



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS
AQUÁTICOS TROPICAIS**

ILLANA DE ARAUJO RIBEIRO

**CARACTERIZAÇÃO DE SILAGENS PRODUZIDAS A PARTIR DO RESÍDUO DE
BENEFICIAMENTO DA INDÚSTRIA DE PESCA**

**BELÉM
2019**

ILLANA DE ARAUJO RIBEIRO

**CARACTERIZAÇÃO DE SILAGENS PRODUZIDAS A PARTIR DO RESÍDUO DE
BENEFICIAMENTO DA INDÚSTRIA DE PESCA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Takata.

Co-Orientador: Prof. Glauber David A. Palheta.

**BELÉM
2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R484c Ribeiro, Ilana de Araujo
Caracterização de silagens produzidas a partir do resíduo de beneficiamento da indústria de pesca /
Ilana de Araujo Ribeiro. - 2019.
62 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Aquicultura e Recursos Aquáticos
Tropicais (PPGARAT), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural da Amazônia,
Belém, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Takata

Coorientador: Prof. Dr. Glauber David Almeida Palheta.

1. nutrição animal . 2. aproveitamento de resíduo. 3. silagem de pescado. I. Takata, Rodrigo , *orient.* II.
Título

CDD 639.209811

ILLANA DE ARAUJO RIBEIRO

**CARACTERIZAÇÃO DE SILAGENS PRODUZIDAS A PARTIR DO RESÍDUO DE
BENEFICIAMENTO DA INDÚSTRIA DE PESCA**

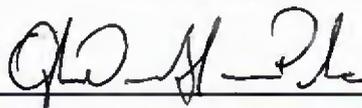
Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, para obtenção do título de Mestre

Aprovada em 30 de agosto de 2019.

BANCA EXAMINADORA,



Prof. Dr. Rodrigo Takata
Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro - FIPERJ
(Orientador)



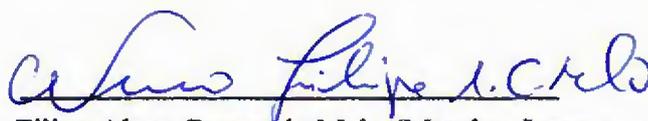
Prof. Dr. Glauber David Almeida Palheta
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA
(Co-Orientador)



Prof. Dr. Ronald Kennedy Luz (Membro Externo - Titular)
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG



Prof. Dr. Fábio Carneiro Sterzelecki (Membro Interno- Titular)
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA



Prof. Dr. Nuno Filipe Alves Correa de Melo (Membro Interno – Titular)
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

RESUMO

Em face da diminuição e o elevado preço das fontes proteicas e lipídicas de origem animal, como a farinha e o óleo de peixe, o aproveitamento dos resíduos da produção de pescado para gerar ingredientes de alta qualidade nutricional tem motivado os estudos nessa área, principalmente em relação à nutrição de organismos aquáticos. A silagem ácida de resíduo de pescado apresenta-se como alternativa na obtenção de material rico em proteína para ser utilizado na elaboração de ração animal. O presente estudo visou obter e caracterizar a silagem ácida de resíduo de dourada *Brachyplatystoma rousseauxii*, piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii* e pescada amarela *Cynoscion acoupa*, provenientes do beneficiamento da indústria da pesca. As silagens foram elaboradas com ácido acético como agente acidificante, sorbato de potássio como agente fungistático e ácido cítrico como agente antioxidante. Determinou-se a composição bromatológica das silagens quanto à umidade, lipídeos, proteínas e cinzas. O monitoramento do pH e da temperatura foi realizado durante os 30 dias de ensilagem. Adicionalmente avaliou-se a qualidade das silagens através das análises microbiológicas, a qualidade nutricional através da determinação do perfil de aminoácidos comparando por meio de escore químico (EQ) com os ingredientes farinha de peixe com 54 e 61% de proteína (FP54 e FP61), farinha de vísceras de aves (FVA) e farelo de soja (FS) e o índice de aminoácidos essenciais (IAAE). O pH e temperatura das silagens demonstraram estabilidade durante os 30 dias de ensilagem. O maior valor percentual de umidade foi encontrado para a silagem de dourada (71,33%), seguido da silagem de pescada amarela (69,40%) e piramutaba (66,73%). Para cinzas não houve diferenças estatísticas entre os resultados das silagens. Os teores de lipídeos foram superiores para as silagens de piramutaba (14,34%) e pescada amarela (13,53%). A maior quantidade de proteínas foi encontrada na silagem de dourada (16,31%), seguida da silagem de piramutaba (15,13%) e pescada amarela (14,53%). Com relação à análise microbiológica não foram constatadas a presença de *Salmonella*, bolores e leveduras, coliformes termotolerantes à 35° e 45°C e estafilo coagulase positiva. As quantidades dos aminoácidos lisina e ácido glutâmico estiveram em maiores concentrações em relação aos demais ácidos essenciais e não essenciais, respectivamente, em todas as silagens. Para a silagem de dourada, piramutaba e pescada amarela os valores de lisina foram de 9,78, 8,68 e 9,97%, e para o ácido glutâmico foram de 15,88%; 13,88%; 15,07%, respectivamente. Pelo EQ, o aminoácido triptofano foi o único em deficiência e o limitante na comparação da silagem de pescada amarela com o FS. Nas demais comparações, as silagens apresentaram valores superiores dos aminoácidos essenciais na comparação com os ingredientes selecionados. Os maiores valores de IAAE foram obtidos com a silagem de dourada, demonstrando ser uma fonte de proteína de melhor qualidade. Os resultados do estudo demonstraram que apesar das diferenças observadas na composição das silagens dos resíduos de dourada, piramutaba e pescada amarela, oriundos da indústria da pesca, todas podem ser consideradas ingredientes alternativos viáveis nutricionalmente como única fonte proteica por atender as exigências em aminoácidos essenciais, em dietas formuladas na substituição dos principais ingredientes proteicos utilizados na formulação de dietas para juvenis das espécies tilápia *Oreochromis niloticus* e truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* na aquicultura. No entanto, deve-se mencionar a importância dos testes das silagens em dietas práticas para as espécies em criação.

PALAVRAS- CHAVE: composição proximal, nutrição, proteínas, aminoácidos, piscicultura.

ABSTRACT

Due to the decrease and the high price of animal protein and lipid sources, such as fish meal and fish oil, the use of residues to generate high nutritional quality ingredients has motivated studies in this area, especially in relation to aquatic organisms nutrition. Acid silage from fish residue is an alternative to obtaining protein rich material used in the preparation of animal feed. The present study aimed to obtain and characterize the acid silage of gilged catfish residue *Brachyplatystoma rousseauxii*, piramutaba catfish *Brachyplatystoma vaillantii* and acoupa weakfish *Cynoscion acoupa* from the residues of processing industry. The silages were prepared with acetic acid as acidifying agent, potassium sorbate as fungistatic agent and citric acid as antioxidant agent. The bromatological composition of the silages was determined for moisture, lipids, proteins and ashes. Temperature and pH monitoring were performed throughout the process. Additionally, silage quality was evaluated through microbiological analyzes, nutritional quality through amino acid profile determination by chemical score (EQ) comparison with fish meal ingredients with 54 and 61% protein (FP54 and FP61), poultry viscera flour (AVF) and soybean meal (FS) and the essential amino acid index (IAAE). The pH and temperature of the silages showed stability during the 30 days of ensiling. The highest percentage moisture content was found in gilged catfish silage (71.33%), followed by acoupa weakfish silage (69.40%). For ash, there were no statistical differences between silage results. Lipid contents were higher in piramutaba catfish (14.34%) and acoupa weakfish (13.53%) silages. The highest protein content was found in gilged catfish silage (16.31%), followed by piramutaba catfish silage (15.13%) and acoupa weakfish (14.53%). Regarding microbiological analysis, Salmonella, mold and yeast, thermotolerant coliforms at 35 °C positive coagulase staph were not found. The amounts of amino acids lysine and glutamic acid were in higher concentrations than the other essential and nonessential acids, respectively. For gilged catfish silage, piramutaba catfish and acoupa weakfish lysine values were 9.78%; 8.68% and 9.97%, and for glutamic acid were 15.88%; 13.88%; 15.07%, respectively. By EQ, the amino acid tryptophan was the only one in deficiency and the limiting factor in the comparison of acoupa weakfish silage with FS. In the other comparisons, the silages presented higher values of the essential amino acids in comparison with the selected ingredients. The highest IAAE values were obtained with gilged catfish silage, proving to be a better quality protein source. All studied silages were able to meet the essential amino acid requirements for juveniles of the tilapia *Oreochromis niloticus* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* as the sole protein source. The results of the study showed that despite the differences in the silage composition of the gilged catfish, piramutaba catfish and acoupa weakfish residues from the fishing industry, all can be considered nutritionally viable alternative ingredients as a protein source in diets formulated to replace the main protein ingredients used in the formulation of diets for aquaculture. However, mention should be made of the importance of silage testing in practical diets for breeding species.

KEYWORDS: proximal composition, nutrition, protein, amino acids, fish farming.

OFEREÇO

*Primeiramente a DEUS que sempre
direcionou minha vida, faz maravilhas por
mim e é poderoso para fazer tudo muito mais
além daquilo que pedimos ou pensamos.*

DEDICO

*Aos meus pais Ronaldo e Eda pelo amor
incentivo e apoio incondicional. Por estarem
sempre perto nas horas difíceis. Em especial
minha mãe pelo incentivo, força e fé que me
impulsionavam em momentos de desânimo. Amo
vocês!*

*Ao meu querido esposo Joelson que sempre me
apóia e que não mede esforços para me ver feliz e
realizando meus sonhos. À minha doce filha
Sarah, fonte da minha alegria que me inspira e
me faz persistir. Com todo meu amor!*

*Ao meu avô Edson (in memorian) que não pode
esta neste momento importante, mas que sempre
torceu por mim... E à minha avó Elisabeth.*

*Aos tios, irmãos, sobrinhas e tantos outros entes
queridos, que contribuíram com apoio e foram
compreensivos nos momentos de ausência.*

A minha vitória também é de vocês!

AGRADECIMENTOS

Ao meu Orientador, Professor Dr. Rodrigo Takata pelo conhecimento compartilhado, dedicação e suas contribuições valiosas. Por cada minuto dispensado para me ajudar desenvolver o trabalho da melhor forma. Sua atenção foi inestimável. Gratidão eterna! Ao meu co-orientador, Professor Dr. Glauber Palheta por toda colaboração durante o percurso do mestrado. Sem a ajuda de vocês não seria possível.

Aos membros da banca examinadora Professor Dr. Ronald Kennedy Luz, Professor Dr. Fábio Carneiro Sterzelecki e Professor Dr. Nuno Filipe Alves Correa de Melo, por aceitarem o convite e pelas valiosas contribuições.

À Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, em especial ao Coordenador Professor Dr. Nuno Melo e a todos do corpo docente pelo conhecimento compartilhado durante as disciplinas ministradas.

À empresa Amazon Catfish Ltda pela doação dos resíduos e à minha amiga Suzanne Moraes, do controle de qualidade.

Agradeço também aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais da UFRA: Mara Rúbia, Rosinette (Net), Pedro, Pamella, Ana Carolina, Renata, Aretha, Sávio, Tiago Catuxo, Alex, Jéssica, Elideth, Weverton, Odair e Jeandria pelos momentos de descontração durante os módulos das disciplinas.

À Universidade do Estado do Pará, ao Laboratório de Tecnologia Alimentos do Centro de Ciências Naturais e suas Tecnologias, onde sou servidora. À coordenação Administrativa do Centro nas pessoas do Sr. Marcos Yanaguibashi e Gisele Faraon, que me auxiliaram na flexibilização dos meus horários durante os módulos do mestrado.

À minha amiga Bianca Muniz do Laboratório de Microbiologia de Alimentos por sua ajuda nas análises microbiológicas e pelos momentos de descontração e apoio juntamente com minha amiga Drielly do Laboratório de Química, em nossos cafés diários.

À minha amiga Elem que foi minha incentivadora desde o processo de seleção, me encorajando a fazê-lo.

A todos que direta e indiretamente me apoiaram e contribuíram para que esse estudo fosse possível.

Muito obrigada!

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1. Piramutaba <i>Brachyplatystoma vaillantii</i>	18
Figura 2. Dourada <i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>	19
Figura 3. Pescada Amarela <i>Cynoscion acoupa</i>	20
Figura 4. Produção de silagem fermentada e ácida.. ..	23

CAPITULO II

Figura 1. Material auxiliar para a elaboração das silagens (A); balança e moedor (B); pesagem do resíduo (C) ; recipientes de polipropileno para acondicionamento das silagens (D).....	44
Figura 2. Resíduos de beneficiamento da pesca da dourada (A) e pescada amarela (B), moagem (C) e silagem de resíduo da piramutaba (D).....	44
Figura 3. Processo liquefação durante a ensilagem. Biomassa após a adição do ácido (A); Cinco dias de ensilagem (B); Trinta dias de ensilagem (C).	45
Figura 4. Fluxograma para obtenção da silagem ácida de resíduo do beneficiamento da indústria pesqueira.....	45
Figura 5. Valores de temperatura (A) e pH (B) da silagens ácidas de dourada, piramutaba e pescada amarela durante o ensaio experimental.....	48

LISTA DE TABELAS

CAPITULO I

Tabela 1. Utilização de silagem ácida de pescado e níveis de inclusão utilizados nas dietas de organismos aquáticos.....30

CAPITULO II

Tabela 1. Análises bromatológicas das silagens de dourada *Brachyplatystoma rousseauxii*, piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii* e pescada amarela *Cynoscion acoupa*, antes e após o processamento.51

Tabela 2 . Análises microbiológicas dos resíduos das silagens de dourada *Brachyplatystoma rousseauxii*, piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii* e pescada amarela *Cynoscion acoupa*..52

Tabela 3. Perfil de aminoácidos essenciais (AAE) e não essenciais (AANE) (g.100g de proteína bruta) das silagens de dourada *Brachyplatystoma rousseauxii*, piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii* e pescada amarela *Cynoscion acoupa*.52

Tabela 4. Escore químico (EQ) e o índice de aminoácidos essenciais (IAAE) em relação aos ingredientes proteicos farinha de peixe com 54 e 61% de proteína bruta (FP 54 e FP61), farinha de vísceras de aves com 54% de proteína bruta (FVA) e o farelo de soja 54

SUMÁRIO

1-INTRODUÇÃO	11
2-OBJETIVOS	14
2.1-Objetivo Geral	14
2.2-Objetivos Específicos	14
CAPITULO I	15
3-REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1-Produção pesqueira na Amazônia - aspectos gerais no estado do Pará.	15
3.2- Espécies de importância comercial consideradas no estudo	17
3.3 - Aproveitamentos de resíduo da indústria de pesca	20
3.4-Silagem de pescado	21
3.4.1 - Histórico	21
3.4.3 - Tipos de processos de obtenção da silagem de pescado	23
3.4.4 - Silagem ácida de pescado.....	23
3.4.5-Aspectos Nutricionais da Silagem de Pescado.....	26
4 – A IMPORTÂNCIA DA PROTEÍNA NA NUTRIÇÃO DE PEIXES	28
5-APLICAÇÕES DA SILAGEM EM NUTRIÇÃO DE ORGANISMOS AQUÁTICOS	29
REFERÊNCIAS	31
CAPITULO II	40
PRODUÇÃO DE SILAGEM A PARTIR DO RESÍDUO DA PESCA NA AMAZÔNIA	40
RESUMO	40
ABSTRACT	40
Introdução.....	41
Material e Métodos.....	43
Matéria-prima	43
Preparo das silagens	43

Caracterização bromatológicas das silagens ácidas.....	45
Análises microbiológicas.....	46
Análise estatística	47
Resultados e Discussão.....	48
Conclusão	56
REFERÊNCIAS	56
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61

1-INTRODUÇÃO

A produção mundial de pescado oriunda da pesca ainda tem maior representatividade em comparação aos produtos oriundos da aquicultura. No entanto, essa tendência provavelmente mude nos próximos anos e, até 2030, estima-se que a aquicultura contribua com 60% do pescado para consumo humano. A pesca vem apresentando sinais de estagnação na sua produção, muito por causa da sobrepesca das principais espécies comercializadas, e cada vez mais o esforço de pesca aumenta para manter a produtividade (FAO, 2018). Nesse contexto, torna-se necessário o desenvolvimento de técnicas para o melhor aproveitamento desse pescado, por meio do aprimoramento das próprias técnicas de pesca e na criação de novos produtos para otimizar essa excelente fonte de proteína e lipídeos (PINTO et al., 2017).

