 5.000,00 mg; Vit. B12, 24,00 mg; Cobre, 2.000,00 mg; Ferro, 13.700,00 mg; Iodo, 100 mg; Manganês, 3.750,00 mg; Selênio, 75,00 mg; Zinco, 20.000,00 mg; BHT, 250 mg; Veículo q.s.p, 1000,00 g.

*Valor calculado a partir do CDAs (Coeficiente de Digestibilidade Aparente) obtidos nos experimentos

As amostras de fezes foram coletadas utilizando três aquários cilindro-cônicos de fibra de vidro (Figura 9), com capacidade de 250L cada um e equipados com sistema de aeração, termostatos, recipiente coletor de fezes e com fluxo contínuo de água (WATANABE, 2006).

Fonte: Watanabe (2006)

Figura 9. Aquários cilindro-cônico de fibra de vidro

Inicialmente, os peixes foram adaptados com a dieta teste durante seis dias. Durante o período de coleta, os peixes foram alimentados duas vezes ao dia, às 8 horas da manhã e 17 horas e meia. Para a coleta de fezes, os peixes foram colocados em aquários de coleta e permaneceram num período entre 8 e 12 horas. Em cada experimento, as coletas foram realizadas durante o período de 30 dias. As amostras de fezes foram congeladas até o momento das análises.

A avaliação do teor de óxido de crômio das fezes e das dietas foi determinada através de digestão nitro-perclórica e leitura (absorbância) por espectrofotômetro (350nm), conforme descrito por Furukawa & Tsukahara (1966). Foram obtidas três leituras de cada repetição.

4.1.3. Cálculos dos Coeficientes de Digestibilidade Aparente (CDA)

Para a determinação dos CDAs dos nutrientes proteína (PB) e energia (EB), foi utilizada a fórmula descrita por Cho e Kaushik (1990):

$$CDA = \frac{100}{30} \times \left[CDA_{dt} \times \left(\frac{70}{100} \times CDA_{dr} \right) \right]$$

Onde:

CDA = coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente no ingrediente teste;
 CDA_{dt} = coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente contido na dieta teste;

CDA_{dr} = coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente contido na dieta referência.

Sendo os valores de CDA_{dt} e CDA_{dr} obtidos pela fórmula descrita por Nose (1966):

$$CDA = 100 - 100 \times \frac{\%Cr_2O_3 \text{ na dieta}}{\%Cr_2O_3 \text{ nas fezes}} \times \frac{\%PB \text{ ou kcal/kg de EB nas fezes}}{\%PB \text{ ou kcal/kg de EB na dieta}}$$

CDA = coeficiente de digestibilidade do nutriente na dieta teste ou dieta referência.

4.2. Ensaio de desempenho

4.2.1. Local e condições experimentais

4.2.1.1. Experimento 4: Ensaio de crescimento da tilápia (*Oreochromis niloticus*)

Para este ensaio, foi utilizado sistema de recirculação com circuito fechado, composto por 20 caixas de fibra de vidro com capacidade de armazenamento útil de 130L, demonstrado na Figura 10. O sistema era constituído por dois compartimentos utilizados para a manutenção da qualidade da água: caixa de captação com resistência para o aquecimento de água e o filtro biológico, demonstrado na Figura 11 e 12, e aeração por soprador (Figura 15). A iluminação foi controlada por temporizador, com fotoperíodo de 12 horas luz e escuro. Foram monitorados ao longo do experimento, os parâmetros da água: temperatura, oxigênio dissolvido (OD), pH, pelo equipamento Horiba U-10, amônia e nitrito por “kits” comerciais da marca Labcon. Foram obtidos os seguintes valores médios de parâmetros de qualidade da água: 26 °C, 6,33 mg L⁻¹, 6,99, 0-0,25ppm e 0-0,25ppm, respectivamente .

Figura 10. Aquários para desempenho.

Figura 11. Reservatórios com aquecedores

Figura 12. Filtro biológico

4.2.1.2. Experimento 5: Ensaio de crescimento do pacu (*Piaractus mesopotamicus*)

Para este ensaio, utilizou-se o sistema de recirculação com circuito fechado, composto por 20 aquários com capacidade de armazenamento de 40L (Figura 13), contendo três unidades responsáveis pela manutenção dos parâmetros da água: caixa de captação de água, caixa de aquecimento de água e biofiltro com capacidade de 200L para manutenção dos níveis de amônia e nitrito (Figura 14) e aeração por soprador (Figura 15). A iluminação também foi controlada por temporizador, com fotoperíodo de 12 horas luz e 12 horas escuro. Foram monitorados semanalmente os seguintes parâmetros da

água: temperatura, oxigênio dissolvido (OD), pH, , por meio de um equipamento Horiba U-10, amônia e nitrito por “kits” comerciais da marca Labcon. Foram obtidos os seguintes valores médios de qualidade da água: 26.91° C, 4.65 mg L⁻¹ 6.33, 0-0,25ppm, 0-0,25ppm, respectivamente.

Figura 13. Aquários

Figura 14. Biofiltro

Figura 15. Soprador para aeração

4.2.2. Dietas para o ensaio de desempenho

As dietas foram formuladas a partir dos dados obtidos pela análise bromatológica dos ingredientes, e dados de coeficientes de digestibilidade aparente. Foram produzidas dietas contendo 0%, 2%, 4%, 6% e 8% da água de maceração do milho, descritos nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11. Formulação e composição das dietas para o ensaio de desempenho de tilápias nilótica(*Oreochromis niloticus*) (experimento 4).

Ingredientes (g.100g ⁻¹)	Dietas				
	0%	2%	4%	6%	8%
Amido	9,01	8,51	7,51	6,51	6,51
Farinha de peixe	14,00	14,00	14,00	13,50	13,00
Farelo de trigo	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Quirera de milho	27,50	27,50	27,50	27,00	27,00
Farelo de soja	25,50	23,80	21,80	20,80	19,80
Óleo de soja	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Quirera de arroz	4,79	4,99	5,99	6,99	6,49
Sal comum	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Suplemento vitamínico e mineral	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
AM	-	2,00	4,00	6,00	8,00
BHT	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Nutrientes (g.100g ⁻¹)	Composição				
Matéria seca	96,60	97,05	97,39	97,54	95,58
Proteína bruta	26,83	27,40	27,67	27,62	27,18
Proteína digestível *	25,87	25,89	25,84	28,22	25,92
Extrato etéreo	3,45	3,88	3,52	3,5	3,63
Matéria mineral	6,18	6,04	5,21	6,43	7,31
Energia digestível(kcal.Kg ⁻¹) *	3326	3320,4	3322	3324	3317

¹ Suplemento Vitamínico e mineral (Evimix Fish): níveis de garantia por Kg de produto: Vit.A, 1.000.000UI; Vit.D3, 500.000UI; Vit.E, 20.000 mg, Vit.K, 500 mg, Vit.C, 25.000 mg; Vit.B1, 500 mg; Vit.B2, 1.750,00 mg; Vit. B6, 1.125,00 mg; Pantotenato de Cálcio, 5.000,00 mg; Ácido Fólico, 250,00 mg; Biotina, 50,00 mg; Niacina, 5.000,00 mg; Vit. B12, 24,00 mg; Cobre, 2.000,00 mg; Ferro, 13.700,00 mg; Iodo, 100 mg; Manganês, 3.750,00 mg; Selênio, 75,00 mg; Zinco, 20.000,00 mg; BHT, 250 mg; Veículo q.s.p, 1000,00 g.

* Dados calculados pelo programa SUPERCRAC 4.2.

Tabela 12. Formulação e composição das dietas para o ensaio de desempenho de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) (experimento 5).

Ingredientes (g.100g ⁻¹)	Dietas				
	0%	2%	4%	6%	8%
Amido	8,79	7,79	7,79	6,79	6,79
Farinha de peixe	14	13	13	13	12
Farelo de trigo	18	18	18	18	18
Quirera de milho	18	18	18	19	19
Farelo de soja	36	35	33	31	31
Óleo de soja	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Quirera de arroz	4	5	5	5	4
Sal comum	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Suplemento vitamínico e mineral ¹	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
ÁM	-	2	4	6	8
BHT	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Nutrientes (g.100g ⁻¹)	Composição				
Matéria seca	97,54	97,70	97,40	97,42	97,63
Proteína bruta	32,00	31,62	32,67	31,10	30,22
Proteína digestível *	27,2	27,09	27,07	27,12	27,28
Extrato etéreo	3,16	3,03	3,15	3,04	3,06
Matéria mineral	6,56	6,20	6,72	6,85	6,86
Energia digestível (kcal.Kg ⁻¹) *	3232	3239	3237	3247	3231

¹ Suplemento Vitamínico e mineral (Evimix Fish): níveis de garantia por Kg de produto: Vit.A, 1.000.000UI; Vit.D3, 500.000UI; Vit.E, 20.000 mg; Vit.K, 500 mg; Vit.C, 25.000 mg; Vit.B1, 500 mg; Vit.B2, 1.750,00 mg; Vit. B6, 1.125,00 mg; Pantotenato de Cálcio, 5.000,00 mg; Ácido Fólico, 250,00 mg; Biotina, 50,00 mg; Niacina, 5.000,00 mg; Vit. B12, 24,00 mg; Cobre, 2.000,00 mg; Ferro, 13.700,00 mg; Iodo, 100 mg; Manganês, 3.750,00 mg; Selênio, 75,00 mg; Zinco, 20.000,00 mg; BHT, 250 mg; Veículo q.s.p, 1000,00 g.

* Dados calculados pelo programa SUPERCRAC 4.2.

Os ingredientes das dietas foram misturados homogeneamente, peletizados, demonstrados nas Figuras 16 e 17, secos em estufa por volta de

60 graus, e estocados em freezers com temperatura – 18 °C, até o momento de sua utilização.

Figura 16. Mistura dos ingredientes

Figura 17. Peletização das dietas

4.2.3. Desempenho zootécnico

4.2.3.1. Experimento 4: Ensaio de crescimento da tilápia (*Oreochromis niloticus*)

Os peixes foram aclimatados com dieta controle por sete dias e em seguida pesados, em balança de precisão demonstrada na Figura 18, obtendo-se peso médio de $2,81 \pm 0,15\text{g}$, distribuídos em 20 caixas de 130L com densidade de 10 peixes por caixa, em delineamento inteiramente casualizado constituído por cinco tratamentos e quatro repetições. Os peixes foram alimentados até aparente saciedade duas vezes ao dia (às 8 e 17 horas) com as dietas por 60 dias. Foram realizadas pesagens, aos 30 e 60 dias e avaliaram-se os parâmetros, descritos na Tabela 13.

4.2.3.2. Experimento 5: Ensaio de crescimento pacu (*Piaractus mesopotamicus*)

Assim como no experimento 4, os alevinos de pacu foram aclimatados com dieta controle por sete dias e em seguida pesados, através de uma balança de precisão, obtendo-se peso médio de $3,42 \pm 0,30\text{g}$, distribuídos em

aquários de 40L com densidade de sete peixes por aquário, em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições. Os peixes foram alimentados até aparente saciedade duas vezes ao dia (às 8hs e 17horas) com as dietas durante 90 dias de período experimental. Foram realizadas as pesagens, aos 30, 60 e 90 dias e foram avaliados os parâmetros de desempenho (Tabela 13).

Tabela 13. Parâmetros zootécnicos avaliados para o desempenho de tilápia nilóticae Pacu.

Parâmetros	Descrição
Consumo de ração (g) (CR)	Consumo total da dieta por unidade experimental / n° de indivíduos
Ganho médio de peso (g) (GPI)	(peso final unid. experimental - peso inicial unid. experimental) / n° indivíduos
Conversão alimentar (CA)	Alimento ingerido / ganho de peso
Taxa de eficiência protéica (TEP)	Ganho de peso / (CR x % PB da dieta)
Taxa de crescimento específico (% dia ⁻¹) (TCE)	$TCE (\%) = [(\ln \text{ peso corporal final} - \ln \text{ peso corporal inicial}) / \text{tempo em dias}] \times 100$

4.2.4. Viabilidade econômica

Para analisar a viabilidade econômica da inclusão da AM em dietas para a tilápia nilótica e para o pacu, foram calculados os indicadores econômicos seguindo a metodologia descrita abaixo. O embasamento para esta análise pode ser encontrado em Gameiro (2009) e Rushton (2009).

De acordo com a Teoria Econômica, os fatores de produção considerados são todos os bens e serviços empregados para a formação de outros bens e serviços (Samuelson, 1972; Mankiw, 2005). Os fatores de produção podem ser organizados em três grupos: recursos naturais (T), trabalho (L) e capital (K). Em função das possíveis combinações destes fatores para a obtenção de um “produto”, determina-se a quantidade produzida (Q). A tecnologia de produção representa a forma de como os fatores são

combinados. Sendo assim, obtém-se a quantidade do produto (Q) em função de T , L e K , e as suas combinações:

$$Q = f(T, L, K) \quad (1)$$

A expressão (1) pode ser denominada como “função de produção” (PASSOS & NOGAMI, 2003). A produtividade dos fatores de produção é dada pela razão entre a quantidade de produto e a quantidade do fator alocada no processo. Para o caso da produtividade do fator T , por exemplo, tem-se: Q/T , denominado como “eficiência alimentar” em nutrição animal, quando T representa a quantidade de dieta consumida.