Segundo dados da FAO (2018), em 2016 a produção mundial pesqueira foi de 171 milhões de toneladas. Dos 171 milhões de toneladas dessa produção pesqueira, mais de 151 milhões (88%) foi utilizado para consumo humano direto e cerca de 20 milhões (12%) foi utilizado para preparar farinha e óleo de peixe.

A produção de farinha de peixe alcançou seu máximo em 1994 (30 milhões de toneladas) e desde então sua produção vem diminuindo e sendo utilizada de forma mais racionalizada e seletiva para algumas fases da produção (FAO, 2018). Esse ingrediente é destinado principalmente nas formulações dietéticas para as fases iniciais de desenvolvimento e para algumas espécies carnívoras, que possuem elevada exigência por alguns aminoácidos essenciais que são limitantes em ingredientes de origem vegetal (HARDY, 2010; HAN et al., 2018).

O pescado inteiro ainda é a maior fonte para a produção da farinha e óleo de peixe no mundo; no entanto, o uso dos resíduos do processamento para a produção da farinha e óleo já é uma realidade. Nos últimos anos a representatividade da farinha de resíduos no mercado de insumos para ração vem aumentando, e em termos percentuais, esse volume representou de 25% a 35% do total de farinha e óleo de peixe, consumidos para fabricação de ração (FAO, 2018).

Em um passado não muito distante, os resíduos costumavam ser descartados como lixo; no entanto, com o incremento em pesquisas para desenvolver tecnologias para o aproveitamento dos resíduos do processamento do pescado, uma série de alternativas já estão

disponíveis no mercado para evitar o desperdício dessa matéria prima, seja pela transformação do resíduo para elaboração de farinha de resíduo para alimentação animal (NASCIMENTO, 2013), a aquisição de equipamentos para despolpar os resíduos do beneficiamento e utilizando-o e aproveitando para elaboração de novos produtos de carne mecanicamente separada - CMS (MELO et al., 2011), a utilização como fertilizantes pela compostagem (TOPPER, 2018) e o processo obtenção de silagem (OETTERER, 2014). Os investimentos nessa área são atrativos devido ao crescimento do volume de pescado processado, gerando uma grande quantidade de subprodutos que chegam a corresponder até 70% do pescado que é beneficiado (OLSEN et al., 2014).

No setor produtivo brasileiro, o aproveitamento de resíduos de pescado para produção de ingredientes, que possam servir para elaboração de formulações dietéticas que atendam as exigências dos organismos aquáticos não é uma prática corrente. No entanto, são práticas passíveis de serem conduzidas nas indústrias que beneficiam pescado, com o intuito de maximizar a produção, reduzir o impacto ambiental e aumentar a lucratividade do empreendimento (NACA/FAO, 2000; SUCASAS, 2011). Stevens et al. (2018), afirmaram que não se pode pensar numa expansão da aquicultura como fonte de alimentação sem buscar a sustentabilidade na cadeia produtiva como um todo, assim como a gestão estratégica do processamento dos subprodutos, considerando os mesmo como recursos valiosos e de qualidade.

Uma alternativa viável para o destino desses resíduos, que apresentam baixo valor comercial e seriam descartados de plantas processadoras de pescado, é a elaboração de silagem para produção de um ingrediente de alta qualidade para as dietas formuladas. (AMANCIO et al., 2010). Acredita-se que devido à semelhança desta fonte proteica do resíduo com a matéria-prima, a silagem tenha elevado potencial nutricional para a utilização na aquicultura. (BORGHESI; ARRUDA; OETTERER, 2007; TOPPE et al., 2018).

A silagem de pescado pode ser caracterizada como uma das formas de aproveitamento dos resíduos gerados na cadeia aquícola, da produção a industrialização e comercialização (VIDOTTI, 2011). É um produto líquido feito a partir de peixe inteiro ou partes dele, ao qual tenham sido adicionados ácidos ou bactérias produtoras de ácido lático. A liquefação da massa triturada ocorre basicamente pela ação das enzimas já presentes no pescado, em presença de ácido, propiciando condições adequadas para atuarem nos tecidos e limitando o crescimento de bactérias deteriorantes. Estas enzimas, responsáveis pela hidrólise proteica

originam um produto rico em peptídeos de cadeia curta e aminoácidos (BORGHESI; ARRUDA; OETTERER, 2007; PIMENTA; FREATO; OLIVEIRA, 2008; OETTERER; GALVÃO; SUCASAS, 2014).

A tecnologia de obtenção da silagem é simples, não implica uso de maquinários específicos, é um produto de fácil elaboração e que não exige altos investimentos, destacando-se que o produto não exala odores desagradáveis, não atrai insetos e não apresenta problemas de contaminação por microorganismos patogênicos, como a *Salmonella* spp. (VIDOTTI, 2011; SUCASAS, 2011; OETTERER; GALVÃO; SUCASAS, 2014).

A costa Norte do Brasil entre o Pará e Amapá, é considerada umas das áreas pesqueiras mais produtivas do país e estima-se que 40% da produção da pesca brasileira são originárias dessa região (ISAAC; ESPIRITO-SANTO; NUNES, 2008; MPA, 2011; ACEB, 2014). Esta riqueza faz com que o local seja um grande polo industrial de exploração de recursos pesqueiros. As indústrias de beneficiamento geram diariamente quantidades significativas de resíduos sólidos orgânicos, são eles, aparas do “toilete”, carne escura, peixes fora do tamanho ideal, cabeças, peles, carcaças e entre outros (PESSATI et al., 2003). Essas sobras são uma fonte rica para produção de ingredientes *i.e.* farinha e óleo de peixe e a silagem de peixe, de alta qualidade nutricional para o uso em dietas formuladas para os organismos aquáticos.

É dentro deste panorama onde temos o agronegócio da aquicultura em expansão, o crescimento da demanda por ingredientes de alta qualidade e resíduos da indústria de pesca que este projeto visa contribuir para exploração sustentável e racional dos resíduos originários do beneficiamento do pescado. Atualmente, grande parte desse resíduo é descartado e os resultados desse estudo indicará uma nova perspectiva para minimizar o impacto gerados da industrialização do pescado, por meio da elaboração de silagem como fonte alternativa de proteína de alta qualidade para a indústria de ração.

2-OBJETIVOS

2.1-Objetivo Geral

Elaborar e caracterizar as silagens ácidas a partir de resíduos do beneficiamento industrial da pescada amarela (*Cynoscion acoupa*), piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*) e dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii*).

2.2-Objetivos Específicos

1. Analisar a composição bromatológica do resíduo antes e após o processo de silagem;
3. Avaliar a qualidade das silagens através das análises microbiológicas para verificar a presença de *Salmonella* spp, fungos filamentosos e leveduras, *Staphylococcus* spp coagulase positiva e coliformes termotolerantes a 35°, dos produtos obtidos;
4. Determinar o perfil de aminoácidos das silagens;
5. Comparar por meio de escore químico (EQ) o perfil de aminoácidos das silagens com os de ingredientes tradicionais utilizados na formulação de dietas comerciais;
6. Calcular o índice de aminoácidos essenciais (IAAE) e indicar a proteína de melhor qualidade;
7. Avaliar a possibilidade do uso das silagens como fonte de ingrediente proteico para formulação de dietas para as espécies tilápia *Oreochromis niloticus* e truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss*.

CAPITULO I

3-REVISÃO DE LITERATURA

3.1–Produção pesqueira na Amazônia - aspectos gerais no estado do Pará.

Estudos recentes na área de estatística pesqueira demonstraram que a produção oriunda da pesca artesanal da Amazônia não é atualmente conhecida em sua totalidade, existindo apenas estatísticas agregadas (para os Estados) e descontínuas, publicadas pelo IBAMA e o extinto Ministério da Pesca e Aquicultura - MPA. A ausência de uma série histórica contínua e de larga escala para as espécies capturadas compromete bastante uma análise integrada da dinâmica da pesca comercial na região (CRUZ; ISAAC; PAES, 2017). O que existe atualmente são informações parciais sobre as quantidades desembarcadas em alguns dos centros urbanos da região (ISAAC et al., 2000; ESPIRITO-SANTO, 2002; BARTHEM; FABRÉ, 2004; ESPIRITO-SANTO; ISAAC, 2008).

Os rios Amazonas e Tocantins deságuam no Oceano Atlântico na costa Norte do Brasil. Esta área é chamada de Estuário do Amazonas, sendo que a linha da costa estende-se entre os estados do Pará e Amapá, que formam um ambiente aquático complexo de alta produtividade biológica, suportando uma biomassa considerável de espécies de peixes capturadas por frotas artesanais e industriais desses estados. Esta região é uma das mais produtivas do país (BARTHEM; GOULDING, 1997) e considera-se que 40% da produção pesqueira brasileira é originária desta área, sendo por este motivo, um importante polo industrial para exploração de pescado (OLIVEIRA; FREDOU; LUCENA, 2007). Por apresentar a maior diversidade de peixes de água doce do mundo, a Amazônia é considerada de grande importância para a pesca (LOWE-MCCONELL, 1999; SANTOS; SANTOS, 2005).

Na região amazônica, a pesca se destaca em relação às outras regiões brasileiras tanto pela sua área costeira quanto pelas águas interiores, por sua riqueza em espécies exploradas, pelo volume de pescado capturado, pela cultura da população, que esta ligada e dependente da atividade. Os recursos pesqueiros na região são amplamente explorados pela pesca artesanal e industrial, com frotas e apetrechos diversos (BARTHEM; FABRÉ, 2004).

A pesca industrial na Amazônia teve início em meados dos anos 60 quando o governo federal, através da agência da Superintendência do Plano de Valorização Econômica da

Amazônia (SPVEA), que foi criada com o objetivo de fortalecer economicamente os bens e serviços da região, passou a conceder incentivos para o setor pesqueiro (ALMEIDA; ALMEIDA, 2006). Os incentivos estavam relacionados principalmente com isenção de impostos e facilidades de financiamento, com a produção voltada principalmente para exportação (CARVALHO et al., 2004).

Na plataforma continental amazônica, a pesca industrial opera com barcos mais potentes, com comprimento a partir de 18 metros de comprimento para diversos peixes. (SILVA; SILVA; CINTRA, 2014). As capturas das espécies alvos são feitas com redes em parelha. Trata-se de uma pesca bastante específica, centrada principalmente na piramutaba (*B. vaillanti*) e outras espécies demersais como os pargos (*Lutjanidae*) e o camarão rosa (*Farfantepenaeus subtilis*) (BARTHEM et al., 1997; SANTOS; OLIVEIRA JUNIOR, 1999; BATISTA et al., 2004).

Nos estabelecimentos industriais que trabalham com pescado, o volume também é resultante da frota artesanal, que utiliza rede de emalhar direcionada à captura da pesca amarela (*C. acoupa*), gurijuba (*Aspinor parkeri*), dentre outras espécies, e o espinhel, onde tubarões e a gurijuba são as espécies mais representativas (OLIVEIRA et al., 2007; FRÉDOU et al., 2009).

O estado do Pará sempre se destacou no cenário pesqueiro do Brasil sendo um dos primeiros em volume de capturas. Essa informação foi destaque em uma análise de produção nacional de pescado por unidade da federação em 2014, onde o estado obteve um dos maiores volumes de captura de pesca extrativista, ficando atrás apenas de Santa Catarina em volume de produção marinha e produção total. (ISAAC; ESPIRITO-SANTO; NUNES, 2008; ACEB, 2014).

Devido à localização privilegiada e infraestrutura adequadas para o acesso das embarcações de grande porte, o estado do Pará, mais precisamente na cidade de Belém, surgiu uma maior quantidade de empreendimentos para a pesca industrial, que facilitou o escoamento da produção para o mercado externo (ALMEIDA et al, 2004; ALMEIDA; ALMEIDA, 2006).

3.2- Espécies de importância comercial consideradas no estudo

Dentre a frota de embarcações que realizam operações pesqueiras no estuário e nas águas costeiras, podem ser distinguidas duas categorias: frota industrial e frota artesanal. A frota industrial é a principal que abastece as empresas, foi planejada para explorar dois importantes recursos, a piramutaba e o camarão. Ruffino (2004) destaca que a dourada (Figura 1) e piramutaba (Figura 2) fazem parte das principais espécies comercializadas na região amazônica juntamente com a pescada amarela, considerada de bastante relevância nos volumes de desembarque no estado (MATOS; LUCENA, 2006).

No Pará, a piramutaba, a dourada e a pescada branca *Plagioscion squamosissimus* corresponderam a 53,7% da produção pesqueira local. Somente a piramutaba, obtida por meio da captura industrial e artesanal foi responsável por 19.689 ton, que corresponde a 33% da produção continental (IBAMA, 2007).

A piramutaba é uma espécie de bagre de água doce da família *Pimelodidae*, de importância para as atividades pesqueiras na calha do rio Amazonas e regiões menos salinas do seu estuário, sendo encontrada, principalmente, na foz Amazônica, no baixo Amazonas e na baía de Marajó. A piramutaba realiza uma migração anual entre a parte mais interna do estuário amazônico, sua área de criação e alimentação, e a região fronteira entre Brasil-Peru-Colômbia, sua área de reprodução (BARTHEM; GOULDING, 1997; BARTHEM, 2004).

A safra da piramutaba ocorre na estação chuvosa que compreende o período de fevereiro a abril, com maiores picos de produtividade em abril (safra), se concentrando no sistema Estuário-Amazonas-Solimões (EAS) e em áreas mais distantes da costa neste período do ano, devido à maior vazão do rio Amazonas e aos altos índices de pluviosidades. No período seguinte, a redução da vazão do rio Amazonas acarreta a retração do ambiente de água doce no estuário e cardumes de piramutabas sub-adultas (<42 cm) e adultas migram pelo rio Amazonas. Os exemplares que não migram se concentram na parte mais interna do estuário, onde são capturados pela frota artesanal até os meses de defeso, entre setembro e novembro (ZAGAGLIA et al., 2009 ; BARTHEM; GOULDING, 1997). A pesca artesanal ocorre em todo sistema EAS e quanto à industrial praticamente ocorre no estuário, concomitante à pesca artesanal (AQUINO, 2004; MATSUNAGA, 2012).

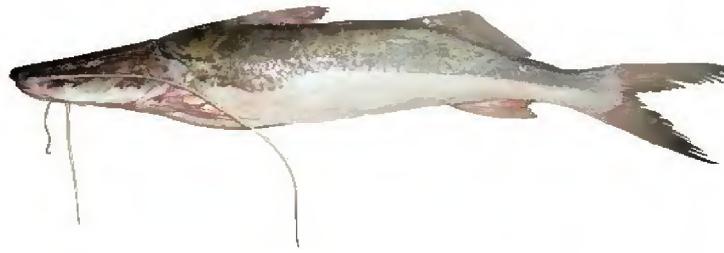


Figura 1. Piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii*. Fonte: <http://www.belem.pa.gov.br>

A dourada (*B. rousseauxii*) é uma espécie da família *Pimelodidae*, pertencente à ordem Siluriforme, possui ampla distribuição na bacia amazônica e apresenta comportamento migratório de longas distâncias. A distribuição dessa espécie abrange os territórios de sete países: Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana Francesa, Peru e Venezuela. Na bacia Amazônica, a espécie pode ser encontrada desde as cabeceiras, como rio Negro, Madeira, Purus, Juruá, Napo, Japurá e Branco, até as águas de baixa salinidade da foz Amazônica (região estuarina). Dentre os tributários, o rio Madeira, o maior do sistema Solimões/Amazonas, é o afluente onde a dourada é mais capturada (BARTHEM; GOULDING, 1997; FABRÉ; DONATO; ALONSO, 2000; GOULDING; BARTHEM; FERREIRA, 2003; REIS; KULLANDER; FERRARIS, 2003; HIJAZI; DORIA, 2005; BARTHEM; GOULDING, 2007).

A dourada é um recurso pesqueiro bastante explorado na região amazônica (CRUZ; ISAAC; PAES, 2017). A pesca de dourada na Bacia Amazônica representa mais de 18% do total de siluriformes comercializados (BATISTA et al., 2012). Por ser um peixe de meia água (região intermediária entre a superfície e o fundo do rio), é menos vulnerável às redes de arrasto da pesca industrial. A maior parte da captura de dourada se dá por meio de espinhel ou redes de emalhar. Os barcos artesanais representam a principal frota que explora a dourada, capturando-a desde o estuário até o alto Solimões (BARTHEM; GOULDING, 1997; FABRÉ; DONATO; ALONSO, 2000; FAO-COPESCAL, 2000).

Em 2002, no Estado do Pará, as capturas mais comuns foram compostas por peixes lisos, sendo a dourada uma das mais importantes em percentual de produção pesqueira, com 19,31% da produção total. Em 2011 a dourada contribuiu 14.486,1 toneladas para a produção de pescados no Brasil (IBAMA, 2005; MPA, 2011).

A pesca da dourada (*B. rousseauxii*) apresenta padrão sazonal associado ao ciclo hidrológico, no qual os meses de redução do nível do rio correspondem ao período de safra

(CRUZ; ISAAC; PAES, 2017). Grandes cardumes de dourada são capturados principalmente de agosto a outubro (BARTHEM; GOULDING, 2007).



Figura 2. Dourada *Brachyplatystoma rousseauxii*. Fonte: <http://www.belem.pa.gov.br>

Na década de 90 foram descritos os primeiros aspectos biológicos de abundância, composição por tamanho e crescimento da pescada amarela (*C. acoupa*) (Figura 3) na foz do rio Amazonas e Tocantins (SANYO TECHNO MARINE, 1998). A importância econômica da pescada amarela se deve à sua carne, que é considerada de excelente qualidade e também pelo “grude”, sua bexiga natatória, de onde é obtido a gelatina, que é utilizada na indústria de bebidas como emulsificantes e clarificante, como por exemplo, a indústria vinícola (CHAO, 1978; MENEZES; FIGUEIREDO, 1980; CERVIGÓN et al., 1992; CERVIGÓN, 1993; CARVALHO FILHO, 1998; BARLETTA; BARLETTA-BERGAN; SAINT PAUL, 1998; CAMARGO-ZORRO, 1999; TORRES, 1999; WOLF ; KOCH; ISAAC ,2000).

A pescada-amarela é uma espécie da família *Sciaenidae* que ocorre em todo litoral brasileiro e América do Sul. Seus espécimes juvenis são restritos às águas salobras e doces, e são encontradas em pequenos e grandes cardumes nadando próximo ao fundo. Alimentam-se principalmente de peixes e crustáceos e habita áreas de lodo, areia ou cascalho, entre 1 a 35 metros de profundidade. É a maior espécie do gênero no Brasil (SZPILMAN, 2000; CARVALHO - FILHO, 1999).

Seus hábitos alimentares foram descritos como espécie que se aproxima de águas mais rasas à noite para se alimentar de peixes com tamanhos de até 30 cm e crustáceos, e durante o dia é pouco ativa (WOLF; KOCH; ISAAC, 2000). Reproduz-se na primavera e verão e as larvas se desenvolvem em águas rasas de baixa salinidade. Classificada como estuarina dependente, utiliza o ambiente estuarino como berçário durante os primeiros dias de vida (GOMES, 2003).

No nordeste do Pará, por exemplo, as pescarias da pescada amarela ocorrem na plataforma continental, à aproximadamente 20 m de profundidade, sob fundos de sedimento fino. Os locais de pesca mais afastados das sedes municipais estão localizados ao longo da costa do Amapá até a Oiapoque, representando uma área preferida pelos pescadores do município de Vigia (94%). Os barcos menores (dos municípios de Augusto Corrêa, Curuçá e São Caetano de Odivelas) capturam preferencialmente em locais situados no entorno de seus municípios, em locais mais próximos do continente (MOURÃO et al., 2009). Os principais portos de desembarque de pescada amarela são: Belém, Bragança e Vigia (IBAMA, 2005).

A captura da pescada amarela ocorre durante o ano todo, em particular na estação seca, principalmente entre os meses de agosto e setembro (FREDOU; MATOS, 2006).



Figura 3. Pescada Amarela. *Cynoscion acoupa*. Fonte: <https://www.researchgate.net>

3.3 - Aproveitamentos de resíduo da indústria de pesca

As indústrias de pesca empregam diversos métodos de processamento do pescado para atribuir valor agregado ao produto final comercializado. Dentre estes métodos, destaca-se a filetagem, a qual transforma o peixe em filés e gera uma grande quantidade de resíduos. Estes resíduos consistem, principalmente, de vísceras, cabeças, ossos e escamas ou ainda de pequenos peixes inviáveis para o processamento (YANO; OIKARA; SATOMI, 2008; NGES; MBATIA; BJORNSSON, 2012).

O aproveitamento das sobras comestíveis das operações tradicionais de filetagem ou de corte em postas de pescado assume importância muito grande, pois minimiza os problemas de produção e o custo unitário das matérias primas. A maior justificativa, porém é de ordem nutricional, pois o resíduo de pescado constitui cerca de metade do volume da matéria-prima da indústria e é uma fonte de nutrientes de alta qualidade e baixo custo (ARRUDA; BORGUESI; OETTERER, 2007).

No processamento industrial são gerados resíduos ricos em minerais, proteínas e lipídeos, podendo apresentar significativo conteúdo de ácidos graxos poli-insaturados, principalmente, da serie omega 3 (STEVANATO et al., 2007; CIRNE et al., 2007; FELTES et al., 2010; NGES; MBATIA; BJORNSSON, 2012; KAFLE; KIM; SUNG, 2012), características que justificam seu aproveitamento nutricional como ingrediente alternativo para consumo animal, buscando dar subsídios para produção de ração de baixo custo e de boa qualidade, além de proporcionar desempenho produtivo equivalente àquelas formuladas por alimentos convencionais (OETTERER; GALVÃO; SUCASAS, 2014).

Grande parte destes resíduos são descartados em aterros sanitários, muitas vezes clandestinos, ou locais inapropriados, resultando em sérios impactos ao meio ambiente. Essas práticas contaminam o solo, os aquíferos, afetam a qualidade do ar, além dos corpos hídricos, danificando a qualidade da água e a vida dos organismos aquáticos (CHOWDHURY; VIRAGHAVAN; SRINIVASAN, 2010; LIMA, 2013).

Um aproveitamento e preservação para estes resíduos sólidos seria a produção de silagem, principalmente por apresentar vantagens econômicas, uma vez que exige tecnologia simples e independente de escala e utiliza material de baixo custo para a sua produção. Uma das principais vantagens deste processo é a redução dos custos de armazenamento, uma vez que não é necessário manter a silagem refrigerada (BORGHESI; HISANO, 2011).

3.4-Silagem de pescado

3.4.1 - Histórico

A silagem ácida foi desenvolvida na Finlândia em 1920 pelo professor Artturi Ilmari Virtanen, da Universidade de Helsinque, inicialmente para conservação de forragens. Invenção pela qual recebeu Nobel de química em 1945 pela colaboração nas descobertas nas áreas da agricultura e nutrição. Nesta silagem foram utilizados ácidos clorídrico e sulfúrico para conservação das forragens. A Suécia foi o primeiro país a produzir a silagem de pescado, em 1936, por Edin, a partir do método patenteado de Vitarnen, utilizando em seus experimentos uma mistura de ácido sulfúrico, clorídrico, fórmico e na adição de outros ingredientes como melação para conservação do pescado (RAA; GILBERG, 1982; TATTERSON; WINDSOR, 1974; DISNEY; JAMES, 1980).

Na década de 40 a tecnologia se expandiu para muitos países e sua produção alcançou fronteiras, dentre elas o Canadá (FREEMAN; HOOGLAND, 1956), o Reino Unido (TATTERSON; WINDSOR, 1974), a Austrália (BATTERMAN; GORMAN, 1980), a Noruega e a Alemanha (STROM; EGGUM, 1981).

Em escala comercial somente na Polônia e Noruega utilizaram a tecnologia de obtenção da silagem de pescado, sendo usado uma mistura de ácido fórmico e ácido sulfúrico (RAA; GILDBERG, 1982; SALES, 1995). A Dinamarca atingiu em 1980, a produção anual de 46.000 toneladas (JOHNSEN, 1981). Na Polônia, onde o ácido sulfúrico e o ácido fórmico são usados em mistura ou separadamente, a produção foi por volta de 7.000 toneladas por ano (RAA; GILDBERG, 1982). Nos países do sudeste asiático, a técnica foi difundida para aproveitamento de pescado de baixo valor econômico e para minimizar problemas ambientais, relativos a odores e ao descarte do material orgânico (PETERSEN, 1953; POULTER et al., 1980; VAN WYK; HEYDENEYCH, 1985).

3.4.2 – Definição e princípio de conservação da silagem de pescado

Tatterson, (1982) denominou a silagem como “proteína líquida de pescado”, onde sua liquefação é causada por enzimas presentes no peixe e é acelerada pelo ácido que, além de criar condições adequadas para que as enzimas funcionem, limita o crescimento de bactérias patogênicas, como *Salmonella* spp e *Clostridium butulinum*. De acordo com Ogawa e Maia (1999) a silagem de pescado “é um produto liquefeito obtido a partir de peixe inteiro, impróprio para o consumo humano ou de resíduos do beneficiamento do pescado”, onde as enzimas do peixe hidrolisam o material (proteínas, lipídios e etc.), realizando a liquefação.

O princípio de conservação da silagem consiste em acidificar o pH da massa triturada, deixando livre a ação das enzimas próprias do tecido, que terminam liquefazendo o produto (VIDOTTI, 2011). Outros autores definem silagem como um produto com consistência semi-pastosa, quase líquida, produzida a partir do pescado inteiro ou parte dele, ao qual tenham sido adicionadas enzimas ácidas ou bactérias produtoras de ácido lático, resultando na liquefação da massa, oriunda da ação das enzimas presentes no próprio pescado (BORGHESI, ARRUDA, OETTERER, 2007).

De maneira geral, o processo de produção de silagem consiste na redução do pH para valores inferiores a 4,0, inibindo o crescimento de microorganismos deteriorantes e patogênicos, prevenindo a oxidação da matéria-prima, a redução no teor de proteína bruta e o

aumento de teor de nitrogênio solúvel (não proteico), acompanhado de um aumento no teor de aminoácidos livres e de peptídeos de cadeia curta (PIMENTA, FREATO, OLIVEIRA, 2008; BORGHESI, ARRUDA, OETTERER, 2007).

3.4.3 - Tipos de processos de obtenção da silagem de pescado

Vidotti (2011) cita basicamente duas metodologias que podem ser utilizadas na obtenção desse produto: pela adição de ácidos minerais ou orgânicos, como por exemplo: ácido fórmico, sulfúrico, clorídrico, propiônico, fosfórico, ácido acético, entre outros; ou pela adição de microorganismos produtores de ácido lático juntamente com uma fonte de carboidratos, por exemplo, melão de cana. Essas silagens são denominadas, química ou ácida e, fermentadas ou biológicas. Abaixo a Figura 4 descreve, de modo geral, a forma de obtenção de silagem ácida e silagem fermentada.

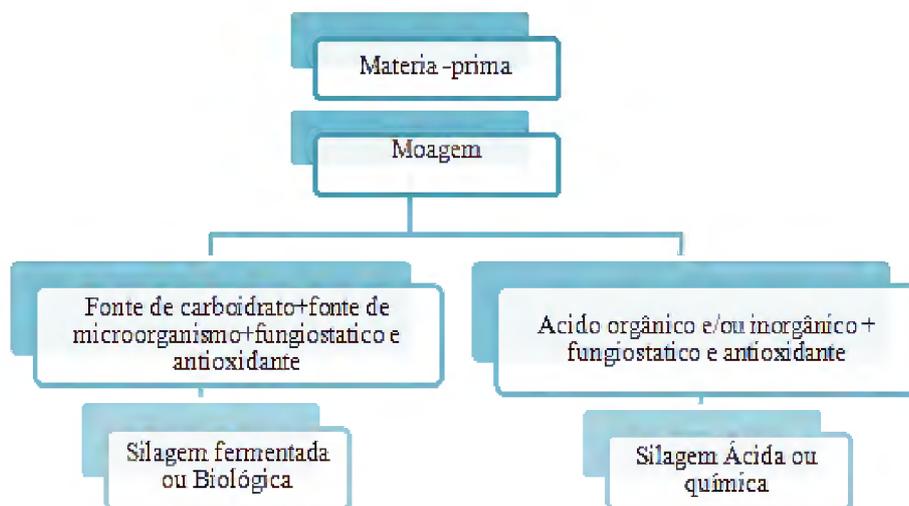


Figura 4. – Produção de silagem fermentada e ácida. Fonte: VIDOTTI (2011).

3.4.4 - Silagem ácida de pescado

A silagem ácida de pescado é o produto resultante da mistura de ácidos aos subprodutos da pesca ou aquicultura. O princípio fundamental para que ocorra a preservação

do ensilado de pescado é que o ácido orgânico ou inorgânico diminua o pH da biomassa, evitando a putrefação e ativando as enzimas presentes para que promovam a hidrólise do material (OLIVEIRA et al., 2013; CARMO et al., 2008).

Um dos pontos principais na elaboração da silagem ácida é a escolha do agente acidificante. Esta escolha depende basicamente do custo, disponibilidade e ação bacteriostática, sendo possível a utilização de ácido orgânico, inorgânico ou a mistura desses dois (SUCASAS, 2011). Na maioria dos trabalhos realizados com silagens ácidas de pescados os agentes acidificantes são selecionados de acordo com a matéria prima. Os ácidos mais utilizados para conservação da silagem são: o ácido sulfúrico, ácido acético glacial e ácido fórmico ou a mistura destes (v/p) (GILDBERG, 1991; MAIA; SALES, 2013; BANZE et al, 2017; TOPPE et al, 2018).

A digestibilidade de alguns nutrientes da silagem podem ser otimizadas pela adição de ácidos à silagem e contribuir com a diminuição do número de bactérias patogênicas, favorecido pela redução do pH. Diversos ácidos inorgânicos e orgânicos podem ser utilizados para acidificação. Entre os orgânicos temos exemplos do ácido cítrico, acético, fosfórico e propiônico (VIELMA LALL, 2006; HISANO; BORGUESI, 2011). Os minerais ou inorgânicos como, por exemplo, ácido sulfúrico, clorídrico por seu alto poder ionizante podem resultar em material com maior acidez, sendo recomendada sua neutralização para utilização em dietas para animais. (KOPIANG et al, 1981; DONG et al, 1993; KJOS et al, 2000).

Na a escolha do ácido destinado à confecção da silagem devem-se levar em consideração alguns fatores, como periculosidade, risco ao meio ambiente, à saúde, acessibilidade e custo. Dentro desta classificação, o ácido cítrico é indicado, porque é um ácido orgânico barato, no entanto deve combiná-lo com outro ácido orgânico afim de obtenção de um material mais estável. (GAO, et al., 1992 ; BENITES; SOUZA-SOARES 2010, SUCASAS, 2011; HISANO; ISHIKAWA; PORTZ, 2012). Em geral, os ácidos orgânicos são os mais usados na alimentação animal devido a baixa toxicidade ao organismo humano, boa solubilidade, além de manter a intensidade e a palatabilidade do ingrediente (SOCCOL, 2002; VIOLA; VIEIRA, 2007).

Para o preparo da silagem ácida, a matéria prima, preferencialmente deve se apresentar em pequenos pedaços ou moída. Em seguida faz-se a adição do ácido até que a liquefação ocorra. A estocagem segue em temperatura ambiente para iniciar as alterações bioquímicas

naturalmente. O revolvimento da mistura deve ser realizado periodicamente para que o resíduo moído entre em contato com o ácido, pois o material que não estiver em contato pode entrar em putrefação. A obtenção e uniformidade desejada dependem deste revolvimento para iniciar o processo de silagem (GALVÃO; OETTERER, 2014).

O pH ácido e o teor de umidade das silagens, próximo de 70%, favorecem o crescimento de fungos e dessa forma utiliza-se fungiostático na elaboração das silagens, como por exemplo o BHT (butilhidróxido tolueno) e o sorbato de potássio. Esses são adicionados à mistura na proporção de 0,1%, como recomendado por Vidotti (2011). O NaCl (cloreto de Sódio) na proporção de 2% foi utilizado com sucesso por Fogaça e Legat (2009), e como antioxidante o ácido cítrico (VASCONCELOS; MESQUITA; ALBUQUERQUE, 2011), pois o elevado teor de lipídios no material necessita da adição de antioxidante.

A atividade das enzimas proteolíticas presentes no pescado, que são responsáveis pela hidrólise proteica e lipídica do material, é acelerada por adição de ácidos fracos ou fortes, fazendo com que essas enzimas alcance a atividade ótima de hidrólise na faixa de pH de 2,0 - 4,0. (SANTANA-DELGADO; AVILA; STELO, 2008).

Vários autores afirmaram que a estabilidade da silagem é dependente do pH, sendo recomendado valores inferiores a 4,5 (BENITES; SOUZA-SOARES, 2010; CARMO et al, 2008). O pH abaixo de 4,0-4,5 é considerado ideal pois favorece o potencial de atividades de algumas enzimas, sendo esta atividade responsável pela liquefação através da autólise da matéria ensilada. Além de favorecer a atividade enzimática, a redução do pH impede a deteriorização e proliferação de microorganismos patogênicos nas silagens de pescado, atuando como agente bacteriostático (VIDOTTI, 2011; GALVÃO; MAIA; SALES, 2013; OETTERER, 2014). O pH ótimo de algumas enzimas presentes nas células dos tecidos do pescado, principalmente nas vísceras, contêm pequenas organelas denominadas de lisossomas, que possuem no seu interior um grande número de enzimas hidrolíticas, tais como catepsinas, fosfatases, nucleases, lípases, proteases e colagenases, que se caracterizam por apresentar um pH ótimo de atividade na faixa ácida de 3,5 (MARCHUSCHI et al., 2010, TATTERSON; WINDSOR, 1974).