Para este trabalho, Q representa a quantidade de quilogramas de peso vivo de peixes alimentados com diferentes níveis de inclusão de AM, considerando-se cinco tecnologias de produção distintas. As tecnologias diferem-se exclusivamente em sua composição de T , pela participação de diferentes ingredientes, dando origem a cinco dietas experimentais, representadas por cinco tratamentos, não existindo a variação em relação a alocação de trabalho (L) e capital (K) entre os tratamentos, uma vez que o manejo, os equipamentos e as instalações são idênticos para tratamentos.

Tem-se que CR é o consumo de dieta experimental (em Kg) do animal pertencente ao tratamento n e GP_n o ganho de peso dos peixes (em Kg). Ao inverter a produtividade do fator “dieta” (T/Q), foi obtido o parâmetro conversão alimentar (CA_n) representada pela seguinte equação:

$$CA_n = CR_n / GP_n \quad (2)$$

4.2.4.1. Preços

Os preços dos ingredientes utilizados estão descritos na Tabela 14. Para os ingredientes farelo de soja, farelo de trigo, amido de milho, óleo de soja, quirera de arroz, e sal comum, os preços médios foram obtidos através de levantamento de dados por instituições, no período de 10 anos: Centro de

Estudos Avançados em economia (CEPEA / ESALQ) e Instituto de Economia Agrícola (IEA – APTA). Para a farinha de peixe, o suplemento vitamínico e mineral e a AM, foi feito um levantamento de dados no mercado, uma vez que não se identificou instituição de pesquisa que dispusesse de tais informações.

Tabela 14. Preços médios de ingredientes utilizados.

Ingredientes	Preço médio (R\$ Kg ⁻¹)	Fontes
Amido de milho	1,19	CEPEA – ESALQ
Óleo de soja	2,07	
Farelo de trigo	0,46	
Farelo de milho	0,39	IEA – APTA
Farelo de soja	0,86	
Quirera de arroz	0,38	
Sal comum	6,76	
Suplemento vitamínico e mineral	13,7	Levantamento de dados
Farinha de peixe	1,8	
Água de maceração do milho	0,67	

Para obter preços históricos representativos, foram considerados os preços mensais desses produtos no período de 10 anos, à exceção dos três ingredientes (suplemento mineral e vitamínico, farinha de peixe e água de maceração do milho) cujos preços foram obtidos no mercado. Os preços nominais foram corrigidos pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para o mês de janeiro de 2011, seguindo o método usual, apresentado, por exemplo, em Hoffmann (1991):

$$PQ_{corrigida,t} = PQ_{nominal,t} \times \left(\frac{INPC_{jan\ 2011}}{INPC_t} \right) \quad (3)$$

Sendo $PQ_{corrigido,t}$ o preço real do ingrediente no mês t , corrigido para o mês de janeiro de 2011; $PQ_{nominal,t}$ o preço do ingrediente no mês t ; $INPC_{jan\ 2011}$ o índice para o mês de janeiro de 2011; e o $INPC_t$ o índice para o mês t .

Calcularam-se os custos de produção das dietas experimentais (Tabela 15), considerando-se a formulação das mesmas e os preços dos ingredientes.

Tabela 15. Custo de produção das dietas experimentais para tilápia nilótica e para o pacu.

Níveis de inclusão (g. 100g ⁻¹)	Preço médio (R\$ Kg ⁻¹)	
	Tilápia nilótica	Pacu
0	0,91	0,97
2	0,92	0,96
4	0,91	0,96
6	0,91	0,96
8	0,92	0,97

Com os dados de CA_n obtidos, calculou-se o custo da dieta para a produção de um quilograma de peso do animal, representada pela equação descrita abaixo:

$$CDAPV_n = CA_n \times CR_n \quad (4)$$

Sendo:

$CDAPV_n$ = Custo da dieta, em reais, para a produção de um quilo de peso vivo.

Em seguida, calculou-se a variação de CDPVs dos tratamentos com inclusão de diferentes níveis de AM em relação ao controle, descrito pela equação abaixo. Adicionalmente, foram calculados os CDPVs, variando-se os preços da AM, do farelo de soja e da farinha de peixe, conforme os cenários econômicos descritos na Tabela 16, considerando os valores mínimos, médios e máximos destes produtos (Tabela 17).

$$VAR_{enc} = CDPV_{enc} / CDPV_{e0c} \quad (5)$$

e = espécie (1 = tilápia; 2 = pacu)

n = nível de inclusão de AM (0, 2, 4, 6, 8)

c = cenário de variação dos preços relativos de AM, farelo de soja e farinha de peixe, obtidos pelo levantamento de preços realizados, conforme Tabela 17.

Tabela 16. Cenário de variação dos preços relativos à AM, farelo de soja e farinha de peixe.

Foco de análise sobre variação dos preços	Cenário	AM (preços)	Farelo Soja (preços)	Farinha de Peixe (preços)
AM	1	Mínimo	Médio	Médio
	2	Médio	Médio	Médio
	3	Máximo	Médio	Médio
Farelo de soja	4	Médio	Mínimo	Médio
	5	Médio	Médio	Médio
	6	Médio	Máximo	Médio
Farinha de peixe	7	Médio	Médio	Mínimo
	8	Médio	Médio	Médio
	9	Médio	Médio	Máximo

Tabela 17. Preços mínimos, médios e máximos dos ingredientes AM, farelo de soja e farinha de peixe.

Ingredientes	Preços (R\$ Kg ⁻¹)		
	Mínimo	Médio	Máximo
AM	0,58	0,67	0,75
Farelo de soja	0,52	0,86	1,26
Farinha de peixe	1,10	1,45	1,80

A utilização de preços (mínimo, médio e máximo) da AM teve como objetivo avaliar o impacto da inclusão deste ingrediente sobre os valores dos custos de produção em relação à dieta controle. Em relação ao farelo de soja e à farinha de peixe, a utilização dos preços (mínimo, médio e máximo) destes

ingredientes teve como objetivo verificar se estas variações podem interferir nos custos de produção das dietas testes e controle.

Sendo assim, segundo Passos e Nogami (2003), o método de produção, neste caso, o tratamento, pode ser “tecnologicamente mais eficiente” entre os alternativos pela menor utilização de um dos fatores de produção, considerando os outros fatores inalterados. Para estes mesmos autores, um método de produção será considerado “economicamente eficiente” se permitir a obtenção da mesma quantidade de produto que os alternativos, ao menor custo possível.

Em outras palavras, é possível ter uma determinada dieta tecnicamente mais eficiente (menor conversão, por exemplo), sem ser economicamente eficiente. A análise dos custos e, em última instância dos preços dos principais ingredientes é relevante.

Baseando-se nesses dois conceitos, reforça-se que máxima eficiência técnica não implica, necessariamente, máxima eficiência econômica. Para Gameiro (2009), essa distinção é fundamental para a análise econômica aplicada à Zootecnia.

5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Considerando os objetivos deste projeto de pesquisa, os ensaios de digestibilidade dos experimentos 1, 2 e 3, não foram realizadas as análises estatísticas. Já os dados referentes ao desempenho zootécnico, foram avaliados pelo teste de variância (ANOVA) e de regressão, ao nível de probabilidade de 5%.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Ensaio de Digestibilidade

Os resultados de CDA da proteína (CDAPB) e energia (CDAEB) dos ingredientes de AM, GM, FG, GEM, D, estão descritos na Tabela 18 e 19:

Tabela 18. Valores de coeficiente digestibilidade de proteína e energia, e seus valores de proteína (PD) e energia digestível (ED) da AM em tilápia nilótica e Pacu.

CDA						
Ingrediente	Espécie	Experimento	Proteína (%)	Energia (%)	PD (g. 100 g ⁻¹)	ED (kcal . Kg ⁻¹)
AM	Tilápia	1	94,15	84,93	40,32	2812
AM	Pacu	2	97,10	98,43	41,58	3259

Tabela 19. Valores de coeficiente digestibilidade de proteína e energia, e seus valores de proteína (PD) e energia digestível (ED) dos ingredientes derivados do milho referentes ao pacu.

CDA						
Ingrediente	Espécie	Experimento	Proteína (%)	Energia (%)	PD (g. 100 g ⁻¹)	ED (kcal . Kg ⁻¹)
GM	Pacu	3	99,62	98,13	58,81	4343
FG	Pacu	3	84,92	76,89	19,23	3369
GEM	Pacu	3	70,97	78,12	13,22	2783
D	Pacu	3	-	84,80	-	3380

6.1.1. Experimento 1 e 2: Determinação da digestibilidade da AM para a Tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) e para o Pacu (*Piaractus mesopotamicus*)

Em todas as situações visualizadas na Tabela 18, a água de maceração do milho apresentou melhores valores de digestibilidade para o pacu quando comparado a tilápia nilótica. Para a tilápia nilótica, foi obtido CDAPB da AM de 94,15% e 97,10%, para o pacu. A Proteína Digestível (PD) foi de 40,32% e 41,58%, respectivamente para tilápia e pacu (Tabela 18). Em vista dos resultados determinados, pode-se observar que o valor de CDAPB da AM para o pacu apresentou cerca de 3% a mais do que para a tilápia nilótica, e para PD, cerca de 1%, demonstrando que o pacu possui maior capacidade em digerir o ingrediente AM.

Em relação à digestibilidade da energia bruta, foram obtidos CDAEBs de 84,90% para a tilápia nilótica, e 98,43% para o pacu, e energia digestível de 2812 e 3259 kcal Kg⁻¹, respectivamente (Tabela 18). Assim como no caso da CDAPB de AM verificados para ambos as espécies, o pacu demonstrou melhor capacidade em digerir este ingrediente, apresentando diferenças em torno de 13% entre os CDAPBs, e 400 kcal Kg⁻¹.

Em relação à tilápia nilótica, o valor obtido no presente trabalho obtido foi superior aos citados por Pezzato *et al.* (2002) para ingredientes comumente utilizados em dietas comerciais para peixe, como exemplo, a farinha de peixe (CDAPB de 78,55%), farelo de soja (CDAPB de 91,56%), milho (CDAPB de 91,66%), milho extrusado (CDAPB de 89,62%), germe de milho (CDAPB de 86,77%), e glúten de milho (CDAPB de 95,96%). Observando os dados destes autores, somente o glúten de milho apresentou CDAPB maior do que a AM neste experimento. Da mesma forma, nossos valores foram melhores que os alcançados por Furuya *et al.* (2001), para o milho (87,12%).

Em contraposição, Boscolo *et al.* (2002), ao testarem ingredientes alternativos e convencionais para a tilápias nilótica, observaram valores superiores de CDAPBs para os ingredientes milheto (94,91%) e farinha varredura de mandioca (97,52%), e o triticales (94,78%). Valores, igualmente superiores de CDAPBs (97,60% e 95,61%) em relação à AM, foram encontrados para o glúten de milho com a tilápia nilótica (MEURER *et al.*, 2003; PEZZATO *et al.*, 2002).

As diferenças de CDAs encontrados por diversos autores podem estar relacionadas a vários fatores como diferenças nas metodologias de coleta de fezes utilizadas, aos níveis de inclusão dos ingredientes teste, possíveis fatores antinutricionais ou desbalanço aminoacídico, espécies ou linhagens de animais, fisiologia da digestão, processamento e das dietas experimentais, variedade do grão e do local e solo do seu cultivo (BOSCOLO *et al.*, 2002).

Comparando-se os resultados de digestibilidade de AM para o pacu com os de Abimorad *et al.* (2008), observou-se que o valor de CDAPB da AM foi superior aos ingredientes testados pelos autores para o milho (85,80%) e o glúten de milho (95,60%). Para o matrinchã (*Brycon cephalus*), pertencente à mesma família do pacu, Sallum *et al.* (2002) observaram resultados de CDAPB

de 70,82% para o milho e 90,53% para o farelo de soja, ambos os valores inferiores aos CDAPBs destes mesmos ingredientes avaliados por autores Abimorad *et al.*(2008), Abimorad & Carneiro (2004), e CDAPBs de AM no presente trabalho.

Comparando-se o pacu e o tambaqui, os coeficientes de digestibilidade da proteína, do ingrediente fubá de milho (83,29%) e farelo de soja (90,35%) foram inferiores aos CDAPB de AM. Vale ressaltar que os valores dos coeficientes de digestibilidade apresentados pelo tambaqui foram corrigidos por fator de produção de nitrogênio endógeno previamente avaliado ao passo que para este trabalho, foram obtidos valores de digestibilidade aparente, ou seja, sem correção dos coeficientes por este fator. No entanto, observou-se a semelhança na capacidade digestível destas duas espécies onívoras em relação a digestibilidade dos ingredientes de origem vegetal, comprovado pela digestibilidade apresentada por estes dois tipos de peixe para o farelo de soja (VIDAL JR. *et al.*, 2004).

Em relação a outras espécies, segundo Oliveira Filho & Fracalossi (2006), o jundiá (*Rhamdia quelen*) apresentou CDAPBs de alimentos energéticos, como o milho (73,00%) e quirera de arroz (80,70%), porcentagens inferiores aos resultados encontrados para AM, em tilápia e pacu neste estudo. No entanto, ao avaliarem os CDAs dos ingredientes protéicos, o índice de CDAPB do glúten de milho (95,00%) foi superior ao CDAPB de AM encontrado para a tilápia nilótica, e para o pacu, inferior.