Lindgren e Pleje (1983) demonstraram existir uma relação entre o pH e teor de nitrogênio não-proteico, sendo que, à medida que diminui o pH a atividade proteolítica de certas enzimas é favorecida. Tais enzimas atuam sobre as proteínas do tecido muscular do pescado produzindo a autólise que conduz ao aumento do conteúdo de amônia, aminas,

aminoácidos e peptídeos, de caráter básico, dificultando a capacidade de armazenagem do material e neste sentido faz-se necessário o incremento do pH, corrigindo-o e favorecendo a produção de ácido por parte das bactérias lácticas.

3.4.5-Aspectos Nutricionais da Silagem de Pescado

Os principais nutrientes no contexto da formulação de rações são os lipídeos, fonte de energia e ácidos graxos poli-insaturados e as proteínas, fonte primária de aminoácidos. (PORTZ; FURUYA, 2012). Juntamente com as proteínas, os lipídeos têm o papel fundamental na fisiologia dos peixes, pois são considerados os principais constituintes orgânicos dos tecidos corporais, desempenhando múltiplas funções, entre elas: principal fonte de energia metabólica; manutenção da estrutura, permeabilidade e estabilidade das membranas celulares; fonte de ácidos graxos essenciais; transportes para outros nutrientes (ex.: vitaminas lipossolúveis) e precursores hormonais e de moléculas bioativas. (GARCIA et al, 2012).

O valor nutricional da silagem de pescado decorre da elevada digestibilidade da proteína, devido este constituinte sofrer intensa hidrólise, favorecendo um perfil equilibrado de proteína, peptídeos e aminoácidos livres (HALL, 1985; BACKHOFF, 1976; DISNEY; JAMES, 1980; MORALES-ULLOA; OETTERER, 1997). Apesar das alterações nas estruturas físicas e químicas do peixe, o valor nutricional da silagem é semelhante ao material que lhe deu origem, variando, consideravelmente, com o tipo de matéria-prima empregada, particularmente quanto ao teor de lipídios (DISNEY; 1977; HAARD et al., 1985; KOMPIANG, 1981). O tempo de estocagem não deve ser prolongado, a fim de evitar as perdas nutricionais. Arruda et al. (2006) e Borghesi e Oetterer (2007) afirmaram também, que a composição centesimal da silagem varia de acordo com a espécie, até mesmo entre espécies, dependendo da época do ano, período reprodutivo e sexo.

O grau de hidrólise pode ser utilizado como um critério da qualidade, pois se ocorrer autólise intensa o produto fica prejudicado, isto porque os peptídeos de cadeia curta são melhor aproveitados do que os aminoácidos livres (DABROWSKI et al., 2010). Após 30 dias de estocagem, cerca de 75 a 85% do teor de nitrogênio se apresenta na forma solubilizada (TATTERSON; WINDSOR, 1974). Geralmente o triptofano é o aminoácido essencial encontrado em menor quantidade nas silagens (ARRUDA et al, 2004). Os autores, Santana –

Delgado, Avila e Stelo (2008) atribuíram este fato às condições ácidas em que o triptofano é submetido, tornando-se instável nessas condições. A silagem pode ser utilizada após uma semana e até um mês de estocada, apresentando composição semelhante à da matéria-prima, alta digestibilidade com presença integral dos aminoácidos constituintes do pescado e, portanto, pode ser destinada ao uso em dietas formuladas (OETTERER, 1999).

O produto oriundo da silagem de resíduos pesqueiros possui potencial como fonte de proteínas, e sua composição de aminoácidos pode ser considerada adequada para a nutrição das espécies dos organismos aquáticos (BORGUESI; OETTERER, 2007; AMANCIO et al, 2010; VIDOTTI, 2011). A silagem possui alto valor nutricional e biológico para a alimentação animal, conservando a qualidade proteica do produto, particularmente de aminoácidos como a lisina e a metionina (RISTIC; FILIPOVIC; SAKAC, 2002), que são os principais limitantes em dietas com alta inclusão de proteína de origem vegetal (ABIMORAD et al., 2009; ABOMORAD; FAVERO; CARNEIRO, 2010; HARDY, 2010; VIDOTTI, 2011, CYRINO, 2013; HAN et al,2016).

4 – A IMPORTÂNCIA DA PROTEÍNA NA NUTRIÇÃO DE PEIXES

As proteínas formam os principais constituintes orgânicos dos tecidos dos organismos aquáticos e sua qualidade está em partes relacionado com o perfil de aminoácidos essenciais e não essenciais e seu balanço na alimentação. Os aminoácidos livres (hidrolisados) são distribuídos pela corrente sanguínea para a formação de órgãos e tecidos, anticorpos, hormônios, enzimas, transportes de minerais e para peixes carnívoros são as principais fonte de energia (NRC, 2011; DABROWSKI; GUDERLEY, 2002; DABROWSKI et al., 2007).

A alimentação é um dos fatores fundamentais para o desenvolvimento correto e saudável dos animais. Na nutrição de peixes por conta de inúmeras espécies com potencial para cultivo, muitos desafios devem ser enfrentados, principalmente no que se refere a biodisponibilidade das proteínas (COSTA et al., 2009; BITTENCOURT et al., 2010; LUCHESE et al., 2014).

Alguns fatores que determinam a exigência em proteínas na aquicultura, entre eles são: a qualidade da fonte proteica, a fonte de energia não proteicas, sistema de produção, temperatura da água do viveiro, taxa de arraçoamento, oferta de alimentos natural nos viveiros, dentre outros (FRACALOSSO; CYRINO, 2013; NRC, 2011). O conhecimento das exigências nutricionais das espécies e do valor biológico dos ingredientes, equilibrando os teores de aminoácidos nos alimentos, é de extrema importância para o equilíbrio nas dietas e para uma melhor utilização dos nutrientes, com resultado direto desempenho dos peixes, impactando positivamente nos custos de produção. (LIMA; SILVEIRA; TUESTA et al., 2015).

5-APLICAÇÕES DA SILAGEM EM NUTRIÇÃO DE ORGANISMOS AQUÁTICOS

A utilização de silagem ácida de pescado como ingrediente proteico em dietas para peixes se justifica pelo seu valor nutricional, muitas vezes semelhante ao da farinha de peixe, principal ingrediente proteico de origem animal utilizado em dietas na aquicultura (BANZE, 2015; FAO, 2018).

Um aproveitamento e preservação para os resíduos sólidos da pesca e aquicultura seria a produção de silagem, principalmente por apresentar vantagens econômicas, uma vez que exige tecnologia simples e independente de escala, com o uso de material de baixo custo para a sua produção. Uma das principais vantagens deste processo é a redução dos custos de armazenamento, uma vez que não é necessário manter a silagem refrigerada (BORGHESI; HISANO, 2011).

Neste sentido, vários estudos foram realizados para identificar fontes alternativas de proteínas, o que permitiria uma redução dos gastos dos alimentos para animais aquáticos, pois os custos com alimentação representam entre 50 e 70% na produção em uma piscicultura, dependendo do sistema de produção e a intensificação adotada (CYRINO et al, 2010; DAIKIRI; SILVA, 2011). Desta forma, faz-se necessário o desenvolvimento e produção de dietas que sejam viáveis em termos de custos, economicamente atraentes e com nutrientes que sejam melhor absorvidos pelos animais, menos descarga de resíduos orgânicos (provenientes da alimentação e das fezes) para o ambiente, que aumentem o desempenho zootécnico das espécies, assim como o desenvolvimento e sobrevivência dos animais (CYRINO et al, 2010; LUNDSTEDT ; PORTZ ; FURUYA, 2012; RODRIGUES; MORO, 2016).

Benites (2003) utilizou a farinha de silagem ácida como ingredientes para elaboração de dietas extrusadas e peletizadas. A farinha de silagem, a partir de sua secagem, foi considerada um produto com alto valor proteico e de minerais. Esse ingrediente, em complemento com outros de origem vegetal, tornou-se uma excelente fonte de nutrientes para a dieta animal.

A seguir observam-se, na Tabela 1, algumas pesquisas relacionadas com a utilização de silagem ácida de pescado como ingrediente na nutrição de organismos aquáticos em suas fases de desenvolvimento.

Tabela 1. Composição de silagem ácida de pescado e níveis de inclusão utilizados nas dietas de organismos aquáticos.

Tipo de resíduo Silagem	Ácido e Concentração (%)	% umidade	% Proteínas	% Extrato Etéreo	% Cinzas	Aplicação	Nível de Inclusão	Referência
Descarte de processamento de Tilápia	Ácido fórmico 2% Ácido fosfórico 3%	*	33,7	21,5	37,4	Dietas para juvenis de camarões <i>L. vannamei</i>	6%	Gonçalves et al.,(2019)
Visceras de Atum-Bonito	Ácido Acético 10%	**	66,9	11,2	12,0	Dietas para juvenis de jundiá (<i>Rhamdia quelen</i>). (15,64g)	20%	Banze (2015)
Descarte de processamento espécie <i>Cyphocharax voga</i>	Ácido Acético 10%	*	*	*	*	Dietas para alevinos de jundiá (<i>Rhamdia quelen</i>) (1,73± g)	Substituição proteica até 50%.	Enke et al., (2013).
Descarte do processamento da Sardinha	Ácido sulfúrico e Ácido fórmico (3:1)	45,46	15,52	4,48	23,78	Dietas para Black Bass (<i>Micropterus salmoides</i>)(22g)	15%	Arruda et al., (2009)
Descarte do processamento de Zoiudo (<i>Geophagus surinamensis</i>)	Ácido sulfúrico 1% Ácido fórmico 1%	**	6,6	6,5	5,5	Dietas para Tilápia do Nilo (2,0-3,5g)	58%	Abimorad et al., (2009)
Descarte de processamento de Tilápia	2% de Ácido fosfórico e 3% de Ácido acético	**	30,63	47,89	14,2	Dietas para juvenis Piauçu (<i>Leporinus macrocephalus</i>) (2,0-3,5g)	8%.	Fernandes et al.,(2007)
Descarte de processamento de Tilápia	2% de Ácido fosfórico e 3% de Ácido acético	62,54	11,48	17,94	5,29	Dietas para juvenis Piauçu (<i>Leporinus macrocephalus</i>) (2,0-3,5g)	8%.	Bueno, (2006)

*Não informado. **expresso em matéria seca.

REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E. G. et al. Silagem de peixe em ração artesanal para tilápia-do-nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 5, p. 519–525, 2009.
- ABIMORAD, E. G.; FAVERO, G. C.; CARNEIRO, D. J. Dietary digestible lysine requirement and essential amino acid to lysine ratio for pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture Nutrition**, v. 16, p. 370-377, 2010.
- ALMEIDA, O. T. et al. **A indústria pesqueira na Amazônia: Relatório de Pesquisa do Pró-Várzea**: Brasília: Ministerio do Meio Ambiente, 2004.
- ALMEIDA, O. T.; ALMEIDA, B. Caracterização e análise financeira da indústria pesqueira. In: ALMEIDA, O. T. **A indústria pesqueira na Amazônia**. Manaus: IBAMA/Pró-várzea, 2006.
- AMANCIO, A. L. de L. et al. Valor Nutricional da Silagem de Pescado e Utilização na Alimentação Animal. **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, v. 10, n. 1, p. 79–93, 2010.
- ARRUDA, L. F. de. **Aproveitamento do resíduo do beneficiamento da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) para obtenção de silagem e óleo como subprodutos**). Dissertação (Mestrado em Ciencia e Tecnologia de Alimentos). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2004.
- ARRUDA, L. F. et al. Nutritional aspects of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) silage. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v.4, n. 26, 2006.
- ARRUDA, L.; BORGHESI, R.; OETTERER, M. Use of fish waste as silage - A review. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, n. 5, p. 879–886, 2007.
- ARRUDA, L. F. de. et al. Fish silage in black bass (*Micropterus salmoides*) feed as an alternative to fish meal. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. 5, p. 1261–1266, 2009.
- ACEB-Associação Cultural e Educacional do Brasil. **1º Anuario Brasileiro de Pesca e Aquicultura 2014**. Brasil: Aceb. Disponível em: http://formsus.datasus.gov.br/novoimgarq/16061/2489520_218117.pdf. Acesso em: 09 mai. 2019.
- AQUINO, K. **Variabilidade genética da piramutaba - *Brachyplatystoma vaillantii*(Valenciennes, 1840) (Siluriformes: Pimelodidae) no sistema Estuário-Amazonas-Solimões**. Dissertação (Mestrado em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva).Manaus: INPA/UFAM, 2004.
- BACKHOFF, H.P. Some chemical changes in fish silage. **Journal of Food Technology**. v. 11, 1976.

BARLETTA, M.; BARLETTA-BERGAN, A.; SAINT-PAUL, U. Description of the fisheries structure in the mangrove dominated region of Bragança (State of Pará, North Brazil). *Ecotropica*, v.4, p. 41-53, 1998.

BARTHEM, R. B.; GOULDING, M. **Os bagres balizadores. Ecologia, migração e conservação de peixes amazônicos.** Sociedade Civil Mamirauá: MTC-CNPQ-IPAAM, 1997.

BARTHEM, R. B.; FABRÉ, N. N. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia. In: RUFFINO, M. L. **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia Brasileira.** Manaus: Ibama/ ProVárzea, 2004.

BARTHEM, R. B. O desembarque na região de Belém e a pesca na foz amazônica. In: RUFFINO, M. L. **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia Brasileira.** Manaus: Ibama/ ProVárzea, 2004.

BARTHEM, R.B.; GOULDING, M. **An unexpected ecosystem: the Amazon revealed by the fisheries.** Gráfica Biblos: Lima. 2007.

BATISTA, V. S.; ISAAC, V. J.; VIANA, J. P. Exploração e manejo dos recursos pesqueiros da Amazônia. In: RUFFINO, M. L. (ed.). **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira.** Manaus: Ibama / ProVárzea, 2004.

BATISTA, V.S.; ISAAC, V. J.; FABRÉ, N. N. A Produção desembarcada por espécie e sua variação por macrorregião Amazônica. In: BATISTA, V.S. **Peixes e pesca no Solimões Amazonas: uma avaliação integrada.** Brasília: Ibama/ProVárzea, 2012.

BATTERHAM, E.S.; GORMAN, T.B.S. **Fish silage for growing pigs.** In: FARRELL, D.J. Recent advances in animal nutrition. Armidale. University of New England, 1980.

BANZE, J. F. **Silagem ácida de vísceras de atum em dietas para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*): digestibilidade e desempenho em diferentes níveis de substituição à farinha de peixe.** Dissertação (Mestre em Aquicultura). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2015.

BENITES, C. I. **Farinha de silagem de resíduo de pescado: elaboração, complementação com farelo de arroz e avaliação biológica em diferentes espécies.** Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Alimentos). Universidade Federal do Rio Grande - FURG. Rio Grande do Sul. 2003.

BENITES, C.I; SOUZA-SOARES, L.A. farinhas de silagem de resíduo de pescado co-secas com farelo de arroz: uma alternativa viável. *Archivos de Zootecnia*, v.59, p.448-455, 2010

BORGHESI, R.; ARRUDA, L. F. de; OETTERER, M. A silagem de pescado na alimentação de organismos aquáticos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 329–339, 2007.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Estatística Pesqueira do Amazonas e Pará 2005.** Manaus: IBAMA, 2005.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura 2011.** Brasília: MPA, 2011. 60 p.

BUENO, R. J. **Silagem ácida de resíduos da filetagem de tilápias em dietas de alevinos de piauçu *Leporinus macrocephalus***. Dissertação (Mestre em Aquicultura) Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal . 2006.

CAMARGO-ZORRO, M. **Biologia e estrutura populacional das espécies da família Sciaenidae (Perciformes), no estuário do Rio Caeté, município de Bragança, Pará, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Zoologia). Museu Paraense Emílio Goeldi/UFPA. Belém. 1999.

CARMO, J. R. do. et al. Caracterização de silagens ácidas de resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 5, p. 664–672, 2008.

CARVALHO, R. C. A. et al. Análise de custos e rentabilidade de embarcações industriais envolvidas na captura de piramutaba *Brachyplatystoma vailantii* (Valenciennes, 1940), no estuário do rio Amazonas, litoral Norte do Brasil. **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**. Belém, v.4, n.1, p. 45-56, 2004.

CARVALHO FILHO, A. **Peixes: costa brasileira**. Melro. São Paulo, 1999.

CERVIGÓN, F. et al **Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Suramerica**. FAO. Roma, 1992.

CERVIGÓN, F. **Los peces marinos de Venezuela**. V. 2. 2ª Ed. Caracas. 1993.

CIRNE, D.G. et al. Anaerobic digestion of lipid-rich waste—Effects of lipid concentration. **Renewable Energy**. n. 32, p. 965-975. 2007.

CHAO, L.N. **A basis for classifying Western Atlantic Sciaenidae (Teleostei:Perciformes)**. U.S. Department of Commerce. National Marine Fisheries Service. Washington, 1978.

CHOWDHURY, P.; VIRAGHAVAN, T.; SRINIVASAN, A. Biological treatment processes for fish processing wastewater – A review. **Bioresource Technology**. v.1, n. 101, p. 439-449, 2010.

COSTA, C. N. et al. Silagem ácida do resíduo do camarão *Litopenaeus vannamei* em rações para tilápia do Nilo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, 2009.

CRUZ, R. E. A.; ISAAC, V. J. ; PAES, E. T. A pesca da dourada *Brachyplatystoma rousseauxii* (Castelnau, 1855) na região do baixo amazonas, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo**. v.43, n.4. p.474-486, 2017.

CYRINO, J. E. P. et al. A piscicultura e o ambiente - o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**.v.3 p.68-87, 2010.

DABROWSKI, K.; GUDERLEY, H. Intermediary metabolism. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Eds.) **Fish nutrition**. 3.ed. Washington, D.C.: Academic Press, p.309-365, 2002.

DABROWSKI, K. et al .The effect of dietary indispensable amino acid imbalances on feed intake: Is there a sensing of deficiency and neural signaling present in fish?. **Aquaculture**. v. 268, p. 136-142, 2007.

DABROWSKI, K. et al. Effects of protein-, peptide- and free amino acid-based diets in fish nutrition. **Aquaculture Research**. v.41, p.668-683, 2010

DAIRIKI, J. K.; SILVA, T. B. A. **Revisão de Literatura: exigências nutricionais do tabaqui – compilação de trabalhos, formulação de ração adequada e desafios futuros**. Manaus: Embrapa Amazonas Ocidental, 2011.

DISNEY, J. G.; HOFFMAN, A. Development of a fish silage/ carbohydrate animal feed for use in the tropics. **Tropical Science**. v. 20, n. 2, 1977.

DISNEY, J.G.; JAMES, D. **Fish silage production and its use**. FAO fish. n. 230. Rome, FAO, 1980.

DONG, F. M. et al. Preparation and nutrient analyses of lactic acid bacterial ensiled salmon viscera. **Aquaculture**.v. 109, n. 4, p. 351-366, 1993.

ENKE, D. B. S. et al. Desempenho de alevinos de jundiá alimentados com silagem de rejeito de peixe. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 48, n. 8, p. 1124–1127, 2013.

ESPÍRITO SANTO, R. B. **Caracterização da Atividade de Desembarque da Frota Pesqueira Artesanal de Pequena Escala na Região Estuarina do Rio Caeté, Município de Bragança-Pará-Brasil**. Dissertação (Mestrado em Biologia Ambiental) - Universidade Federal do Pará, Pará, 2002.

ESPIRITO-SANTO, R. S.; ISAAC, V. J. Desembarques da pesca de pequena escala no município de Bragança – PA, Brasil: esforço e produção. **Boletim do Laboratorio de hidrobiologia**.v .25,p.31-48. 2012.

FABRÉ, N. N.; DONATO, J. C.; ALONSO, J. C. **Bagres de la Amazonía Colombiana: Un recurso sin fronteras**. Ministerio del Medio Ambiente/ Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. Santafé de Bogotá, D.C., 2000.

FAO. **El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura - Contribución a la Seguridad Alimentar y la Nutrición para todos**. Roma. 2018.

FAO-COPESCAL. **Inform del taller regional sobre el manejo de las pesquerías de bagres migratorios del Amazonas (Iquitos - Perú)**. Comisión de pesca continental para América Latina. Roma. 2000.

FELTES, M.M. et al .Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. n. 14, v.6, p. 669–677. 2010.

FERNANDES, J. B. K. et al. Silagem ácida de resíduos de filetagem de tilápias em rações de juvenis de piaçu (*Leporinus macrocephalus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 29, n. 3, p. 339–344, 18 dez. 2007.

FREDOU, F. L.; MATOS, I. P de. Descrição da pescada - amarela *Cynoscion acoupa*, da Costa do Pará. **Arquivos de Ciência do Mar**. n.39, p.66-73. 2006.

FRÉDOU, F. L. et al. Caracterização das pescarias industriais da costa norte do Brasil. **Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA)**. n. 237, 2009.

FRACALOSSI, D. M.; CYRINO, J. E. P. **Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. 1ed. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2013.

FREEMAN, H. C.; HOOGLAND, P. L. Processing of cod and haddock viscera. I. Laboratory experiments. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada** . v. 13, n. 6. p. 869-877, 1956.

FOGAÇA, F. H. S; LEGAT, J. F. A. Ensilagem de resíduos do beneficiamento do camarão marinho. *In*: I Simpósio Internacional de Gerenciamento de resíduos de animais. 2009, Florianópolis. **Anais I Sigera**. Concórdia: Embrapa.

GALVÃO, J. A.; OETTERER, M. Sustentabilidade na Cadeia Produtiva do Pescado: Aproveitamento de resíduos. *In*: **Qualidade e Processamento de Pescado**. 1ª ed. Elsevier, 2014.

GAO, K. V. L. Y.; LIAO, P. H. Utilization of salmon farm mortalities: fish silage. **Bioresource Technology**, v. 41, n. 2, p. 123-127, 1992.

GARCIA et al. Lipídeos *In*: **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012.

GOMES, G. F. E. **Estudos genéticos e ecológicos em peixes cianídeos do estuário do Rio Caeté, Bragança, Pará**. Monografia (Graduação em Licenciatura Plena em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Pará. Bragança, 2003.

GONÇALVES, A. A. et al. The inclusion of fish silage in *Litopenaeus vannamei* diets and rearing systems (biofloc and clear-water) could affect the shrimp quality during subsequent storage on ice? **Aquiculture**. v.507, p.493-499, 2019.

GOULDING, M.; BARTHEM, R. B.; FERREIRA, E. **The Smithsonian Atlas of the Amazon**. Princeton Editorial Associates. Hong Kong. 2003.

HAN, D. et al .A revisit to fishmeal usage and associated consequences in Chinese aquaculture. **Reviews in aquaculture**. 2018.

HAARD, M. F. et al. Stabilization of protein and oil fish in silage for use as a ruminant feed supplements. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.36, n.4, p.229-241, 1985.

HARDY, R. W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, 2010.

HALL, G.M. **Silage from tropical fish**. 278p. Tese (Ph.D.) -University of Norttingham. Norttingham, 1985.

HIJAZI, N. C.; DORIA, C. R. C. Comunidade da Cachoeira de Teotônio: Produção Pesqueira e Importância Sócio-Econômica da Pesca. **Anais XVI Encontro Brasileiro de Ictiologia - Ictiofauna Brasileira: estado atual do conhecimento**, João Pessoa, 2005.

HISANO, H.; BORGHESI, R. Elaboração de silagem Ácida de Vísceras de Surubim (*Pseudoblastystoma* sp). Circular Técnica 18 documento eletrônico. **Empresa Brasileira de**

Pesquisa Agropecuária – Embrapa Agropecuária Oeste. 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/929778/1/CT2011181.pdf> . Acesso em: 08 mai 2019.

ISAAC, V. J. et al. **Informe estatístico do desembarque pesqueiro na cidade de Santarém – PA: 1992- 1993.** Ibama. Coleção Meio Ambiente Série Estudos de Pesca, v.22, n.2, p. 225-236, 2000.

ISAAC, V. J.; ESPIRITO SANTO, R. V. do.; NUNES, J. L. G. A estatística pesqueira no litoral norte do Pará: resultados divergentes. **Pan-America Journal of Aquatic Sciences.** v.3, n.3, p.205-213. 2008.

JOHNSEN, F. **Fish viscera silage as a feed for ruminants.** Norway, 1981. Tese (Ph.D). Agriculture UNiversity of Norway. Norway. 1981.

KAFLE, G.K.; KIM, S.H.; SUNG, K.I. Ensiling of fish industry waste for biogas production: A lab scale evaluation of biochemical methane potential (BMP) and kinetics. **Bioresource Technology.**n. 127, p. 326-336. 2012.

KJOS, N. P. et al. Effects of dietary fish silage and fish fat on growth performance and meat quality of broiler chicks. **Canadian Journal of Animal Science.** v. 80, n. 2, p. 625-632, 2000

KOMPIANG, I.P. Fish silage: its prospect and future in Indonesia. **Indonesian Agriculture Resource & Development Journal,** v.3, n.1, p. 9-12, 1981.

LIMA, L. K. F. de. Reaproveitamento de resíduos sólidos na cadeia agroindustrial do pescado. **Embrapa Pesca e Aquicultura,** n. 1, p. 1–28, 2013.

LIMA, C. de S.; SILVEIRA, M. M.; TUESTA, G. M. R. Nutrição proteica para peixes. **Revista Ciência Animal.** p. 35-39 v.25. 2015.

LINDGREN, S.; PLEJE, M. Silage fermentation on fish waste products with lactic acid bacteria. **Journal of the Science of Food and Agriculture.** v. 34, 1983.

LOWE-MCCONNELL, R. H. **Estudos Ecológicos de comunidades de peixes tropicais.** São Paulo: Edusp, 1999.

LUCHESI, J. D. et al. Proteína bruta na dieta de alevinos de quinguio (*Carassius auratus*). **Revista Agrarian.** Dourados, v.7, n.23, p.101-106, 2014.

MARCHUSCHI, M. et al. Purification, characterization and substrat especificity of a trypsin from the Amazônia fish tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Biochemical and Biophysical Research Communications,** v. 396, n. New York, 2010.

MATSUNAGA, A. M. F. **Influência da vazão e da precipitação na avaliação do estoque de piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii* da Costa Norte do Brasil.** Dissertação de Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquaticos Tropicais - UFRA. 2012.

MENEZES, N. A.; FIGUEIREDO, J. L. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. IV. Teleostei (3).** Universidade de São Paulo. São Paulo, 1980.

MAIA, M. M.; SALES, R. O. Propriedades Funcionais da Obtenção da Silagem Ácida e Biológica de Resíduos de Pescado. Uma Revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal** .v.7, n.2 p. 126 – 156,2013.

MORALES-ULLOA, D. F.; OETTERER, M. Composição em aminoácidos de silagens químicas, biológicas e enzimáticas preparadas com resíduos de sardinha. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 3, 252-258, 1997.

MOURAO, K. R. M. et al. Sistema de produção pesqueira pescada amarela - *Cynoscion acoupa* Lacèpede (1802): um estudo de caso no litoral Nordeste do Pará –Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**. n.35, v.3, p.497-511. 2009.

NACA/FAO. **Desenvolvimento da Aqüicultura para Além de 2000: A Declaração de Bangucoque e Estratégia**. Conferência sobre Aqüicultura no Terceiro Milênio, 20-25 de fevereiro de 2000, Bangucoque Tailândia, 2000.

NASCIMENTO. A, M, F. **Aproveitamento do resíduo da filetagem industrial de piramutaba (*Brachplatystoma vaillantii*) na fabricação de farinha para alimentação animal**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade do Estado do Pará. Belém, 2013.

NGES, I.A.; MBATIA, B.; BJORNSSON, L. Improved utilization of fish waste by anaerobic digestion following omega-3 fatty acids extraction. **Journal of Environmental Management**. n. 110. p. 159-165, 2012.

OETTERER, M. **Agroindústrias beneficiadoras de pescado cultivado: unidades modulares e polivalentes para implantação, com enfoque nos pontos críticos higiênicos e nutricionais**. Tese (Livre Docencia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1999.

OETTERER, M.; GALVAO, J. A.; SUCASAS, L. F. A. Sustentabilidade na Cadeia Produtiva do Pescado: Aproveitamento de resíduos. *In: Qualidade e Processamento de Pescado*. 1ª ed. Elsevier, 2014.

OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de Pesca**. 1º ed. São Paulo.Varela, 1999.

OLSEN, R. L.; TOPPE, J.; KARUNASAGAR, L. Challenges and realistic opportunities in the use of by-products from processing of fish and shellfish. **Food Science & Technology**, v.36, p.144-151, 2014.

OLIVEIRA, D. M.; FREDOU. T.; LUCENA. F. A pesca no estuário amazônico: uma análise uni e multivariada. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi: Ciências Naturais**.v.2, n.2, 2007.

OLIVEIRA, A. L. T. de. et al. Microbiological assessment of biological silage waste industries filleting fish Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 7, n. 2, p. 68–85, 2013.

PESSATTI, M. L.; STORI, F. T. BONILHA, L. E. Inventário da geração de resíduos de pescados em Santa Catarina. *In: I Workshop Brasileiro em Aproveitamento de Sub--Produtos do Pescado*. Vale do Itajaí, 2003.

PETERSEN, H. Acid preserved of fish and fish offal. *FAO Fish.* v. 6, n. 1, p. 18-22, 1953.

PIMENTA, M. E. S. G.; FREATO, T. A.; OLIVEIRA, G. R. Silagem de Pescado: Uma Forma Interessante de Aproveitamento de Resíduos do Processamento de Peixes. *Revista Eletrônica Nutritime*, v. 5, n. 4, p. 592–598, 2008.

PINTO, B. V. V. et al. Resíduos de pescado e o uso sustentável na elaboração de co-produtos. *Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias*. Curitiba, PR, v.2, n.2, 2017.

PORTZ, L; FURUYA, W. M. F. **Energia, proteína e aminoácidos.** *In: Fracalossi DM, Cyrino JEP. (eds). Nutriaqua: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira.* Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. 2012. p.65-77.

POULTER, R. G. et al . **Studies on fish silage in Sri Lanka - A summary.** In: GILDBERG, A. ed. Fish silage production and its use. Editora: FAO Fisheries Report, n.230, 1980.

RAA, J.; GILDBERG, A. Fish Silage; a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* v. 16, n. 4,p. 383-419, 1982.

REIS, R.E.; KULLANDER, S.O.; FERRARIS, JR. **Check list of the freshwater fishes of the South and Central America.** EDIPUCRS. Porto Alegre. 2003.

RISTIC, M. D.; FILIPOVIC, S. S.; SAKAC, M. L. J. Liquid protein feedstuffs from freshwater fish by-products as a component of animal feed. *Biotechnological Letters*, v. 7, n. 3, p. 729–736, 2002.

SANTANA-DELGADO, H.; AVILA, E.; STELO, A. Preparation of silage from Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*) and its evaluation in broiler diets. *Animal Feeds Science and Technology*, 2008.

SANTOS, G. M.; SANTOS, A. C. M. A sustentabilidade da pesca na Amazônia. *Estudos Avançados.* n. 19. v.1. p.165-182, 2005.

SILVA, L. E. O. da.; SILVA, K. C. A.; CINTRA, I. H. A. Sobre a pesca industrial para peixes diversos na plataforma continental amazônica. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca.* v.7, n.2, 2014.

SOCCOL, M. C. H.; OETTERER, M.; BIATO, D. O. **Acidificação como complemento para extensão da vida útil de tilápias (*Oreochromis niloticus*) minimamente processadas** In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2002. Porto Alegre: SBCTA. 2002. Anais, CD ROM, p.229-233.

STEVANATO, F.B. Avaliação química e sensorial da farinha de resíduo de tilápias na forma de sopa. *Ciência e Tecnologia de Alimentos.* n. 27, v.3, p. 567-571. 2007.

STEVENS, J. et al. The rise of aquaculture by-products: Increasing food production, value, and sustainability through strategic utilisation. *Marine Policy*, v. 90, p.115-124, 2018.

STROM, T.; EGGUM, B.O. Nutritional value of fish viscera silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* v.32, 1981.

SUCASAS, L. F. de A. **Avaliação do resíduo do processamento de pescado para o desenvolvimento de co-produtos visando o incremento da sustentabilidade na cadeia produtiva.** 2011. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Meio Ambiente). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SZPILMAN, M. **Peixes marinhos do Brasil: guia prático de identificação.** Ed. Mauad. Rio de Janeiro, 2000.

TATTERSON, J. N.; WINDSOR, M. L. Fish silage. **Journal of Science Food and Agriculture**, v. 25, p. 369–379, 1974.

TATTERSON, I. N. Fish silage — Preparation, properties and uses. **Animal Feed Science and Technology**, v. 7, n. 2, p. 153–159, 1982.