Ao testar ingredientes de origens diferentes para juvenis e adultos da espécie *Sebastes schlegeli*, Lee (2002), determinou valores de CDAPBs de farinha de peixe branco (CDAPB de 95,00% e 88,00%); farinha de anchova (CDAPB de 95,00% e 92,00%); farinha de carne (CDAPB de 91,00% e 90,00%); farinha de pena (CDAPB de 79,00% e 63,00%); farinha de sangue (CDAPB de 86,00% e 87,00%); farelo de soja (CDAPB de 80,00% e 84,00%); farelo de trigo (CDAPB de 95,00%; 91,00%); farelo de algodão (CDAPB de 81,00% e 78,00%); levedura (CDAPB de 73,00% e 78,00%) e glúten de milho (CDAPB de 92,00% e 92,00%). Observando estes dados, em geral, os ingredientes de origem aquática foram os mais digestíveis para esta espécie carnívora. No entanto, o glúten de milho e o farelo de trigo demonstraram boa digestibilidade, equiparando-se com o CDAPB da AM em tilápia nilóticae para

pacu. Sendo assim, estes alimentos podem ser considerados como substitutos parciais para rações destinadas a estes peixes.

Para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*), os ingredientes de origem vegetal, comumente utilizados em nutrição animal, como farelo de soja, milho, farelo de trigo entre outros, os CDAPBs foram inferiores aos valores apresentados pela tilápia nilótica e pelo pacu, para estes mesmos ingredientes, observados por autores como Pezzato *et al.* (2002) e Abimorad *et al.* (2008), e para a AM, para ambas as espécies. Foram observados valores mais elevados de CDAPB em relação à farinha de peixe (84,14%) (GONÇALVES & CARNEIRO, 2003).

Ao avaliarem a digestibilidade de ingredientes energéticos em surubim (*Pseudoplatystoma* sp), Teixeira *et al.* (2010) verificaram valores de CDAPBs de milho (87,40%), de farelo de arroz (83,84%), de quirera de arroz (85,30%) e de sorgo (81,11%), os quais são inferiores aos valores encontrados por outros autores para as espécies tilápia nilótica e pacu, para estes ingredientes, assim como no caso da AM.

Em relação os coeficientes de digestibilidade de energia bruta, Furuya *et al.* (2001), determinaram para tilápia nilótica, 82,63% para o milho, 70,33% para o farelo de trigo, 77,21% para o farelo de soja, 87,19% para a farinha de peixe, valores inferiores ao CDAEB da AM, excetuando a farinha de peixe.

Boscolo *et al.* (2002), encontraram valores de CDAEBs de ingredientes alternativos e convencionais para a tilápia nilótica, como o milheto (89,12%) e farinha de varredura de mandioca (91,40%), superiores ao CDAEB da AM.

Além dos ingredientes testados por Boscolo *et al.* (2002), os autores Meurer *et al.* (2003) e Pezzato *et al.* (2002), encontraram valores de CDAEBs divergentes para o glúten de milho. Comparando o resultado obtidos por Meurer *et al.* (2003) e para a AM, o glúten de milho apresentou melhor digestibilidade de energia, por atingir CDAEB de 93,53%. No entanto, para Pezzato *et al.* (2002), este mesmo ingrediente apresentou CDAEB (71,80%) inferior ao AM. Estas contraposições, também podem ser justificadas por vários fatores, como diferenças em metodologias de coleta de fezes utilizadas, descritos por Boscolo *et al.* (2002), assim como no caso das determinações de valores de CDAPBs diferentes para o mesmo ingrediente encontrados por estes autores.

A digestibilidade aparente da energia da AM para o pacu (98,43%) foi superior quando comparada aos resultados obtidos por Abimorad *et al.* (2008), em relação a farinha de peixe (74,50%), farelo de soja (78,10%), milho (75,80%) e glúten de milho (86,00%), para a mesma espécie.

Comparando-se com as outras espécies, segundo Oliveira Filho & Fracalossi (2006), o jundiá (*Rhamdia quelen*) apresentou CDAEBs de alimentos energéticos como o milho (59,10%), quirera de arroz (64,80%), inferiores aos resultados de CDAEBs de AM determinados para a tilápia nilótica para o pacu. Entretanto, para o ingrediente glúten de milho (88,00%), tanto a digestibilidade de proteína quanto a de energia, foram superiores aos CDAs de AM encontrados para a tilápia nilótica, e inferiores aos valores obtidos para o pacu.

Em geral, a explicação dada por estes autores a diferenças apresentadas pelas três espécies onívoras estaria relacionada à tendência do jundiá a apresentar características semelhantes às espécies carnívoras no que se refere ao aproveitamento de nutrientes provenientes dos alimentos protéicos, superiores aos alimentos energéticos.

Ao testar ingredientes de origem vegetal e animal, para adultos e juvenis de *Sebastes schlegeli*, Lee (2002) verificou valores de CDAEB de farinha de peixe branco (CDAEB de 99,00% e 95,00%), farinha de anchova (CDAEB de 96,00% e 93,00%), farinha de carne (CDAEB de 93,00% e 90,00%), farelo de soja (CDAEB de 61,00% e 64,00%), farelo de trigo (CDAEB de 39,00% e 46,00%), glúten de milho (CDAEB de 89,00% e 89,00%). Avaliando estes valores, os ingredientes de origem aquática obtiveram melhores coeficientes, do que a AM para a tilápia nilótica e semelhantes para o pacu. No entanto, o glúten de milho demonstrou novamente ser bem digestível para a espécie estudada por este autor.

Gonçalves & Carneiro (2003) determinaram valores de CDAEBs de ingredientes utilizados no mercado para o pintado, como farelo de soja, milho, farelo de trigo, os quais foram inferiores aos valores determinados por Pezzato *et al.* (2002) e Abimorad *et al.* (2008), para os mesmos ingredientes e para o AM em tilápias nilóticas e pacu. Assim como estes autores, Teixeira *et al.* (2010) verificaram valores de digestibilidade da energia inferiores ao AM para ambas as espécies estudadas neste trabalho.

Em peixes carnívoros como o surubim (*Pseudoplatystoma* sp), existem particularidades, como circunvoluções das alças finais do intestino médio, que podem ser consideradas como adaptação e por este motivo pode digerir ingredientes ricos em carboidratos amiláceos. Logo, a fisiologia e morfologia do trato gastrointestinal podem interferir na capacidade nutricional dos animais, visto que, esta espécie possui estruturas que permitem se adequar melhor a um regime alimentar onívoro, como a tilápia nilótica. (TEIXEIRA *et al.* 2010).

Em casos como a da espécie carnívora *Sebastes schlegeli*, os carboidratos contidos em alta porcentagem nos alimentos de origem vegetal não foram aproveitados de forma eficiente pelo animal. Logo, a relação digestibilidade da energia foi negativamente proporcional a quantidade deste nutriente. Entretanto, para a proteína, a digestibilidade e o seu teor apresentam-se positivamente proporcionais (LEE, 2002).

Sendo assim, a boa digestibilidade apresentada pela tilápia nilótica e pelo pacu em relação ao AM, pode estar relacionada à sua fisiologia. Diferentemente das espécies como pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*) estudado por Gonçalves & Carneiro (2003) e *Sebastes schlegeli* por Lee (2002), a tilápia nilótica por ser onívora, apresenta boa capacidade digestiva de alimentos de origem vegetal ou animal (MEURER *et al.*, 2003). Furuya *et al.* (2001), observaram que a eficiência desta espécie onívora em utilizar os ingredientes vegetais estaria relacionada a suas adaptações morfológicas e fisiológicas. Assim como a tilápia nilótica, os CDAs altos apresentados pelo pacu com os ingredientes de origem vegetal podem ser explicados pelo hábito alimentar frugívoro/herbívoro (ABIMORAD & CARNEIRO; 2004), e possuir vantagens morfológicas e histológicas de seu sistema digestório (ABIMORAD, 2008).

Para Santos *et al.* (2008) o interesse em determinar características químicas assim como a digestibilidade dos alimentos alternativos estaria relacionada a sua possível inclusão em rações para peixes, visto que o seu custo de produção tende ao crescimento, devido a valorização de preços dos ingredientes utilizados convencionalmente, como exemplo a farinha de peixe.

Segundo McGoogan & Reigh (1996), a digestibilidade do ingrediente pode estar relacionada à composição química do alimento e a capacidade digestiva do animal. Fatores como composição e processamento de dietas,

níveis de carboidratos, fibras e gordura, grau de moagem, entre outros, igualmente influem na digestibilidade dos alimentos fornecidos ao peixe (OLIVEIRA FILHO, 2005). Desta forma, os valores de CDAs da AM, para tilápia nilótica e para o pacu, poderiam estar relacionados à sua composição, visto que, esta solução concentrada obtida da maceração de grãos de milho, contém carboidratos solúveis, aminoácidos, vitamina e sais minerais, que podem estar prontamente disponíveis para o animal (SILVA, 2006).

6.1.2. Experimento 3: Determinação de digestibilidade de GM, FG, GEM e D do Pacu (*Piaractus mesopotamicus*)

Em geral o pacu apresentou valores de CDAPB acima de 70% e acima de 78% para CDAEB (Tabela 19). Os melhores valores obtidos para CDAPB e CDAEB foram alcançados com o GM (PB=99,62% e EB=98,13%). Entre os outros ingredientes avaliados a dextrina (D) mostrou-se a mais digestível em termos de energia.

Comparando-se o CDAPB de GM com os de Abimorad *et al.* (2008), observou-se este valor foi superior aos de farinha de peixe (84,60%), farelo de soja (90,60%), milho (85,80%) e glúten de milho (95,60%). Em relação aos CDAPBs os determinados para FG (84,92%) foram inferiores ao glúten de milho, farelo de soja e farelo de trigo (87,70%) e superiores à levedura (81,50%) e semelhante à farinha de peixe. Para os CDAPB de GEM (70,97%), este valor foi inferior aos ingredientes testados pelos autores.

Para o matrinchã (*Brycon cephalus*), pertencente a mesma família do pacu, Sallum *et al.* (2002) observaram resultados de CDAPB de 70,82% para o milho e 90,53% para o farelo de soja, ambos os valores inferiores aos CDAPBs destes mesmos ingredientes avaliados por autores Abimorad *et al.* (2008), Abimorad & Carneiro (2004), e CDAPBs de GM no presente estudo. Já para o FG e GEM, estes valores foram inferiores ao CDAPB do farelo de soja determinado em matrinchã. O CDAPB do milho, para esta espécie, foi semelhante ao CDAPB do FG determinado para o pacu.

Comparando-se o pacu e o tambaqui, os coeficientes de digestibilidade da proteína, do ingrediente fubá de milho (83,29%) e farelo de soja (90,35%)

foram inferiores aos CDAPB de GM (99,62%). Para FG, o fubá de milho apresentou-se menos digestível em relação à proteína, ao contrário do farelo de soja. Estes dois ingredientes foram mais digestíveis para o tambaqui do que GEM para o pacu. Vale ressaltar-se que os valores dos coeficientes de digestibilidade apresentados pelo tambaqui foram corrigidos por fator de produção de nitrogênio endógeno previamente avaliado, ao passo que para este trabalho, foi obtido valores de digestibilidade aparente, ou seja, sem correção dos coeficientes por este fator (VIDAL JR. *et al.*, 2004). No entanto, observou-se a semelhança na capacidade de digerir ingredientes de origem vegetal por estas duas espécies onívoras, comprovada pela digestibilidade apresentada por estes dois tipos de peixe (VIDAL JR. *et al.*, 2004).

Em relação aos peixes carnívoros, observou-se a maior capacidade do pacu em digerir nutrientes providas por alimentos de origem vegetal. Gonçalves & Carneiro (2003), ao testarem a digestibilidade de diversos ingredientes, como o farelo de soja, milho entre outros, para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*), observaram valores de CDAPBs abaixo de 70%.

Neste trabalho em comparação com os resultados obtidos por Abimorad *et al.* (2008), o GM apresentou valor superior de CDAEB em relação a farinha de peixe (74,50%), farelo de soja (78,10%), milho (75,80%) e glúten de milho (86,00%). Para o CDAEB de FG, este alimento apresentou índices superiores à farinha de peixe, levedura (73,00%), farelo de trigo (74,40%) e milho. Para o CDAEB de GEM, este subproduto foi superior a estes ingredientes excetuando o farelo de soja e glúten de milho.

Estudando os níveis de inclusão de 20% e 40% de diferentes fontes de carboidratos em dietas de pacu, Muñoz (2005) obteve valores de CDAEB médios de fontes derivadas do milho, como exemplo o amido de milho regular (72,80%), amido de milho ceroso (74,00%), amido de milho pré-gelatinizado (79,50%) e dextrina (64,70%). Em ambos os índices, os resultados apresentados por Muñoz (2005) foram inferiores ao valor de da CDAEB da dextrina determinado neste trabalho.

Baldan (2008), ao avaliar a digestibilidade de dietas contendo baixo, médio e alto valor de carboidratos em pacu, observou alto índice de digestibilidade de proteína e amido (aproximadamente 99%). Considerando os

níveis de inclusão deste nutriente, observou-se melhor digestibilidade em dietas contendo maiores porcentagens de inclusão do carboidrato.

Comparando-se o pacu com a tilápia nilótica, Pezzato *et al.* (2002), encontraram CDAEB de 69,28%, índice pouco superior ao valor encontrado por Muñoz (2005) para a dextrina e inferior ao CDAEB deste ingrediente testado neste experimento (84,80%).

Para Vieira *et al.* (2005), a eficiência do uso de carboidratos pelos peixes pode estar relacionada à complexidade de moléculas, uma vez que as espécies carnívoras de água temperada não aproveitam este tipo de nutriente como fonte de energia. A possível relação entre a sua capacidade digestiva entre diversos tipos de peixes pode estar relacionada à temperatura de cultivo, justificada pelo metabolismo de cada animal, devido ao equilíbrio insulina/glucagon ser termo sensível. Logo, para peixes de clima temperado a liberação de glucagon aumenta e a de insulina diminui, ao contrario dos peixes tropicais.