TOPPE, J. et al. **Producción y utilización del ensilado de pescado. Manual sobre cómo convertir los desperdicios del pescado en ganancias y en un ingrediente valioso de la ración o como fertilizante.** Rome, FAO. 2018.

TORRES, M. F. **Variação sazonal e espacial da assembléia dos peixes demersais da região de foz dos rios Amazonas e Tocantins - PA (0°10'S - 2°30'N; 47°50'W - 50°30'W) - Brasil.** Dissertação (Mestrado em Zoologia). Universidade Federal do Pará. Belém, 1999.

VAN WYK, H.J.; HEYDENEYCH, C.M.S. The production of naturally fermented fish silage using various lactobacilli and different carbohydrate sources. **Journal of Science Food and Agriculture**. v. 36, p.1093-1103, 1985.

VASCONCELOS, M. M. M.; MESQUITA, M. DO S. C.; ALBURQUERQUE, S. P. Padrões físico-químicos e rendimento de silagem ácida de tilápia. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 6, n. 1, p. 27–37, 2011.

VIDOTTI, R. M. **Silagem de Pescado.** In: Gonçalves A.A. (org). **Tecnologia do Pescado - Ciência, Tecnologia, Inovação e Legislação.** 1ª ed. São Paulo: Atheneu, 2011.

VIOLA, E. S.; VIEIRA, S. L. Suplementação de acidificantes orgânicos em dietas para frangos de corte: desempenho zootécnico e morfologia intestinal. **Revista Brasileira de Zootecnia**.v. 36,p.1097-1104, 2007.

WOLF, M.; KOCH, V & ISAAC, V. A trophic flow model of the Caeté mangrove estuary (North Brazil) with considerations for the sustainable use of its resources. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v. 50, p. 789-803, 2000.

YANO, Y.; OIKAWA, H.; SATOMI, M. Reduction of lipids in fish meal prepared from fish waste by a yeast *Yarrowia lipolytica*. **International Journal of Food Microbiology**. n. 121. p.302-307, 2008.

ZAGAGLIA, C. R. et al . Dinâmica espaço - temporal da frota pesqueira na captura da piramutaba com rede de arrasto no estuário amazônico com base nos dados do Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite - PREPS. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal. **Anais do XIV SBSR**. Natal, 2009: INPE, 2009. p. 4535-4542.

CAPITULO II

PRODUÇÃO DE SILAGEM A PARTIR DO RESÍDUO DA PESCA NA AMAZÔNIA

RESUMO

Os resíduos do processamento da pesca pode ser considerado um grande problema ambiental se caso não trabalhado de maneira adequada. Esse resíduo pode ser uma excelente fonte de nutrientes para a produção animal e vegetal. A silagem ácida de resíduo de pescado apresenta-se como alternativa na obtenção de material rico em proteína para ser utilizado na elaboração de ração animal. O presente estudo visou obter e caracterizar a silagem ácida de resíduo de dourada *Brachyplatystoma rousseauxii*, piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii* e pescada amarela *Cynoscion acoupa*, provenientes do beneficiamento da indústria da pesca. Determinou-se a composição bromatológica das silagens quanto à umidade, lipídeos, proteínas e cinzas. O monitoramento do pH e da temperatura foi realizado durante 30 dias de ensilagem. Adicionalmente, avaliou-se a qualidade das silagens através das análises microbiológicas, a qualidade nutricional através da determinação do perfil de aminoácidos comparando por meio de escore químico (EQ) com ingredientes mais utilizados em aquicultura e o índice de aminoácidos essenciais (IAAE). O maior valor percentual de umidade foi encontrado para a silagem de dourada (71,33). Para cinzas não houve diferenças estatísticas entre os resultados das silagens. Os teores de lipídeos foram superiores para as silagens de piramutaba (14,34%) e pescada amarela (13,53%). A maior quantidade de proteínas foi encontrada na silagem de dourada (16,31%), seguida da silagem de piramutaba (15,13%) e pescada amarela (14,53%). Com relação à análise microbiológica não foram constatadas a presença de *Salmonella*, bolores e leveduras, coliformes termotolerantes à 35° e 45°C e estafilo coagulase positiva. As quantidades dos aminoácidos lisina e ácido glutâmico estiveram em maiores concentrações em relação aos demais ácidos essenciais e não essenciais, respectivamente, em todas as silagens. Pelo EQ, o aminoácido triptofano foi o único em deficiência e o limitante na comparação da silagem de pescada amarela com o FS.. Nas demais comparações, as silagens apresentaram valores superiores dos aminoácidos essenciais na comparação com os ingredientes selecionados. Os maiores valores de IAAE foram obtidos com a silagem de dourada, demonstrando ser uma fonte de proteína de melhor qualidade. Todas as silagens podem ser consideradas ingredientes alternativos viáveis nutricionalmente como única fonte proteica por atender as exigências em aminoácidos essenciais na formulação de dietas para juvenis das espécies tilápia *Oreochromis niloticus* e truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss*. No entanto, deve-se mencionar a importância dos testes das silagens em dietas práticas para as espécies em criação.

PALAVRAS- CHAVE: composição proximal, nutrição, proteínas, aminoácidos, aquicultura.

ABSTRACT

Waste from fisheries processing can be considered a major environmental problem if not properly worked. This residue can be an excellent source of nutrients for animal and vegetable production. Acid silage from fish residue is an alternative in obtaining protein rich material to be used in the preparation of animal feed. The present study aimed to obtain and characterize the acid silage of golden residue *Brachyplatystoma rousseauxii*, piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii* and yellow hake *Cynoscion acoupa* from the processing industry. The bromatological composition of the silages for moisture, lipids, proteins and ashes was

determined. Temperature and pH monitoring was performed during 30 days of ensiling. Additionally, silage quality was evaluated through microbiological analyzes, nutritional quality through determination of amino acid profile comparing by chemical score (EQ) with ingredients most commonly used in aquaculture and essential amino acid index (IAAE). The highest percentage moisture value was found for golden silage (71.33). For ash there were no statistical differences between silage results. Lipid contents were higher for piramutaba (14.34%) and yellow hake (13.53%) silages. The highest protein content was found in golden silage (16.31%), followed by piramutaba silage (15.13%) and yellow hake (14.53%). Regarding microbiological analysis, Salmonella, mold and yeast, thermotolerant coliforms at 35 ° and 45 ° C and positive coagulase staph were not found. The amounts of amino acids lysine and glutamic acid were in higher concentrations than the other essential and nonessential acids, respectively, in all silages. By EQ, the amino acid tryptophan was the only one in deficiency and the limiting factor in the comparison of yellow hake silage with FS. The highest IAAE values were obtained with golden silage, proving to be a better quality protein source. All can be considered nutritionally viable alternative ingredients as the sole protein source for meeting the requirements of essential amino acids in formulated diets for *Tilapia Oreochromis niloticus* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* juveniles . However, mention should be made of the importance of silage testing in practical diets for breeding species.

KEYWORDS: proximal composition, nutrition, protein, amino acids, aquaculture.

Introdução

Por muitos anos a pesca representou a maior parte da produção de pescado no mundo; no entanto, o montante de pescado oriundo da aquicultura vem crescendo e hoje já representa uma parcela significativa da produção (FAO, 2018). A estagnação da produção pesqueira mostra que a atividade chegou ao máximo e em alguns casos observa-se até a sobrepesca de algumas espécies, com uma maior pressão sobre os estoques pesqueiros e um aumento do esforço de pesca para manter a produção (ANDERSON et al., 2018; FAO, 2018).

A Amazônia destaca-se em relação às demais regiões brasileiras, tanto costeiras quanto de águas interiores, pela riqueza de espécies de peixe exploradas, pela quantidade de pescado capturado e pela dependência da população tradicional por esta atividade. Os recursos pesqueiros da região são amplamente explorados pela pesca artesanal e industrial, que operam com frotas e apetrechos de pesca altamente diversificados (BARTHEM; FABRÉ, 2004; BEGOSSI et al., 2019; GOULDING et al., 2019). Nesse contexto, o pescado torna-se

uma das principais fontes de renda e alimento para os habitantes da região (KLAUTAU et al., 2016; GOULDING et al., 2019).

A quantidade de pescado processado artesanalmente ou pela indústria gera um montante significativo de resíduos que precisam ter um destino para não se tornar mais um problema para o meio ambiente (KHEDKAR; SINGH, 2018; RAJESWARI et al., 2018). A utilização das sobras do processamento para produção de um ingrediente de alta qualidade nutricional para a alimentação dos organismos aquáticos, pela silagem, é uma das alternativas viáveis para o aproveitamento desse resíduo, possibilitando um incremento de renda ao produtor e tornando o empreendimento mais sustentável (LIMA et al., 2016; STEVENS et al., 2018; GONÇALVES et al., 2019).

A técnica de silagem é um processo antigo (FREEMAN & HOOGLAND, 1956; DISNEY; JAMES, 1980), baseado em um princípio de conservação que consiste em acidificar o pH da massa triturada, deixando livre a ação de enzimas do próprio tecido, que terminam liquefazendo o produto. A silagem pode ser elaborada com diferentes resíduos de pescado (VIDOTTI, 2011). Segundo Santos e Sales (2011) a técnica para produção de silagem de peixe pode ser uma das formas de aproveitamento dos resíduos da produção, industrialização e comercialização, sendo produzida a partir do pescado inteiro ou de parte dele, ao qual se adicionam ácidos, enzimas ou bactérias produtoras de ácido lático, resultando na liquefação da massa (PIMENTA et al., 2008).

As silagens de pescado, tanto a ácida quanto a fermentada, já vêm apresentando resultados satisfatórios como fonte de proteína animal em dietas formuladas para peixes (BANZÉ et al., 2017; PRETTO et al., 2017; SOLTAN et al., 2017; RAA e GILDBERG, 1982 e VIDOTTI et al., 2003). Apesar das intensas alterações químicas e físicas que ocorrem no processo de ensilagem, as silagens produzidas de peixes inteiros ou parte dele conservam as características químicas e nutricionais similares a do material que lhe deu origem (pescado inteiro ou resíduo), sendo que esse perfil depende de vários aspectos, tais como, época do ano de captura, do tipo e quantidade de alimento disponível, da qualidade da dieta consumida, do estágio de maturação sexual, da idade, entre outros (OGAWA; MAIA, 1999; OETTERER; GALVÃO; SUCASAS, 2014).

A dourada (*B.rousseauixii*), piramutaba (*B. vaillantii*) e a pescada amarela (*C. acoupa*) são espécies importantes na pesca amazônica e de alto valor comercial (VIEIRA et al., 2013;

KLAUTAU et al., 2016; PINAYA et al., 2016; LOPES et al., 2019). O processamento dessas espécies pela indústria de beneficiamento gera resíduos que são um problema ambiental para a região. Dessa forma, o estudo teve como objetivo trabalhar os resíduos dessas espécies na forma de silagem, caracterizando a composição bromatológica e analisando a qualidade microbiológica e nutricional.

Material e Métodos

Matéria-prima

A matéria-prima para obtenção da silagem foi constituída de resíduo de beneficiamento de pescado, doados de uma indústria pesqueira da região metropolitana de Belém-PA, Brasil. Os resíduos utilizados passaram por um sistema de produção rigoroso de qualidade, chamado APPCC (Análises de Perigo e Pontos Críticos de Controle). Esse processo comumente ocorre em plantas de processamento, garantindo o SIF (Serviço de Inspeção Federal). O SIF é vinculado ao Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal – DIPOA, que é o responsável por assegurar a qualidade de produtos de origem animal comestíveis e não comestíveis destinados ao mercado interno e externo, bem como de produtos importados.

Os resíduos foram constituídos de dourada *B. rousseauxii*, piramutaba *B. vaillantii* e pescada amarela *C. acoupa*, ou seja, as principais espécies de valor comercial da pesca do estado do Pará. O resíduo dessas espécies constituiu-se de cabeça, espinhas, nadadeiras, caudas, escamas, resíduo de carne entre espinhas e vísceras. Os materiais coletados nas plantas processadoras foram encaminhados para o Laboratório de Alimentos da Universidade do Estado do Pará-UEPA, e imediatamente acondicionados e congelados em congelador horizontal, a uma temperatura de -18°C , até início do processamento do material.

Preparo das silagens

Os resíduos de pescado para a elaboração das silagens ácidas foram descongelados em refrigeração por 48h, na temperatura de 5°C . Após o descongelamento, os resíduos foram cortados em pedaços menores para facilitar a etapa de moagem, pesados em balança eletrônica (Toledo modelo Prix 3/16 Max.15kg) e posteriormente moídos em moedor de carnes industrial (CAF modelo 225TB), em disco 8 mm e distribuídos em recipientes de plásticos com capacidade para 5L. Após o processo de moagem foi adicionado o ácido acético

glacial (Neon[®]) P.A na proporção 3% (p/v) (OETTERER, 1999, TATTERSON, J. N.; WINDSOR, 1974). A preparação das silagens ocorreu de maneira semelhante para os todos os resíduos de pescado selecionados para o trabalho, sendo utilizado em todos os tratamentos 0,1% de Sorbato de potássio (Synth[®]) P.A (p/p) (FAGBENRO; JAUNCEY, 1994) como antifúngico e 0,1% de ácido cítrico (Synth[®]) P.A (p/p) como antioxidante (RIBEIRO et al, 2015) (Figura 1).



Figura 1. Material auxiliar para a elaboração das silagens (A); balança e moedor (B); pesagem do resíduo (C) ; recipientes de polipropileno para acondicionamento das silagens (D).

Os recipientes de polipropileno contendo a silagem foram mantidos em temperatura ambiente, com revolvimento periódico durante os cinco primeiros dias de estocagem até a estabilização do pH. Todo o processo de ensilagem teve duração de 30 dias e nesse período ocorreu a aferição do pH em phmetro de bancada (Marconi[®] modelo MPA-210) e da temperatura das amostras em termômetro de mercúrio, durante 30 dias. Após a estabilização, as silagens foram peneiradas (malha 1 mm) para retirada de partes sólidas de ossos (Figura 2 e 3). Assim, foi obtida uma massa homogênea e uniforme, o que facilita concentrar mais proteínas no ensilado (VASCONCELOS et al, 2011).



Figura 2- Resíduos de beneficiamento da pesca da dourada (A) e pescada amarela (B), moagem (C) e silagem de resíduo da piramutaba (D).



Figura 3- Processo liquefação durante a ensilagem. Biomassa após a adição do ácido (A); Cinco dias de ensilagem (B); Trinta dias de ensilagem (C).

A seguir, na Figura 4, encontra-se o fluxograma de obtenção da silagem de resíduo do beneficiamento da dourada, piramutaba e pescada amarela.

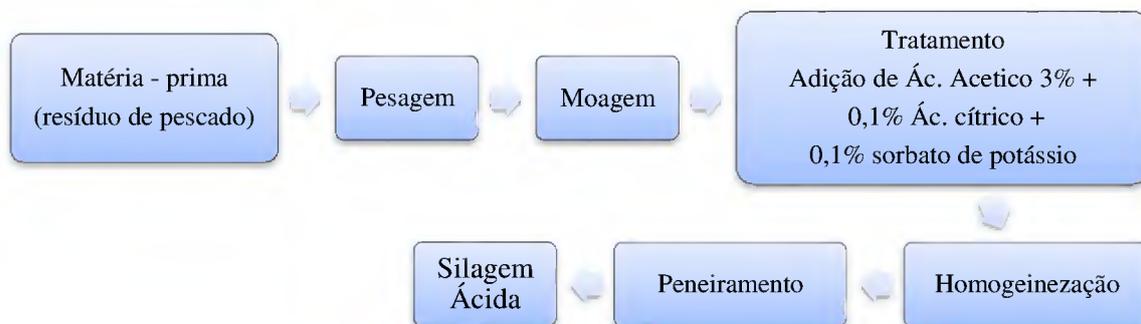


Figura 4. Fluxograma para obtenção da silagem ácida de resíduo do beneficiamento da indústria pesqueira.

Essa etapa foi realizada em delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos, que foram os resíduos de dourada, piramutaba e pescada amarela, e três repetições, que foram constituídas com *pool* de diferentes lotes de resíduos.

Caracterização bromatológicas das silagens ácidas

As análises físico-químicas e bromatológicas foram realizadas nos Laboratórios de Tecnologia Análises físico-químicas dos Alimentos do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia (CCNT) da Universidade do Estado do Pará-UEPA.

A umidade foi determinada através do método gravimétrico, em estufa a 105°C (INNOVA-IN-035/1) por 24hs. O teor de cinza foi determinado pelo método gravimétrico, em mufla a 550°C (QUIMIS-318D24). O teor de proteína bruta foi determinado pelo método de micro-Kjedahl em destilador de nitrogênio (TECNAL-TE-036) e o extrato etéreo

determinado após extração com éter de petróleo (Neon[®] P.A), pelo método de Soxhlet, por 6 horas em aparelho de determinação de gorduras (TECNAL-TE-044). O pH através de medidor de pH de bancada (MARCONI-MPA-210). Todas as análises foram realizadas de acordo com os Métodos Internos de Análises Físico-química, do Laboratório de Alimentos da Universidade do Estado do Pará, de acordo com as metodologias descritas em *Official Methods of Analysis* (AOAC, 1995) e Adolpho Lutz (LUTZ, 2008).

Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas nos Laboratórios de Microbiologia de Alimentos do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia (CCNT) da Universidade do Estado do Pará-UEPA. Os grupos de microrganismos avaliados neste trabalho são comumente utilizados como indicadores de qualidade de alimento para consumo humano, pois ainda existem poucos estudos com a produção de silagem que avaliam a qualidade microbiológica.

As análises microbiológicas realizadas foram: fungos filamentosos e leveduras, que tem seu crescimento e desenvolvimento favorecido em ambientes com pH inferiores a 4,0 e com alta umidade, sendo possíveis agentes deteriorantes: Coliformes Totais à 35°C, *Staphylococcus* spp coagulase positiva e investigação de presença de *Salmonella* spp, foram os microrganismos avaliados para indicar as condições higiênicas-sanitárias das silagens dos resíduos do beneficiamento da indústria sendo potenciais causadores de danos à saúde e de intoxicações alimentares. As análises foram realizadas de acordo com metodologia descritas no Manual de métodos de análises de microbiologia de alimentos e água (SILVA et al, 2010).

Análise de aminoácidos, escore químico (EQ) e o índice de aminoácidos essenciais (IAAE)

Para a análise do perfil de aminoácidos das silagens, parte das amostras foram secas a 70°C por 24hs, acondicionadas para o transporte e enviadas para o laboratório CBO – Análises Laboratoriais LDTA – Valinhos/SP, onde foi realizada as análises por cromatografia em HPLC como derivativos do PITC. A metodologia fundamenta-se inicialmente na individualização dos monômeros através de hidrólise por HCl 6N em estufa 110°C por 24hs, formando-se os PITC-aminoácidos (derivativos), que são quantificados em 30 minutos por cromatografia líquida de alta eficiência HPLC em fase reversa, utilizando detecção em UV a

254 nm. (WHITE, J. C; HART, R. J; FRY, J. C,1986; HAGEN, S.R; FROST, B.; AUGUSTIN, J., 1989).

A partir do perfil dos aminoácidos obtidos foi possível avaliar a qualidade da proteína dos ingredientes por comparação através do método do escore químico (EQ) e o índice de aminoácidos essenciais (IAAE).

O método de EQ comparou os valores dos aminoácidos entre os alimentos e em relação a exigência dos aminoácidos para algumas espécies e o IAAE trabalhou com a taxa de todos os aminoácidos essenciais (AAE) obtidos através do escore químico, considerando que a proteína de melhor qualidade é a que apresenta o maior valor do IAAE. Para o EQ e IAAE das silagens, foram considerados os ingredientes proteicos farinha de peixe com 54 e 61% de proteína bruta (FP54 e FP61), a farinha de vísceras de aves (FVA) e o farelo de soja com 45% de proteína bruta (ROSTAGNO, 2011), e em relação às exigências foram consideradas as espécies tilápia *Oreochromis niloticus* e truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* na fase de juvenil (HARDY, 2002; FURUYA et al., 2010). Em todas as análises das silagens o aminoácido essencial que apresentou-se em deficiência em relação ao ingrediente em comparação e que tinha o menor valor do EQ foi considerado como o primeiro limitante (ABIMORAD, 2008; VIDOTTI et al., 2003). O EQ e o IAAE foram calculados pelas seguintes fórmulas:

$$EQ = \frac{\% \text{ AAE na proteína do ingrediente avaliado}}{\% \text{ correspondente AAE na proteína do ingrediente referência ou exigência da espécie}} \times 100$$

$$IAAE = \sqrt[n]{\frac{100x}{xp} \times \frac{100y}{yp} \times \frac{100z}{zp} \dots \frac{100w}{wp}}$$

Em que: x, y, z, ..., w são as porcentagens de AAE na proteína do ingrediente avaliado (silagem); xp, yp, zp...wp são as porcentagens de AAE na proteína do ingrediente em comparação e da exigência nutricional das espécies tilápia e truta arco-íris; n = número de aminoácidos considerados.

Análise estatística

Para as análises foi utilizado o programa estatístico “Statistical Analysis System” (SAS Institute, versão 8.0). Todas as análises foram submetidas à avaliação da normalidade

dos erros (Cramer-von Mises) e da homocedasticidade das variâncias (Levene's). Os dados foram comparados por *one-way* ANOVA e posteriormente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). As comparações entre a composição bromatológica do matéria prima antes da ensilagem e após o processo foram realizadas pelo teste "*t student*". Os dados apresentados em porcentagem foram previamente transformados em arco seno para as análises estatísticas.

Resultados e Discussão

O pH e a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) das silagens não apresentaram variações bruscas durante o período de ensilagem. Os valores médios de pH e temperatura das amostras estão apresentados na Figura 5.

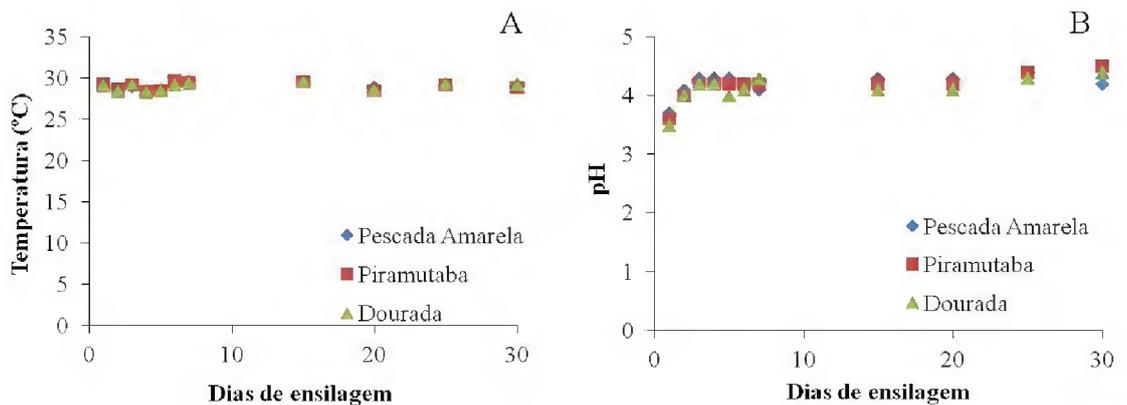


Figura 5. Valores de temperatura (A) e pH (B) da silagens ácidas de dourada, píramutaba e pescada amarela durante o ensaio experimental.

Durante o período de ensilagem as temperaturas foram semelhantes, para todas as silagens, sendo que o maior valor foi de $29,7^{\circ}\text{C}$ marcada no sexto dia de ensilagem para píramutaba e a menor temperatura foi de $28,3^{\circ}$ para dourada no quarto dia de ensilagem. Durante o período de 30 dias, a temperatura da silagem de pescada amarela variou de $28,5$ a $29,7^{\circ}\text{C}$, na silagem de píramutaba entre $28,4$ a $29,7^{\circ}\text{C}$ e na silagem de dourada entre $28,3$ e $29,6^{\circ}\text{C}$.

Em experimento realizado por Ribeiro et al. (2015) foram encontrados valores semelhante ao observado no presente estudo em relação a temperatura, que variou de 27 a 30°C para silagem ácida de resíduos de tabaqui em concentrações de 10 e 13,5% de ácido acético durante 20 dias de processamento. Como as silagens são preparadas em ambiente sem controle de temperatura, todo o material fica condicionado à temperatura local e ao mesmo tempo aos processos bioquímicos que ocorrem durante a preparação do ensilado (VIDOTTI; GONÇALVES, 2006).

Em relação ao pH foi observado valores mínimos de pH no primeiro dia do processo para todas as silagens, após a adição do ácido acético. O valor mínimo de pH foi de 3,5, verificado para dourada e o valor máximo de pH 4,5, verificado para piramutaba. O pH da silagem da pescada amarela variou entre 3,7 a 4,4 no decorrer de 30 dias de silagem; na silagem de piramutaba entre 3,6 a 4,4; e na silagem de dourada entre 3,5 a 4,4. Após a ensilagem foi possível observar que todos os resultados de pH ficaram abaixo de 4,5, demonstrando que a proporção de ácido acético foi adequada para manter a estabilidade e preservação durante todo o processo, como recomendado por Benites e Souza-Soares (2010).

A faixa de pH das silagens de dourada, piramutaba e pescada amarela ficaram entre 3,5 e 4,5 durante todo o processo. Comportamento semelhante foi verificado por Hisano e Borguesi (2015) em silagens ácidas de vísceras de surubim *Pseudoplatystoma* spp, com adição de ácido fórmico e ácido cítrico na proporção 0,75: 1 na relação 3% volume da solução ácida ao peso do resíduo (v/p). Valores similares também foram observados por Batalha et al (2017) em estudo realizado com silagem ácida de resíduo de pirarucu com adição de ácido fórmico e propiônico na proporção de 1:1 na relação 3% (v/p), sendo que o pH final da silagem foi de 4,38. O ensilado convencional apresenta pH entre 3,9 e 4,2, que em três dias, a uma temperatura ambiente de 27 a 30°C, se liquefaz de maneira adequada, conservando a atividade enzimática por muitos meses (BACKHOFF, 1976; VIDOTTI; GONÇALVES, 2006; VIDOTTI, 2011).

Os resultados das análises bromatológicas das matérias primas e silagens de dourada, piramutaba e pescada amarela encontram-se na Tabela 1. A silagem de dourada apresentou maiores médias de umidade ($P < 0,05$). A menor quantidade de umidade foi observada na silagem de piramutaba ($P < 0,05$). Não foram observadas diferenças estatísticas para a quantidade de cinzas entre as silagens produzidas. A quantidade de proteína foi maior na matéria prima de dourada, seguida pela piramutaba e pescada amarela ($P < 0,05$). Os teores de lipídeos foram maiores ($P < 0,05$) e estatisticamente semelhantes entre as silagens de pescada amarela e piramutaba. A menor ($P < 0,05$) concentração de lipídeo foi observada na silagem de dourada. Apesar da diferença na umidade entre as silagens, a correção dos valores de proteína e lipídeo na matéria seca não levou a alteração estatística na quantidade desses nutrientes.

Na comparação da espécie antes e após o processamento de silagem não foram encontradas diferenças estatísticas na umidade, teor de cinzas e lipídeos; no entanto, os

valores de proteína encontrados na matéria prima foram superiores aos encontrados no pescado após o processo de silagem ($P < 0,05$).

Correa et al. (2016) realizaram avaliações físico químicas e centesimal de filés de peixes comercializados em Belém do Pará, dentre eles a dourada (82,49% Umidade, 15,90% Proteínas, 0,08% Lipídeos, 1,33% Cinzas); piramutaba (81,11% Umidade, 17,7% Proteínas, 0,08% Lipídeos, 1,52% Cinzas) e pescada amarela (85,45% Umidade, 13,83% Proteínas, 0,8% Lipídeos, 1,18% Cinzas). Os resultados de Correa et al. (2016) sobre os teores de umidade foram superiores aos encontrados no presente estudo para os resíduos de matéria-prima e silagem de dourada, piramutaba e pescada amarela, no entanto, os valores de proteínas foram muito próximos entre os estudos. Os lipídeos e cinzas nos filés analisados (Correa et al., 2016) foram inferiores comparados com do presente estudo. Nessa comparação deve-se levar em consideração a utilização dos resíduos das espécies na produção da silagem, constituídos em maior proporção de vísceras e ossos, em comparação com o trabalho de Correa et al. (2016), em que foram utilizados apenas os files das espécies.

Os valores de umidade e cinzas obtidos com as silagens de dourada, piramutaba e pescada amarela foram inferiores aos obtidos por Castro (2016), também trabalhando com as silagens de piramutaba e dourada. No entanto, as médias de proteína e lipídeos no presente estudo foram superiores aos encontrados pelo autor, que obteve 12% de proteína em ambas as silagens e 7 e 9% de lipídeos nas silagens de piramutaba e dourada, respectivamente. É importante lembrar que a metodologia aplicada para a produção de silagem no estudo de Castro (2016) foi diferente da utilizada no presente estudo, sendo que o autor utilizou ácido acético 17% (v/p) durante um período de 20 dias. Ogawa e Maia (1999) e Oetterer, Galvão e Sucasas (2014) já mencionaram que a composição bromatológica média da silagem de pescado pode variar, visto que esta depende da espécie de peixe utilizada e de suas respectivas partes, revelando, em alguns casos, similaridade com a matéria prima da qual foi originada. Vidotti (2011) também observar que o perfil da matéria prima pode variar em uma mesma espécie, dependendo da época do ano, do tipo e quantidade de alimento disponível, da qualidade da dieta consumida, do estágio de maturação sexual, da idade, entre outros.

Tabela 1. Análises bromatológicas das silagens de dourada *Brachyplatystoma rousseauxii*, piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii* e pescada amarela *Cynoscion acoupa*, antes e após o processamento.

Matéria-prima sem processamento	Composição Bromatológica (%)			
	Umidade	Cinzas	Proteínas	Lipídeos
Dourada	70,75 ± 0,86 a	2,47 ± 0,38 a	17,40 ± 0,36*a	11,00 ± 0,34 b
Piramutaba	66,74 ± 0,39 c	2,48 ± 0,33 a	16,03 ± 0,48*b	14,15 ± 0,98 a
Pescada amarela	69,33 ± 0,55 b	2,28 ± 0,39 a	15,11 ± 0,12*c	14,12 ± 0,14 a
Após ensilagem				
Dourada	71,33 ± 0,49 x	2,54 ± 1,14 x	16,31 ± 0,09 x	10,53 ± 0,81 y
Piramutaba	66,73 ± 0,66 z	2,62 ± 0,48 x	15,13 ± 0,22 y	14,34 ± 0,17 x
Pescada amarela	69,40 ± 0,23 y	2,81 ± 0,30 x	14,53 ± 0,20 z	13,53 ± 0,72 x
Base Seca - silagens				
Dourada			52,57 ± 0,75 x	37,53±2,83 y
Piramutaba			49,08±0,26 y	42,96±0,51 x
Pescada amarela			47,61±0,64 z	43,53±2,34 x

Médias seguidas pelas mesmas letras na horizontal (a, b, c são comparações entre os materiais sem processamento e x, y, z são comparações entre os materiais que passaram pelo processo de ensilagem) não diferem pelo teste de Tukey (P>0,05). *Comparações pelo *test t students* entre a espécie antes e após o processo de ensilagem.

As análises microbiológicas das silagens estão apresentadas na Tabela 2. Os resultados das análises microbiológicas para *Salmonella* sp., estafilococos coagulase positiva e fungos filamentos e leveduras foram de ausência em todas as silagens avaliadas no estudo. Em relação aos termotolerantes a 35°C foram observadas uma quantidade menor que 10² NMP/g ao término do período de 30 dias de ensilagem.

Banze et al. (2017) em experimento com silagem de vísceras de atum adicionadas de ácido acético 10% não verificou presença de *Salmonella* spp e estafilococos coagulase positiva. Assim como Silva (2015), que trabalhando com silagem de resíduos do beneficiamento de tabaqui, obteve a partir de 30 até 180 dias resultados semelhante de ausência de *Salmonella* spp, coliforme termotolerante a 35°C inferiores a 10² e ausência de estafilococos coagulase positiva e fungos filamentosos e leveduras. Pessoa (2012) descreve resultados semelhantes aos encontrados nesta pesquisa, sendo a ausência de fungos e leveduras para as silagens de resíduo de tilápia com o uso de ácido acético 5% e de ácido láctico a 5% após 28 dias de ensilagem. Hisano e Borguesi (2015), Pimenta et al. (2008) e Vidotti e Gonçalves (2006) evidenciaram a necessidade de valores de pH inferiores a 4.5 na produção de silagem. Os autores também reforçam que a ausência de microrganismos na silagem também reflete o importante papel dos ácidos na prevenção da proliferação de microrganismos durante o processo.

Tabela 2 - Análises microbiológicas dos resíduos das silagens de dourada *Brachyplatystoma rousseauxii*, piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii* e pescada amarela *Cynoscion acoupa*.