A utilização do carboidrato pode estar associada a fatores que envolvem o seu metabolismo, já que para peixes de clima temperado, detectou-se baixa atividade da hexoquinase ou falta de glicoquinase e a inibição de insulina, pela somatostatina ou baixo numero de seus receptores (WILSON, 1994).

Os CDAs altos apresentados pelo pacu com os ingredientes de origem vegetal podem ser explicados pelo hábito alimentar frugívoro/herbívoro (ABIMORAD & CARNEIRO; 2004), e possuir vantagens morfológicas e histológicas de seu sistema digestório (ABIMORAD, 2008). Em comparação ao CDA da AM apresentada pelo pacu e pela tilápia nilótica, para o qual foram obtidos valores de 94,15% e 97,10% para proteína, e para energia, 84,93% e 98,43%, respectivamente. O pacu apresentou valores superiores de CDAPB e melhor aproveitamento de energia, em relação ao GM. Para os demais ingredientes, os CDAs foram inferiores.

Pode-se inferir que o pacu é eficiente em utilizar ingredientes de origem vegetal e supõe-se que este peixe possui aptidão em utilizar melhor a proteína e energia contida no ingrediente GM, por apresentar elevados coeficientes de digestibilidade tanto da proteína como da energia, demonstrando o eficiente aproveitamento dos carboidratos destes ingredientes. A capacidade alta em digerir esta fonte de energia, segundo Wilson (1994), também poderia estar

relacionada à maior atividade da amilase no sistema digestório de peixes tropicais como o pacu e a tilápia nilótica.

6.2. Ensaio de Desempenho

6.2.1. Experimento 4: Ensaio de crescimento da Tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*)

Durante o período experimental foi observado 20% de mortalidade de forma aleatória e não associada a qualquer tratamento. Não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos em relação aos parâmetros avaliados, excetuando a taxa de eficiência protéica, cujos valores estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20. Valores médios dos parâmetros zootécnicos do ensaio de desempenho da tilápia: GP (Ganho de peso), CR (Consumo de ração), CA (Conversão Alimentar), TCE (Taxa de crescimento específico), TEP (Taxa de eficiência protéica).

Níveis de Inclusão de AM (g.100 g ⁻¹)	Parâmetros				
	GP (g)	CR (g)	CA	TCE (% dia ⁻¹)	TEP
0	6,89±1,04	12,26±0,14	1,79±0,14	2,09±0,18	2,08±0,15
2	6,90±0,31	13,01±0,54	1,89±0,13	2,09±0,04	1,94±0,14
4	6,56±0,23	13,23±1,52	2,02±0,22	2,02±0,08	1,81±0,19
6	6,15±0,59	12,65±0,89	1,91±0,22	1,99±0,09	1,77±0,2
8	7,33±0,68	12,83±1,53	1,75±0,10	2,17±0,07	2,11±0,13
Valores de P dos tratamentos	0,16 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,03 [*]
Coeficiente de Variação (%)	10,32	8,45	10,37	5,33	10,56

* Efeito significativo e ns = não significativo (p<0,05)

O parâmetro TEP obedeceu a um comportamento quadrático crescente em função do nível de inclusão da água de maceração do milho, expresso pela equação: $y = 0,0191x^2 - 0,1592x + 2,1199$ e R^2 de 0,42 (p<0,05), demonstrado na Figura 18.

Figura 18. Efeito da inclusão de AM sobre a taxa de eficiência protéica em dietas para a tilápia nilótica

Hisano *et al.*(2003) avaliaram a substituição da proteína proveniente do farelo de soja pela proteína do glúten de milho (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) e observaram efeitos lineares no parâmetro CR e quadráticos no GP, CA e TEP, determinando os limites máximos de inclusão do derivado de milho. No presente trabalho, a inclusão de níveis de AM foi somente incluída nas formulações de dietas experimentais, substituindo-se ingredientes como farelo de soja, farinha de peixe (ingredientes proteicos).

A inclusão de AM não alterou de forma significativa aos parâmetros GP, CR, CA para a tilápia nilótica. Em relação à TEP, Hisano *et al.* (2003), assim como neste trabalho, observaram efeito quadrático, entretanto, a curva obtida por estes autores foi decrescente.

O comportamento quadrático crescente apresentado pelos resultados obtidos em TEP pode estar relacionado com a composição de aminoácidos contidos em cada dieta experimental, visto que este fator pode afetar o desempenho produtivo como o GP, descrito por Hisano *et al.* (2003), mas não foi observada influência da TEP sobre o GP, neste experimento. Vale ressaltar, que os níveis de inclusão dos respectivos ingredientes teste neste experimento foram diferentes dos testados por Hisano *et al.* (2003).

A adição de milho em dietas para a tilápia nilótica em fase de reversão sexual, em 0%, 2%, 4%, 6% e 8%, apresentou comportamento linear crescente para a variável GP (MEURER *et al.*, 2004), diferindo-se dos resultados obtidos por Hisano *et al.* (2003), e para a inclusão de AM neste trabalho.

Tachibana (2007) ao testar diferentes níveis de substituição do milho pelo triticale, em 0, 25%, 50%, 75% e 100% em dietas para alevinos de tilápia nilótica, verificou diferenças em CR, CA. No entanto, como a inclusão de AM, o triticale não alterou a tendência ao GP em tilápia nilótica. Para o tratamento 50%, houve o aumento do CR, justificada por conter de forma equilibrada o milho e o triticale, mas também, piorou a CA, devido ao não aproveitamento dos nutrientes fornecidos por este tratamento.

Vieira *et al.* (2005), ao avaliarem o efeito do processamento de extrusão e peletização do milho sobre o desempenho produtivo da tilápia nilótica, não obtiveram resultados significativos referentes ao GP e CA para a piaba (*Leporinus friderici*), assim como o subproduto testado (AM). No entanto, estes processos influenciaram significativamente a composição corporal do peixe.

Ao analisarem a substituição da farinha de peixe pelo glúten de milho, em níveis de 25%, 50%, 75% e 100% para carpas, Kaur & Saxena (2005) verificaram correlação negativa entre os níveis de inclusão deste ingrediente e o GP, justificada pelo desbalanço de alguns aminoácidos essenciais detectados pelo aumento do glúten de milho, visto que a substituição de até 25% deste ingrediente não afetou o GP deste animal.

Chovatiya *et al.* (2011), em experimento com a carpa indiana (*Labeo rohita*), observou que a adição da água de maceração do milho influenciou de forma positiva o GP, TCE, CA, em que os níveis de 25% e 50% foram considerados os melhores tratamentos. Estes resultados positivos não foram conseguidos com a tilápia nilótica no presente estudo, provavelmente porque foram adicionados em níveis mais baixos (de 0 a 8%) que os de Chovatiya *et al.* (2011). Estes efeitos favoráveis podem estar relacionados à presença de alguns aminoácidos essenciais, exceto lisina, à baixa quantidade de fatores antinutricionais, a redução de níveis de açúcar e alto teor de minerais contidos na solução, além de conter produtos fermentados, degradáveis, mistura de carboidratos, aminoácidos, peptídeos, compostos orgânicos, íons inorgânicos, e ricos em nutrientes como proteína, energia e minerais, e ácido lático.

6.2.2. Experimento 5: Ensaio de crescimento do Pacu (*Piaractus mesopotamicus*)

Durante o período experimental, não foi observada ocorrência de mortalidade. Em relação ao ensaio de desempenho, foram obtidos valores descritos na Tabela 21, em que não se verificou diferença significativa entre os tratamentos para nenhum dos parâmetros avaliados.

Tabela 21. Valores médios referentes aos parâmetros zootécnicos: GP (Ganho de peso), CR (Consumo de ração), CA (Conversão Alimentar), TCE (Taxa de crescimento específico), TEP (Taxa de eficiência protéica) para o pacu.

Níveis de Inclusão de AM (g.100 g ⁻¹)	Parâmetros				
	GP (g)	CR (g)	CA	TCE (% Dia ⁻¹)	TEP
0	14,45±2,95	15,05±2,31	1,05±0,06	1,84±0,21	2,99±0,61
2	12,87±3,65	14,81±3,10	1,17±0,11	1,71±0,29	2,72±0,25
4	15,90±3,39	17,52±1,98	1,12±0,12	1,89±0,21	2,75±0,29
6	16,21±2,73	16,85±2,4	1,04±0,04	1,95±0,17	3,09±0,12
8	16,87±4,97	17,78±4,12	1,08±0,17	1,95±0,29	3,10±0,45
Valores de P dos tratamentos	0,55 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,44 ^{ns}
Coeficiente de Variação	23,19	16,49	9,22	11,90	12,43

* Efeito significativo e ns = não significativo (p<0,05)

Ao avaliar o desempenho de juvenis de pacu, alimentados com diferentes fontes de milho, Muñoz (2005) observou a existência de relação entre o nível de complexidade estrutural dos carboidratos apresentado por ingrediente e a eficiência deste em melhorar os parâmetros avaliados, como GP e CR, CA, TCE, TEP. As fontes mais complexas não gelatinizadas, como amido de milho regular e ceroso, assim como as parcialmente hidrolizadas ou com maior teor de oligo e monossacarídeos, como dextrina, maltodextrina, e glicose foram as que se mostraram como piores fontes de carboidratos para a alimentação do pacu. Ao contrário destes produtos a base de milho, a adição de AM não afetou (p>0,05) os parâmetros avaliados comparativamente ao tratamento controle.

Polese *et al.* (2010), ao testarem as inclusões de diferentes granulometria do milho em dietas para pacu, observaram melhores resultados em dietas que continham a menor granulometria deste ingrediente, observando a correlação positiva entre o grau de tamanho e o ganho de peso, e menor CA. Para TCE e TEP, também observaram a mesma tendência a estas variáveis, diferindo-se com os dados obtidos para a inclusão da AM. Para os autores supracitados, a razão pela qual o tratamento com menor tamanho de grãos de milho, apresentou melhor desempenho pode estar correlacionada com a superfície de exposição dos alimentos às secreções digestivas e pelo tempo de passagem no trato gastrointestinal do animal.

Em relação a outras espécies, ao testarem a substituição do milho pelo milheto em dietas para carpa capim, em níveis de 0%, 33%, 66,67% e 100%, Kavata *et al.* (2005) não verificaram diferenças significativas relacionadas ao GP e CA, igualmente observadas para AM, demonstrando a eficiência deste produto assim como o ingrediente testado neste trabalho, em substituir ingredientes convencionais. Para Silva *et al.* (1997), a inclusão em níveis crescentes deste ingrediente em dietas para tambaqui também não afetou o GP e CA.

Kaur & Saxena (2005), ao testarem diferentes níveis de substituição do glúten de milho em carpas (25%, 50%, 75% e 100%), verificaram que o tratamento contendo 25% deste ingrediente não afetou o GP do animal. Ao testarem a inclusão deste mesmo ingrediente em salmão do Atlântico (*Salmo salar* L.), em porcentagem de 0%, 16%, 32%, 48% e 64%, Mente *et al.* (2003) não verificaram diferenças significativas relacionadas ao GP, possibilitando a inclusão deste alimento em até 50% sem causar danos ao desempenho deste peixe carnívoro. Os respectivos níveis de inclusão não influenciaram de forma efetiva em relação ao CA, assim como, neste trabalho.

Pereira & Teles (2003), ao analisarem o glúten de milho em espécie *Sparus aurata*, não verificaram, assim como para AM, diferenças significativas em GP, em TCE e em TEP, até o tratamento contendo 60% deste derivado. No entanto, acima deste valor, os autores observaram decréscimo em GP e eficiência na utilização do alimento. A justificativa dada por estes autores (PEREIRA & TELES, 2003; KAUR & SAXENA, 2005), seria a perda da eficiência em fornecer os nutrientes, devido ao desbalanço de aminoácidos

essenciais gerados pelo aumento da inclusão deste derivado do milho. *Mente et al.* (2003), não verificaram o efeito da deficiência de alguns aminoácidos, justificada pelo alto teor de proteína das dietas fornecida, em torno de 52%, para o salmão do Atlântico.

A eficiência do AM em fornecer nutrientes assim como a farinha de peixe e farelo de soja, demonstrados pelo valor de CDA e de parâmetros zootécnicos avaliados, pode estar relacionada com a capacidade fisiológica do pacu. A eficácia em utilizar carboidratos pelo pacu é devido a fatores como o seu hábito alimentar onívoro, a morfologia de seu trato digestório e a sua capacidade de armazenamento estomacal, que permitem a liberação contínua do alimento possibilitando uma ação eficiente da amilase nos cecos e intestinos, permitindo melhor digestão e absorção das fontes complexas de carboidratos (MUÑOZ, 2005).

Comparando-se os resultados de desempenho obtidos nesta pesquisa para as espécies tilápia nilótica e pacu, foram observadas diferenças significativas em relação aos parâmetros avaliados. A TEP para a tilápia foi significativamente influenciada pelos níveis de inclusão de AM. Entretanto os resultados obtidos para o pacu não foi verificada esta diferença. Em geral, a ausência significativa entre os resultados obtidos para estas duas espécies pode ser vista como um resultado favorável, visto que a AM substituiu em parte, a farinha de peixe, sem afetar o desempenho dos peixes.

Além disso, a utilização subprodutos ou resíduos industriais contribui para a minimização de impactos relacionados aos recursos naturais, sendo uma estratégia de geração mais limpa, o qual é buscado as evoluções tanto da parte tecnológica e econômica, quanto da parte ambiental, em todo o processo produtivo, com o objetivo de aumentar o uso de matéria-prima, neste caso, o milho (CAMPOS *et al.*, 2010)

6.3. Viabilidade econômica

6.3.1. Experimento 4: Ensaio de crescimento da Tilápia nilótica

Para a melhor compreensão da análise econômica realizada para o ensaio de desempenho da tilápia nilótica, os resultados obtidos foram

organizados para a discussão, nos seguintes subitens: variação dos preços da AM, do farelo de soja e farinha de peixe.

Neste trabalho, vale ressaltar que para os cálculos, de custo de dieta experimental (CDE), custo da dieta para produção de 1 quilo de peso vivo (CDPV) e variação dos CDPVs entre 0% e os demais tratamentos, foram considerados os valores de umidade (quantidade real utilizada para a produção de dietas) nos respectivos ingredientes utilizados, inclusive e a AM, o qual se apresenta no mercado como um produto de textura pastosa.

6.3.1.1. Variação dos preços da água de maceração (AM)

Em função da variação dos preços da AM (mínimo, médio e máximo), foram obtidos os resultados, descritos nas Tabelas 22. Utilizando estes dados, foram elaboradas figuras (Figuras 19 e 20) referentes aos custos de produção das dietas experimentais, aos CDPVs dos tratamentos e a comparação entre o CDPV de 0% e os demais tratamentos, considerando os respectivos preços.

Tabela 22. Valores de conversão alimentar (CA), custo das dietas experimentais (CDE), custo da dieta para formação de 1 Kg peso vivo (CDPV) e variação em relação ao CDPV entre 0% e os respectivos tratamentos, utilizando o preço mínimo, médio e máximo da AM, para a viabilidade econômica

Variáveis	Níveis de inclusão (%)				
	0	2	4	6	8
Preço mínimo de AM: 58 centavos de R\$ Kg ⁻¹ (cenário 1)					
CA (Kg ração Kg ⁻¹ PV)	1,79	1,89	2,02	1,91	1,75
CDE (R\$ Kg ⁻¹)	0,91	0,91	0,91	0,90	0,90
CDPV (R\$)	1,64	1,73	1,83	1,72	1,58
Var. entre CDPVs	1,00	1,06	1,12	1,05	0,97
Preço médio de AM: 67 centavos de R\$ Kg ⁻¹ (cenário 2)					
CA (Kg ração Kg ⁻¹ PV)	1,79	1,89	2,02	1,91	1,75
CDE (R\$ Kg ⁻¹)	0,91	0,92	0,91	0,91	0,92
CDPV (R\$)	1,64	1,73	1,85	1,74	1,60
Var. entre CDPVs	1,00	1,06	1,13	1,06	0,98
Preço máximo de AM: 75 centavos de R\$ Kg ⁻¹ (cenário 3)					
CA (Kg ração Kg ⁻¹ PV)	1,79	1,89	2,02	1,91	1,75
CDE (R\$ Kg ⁻¹)	0,91	0,92	0,91	0,91	0,92
CDPV (R\$)	1,64	1,74	1,86	1,76	1,62
Var. entre CDPVs	1,00	1,06	1,14	1,07	0,99

Figura 19. Custos de dietas experimentais (CDPV), para formação de 1Kg de peso vivo do animal, relacionados ao desempenho da tilápia nilótica.

Figura 20. Variações de custos de dietas experimentais para formação de 1 Kg de peso vivo (CDPV), das dietas contendo 0% e as demais inclusões da água de maceração relacionadas ao desempenho da tilápia nilótica

Os custos de produção das dietas, calculados para cada tratamento, foram influenciados em função dos preços (cenários econômicos 1,2 e 3) da AM, como demonstra a Tabela 22.

Considerando o cenário econômico nº 1, em que o preço AM era mínimo (58 centavos de real Kg^{-1} do produto), observou-se que entre os custos de produção do tratamento 0% e o tratamento 8%, o qual atingiu valor mínimo, a diferença foi de 1 centavo por Kg da dieta produzida.

Ao avaliar o cenário econômico nº 2, o aumento do preço de AM, de 58 centavos de real Kg^{-1} do produto AM para 67 centavos de real Kg^{-1} do produto AM, observa-se que a diferença entre os tratamentos 0% e 8% foi de 1 centavo de real Kg^{-1} da dieta produzida. Foram observados, aumentos em valores para as dietas contendo 2% e 8% da AM.

Para o cenário econômico nº 3, o preço máximo de AM (75 centavos de real Kg^{-1} de produto) alterou a tendência da diminuição dos CDEs, como averiguada nos casos supracitados, gerando um incremento nos valores, para os tratamentos 2%,4%,6% e 8%.

Entre os tratamentos, e os respectivos cenários econômicos, a variação de preços da AM conseguiu gerar diferenças de até 1 centavo de real Kg^{-1} de dieta produzida. Em relação aos resultados de CDPV, apresentados tabela 22,

o qual envolve a relação entre CDE e CA, observou-se a mesma tendência, para os três cenários econômicos descritos acima, como pode ser verificado na Figura 19.

Estatisticamente, a CA, determinada para cada tratamento, como descritas nas tabelas 22, não apresentou de forma significativa diferenças entre os níveis de inclusão da AM. No entanto, ao avaliar viabilidade econômica, através do indicador CDPV, observou-se que a inclusão de 8% foi a que apresentou o menor índice. Devido à CAs dos tratamentos 2%, 4% e 6%, serem piores que ao controle, o CDPV dos respectivos tratamentos com AM foram maiores do que a de 0% de inclusão deste ingrediente.

Observando a Figura 20, os preços (mínimo, médio e máximo) influenciaram na diferença, em porcentagem, a variação dos CDPVs entre 0% e os demais tratamentos com AM. A amplitude entre os índices apresentados para 4%, 6% e 8%, dos três cenários econômicos, variou 1% entre si.

Comparando os resultados entre as inclusões em 0% e 8% da AM, foi verificado o decréscimo em até 3% em valores de CDPV, o qual pode se considerar um resultado satisfatório, já que, foram feitas substituições de ingredientes como farinha de peixe ao adicionar este derivado do milho. Para os demais tratamentos, houve um acréscimo de 6% a 14% de CDPV.

6.3.1.2. Variação dos preços do farelo de soja

Em função da variação dos preços do farelo de soja (mínimo, médio e máximo), foram obtidos os seguintes resultados, descritos na Tabela 23. Utilizando estes dados, foram feitos gráficos (Figuras 21 e 22) referentes aos custos de produção das dietas experimentais, aos CDPVs dos tratamentos e a comparação entre CDPV de 0% e dos demais tratamentos, considerando os respectivos preços.

Tabela 23. Valores de conversão alimentar (CA), custo das dietas experimentais (CDE), custo da dieta para formação de 1 Kg peso vivo (CDPV) e variação do CDPV entre 0% e os respectivos tratamentos, utilizando o preço mínimo do farelo de soja, para a viabilidade econômica do desempenho da tilápia nilótica.

Variáveis	Níveis de inclusão (%)				
	0	2	4	6	8
Preço mínimo do farelo de soja: 52 centavos de R\$ Kg ⁻¹ (cenário 4)					
CA (Kg ração Kg ⁻¹ PV)	1,79	1,89	2,02	1,91	1,75
CDE (R\$ Kg ⁻¹)	0,82	0,83	0,83	0,83	0,84
CDPV (R\$)	1,46	1,56	1,68	1,59	1,47
Var. entre CDPVs	1,00	1,07	1,15	1,09	1,01
Preço médio do farelo de soja: 86 centavos de R\$ Kg ⁻¹ (cenário 5)					
CA (Kg ração Kg ⁻¹ PV)	1,79	1,89	2,02	1,91	1,75
CDE (R\$ Kg ⁻¹)	0,91	0,92	0,91	0,91	0,92
CDPV (R\$)	1,64	1,73	1,85	1,74	1,60
Var. entre CDPVs	1,00	1,06	1,13	1,06	0,98
Preço máximo do farelo de soja: 1,26 R\$ Kg ⁻¹ (cenário 6)					
CA (Kg ração Kg ⁻¹ PV)	1,79	1,89	2,02	1,91	1,75
CDE (R\$ Kg ⁻¹)	1,03	1,02	1,01	1,00	1,00
CDPV (R\$)	1,84	1,94	2,04	1,92	1,76
Var. entre CDPVs	1,00	1,05	1,11	1,04	0,96

Figura 21. Custos de dietas experimentais para formação de 1 Kg de peso vivo do animal (CDPV), relacionados ao desempenho da tilápia nilótica

Figura 22. Variações de custos de dietas experimentais para formação de 1 Kg de peso vivo do animal (CDPV) das dietas contendo 0% e as demais inclusões da AM, relacionadas ao desempenho da tilápia nilótica

Observando os CDEs dos respectivos tratamentos, ponderando-se as variações de preços do farelo de soja, descritos em cenários econômicos n^o 5, 6 e 7, foram averiguadas a influência dos preços (mínimo, médio e máximo) deste ingrediente convencional sobre os resultados obtidos (Tabela 23).

No cenário n^o 4, em que o preço considerado para o farelo de soja foi o mínimo (52 centavos de real Kg⁻¹ do produto), os CDEs, aumentaram à medida

que os tratamentos apresentaram maiores níveis de inclusão da AM. A diferença entre os CDEs mínimo (0%) e máximo (8%) foi de 2 centavos por Kg de dieta produzida, o qual foi maior do que a diferença entre CDEs destes mesmos tratamentos, ao analisar o efeito do preço mínimo da AM. Entre os cenários nº 1 e 4, em que se utilizou os preços mínimos de AM e farelo de soja para os cálculos, foram observados, em média, diferenças de preços de até 9 centavos.

Para o cenário nº 5, o preço médio de farelo de soja (86 centavos de real Kg^{-1} de produto) gerou variação entre os preços de dietas experimentais em torno de 1 centavo/Kg de dieta produzida.

Em cenário nº 6, foi observada a inversão do comportamento dos resultados obtidos em cenário nº 4, ocasionado pelo aumento do preço de farelo de soja, de 52 centavos para 1,26 reais Kg^{-1} de produto, ocorrendo uma queda de preços em 3 centavos entre os tratamentos 0% e 8%. A diferença de preços deste ingrediente foi maior do que a diferença de preços mínimo e máximo de AM (8 centavos). A diferença entre valores de CDE dos tratamentos de cenários econômicos nº 3 e 6, também foi aproximadamente de 8 centavos (Tabela 23).

A variação de CDPV entre níveis de 0% e 8% de inclusão da AM foi significativamente alterada em função da mudança de preços do farelo de soja. Ao analisar o cenário econômico nº 4, a diferença entre estes dois tratamentos foi de 1%, o qual a dieta controle foi o que apresentou melhor CDPV.

Entretanto, ao observar as cenários econômicos nº 5 e 6, ponderando-se os preços (médio e máximo), foram verificadas inversões de situações, em que o nível de inclusão de 8% foi o que apresentou menor CDPV em relação aos demais tratamentos, apresentando redução de até 4% em CDPV em relação ao tratamento controle, observada na Figura 22. O efeito da variação dos preços de farelo de soja foi mais significativo para as dietas que continham 4% a 8% de AM, assim como no caso em que se variou o preço do ingrediente testado. Este efeito também foi mais significativo do que a mudança de preços do derivado do milho, como observada nas Figuras 20 e 22. Este fato pode estar relacionado à maior diferença apresentada pelo preço mínimo, médio e máximo do farelo de soja.

6.3.1.3. Variação dos preços da farinha de peixe

Em função da variação dos preços da farinha de peixe (mínimo, médio e máximo), foram obtidos os resultados, descritos na Tabela 24. Utilizando estes dados, foram feitos gráficos (Figuras 23 e 24) referentes aos custos de produção das dietas experimentais, aos CDPVs dos tratamentos e a comparação entre CDPV de 0% e dos demais tratamentos, considerando os respectivos preços.

Tabela 24. Valores de conversão alimentar (CA), custo das dietas experimentais (CDE), custo da dieta para formação de 1 Kg peso vivo (CDPV) e variação do CDPV entre 0% e os respectivos tratamentos, utilizando o preço mínimo da farinha de peixe, para a viabilidade econômica do desempenho de tilápia nilótica.

Variáveis	Níveis de inclusão (%)				
	0	2	4	6	8
Preço mínimo da farinha de peixe (cenário 7): 1,10 R\$ Kg ⁻¹					
CA (Kg ração Kg ⁻¹ PV)	1,79	1,89	2,02	1,91	1,75
CDE (R\$ Kg ⁻¹)	0,86	0,86	0,86	0,86	0,87
CDPV (R\$)	1,54	1,63	1,74	1,64	1,52
Var. entre CDPVs	1,00	1,06	1,13	1,07	0,98
Preço médio da farinha de peixe (cenário 8): 1,45 R\$ Kg ⁻¹					
CA (Kg ração Kg ⁻¹ PV)	1,79	1,89	2,02	1,91	1,75
CDE (R\$ Kg ⁻¹)	0,91	0,92	0,91	0,91	0,92
CDPV (R\$)	1,64	1,73	1,85	1,74	1,60
Var. entre CDPVs	1,00	1,06	1,13	1,06	0,98
Preço máximo da farinha de peixe (cenário 9): 1,80 R\$ Kg ⁻¹					
CA (Kg ração Kg ⁻¹ PV)	1,79	1,89	2,02	1,91	1,75
CDE (R\$ Kg ⁻¹)	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96
CDPV (R\$)	1,73	1,83	1,95	1,84	1,69
Var. entre CDPVs	1,00	1,06	1,13	1,06	0,98

Figura 23. Custos de dietas experimentais para formação de 1 Kg de peso vivo do animal (CDPV), relacionados ao desempenho da tilápia nilótica

Figura 24. Variações de custos de dietas experimentais para formação de 1 quilo de peso vivo animal (CDPV) das dietas contendo 0% e as demais inclusões da AM, relacionadas ao desempenho da tilápia nilótica

A variação de preços de farinha de peixe, descritos nos cenários econômicos nº 7, 8 e 9 (Tabela 24), assim como no caso da AM e farelo de soja, alterou os CDEs obtidos para os tratamentos. Em cenário nº 7, em que se considerou o foco de estudo o valor mínimo deste ingrediente (1,10 reais Kg⁻¹

do produto), a dieta que continha 8% de AM foi a mais custosa em relação a outras inclusões. A diferença em preços entre 0% e este tratamento atingiu 1 centavo de real Kg⁻¹ de dieta produzida .

Ao aumentar o preço deste alimento, de 1,10 para 1,45 reais Kg⁻¹ do produto (cenário nº 8), foram observadas variações de preços em 1 centavo de real dentre os níveis de AM estudados, como foi discutido nos casos anteriores (cenários nº 2 e 5).

Para o valor máximo da farinha de peixe, os CDEs dos tratamentos 0%, 2% e 4%, foram mais altos do que os de 6% e 8%, seguindo a mesma tendência observada para o farelo de soja, em cenário nº 6. A variação de preços deste alimento, considerando os três cenários econômicos, gerou diferenças dentre as dietas experimentais. Como exemplo, utilizando como objeto de comparação, o CDE de 8% de AM, foi observada a diferença em custos de até 5 centavos, dentre os valores (mínimo, médio e máximo) utilizados (Tabela 24).

Observando a Figura 23, independente dos preços de farinha de peixe, o tratamento 8% foi o que apresentou melhores valores de CDPVs, devido a fato de estar relacionado com a eficiência apresentada por esta dieta experimental em disponibilizar os nutrientes necessários, visto que, a CA foi a menor em relação a outras, inclusive do tratamento controle.

A variação dos valores de farinha de peixe gerou diferenças em valores de CDPVs entre os mesmos tratamentos. A diferença encontrada entre CDPVs, por exemplo, para a dieta 8% de inclusão de AM, entre os cenários econômicos nº 7, 8 e 9, foi de aproximadamente 10 centavos, sendo mais efetivo do que os CDPVs obtidos a se basear na mudança de preços da AM (cenários nº 1,2 e 3).

Ao relacionar os valores de CDPVs de 0% com os demais tratamentos, o tratamento 8% demonstrou-se como mais eficiente, por apresentar CDPVs mais baixos, para os três casos propostos (Figura 24). Diferentemente do farelo de soja (Figura 22), a oscilação de preços da farinha de peixe não alterou de forma significativa esta relação (Figura 24), devido à menor inclusão deste nas formulações das dietas – testes em relação ao alimento vegetal. Assim como este alimento de origem animal, não houve maior influência da variante preço da AM sobre este indicador econômico.

De um modo geral, considerando os 9 cenários econômicos propostos para avaliar a viabilidade da inclusão de AM, em diferentes níveis inclusão, observaram-se pontos importantes, como a dependência dos custos de produção das dietas em função da eficiência na variável CA. Por esta razão, excetuando o cenário econômico nº 4, o tratamento 8% foi que apresentou melhor eficiência sobre estas variáveis estudadas, reduzindo em 2% os custos em relação ao controle. A inclusão de 4% de AM foi que apresentou maiores custos de produção relacionada a nutrição.

6.3.2. Experimento 5: Ensaio de crescimento do Pacu

Assim como no caso da tilápia nilótica, os resultados obtidos para o pacu foram divididos para a discussão, em seguintes subitens: variação dos preços da AM, do farelo de soja e farinha de peixe.

Como no caso da tilápia nilótica, vale ressaltar que os cálculos, de CDE, CDPV e variação dos CDPVs entre 0% e os demais tratamentos, foram considerados os valores de umidade (quantidade real utilizada para produção de dietas) nos respectivos ingredientes utilizados, inclusive a AM, o qual se apresenta no mercado como um produto de textura pastosa.

6.3.2.1. Variação dos preços da água de maceração (AM)

Em função da variação dos preços da AM (mínimo, médio e máximo), foram obtidos os resultados, descritos na Tabela 25. Utilizando estes dados, foram feitos gráficos (Figura 25 e 26) referentes aos custos de produção das dietas experimentais, aos CDPVs dos tratamentos e a comparação entre CDPV de 0% e dos demais tratamentos, considerando os respectivos preços.

Tabela 25. Valores de conversão alimentar (CA), custo das dietas experimentais (CDE), custo da dieta para formação de 1 Kg peso vivo (CDPV) e variação do CDPV entre 0% e os respectivos tratamentos, utilizando o preço mínimo da AM, para a viabilidade econômica do desempenho de pacu.

Variáveis	Níveis de inclusão (%)				
	0	2	4	6	8
Preço mínimo da AM (cenário 1): 58 centavos R\$ Kg-1					
CA (Kg ração Kg-1 PV)	1,05	1,17	1,12	1,04	1,08
CDE (R\$ Kg-1)	0,97	0,95	0,96	0,95	0,95
CDPV (R\$)	1,02	1,12	1,07	0,99	1,03
Var. entre CDPVs	1,00	1,10	1,06	0,97	1,01
Preço médio da AM (cenário 2): 67 centavos R\$ Kg-1					
CA (Kg ração Kg-1 PV)	1,05	1,17	1,12	1,04	1,08
CDE (R\$ Kg-1)	0,97	0,96	0,96	0,96	0,97
CDPV (R\$)	1,02	1,12	1,08	1,00	1,04
Var. entre CDPVs	1,00	1,10	1,06	0,98	1,03
Preço máximo da AM (cenário 3): 75 centavos R\$ Kg-1					
CA (Kg ração Kg-1 PV)	1,05	1,17	1,12	1,04	1,08
CDE (R\$ Kg-1)	0,97	0,96	0,97	0,97	0,98
CDPV (R\$)	1,02	1,12	1,09	1,01	1,06
Var. entre CDPVs	1,00	1,11	1,07	0,99	1,04

Figura 25. Custos de dietas experimentais para formação de 1 Kg de peso vivo do animal (CDPV), relacionados ao desempenho do pacu.

Figura 26. Variações de custos de dietas experimentais, para formação de 1 quilo de peso vivo animal (CDPV) das dietas contendo 0% e as demais inclusões da AM, relacionadas ao desempenho do pacu.

Em cenário econômico nº 1, ao considerar o valor mínimo de AM (58 centavos de real Kg^{-1} do produto de produto), os CDEs contendo este ingrediente apresentaram valores abaixo do controle. Entre os tratamentos com o ingrediente teste, foram observadas variações em 1 centavo no custos de produção (Tabela 25).

O aumento do preço do produto, para 67 centavos de real Kg^{-1} de produto (cenário nº 2), fez com que os CDEs controle e 8%, fossem os que apresentassem maiores valores em relação aos demais tratamentos

Ao considerar o preço máximo do produto (75 centavos de real Kg^{-1} de produto) (cenário nº 3), o CDE contendo 8% da AM, foi a mais custosa dentre as demais inclusões, incluindo o controle (0%). As diferenças relacionadas a este indicador, girou em torno de 1 centavo/Kg de dieta produzida. Entre os três cenários econômicos, a oscilação de valores de CDE entre os mesmos tratamentos em diferentes situações, foi de 1 centavo/Kg de dieta produzida.

Em relação aos CDPVs dos tratamentos, a oscilação de preços da AM não alterou ao comportamento do gráfico (Figura 25), em que a inclusão ao nível de 6% foi que apresentou menor custo de produção, e consequentemente, foi mais eficiente em relação ao controle, como demonstra a Figura 26. Entretanto, a diferença entre a variação de CDPVs destes dois níveis de inclusão, reduziu em 1%, a medida que foi aumentando o preço da AM. Os

demais tratamentos mostraram ser mais custosos do que o controle. Este fato, como citado no caso da tilápia nilótica, deveu-se às diferenças relacionadas aos valores de CA, ao qual economicamente, a inclusão de 6% da AM foi a que demonstrou melhor resultado para as variáveis estudadas. A redução de custos em relação ao tratamento 0% de adição de AM foi entre 1 a 3%. Já o a inclusão de 2%, gerou acréscimo de até 11% dos custos em relação ao controle. Vale frisar que estatisticamente, não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos para este parâmetro de desempenho.

Em comparação à tilápia nilótica, os valores referentes ao CDEs de pacu foram mais altos em relação a esta espécie, devido à porcentagem maior de inclusão dos ingredientes protéicos, para obtenção de níveis mais elevados de proteína bruta. No entanto, ao considerar o indicador econômico CDPVs, independente da variação dos preços da AM, o pacu apresentou os valores mais baixos, justificada pela maior CA apresentada pela tilápia nilótica. As condições experimentais (tamanho de aquários, densidade de peixes e formulações de dietas) e o período experimental foram diferentes.

No caso do experimento nº 4, o tratamento com 8% de adição de AM, independente da variação dos preços deste ingrediente, foi o que apresentou melhores resultados referentes aos indicadores econômicos avaliados, e a inclusão de 4%, a que apresentou piores resultados. Para o experimento nº5, o tratamento com 2% e 6% de adição de AM, foram os que apresentaram os piores e melhores resultados, considerando as oscilações de valores deste derivado do milho, respectivamente.

6.3.2.2. Variação dos preços do farelo de soja

Em função da variação dos preços do farelo de soja (mínimo, médio e máximo), foram obtidos os resultados, descritos na Tabela 26. Utilizando estes dados, foram feitos gráficos (Figuras 27 e 28) referentes aos custos de produção das dietas experimentais, aos CDPVs dos tratamentos e a comparação entre CDPV de 0% e os demais tratamentos, considerando os respectivos preços.

Tabela 26. Valores de conversão alimentar (CA), custo das dietas experimentais (CDE), custo da dieta para formação de 1 Kg peso vivo (CDPV) e variação do CDPV entre 0% e os respectivos tratamentos, utilizando o preço mínimo do farelo de soja, para a viabilidade econômica do desempenho de pacu.

Variáveis	Níveis de inclusão (%)				
	0	2	4	6	8
Preço mínimo do farelo de soja (cenário 4): 52 centavos R\$ Kg ⁻¹					
CA (Kg ração Kg ⁻¹ PV)	1,05	1,17	1,12	1,04	1,08
CDE (R\$ Kg ⁻¹)	0,83	0,82	0,84	0,84	0,85
CDPV (R\$)	0,87	0,96	0,94	0,88	0,92
Var. entre CDPVs	1,00	1,11	1,08	1,01	1,05
Preço médio do farelo de soja (cenário 5): 86 centavos R\$ Kg ⁻¹					
CA (Kg ração Kg ⁻¹ PV)	1,05	1,17	1,12	1,04	1,08
CDE (R\$ Kg ⁻¹)	0,97	0,96	0,96	0,96	0,97
CDPV (R\$)	1,02	1,12	1,08	1,00	1,04
Var. entre CDPVs	1,00	1,10	1,06	0,98	1,03
Preço máximo do farelo de soja (cenário 6): 1,26 R\$ Kg ⁻¹					
CA (Kg ração Kg ⁻¹ PV)	1,05	1,17	1,12	1,04	1,08
CDE (R\$ Kg ⁻¹)	1,13	1,12	1,11	1,10	1,11
CDPV (R\$)	1,19	1,31	1,25	1,15	1,19
Var. entre CDPVs	1,00	1,10	1,05	0,97	1,01

Figura 27. Custos de dietas experimentais para formação de 1 Kg de peso vivo do animal (CDPV), relacionados ao desempenho do pacu.

Figura 28. Variações de custos de dietas experimentais pra formação de 1 Kg de peso vivo animal (CDPV) das dietas contendo 0% e as demais inclusões da AM, relacionados ao desempenho do pacu.

Observando o cenário econômico nº 4 (Tabela 26), o preço mínimo do farelo de soja (52 centavos de real Kg^{-1} de produto) tornou as dietas experimentais contendo 4%, 6% e 8% de AM mais custosas em relação às dietas com 0% e 2% de inclusão deste derivado. A diferença entre os tratamentos que apresentaram CDE mínimo (2%) e máximo (8%), foi de 2 centavos/Kg de dieta produzida.

Ao aumentar o valor para 86 centavos de real Kg^{-1} de produto (cenário nº 5) (Tabela 26), os valores de CDEs aumentam em 14 centavos de real Kg^{-1} de dieta produzida, para todos os tratamentos. Como consequência, o valor de CDE 0% passou a ser o mais custoso entre os demais, conjuntamente com o CDE 8%. A diferença entre o CDE mínimo e máximo caiu para 1 centavo/Kg de dieta produzida.

Considerando o preço máximo deste alimento (1,26 real Kg^{-1} do produto) (Tabela 26) (cenário nº 6), os CDEs para todos os níveis de inclusão, em comparação com o cenário nº5, elevaram em 16 centavos/Kg de dieta

produzida. Entre os tratamentos, ao contrário do cenário nº 4, o CDE 0% apresentou o valor mais alto, e CDE 6%, o mais baixo.

Em geral, as variações de preços farelo de soja alteraram de forma mais significativa os valores de CDEs determinados para os tratamentos, em relação à variação de preços da AM. Ao passo que, este primeiro ingrediente tenha apresentado diferenças em CDEs entre os cenários nº 4, 5 e 6, entre 14 e 16 centavos de real Kg^{-1} de dieta produzida, e o segundo, somente alterou em 1 centavos Kg^{-1} de dieta produzida, entre os cenários nº 1,2 e 3. Estes resultados devem estar relacionados à maior amplitude entre os preços mínimo, médio e máximo apresentado pelo alimento a base de soja

Em relação aos CDPVs (Figura 27), ao utilizar em base de cálculos o preço mínimo do farelo de soja (cenário nº 4), a inclusão de 0% de AM foi a que demonstrou melhor eficiência e a de 2%, o pior resultado, para esta variável. Este tratamento, em comparação ao controle, aumentou o CDPV em 11%.

Já para o cenário nº6, o preço máximo deste alimento fez com que o CDPV proveniente da adição em 6% da AM, atingisse o menor custo, sendo o tratamento mais eficiente para esta variável. Logo, em relação ao controle, como pode ser observado na Figura 28, reduziu o CDPV em 3%.

Observando a oscilação de preços de AM e farelo de soja, em geral, demonstraram que o tratamento 6% foi o mais eficiente para as variáveis estudadas, excetuando a situação em que foi analisado o valor mínimo deste segundo ingrediente, em que o tratamento controle foi o menos custoso.

Comparando-se o efeito da variação de preços de farelo de soja sobre a viabilidade econômica das inclusões de AM em tilápia e em pacu, a diferenças apresentada para CDEs para o pacu foi maior do que a tilápia nilótica, atingindo valores de 14 a 16 centavos Kg^{-1} de dieta produzida, contra 8 centavos Kg^{-1} de dieta produzida. A explicação desta diferença pode estar relacionada à maior inclusão deste ingrediente em dietas experimentais para o ensaio de desempenho de pacu. Para esta mesma comparação, os preços de AM não alteraram os CDEs para estes peixes. Para o pacu, o tratamento com 6% de inclusão de AM, apresentou melhores resultados, diferentemente da tilápia nilótica, em que a inclusão de 8% do produto foi a que apresentou menor custo relacionado à nutrição.

6.3.2.3. Variação dos preços da farinha de peixe

Em função da variação dos preços do farelo de soja (mínimo, médio e máximo), foram obtidos os seguintes resultados, descritos na Tabela 27. Utilizando estes dados, foram feitos gráficos (Figuras 29 e 30) referentes aos custos de produção das dietas experimentais, aos CDPVs dos tratamentos e a comparação entre CDPV de 0% e dos demais tratamentos, considerando os respectivos preços.

Tabela 27. Valores de conversão alimentar (CA), custo das dietas experimentais (CDE), custo da dieta para formação de 1 Kg peso vivo (CDPV) e variação do CDPV entre 0% e os respectivos tratamentos, utilizando o preço mínimo da farinha de peixe, para a viabilidade econômica do desempenho de pacu.

Variáveis	Níveis de inclusão (%)				
	0	2	4	6	8
Preço mínimo da farinha de peixe (cenário 7): 1,10 R\$ Kg ⁻¹					
CA (Kg ração Kg ⁻¹ PV)	1,05	1,17	1,12	1,04	1,08
CDE (R\$ Kg ⁻¹)	0,91	0,91	0,92	0,91	0,92
CDPV (R\$)	0,96	1,06	1,02	0,95	0,99
Var. entre CDPVs	1,00	1,11	1,07	0,99	1,04
Preço médio da farinha de peixe (cenário 8): 1,45 R\$ Kg ⁻¹					
CA (Kg ração Kg ⁻¹ PV)	1,05	1,17	1,12	1,04	1,08
CDE (R\$ Kg ⁻¹)	0,97	0,96	0,96	0,96	0,97
CDPV (R\$)	1,02	1,12	1,08	1,00	1,04
Var. entre CDPVs	1,00	1,10	1,06	0,98	1,03
Preço máximo da farinha de peixe (cenário 9): 1,80 R\$ Kg ⁻¹					
CA (Kg ração Kg ⁻¹ PV)	1,05	1,17	1,12	1,04	1,08
CDE (R\$ Kg ⁻¹)	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01
CDPV (R\$)	1,07	1,18	1,13	1,05	1,09
Var. entre CDPVs	1,00	1,10	1,06	0,98	1,02

Figura 29. Custos de dietas experimentais para formação de 1 Kg de peso vivo do animal, relacionados ao desempenho do pacu.

Figura 30. Variações de custos de dietas experimentais para formação de 1 Kg (CDPV) das dietas contendo 0% e as demais inclusões da AM, relacionadas ao desempenho do pacu.

A variação de preços de farinha de peixe, descritos nos cenários econômicos nº 7, 8 e 9 (Tabela 27), como no caso da AM e do farelo de soja, também influenciou de forma significativa os CDEs obtidos para os tratamentos. Em cenário nº 7, o qual se utilizou valor mínimo deste ingrediente (1,10 reais Kg⁻¹ do produto), as dietas com 4% e 8% de AM apresentaram valores mais altos em relação a outras inclusões. Os custos entre as respectivas inclusões oscilaram 1 centavo por Kg⁻¹ de dieta produzida (Tabela 27).

Ao aumentar o preço deste alimento, de 1,10 para 1,45 reais Kg⁻¹ do produto (cenário nº 8), também foram observadas variações de CDEs em 1 centavo de real dentre os níveis de AM estudados (Tabela 27).

Para o valor máximo da farinha de peixe, o CDE referente ao tratamento 0% (Tabela 27), foi o mais alto. A variação de preços deste alimento, considerando os três cenários econômicos, gerou diferenças dentre as dietas experimentais. Como exemplo, utilizando como objeto de comparação, o CDE de 8% de AM, foi observada a diferença em custos de até 3 centavos, dentre os valores (mínimo, médio e máximo) utilizados.

Independente dos preços de farinha de peixe, o tratamento 6% foi o que apresentou melhores valores de CDPVs, devido a fato de estar relacionado com a eficiência apresentada por esta dieta experimental em disponibilizar os nutrientes necessários, visto que, a CA foi menor em relação a outras, inclusive do tratamento controle (Figura 30).

A variação dos valores de farinha de peixe gerou diferenças em valores de CDPVs entre os mesmos tratamentos. A diferença encontrada entre CDPVs, por exemplo, para a dieta 6% de inclusão de AM, entre os cenários econômicos nº 7, 8 e 9, foi de aproximadamente 5 centavos, sendo mais efetivo do que os CDPVs obtidos a se basear na mudança de preços da AM (cenários nº 1,2 e 3).

Ao relacionar os valores de CDPVs de 0% com os demais tratamentos, o tratamento 6% demonstrou-se como mais eficiente, por apresentar CDPVs mais baixos, para os três casos propostos. Diferentemente do farelo de soja, a oscilação de preços da farinha de peixe não alterou de forma significativa a esta relação, devido à menor inclusão deste nas formulações das dietas – testes em relação ao alimento vegetal. Assim como este alimento de origem animal, não houve maior influência da variante preço da AM sobre este indicador econômico.

De um modo geral, considerando os 9 cenários econômicos propostos para avaliar a viabilidade da inclusão de AM, em diferentes níveis inclusão, observaram-se pontos importantes, como a dependência dos custos de produção das dietas em função da eficiência na variável CA. Por esta razão, excetuando o cenário econômico nº 4, o tratamento 6% foi que apresentou melhor eficiência sobre estas variáveis estudadas, reduzindo em 2% os custos em relação ao controle. A inclusão de 2% de AM foi que apresentou maiores custos de produção relacionada à nutrição.

As variações de preços de farinha de peixe, de farelo de soja e da AM demonstraram que o tratamento 6% foi o que demonstrou ser mais viável economicamente, considerando os indicadores utilizados, em oposição aos resultados determinados para a tilápia nilótica, em que o tratamento com 8% foi o melhor economicamente. O pacu, independente dos níveis de inclusões de AM, demonstrou a melhor utilização deste ingrediente, demonstrando valores mais baixos de CDEs, CDPVs em relação a tilápia nilótica.

Para facilitar o entendimento das análises de viabilidade econômica realizada para o desempenho de tilápia nilótica e pacu, a Tabela 28 demonstra, em síntese os resultados obtidos.

-

Tabela 28. Resumo dos principais resultados obtidos relacionados à influência dos preços de AM, farelo de soja e farinha de peixe.

Ingredientes	Resultados
AM	Foram observados menores índices (custos), no caso da tilápia, para o nível de inclusão de 8% da AM, para qualquer variação de preços deste ingrediente, e para o pacu, 6% de inclusão de AM. Quanto menor for o preço, maiores serão os ganhos econômicos.
Farelo de soja	Foram observados menores índices (custos), para o nível de inclusão de 8% de AM para a tilápia e 6% para o pacu, desde que o preço deste ingrediente não atinja valor abaixo de 0,86 centavos/Kg do produto. Este alimento apresentou influência sobre a decisão de incluir ou não a AM em dietas para estes peixes.
Farinha de peixe	Foram observados menores índices (custos) para o nível de inclusão de 8% de AM para a tilápia nilótica e 6% para o pacu, para qualquer variação de preços deste ingrediente.

7. CONCLUSÃO

Os elevados valores de coeficientes de digestibilidade aparente obtidos demonstraram a eficiência da tilápia e do pacu em utilizar a proteína e energia dos ingredientes derivados do milho.

Em relação ao desempenho, a substituição de ingredientes como farelo de soja, farinha de peixe entre outros ingredientes pela água de maceração do milho pode ser realizada até em 8% de inclusão, uma vez que não houve diferenças significativas nos parâmetros zootécnicos avaliados. Podem ser verificados futuramente maiores níveis de adição do ingrediente teste nas dietas para tilápia nilótica e pacu. Adicionalmente, o uso deste ingrediente contribui para o meio ambiente, destinando-se de resíduos industriais para fins como a nutrição de peixes.

Independente da variação de preços da AM, do farelo de soja e da farinha de peixe, os tratamentos 8% e 6%, foram os que apresentaram menores índices relacionados a custos de produção, para as espécies tilápia nilótica e pacu, respectivamente.

8. 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**, n.5, p.1101 – 1109, 2004.

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, p. 374-380, 2008.

ABIMORAD, E.G. **Relações entre níveis de proteína e energia digestíveis em dietas com diferentes proporções de lipídios e carboidratos para o crescimento do pacu, *Piaractus mesopotamicus***. 2004. Dissertação (mestrado), Centro de aquicultura UNESP, Jaboticabal, 2004, 102p.

AIURA, F.S. **Ação do extrato de alecrim e fontes de óleo na qualidade de filés de tilápia nilótica.** 2007. Tese (Doutorado), Centro de aquicultura UNESP, Jaboticabal, 2007, 83p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, **Methods of Analysis.** 14 ed., Washington, DC, p.152-160. 1990.

ASCHE, F.; TVERAS°, S., On the Relationship Between Aquaculture and Reduction Fisheries. **Journal of agricultural economics**, v.55, n.2, 245-265, 2004.

BALDAN, A.P. **Avaliação da tolerância do pacu (*Piaractus mesopotamicus*).** 2008. Tese (doutorado), Centro de aquicultura, UNESP, Jaboticabal, 2008, 107p.

BARROWS, F.T. *et al.* Report of the plant products in aquafeed strategic planning workshop: an integrated, interdisciplinary research roadmap for increasing utilization of plant feedstuff in diet for carnivorous fish. **Reviews in Fisheries Science**, v. 16, n.4, p. 449 – 455, 2008.

BICUDO, A.J.A. **Exigências nutricionais de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887): proteína, energia e aminoácidos.** 2008. Tese (Doutorado), Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008, 103p.

BOSCOLO, W.R., *et al.* Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia nilótica(*Oreochromis niloticus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31., n.2, p. 539-545, 2002.

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

BOSTOCK, J. *et al.* Aquaculture: global status and trends. **Philosophical transactions royal society b**, v.365, p. 2897-2912, 2010.

BRINKER, A., REITER, R., Fish meal replacement by plant protein substitution and guar gum addition in trout feed, Part I: Effects on feed utilization and fish quality. **Aquaculture**, v.310, p.350-360, 2011.

CAMPOS, R.V.M, *et al.* **O estado da arte: aproveitamento de resíduos orgânicos para desenvolvimento de novos produtos**. Anais: FECILCAM, 2010, 10 p.

CEPEA/ESALQ/USP. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Base de dados. **Preços agrícolas**. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/>. Acesso em: 21 de abril de 2011.

CHO, C.Y; KAUSHIK, S.J. Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **World Revision and Dietetics**, London, v.61, p.132-172, 1990.

CHOVATIYA S.G. *et al.* Evaluation of corn steep liquor as a supplementary feed for *Labeo rohita* (Ham.) fingerlings. **Aquacult. Int** , v.19, p.1-12, 2011.

CYRINO,J. E.P. *et al.* A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista brasileira de zootecnia**, v.39, p.68-87, 2010.

DIAS J. *et al.* Practical diet with low fish-derived protein is able to sustain growth performance in gilthead seabream (*Sparus aurata*) during the grow-out phase. **Aquaculture**, v.293, p.255-262, 2009.

DIEGUES, A.C., Para uma aquicultura sustentável. **Banco Mundial/FAO**, artigo n.3, São Paulo, 2006.

DREW, M.D., *et al.* A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. **Animal Feed Science and Technology**, v.138, p.118-136, 2007.

FAO. **Fishery and Aquaculture Statistics. 2007.** Rome. FAO, 2009, 72p.

FAO. **Fishery and Aquaculture Statistics. 2008.** Rome. FAO, 2010, 21 p.

FRANKIC, A.; HERSHNER, C. Sustainable aquaculture: developing the promise of aquaculture. **Aquaculture international II**, p.517-530, 2003.

FURUKAWA, A. & TSUKAHARA, H.; On the acid digestion for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed. **Bull. Jpn. Soc. Fish.**, v.32, p.502–506, 1966.

FURUYA, W. M. *et al.*, Exigências Nutricionais. In: FURUYA, W.M. *et al.*(Ed) **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias.** GFM, Toledo. 2010. p. 25-42.

FURUYA, W.M. *et al.* Coeficiente de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para a tilápia nilótica(*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1143-1149, 2001.

GAMEIRO, A.H. **Avaliação Econômica Aplicada à Zootecnia: Avanços e Desafios.** In. SANTOS, M.V.; PRADA E SILVA, L.F.; RENNÓ, F.P.; ALBUQUERQUE, R. (ed.) **Novos Desafios da Pesquisa em Nutrição e Produção Animal.** Pirassununga: Editora 5D, 2009, 215p.

GATLIN III, D.M *et al.* Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture research**, v.38, p.551-579, 2007

GLENCOSS, B.D., *et al.* A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. **Aquaculture nutrition**, v.13, p.17-34, 2007

GONÇALVES, E. G., CARNEIRO, D. J., Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.779-786, 2003.

GONÇALVES, G.S. *et al.* Efeito da suplementação de fitase sobre a disponibilidade aparente de nutrientes em alimentos vegetais pela tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2155-2163, 2005.

GUEVARA, M.J.P. **Enriquecimento de zooplâncton com óleo de peixe na larvicultura de pacu, *Piaractus mesopotamicus* e curimatá *Prochilodus lineatus***. 2003. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003, 106p.

HANNESSON, R. Aquaculture and fisheries. **Marine policy**, p.169-178, 2003.

HANSEN, A.C. **Effect of replacing fish meal with plant protein in diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.)**. 2009. Tese (Doutorado), Universidade de Bergen, Noruega, 2009, 73p.

HARDY, R. W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture research**, v.41, p.770-776, 2010.

HASAN, M.R. **Nutrition and feeding for sustainable aquaculture development in the third millennium**. In R.P. Subasinghe, P. Bueno, M.J. Phillips, C. Hough, S.E. McGladdery & J.R. Arthur, eds. Aquaculture in the Third Millennium. Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium, Bangkok, Thailand, 2000. pp. 193-219.

HOFFMANN, R. **Estatística para Economistas**. 2.ed. São Paulo: Pioneira, 1991. 426p.

IEA. Instituto de Economia Agrícola. Base de dados. **Preços agrícolas**. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/index.php#>. Acesso em: 21 de abril de 2011.

INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE. **Starch & sweetener dictionary**. Disponível em: <HTTP://www.starch.dk>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2011.

KAUR, V.I; SAXENA, P.K, Incorporation of maize gluten in supplementary feed and its impact on growth and flesh quality of some carps. **Aquaculture international**, v.13, p.555-573, 2005.

KAVATA, L.C.B. *et al.* Substituição do milho *Zea mays* por milheto *Pennisetum americanum* em rações para alevinos de carpa-capim *Ctenopharyngodon idella*. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá v.27, n.1, p.91-94, 2005.

LEE, S.M., LEE, J.H. Effect of dietary glucose, dextrin and starch on growth and body composition of juvenile starry flounder *Platichthys stellatus*. **Fisheries science**, v.70, p.53–58, 2004.

LEE, S. Apparent digestibility coefficients of various feed ingredients for juvenile and grower rockfish (*Sebastes schlegeli*). **Aquaculture**, v. 207, p. 79– 95 2002.

LI, K. *et al.*, Replacing Fish Meal with Rendered Animal Protein Ingredients in Diets for Malabar Grouper, *Epinephelus malabaricus*, Reared in Net Pens. **Journal of the world aquaculture society**, v.40, n.1, 2009

MANKIW, N.G. **Introdução à Economia**. Trad. Allan Vidigal Hastings. 3.ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learnig, 2005. 852p.

MCGOOGAN, B.B.; REIGH, R.C. Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Scienops ocellatus*) diets. **Aquaculture**, Amsterdam, v.141, p.233-244, 1996.

MENEGHETTI, C.C., DOMINGUES, J.L., Características nutricionais e uso de subproduto da agroindústria na alimentação de bovinos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, n. 2, p.512-536, 2008.

MENTE, E. *et al.* White muscle free amino acid concentrations following feeding a maize gluten dietary protein in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture**, v.225, p.133-147, 2003.

MEURER, F. *et al.* Digestibilidade Aparente de Alguns Alimentos Protéicos pela Tilápia nilótica(*Oreochromis niloticus*), **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1801-1809, 2003 (Supl. 2)

MEURER, F. *et al.* Milheto em rações para tilápia nilótica(*Oreochromis niloticus*) durante a reversão sexual. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v.26, n.3, p. 323-327, 2004.

MOREIRA, I. *et al.* Utilização do Farelo de Germe de Milho Desengordurado na Alimentação de Suínos em Crescimento e Terminação – Digestibilidade e Desempenho. **Revista brasileira de zootecnia**, v.31, n.6, p.2238-2246, 2002.

MUIR, J.F.; YOUNG, J.A. Aquaculture and Marine Fisheries: Will Capture Fisheries Remain Competitive?. **J. Northw. Atl. Fish. Sci.**, v. 23, p.157–174 1998.

MUÑOZ, A.P.R.; **Utilização de carboidratos digestíveis em dietas para pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). 2005.** Tese (doutorado), Centro de Aquicultura UNESP, Jaboticabal, 2005, 141 p.

NASCIMENTO, W.C.A.; MARTINS, M.L.L. Produção de proteases por *Bacillus* sp SMIA-2 crescido em soro de leite e água de maceração de milho e

compatibilidade das enzimas com detergentes comerciais. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v.26, n.3, p.582-588, 2006.

NAYLOR, R.L. *et al.* Feeding aquaculture in an era of finite resource. **PNAS**, v.106, n.36, p. 15103 – 15110, 2009.

NAYLOR, R.L. *et al.* Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v.405, p.1017-1024, 2000.

NOSE, T. Recent advances in the study of fish digestion in Japan. In: **Symposium on feeding trout and salmon culture**, SC II-7, Belgrade, EIFAC, p.17, 1966.

NRC. **Nutrient Requirements of Fish**. In: National Academy Press, Washington, DC 1993, 114 p.

OLIVEIRA, A.M.B.M.S., *et al.* **Produção de characiformes autóctones**. In: CYRINO, J.E.P. Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva, TecArt, São Paulo, 2004, p.217-235.

OLIVEIRA FILHO, P.R.; **Coeficiente de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá, *Rhamdia quelen***. 2005. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005

OLIVEIRA FILHO, P.R.C.; FRACALLOSSI, D.M. Coeficiente de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1581-1587, 2006.

OSTRENSKY, A. *et al.* **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. In: A. Ostrensky, J.R. Borghetti, D. Soto. Brasília. 2008, 276 p.

OSTRENSKY, A.; BOEGER, W. **Piscicultura: fundamentos e técnicas de manejo**. Ed. Guaíba: Agropecuária, 211p. 1998.

PAES, M.C.D. **Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho**. Circular técnica v.75, Ed. EMBRAPA, 2006, 6p.

PASSOS, C.R.M.; NOGAMI, O. **Princípios de Economia**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. 632p.

PEREIRA T.G.; TELES, A.O., Evaluation of corn gluten meal as a protein source in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) juveniles. **Aquaculture Research**, v.34, p.1111-1117, 2003.

PEZZATO, L.E. *et al.* Digestibilidade Aparente de Ingredientes pela Tilápia nilótica(*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002

PEZZATO, L.E. *et al.* Valor nutritivo dos alimentos utilizados na formulação de rações para peixes tropicais. **Revista brasileira de zootecnia**, v.38, p.43-51, 2009.

POLESE, M.F. *et al.* Efeito da granulometria do milho no desempenho de juvenis de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.6, p.1469-1477, 2010.

RANA, K.J. *et al.* **Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production**. FAO, Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 541. Rome, FAO. 2009. 63p.

REGOST C., *et al.* Partial or total replacement of fish meal by corn gluten meal in diet for turbot (*Psetta maxima*). **Aquaculture**, v.180, p.99-117, 1999.

RODRIGUES, P.B. *et al.* Aminoácidos Digestíveis Verdadeiros do Milheto, do Milho e Subprodutos do Milho, Determinados com Galos Adultos Cecectomizados. **Revista brasileira de zootecnia**, v.30, p.2046-2058, 2001.

ROSS, L.G. *et al.*, Developing native fish species for aquaculture: the interacting demands of biodiversity, sustainable aquaculture and livelihoods. **Aquaculture research**, v.39, p.675-683, 2008.

ROTTA, M.A. **Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestório dos peixes relacionados à piscicultura**. Embrapa – Corumbá, MS, 2003. 49p.

RUSHTON, J. **The economics of animal health and production**. Cambridge: CABI, 2009. 364p.

SALLUM, W.B. *et al.* Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo de ingredientes da ração para o matrinhã (*Brycon cephalus*, GÜNTHER 1869) (Teleostei, Characidae). **Ciênc. Agrotec.** Lavras, v.26, n.1, p.174-181, 2002.

SAMUELSON, P.A. **Introdução à análise econômica**. Trad. Luiz Carlos do Nascimento Silva. 7.ed. Rio de Janeiro: Agir; Brasília: Instituto Nacional do Livro, 1972. 2v.,559p.

SANTOS, E.L. *et al.* Digestibilidade de ingredientes alternativos para tilápia nilótica(*Oreochromis niloticus*): revisão. **Revista Brasileira de Engenharia de pesca**, v.3, n. 2, 2008.

SAPKOTA, A., *et al.*, Aquaculture practices and potential human health risks: Current knowledge and future priorities. **Environment International**, v. 34, p.1215–1226, 2008.

SEBRAE/ESPM. **Aquicultura e pesca: tilápias**. Sumário Executivo. 2008, 47p.

SHAMSHAK, G.; ANDERSON, J., **Future Aquaculture Feeds and Feed Costs: The Role of Fish Meal and Fish Oil**. In: Rubino M. Offshore

Aquaculture in the United States: Economic Considerations, Implications & Opportunities. U.S. Department of Commerce; Silver Spring, MD; USA. NOAA Technical Memorandum NMFS F/SPO-103, 2008. Cap.4, p.73-97.

SHIPTON, T. A.; BRITZ, P. J. An assessment of the use of chromi oxide as a marker in protein digestibility with *Halotis midae* L. **Aquaculture**. vol. 203, p.69-83, 2001.

SILVA, M.J.M.S. **Níveis de inclusão do resíduo da indústria do milho (mazoferm) em substituição ao farelo de soja para vacas em lactação**. 2006. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2006.

SUBASINGHE, R., *et al.* Global aquaculture and its role in sustainable development. **Reviews in aquaculture**, v.1, p.2-9, 2009.

TACHIBANA, L. **Triticale na alimentação da tilápia nilótica**. 2007. Tese (Doutorado), Centro de aquicultura, UNESP, Jaboticabal, 2007, 54p.

TACON, A.G.J, FOSTER, I.P. Aquafeeds and the environment: policy implications. **Aquaculture**, v.226, p.181-189, 2003.

TACON, A.G.J, METIAN, M. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. **Aquaculture**, v.285, p.146-158, 2008.

TEIXEIRA, E.A. *et al.* Coeficientes de digestibilidade aparente de alimentos energéticos para juvenis de surubim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1180-1185, 2010.

TIDWELL, J.H; ALLAN, G.L. Fish as food: aquaculture's contribution. **EMBO reports**, v.2, n.11, p.958-963, 2001.

TVERA°S, S, TVERA°S,R., The global competition for wild fish resources between livestock and aquaculture. **Journal of Agricultural Economics**, v.61, n. 2, p.381–397, 2010.

URBINATI, E. C., GONÇALVES, F. D. **Pacu (*Piaractus mesopotamicus*)**. In: Bernardo Baldisseroto; Levy de Carvalho Gomes. (Org.). Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Santa Maria: Editora UFSM, 2005, p. 225-246.

VALENTI, W. C. **A aquicultura Brasileira é sustentável?**. IV Seminário Internacional de Aquicultura, Maricultura e Pesca, Aquafair, 2008, Florianópolis, 2008. p.1-11.

VALENTI, W. C.. **Aquicultura sustentável**. In: Congresso de Zootecnia, 12o, Vila Real, Portugal, Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. Anais. 2002, p.111-118.

VIDAL JR., M.V *et al.* Determinação da digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta do fubá de milho e do farelo de soja para tambaqui (*Colossoma macropomum*), utilizando-se técnicas com uso de indicadores internos e externos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2193-2200, 2004.

VIEIRA, J.S, *et al.* Efeito do processamento do milho sobre o desempenho e composição de carcaça de piaba (*Leporinus friderici*). **Ciênc. Agrotec.** Lavras, v.29. n.2, p.453-458, 2005.

WATANABE, A.L. **Suplementação com levedura desidratada (*Saccharomyces cerevisiae*) e derivados na alimentação de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*)**. 2006. Dissertação (mestrado), Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, USP, Pirassununga, 2006, 82p.

WILSON, R.P. Utilization of dietary carbohydrate by fish. **Aquaculture**, v.124, p.67-80, 1994.