Silagens	Parâmetros Microbiológicos das silagens			
	<i>Salmonella</i> spp	Coliformes Termotolerantes a 35°C NMP/g	Fungos Filamentosos e Leveduras UFC/g	Estafilococos coag.positiva
Dourada	Ausência/25g	<10 ²	Ausência	Ausência/25g
Piramutaba	Ausência/25g	<10 ²	Ausência	Ausência/25g
Pescada Amarela	Ausência/25g	<10 ²	Ausência	Ausência/25g

Na Tabelas 3 temos os valores do perfil de aminoácidos essenciais (AAE) e não essenciais (ANNE) das silagens e a relação entre ambos. Podemos verificar que todas as silagens apresentaram-se como uma boa fonte alternativa de proteína e aminoácidos para as dietas formuladas. Os aminoácidos lisina e ácido glutâmico se destacaram em relação aos demais aminoácidos essenciais e não essencial respectivamente, independente da espécie utilizada para produção de silagem. Vidotti et al. (2003) também obtiveram que esses aminoácidos foram os mais representativos das silagens fermentadas de resíduo da filetagem de tilápia.

Tabela 3. Perfil de aminoácidos essenciais (AAE) e não essenciais (AANE) (g.100g de proteína bruta) e a relação entre ambos nas silagens de dourada *Brachyplatystoma rousseauxii*, piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii* e pescada amarela *Cynoscion acoupa*.

AAE	Pescada		
	Dourada	Piramutaba	Amarela
Lisina	9,78	8,68	9,97
Arginina	6,40	6,73	6,26
Metionina	3,02	2,39	2,71
Histidina	1,95	1,82	2,03
Treonina	4,66	4,46	4,68
Fenilalanina	4,00	3,88	4,20
Valina	4,70	4,25	4,79
Isoleucina	4,38	3,69	4,36
Leucina	7,70	6,11	7,44
Triptofano	0,79	1,02	1,10

AANE			
Prolina	4,91	7,03	5,13
Tirosina	3,11	2,46	2,95
Acido Aspártico	9,31	8,45	9,26
Serina	3,83	4,28	4,03
Cistina	1,28	0,80	1,35
Glicina	7,31	12,02	7,82
Alanina	6,99	8,06	6,84
Ácido Glutâmico	15,88	13,88	15,07
Taurina	0,30	0,97	1,06
Relação AAE/AANE	0,90	0,74	0,89

Na Tabelas 4 são apresentados os valores do escore químico (EQ) e o índice de aminoácidos essenciais (IAAE) na comparação entre as silagens e os principais ingredientes utilizados na aquicultura e em relação a exigências de duas espécies de importância comercial, a tilápia e a truta arco íris.

Em relação ao EQ, na silagem de pescada amarela o único aminoácido em deficiência e limitante foi o triptofano na comparação com o FS. Nas demais comparações, as silagens apresentaram valores superiores dos aminoácidos essenciais em relação aos ingredientes selecionados.

Considerando que a proteína de melhor qualidade é a que apresenta o maior valor do IAAE, todas as silagens foram superiores em relação aos ingredientes analisados e em especial na comparação com o farelo de soja. Observando os IAAE nas comparações das silagens em relação aos ingredientes, a silagem de dourada foi a que apresentou maior valor em relação às demais silagens. Todas as silagens atenderam as exigências em aminoácidos essenciais para as espécies tilápia do Nilo e truta arco-íris, apresentando valores de EQ superiores a 1. Ainda em relação à exigência, os maiores valores de IAAE foram observados com o uso da silagem de dourada em comparação com as demais silagens.

Tabela 4. Escore químico (EQ) e o índice de aminoácidos essenciais (IAAE) na comparação das silagens com os ingredientes proteicos farinha de peixe com 54 e 61% de proteína bruta (FP 54 e FP61), farinha de vísceras de aves com 57% de proteína bruta (FVA) e o farelo de soja.

	Ingredientes				Exigência	
	FP (61%) ¹	FP (54%) ²	FVA (57%) ³	FS (45%) ⁴	Tilápia do Nilo ⁵	Truta arco-íris ⁶
Dourada						
Lisina	2,26	2,88	2,94	3,51	6,39	5,43
Arginina	1,68	1,89	1,56	1,92	5,08	3,20
Metionina	1,87	2,23	2,74	5,03	5,80	3,02
Histidina	1,48	1,80	1,77	1,62	3,75	2,78
Treonina	1,83	2,03	1,97	2,62	3,95	5,83
Fenilalanina	1,68	1,79	1,67	1,70	2,43	3,34
Valina	1,55	1,67	1,60	2,13	5,66	3,62
Isoleucina	1,76	1,96	1,90	2,07	4,71	5,48
Leucina	1,75	1,98	1,88	2,20	7,63	5,50
Triptofano	1,20	1,51	1,31	1,12	2,37	3,55
IAAE	1,69	1,95	1,88	2,20	4,48	4,02
Piramutaba						
Lisina	2,00	2,55	2,61	3,11	6,52	5,54
Arginina	1,77	1,99	1,64	2,01	4,97	3,13
Metionina	1,48	1,77	2,17	3,98	5,22	2,71
Histidina	1,38	1,68	1,65	1,51	3,91	2,90
Treonina	1,75	1,94	1,89	2,51	3,97	5,85
Fenilalanina	1,63	1,73	1,62	1,64	2,55	3,50
Valina	1,40	1,51	1,45	1,92	5,77	3,69
Isoleucina	1,48	1,65	1,60	1,74	4,69	5,45
Leucina	1,39	1,57	1,49	1,75	7,37	5,32
Triptofano	1,12	1,40	1,22	1,05	2,00	3,00
IAAE	1,52	1,76	1,70	1,99	4,04	3,63
Pescada amarela						
Lisina	2,30	2,93	2,99	3,57	5,67	4,82
Arginina	1,64	1,85	1,53	1,88	5,34	3,36
Metionina	1,69	2,01	2,47	4,52	4,59	2,39
Histidina	1,54	1,88	1,85	1,69	3,49	2,59
Treonina	1,84	2,04	1,98	2,63	3,78	5,58
Fenilalanina	1,77	1,88	1,76	1,78	2,35	3,23
Valina	1,58	1,70	1,64	2,17	5,12	3,27
Isoleucina	1,75	1,95	1,89	2,06	3,97	4,62
Leucina	1,69	1,91	1,82	2,13	6,05	4,36
Triptofano	1,02	1,28	1,11	0,95* ^Δ	2,20	3,30
IAAE	1,65	1,91	1,84	2,16	4,39	3,94

Valores de perfil de aminoácidos consultados em Rostagno (2011). ⁵exigência de aminoácidos para juvenis de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (Furuya et al., 2010); ⁶Exigência de aminoácidos para juvenis de truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* (Hardy, 2002); *São os aminoácidos que se encontraram em deficiência em relação aos ingredientes proteicos utilizados nas comparações; ^Δ primeiro aminoácido limitante na comparação entre as silagens e os ingredientes

A qualidade de um ingrediente está relacionada a um balanço adequado entre os aminoácidos (WILSON, 2002), além disso, com a capacidade de atender a exigência em desempenho e as necessidades fisiológicas dos organismos aquáticos (RUST, 2002; LI et al. 2009). Entre as silagens produzidas neste estudo, a de dourada foi a que apresentou valores superiores de EQ na comparação com os ingredientes proteicos selecionados, que são considerados os principais na formulação de dietas práticas na aquicultura e para as demais criações (ROSTAGNO, 2011). Além disso, foi a silagem que melhor atendeu as exigências da tilápia e truta arco-íris, através dos valores obtidos de EQ e IAEE, que foram superiores, ou seja, atendendo a exigência de todos os aminoácidos essenciais.

Existe outra linha de raciocínio que discute que quando algum aminoácido no ingrediente está em excesso em relação a exigência dos animais, isso poderia levar a um aumento na exigência de outros aminoácidos de estruturas similares, como é o caso da arginina que, relativamente, segue a mesma tendência da lisina, pois ambos são da série dos aminoácidos básicos (LOVELL, 1989), ou o caso dos aminoácidos ramificados, valina, leucina e isoleucina (LI et al., 2009) e da metionina com a cistina (WILSON, 2002; LI et al., 2009). Neste contexto, ressalta-se a importância de se testar a quantidade de inclusão das silagens nas dietas formuladas em substituição aos ingredientes proteicos, com o objetivo de otimizar o seu uso e, ao mesmo tempo, evitar possíveis situações de desbalanceamento dietético nas formulações.

A inclusão de um ingrediente em uma formulação está ligada a sua composição nutricional e a presença de fatores antinutricionais (GOMES et al., 1995; HARDY, 2010). No caso das silagens, a qualidade da proteína e dos lipídeos são fatores fundamentais para a inclusão nas dietas formuladas, sendo que os lipídeos merecem atenção especial pela possibilidade da oxidação dos seus componentes (VASCONCELOS et al., 2011). Outro ponto importante é a acidificação da dieta, que pode levar a alteração no desempenho dos peixes (HARDY et al., 1983; SUGIURA et al., 1998; 2006), limitando o uso direto das silagens nas dietas formuladas. No presente estudo, ao final do processamento as silagens apresentaram valores de pH aproximados de 4,5. Segundo Hardy et al. (1983) esse problema pode ser resolvido com a neutralização do ingrediente com a adição dos hidróxidos de sódio ou cálcio. No entanto, dependendo do grau de acidificação da dieta pode ocorrer uma melhora na assimilação de alguns nutrientes, com o aumento da digestibilidade do fósforo com a acidificação da dieta para truta arco-íris (SUGIURA et al., 2006). Os autores também observaram uma diminuição na H^+/K^+ -ATPase, com ação direta na bomba de próton (ATP4A), o que pode levar a alteração na troca iônica no animal.

Conclusão

De uma forma geral, a produção das silagens a partir dos resíduos do processamento das espécies dourada, piramutaba e pescada amarela é uma alternativa viável para disponibilizar uma fonte de proteína de alta qualidade para a formulação de dietas para os organismos aquáticos. As silagens apresentam qualidade microbiológica pela ausência e baixa quantidade de alguns contaminantes, como a *Salmonella* spp, fungos filamentosos e leveduras, Estafilococos coagulase positiva e os coliformes termotolerantes a 35 °C.

O perfil de aminoácidos e os valores de composição bromatológica das silagens são adequados para o uso em formulações dietéticas para juvenis de tilápia e truta arco-íris, atendendo as exigências para essas espécies. No entanto, estudos futuros com a inclusão das silagens nas dietas são necessários para atestar o seu potencial na substituição de ingredientes proteicos tradicionais, como o caso da farinha de peixe e da farinha de vísceras de aves.

REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E. G. et al. Apparent digestibility of protein, energy, and amino acids in some selected feed ingredients for pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquiculture Nutrition**, v.14, p.374-380, 2008.
- AOAC (ED.). **AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS**. 15. ed. Virginia, Washington: 1995.
- ANDERSON, R. S. et al. Climate driven coevolution of weathering profiles and hillslope topography generates dramatic differences in critical zone architecture. **Hydrological Processes**, 2018.
- BACKHOFF, H.P. Some chemical changes in fish silage. **Journal of Food Technology**, v. 11, 1976
- BATALHA, O. S. et al. Características físico-química e digestibilidade da farinha de silagem ácida de resíduo de pirarucu em rações de poedeiras comerciais leves. **Acta Scientiarum-Animal. Sciences**, v.39, n.3, p.251-257, 2017.
- BEGOSSI, A. et al. Fish consumption on the Amazon: a review of biodiversity, hydropower and food security issues. **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 2, p. 345-357. 2019.
- BENITES, C. I. **Farinha de silagem de resíduo de pescado: elaboração, complementação com farelo de arroz e avaliação biológica em diferentes espécies**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Alimentos). Universidade Federal do Rio Grande - FURG. Rio Grande do Sul. 2003.
- BENITES, C.I; SOUZA-SOARES, L. A. farinhas de silagem de resíduo de pescado co-secas com farelo de arroz: uma alternativa viável. **Archivos de Zootecnia**, v.59, p.448-455, 2010.

BANZE, J. F. et al. Acid silage of tuna viscera: production, composition, quality and digestibility. **Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo**, v.44, p. 24 - 34, 2017.

BARTHEM, R. B.; FABRÉ, N. N. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia. *In*: RUFFINO, M. L. **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia Brasileira**. Manaus: Ibama/ ProVárzea, 2004.

CORREA, F. C. et al. Avaliação físico-química e composição centesimal de filés de peixe comercializados em Belém do Pará, Brasil. **Scientia Plena**, v.12, 2016.

CASTRO, J. S. O. **Silagem Ácida de Resíduos de Filetagem de duas Espécies de Peixes Amazônicos para utilização em Ração Animal**. Dissertação (Mestrado em ciências ambientais). Universidade do Estado do Pará- UEPA, 2016.

DISNEY, J.G.; JAMES, D. **Fish silage production and its use**. FAO fish. n. 230. Rome, FAO, 1980.

FAGBENRO, O. A.; JAUNCEY, K. Chemical and nutritional quality of dried fermented fish silages and their nutritive value for tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Animal Feed Science and Technology**, v. 45, n. 2, p. 167–176, 1994.

FAO. **El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura - Contribución a la Seguridad Alimentar y la Nutrición para todos**. Roma. 2018.

FREEMAN, H. C.; HOOGLAND, P. L. Processing of cod and haddock viscera. I. Laboratory experiments. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, v. 13, n. 6. p. 869-877, 1956.

FURUYA, W. M. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. Furuya, (Edt.). Toledo: GFM, 100 p, 2010.

GOMES, E. F.; REMA, P.; KAUSHIK, S. J. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): digestibility and growth performance. **Aquaculture**. v. 130, p. 177-186, 1995.

GONÇALVES, A. A. et al. The inclusion of fish silage in *Litopenaeus vannamei* diets and rearing systems (biofloc and clear-water) could affect the shrimp quality during subsequent storage on ice? **Aquiculture**, v.507, p.493-499, 2019.

GOULDING, M. et al. Ecosystem-based management of Amazon fisheries and wetlands. **Fish and Fisheries**. 2019.

HAGEN SR, FROST B, AUGUSTIN J. Precolumn phenylisothiocyanate derivatization and liquid-chromatography of amino-acids in food. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v.6, n.72, p. 912-916, 1989.

HARDY, R.W.; SHEARER, K.D.; STONE, F.E.; WIEG, D.H. 1983. Fish Silage. *In* **Aquaculture Diets**. J. World Maricul. SOC. 14:695-703, 1983.

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

HISANO, H. ; BORGHESI, R. Elaboração de silagem Ácida de Vísceras de Surubim (*Pseudoblastystoma* sp). **Circular Técnica 18 documento eletrônico**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Agropecuária Oeste. 2011.

HEPHER, B. **Nutrition of pond fishes**. Cambridge: Cambridge University Press. 1988.

HISANO, H.; BORGHESI, R. Composição química e qualidade microbiológica de silagens ácidas de vísceras de surubim (*Pseudoplatystoma* spp.) preparadas com diferentes proporções de ácidos fórmico e cítrico. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento 72**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Agropecuária Oeste. 2015

LIMA, J. L de. ; SOUSA, K. N. S. BRAGA, T. M. P. 2016. Representação espacial da pesca de *Brachyplatystoma rousseauxii* (*Siluriformes - Pimelodidae*) em paisagens fluviais do complexo fluvio-lacustre do Itiqui, Baixo Amazonas, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 6, n. 4, p. 74-80, 2016.

KHEDKAR, R.; SINGH, K. Food Industry Waste: A Panacea or Pollution Hazard? Paradigms in Pollution Prevention, **Springer Briefs in Environmental Science**, 2018.

KLAUTAU, A. G. C. de M. et al. Impacted biodiversity by industrial piramutaba fishing in the amazon river mouth. **Boletim Instituto de Pesca de São Paulo**, v.42, n.1, p. 102–111, 2016.

LI, P.; MAI, K.; TRUSHENSKI, J.; WU, G. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. **Amino Acids**. v.37, p.43–53, 2009.

LOPES P. F. M., et al. **The Challenge of Managing Amazonian Small-Scale Fisheries** in Brazil. In: Salas S., Barragán-Paladines M., Chuenpagdee R. (eds) Viability and Sustainability of Small-Scale Fisheries in Latin America and The Caribbean. MARE Publication Series, vol 19. Springer, Cham, 2019.

LOVELL, T. **Nutrition and feeding of fish**. New York: Van Nostrand Reinhold.1989.

LUTZ, A.-I. A. **Métodos físico- químicos para análise de alimentos**. São Paulo:2008.

OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de Pesca**. 1º ed. São Paulo.Varela, 1999.

OETTERER, M. **Agroindústrias beneficiadoras de pescado cultivado: unidades modulares e polivalentes para implantação, com enfoque nos pontos críticos higiênicos e nutricionais**. Tese (Livre Docência). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1999.

OETTERER, M.; GALVAO, J. A.; SUCASAS, L. F. A. **Sustentabilidade na Cadeia Produtiva do Pescado: Aproveitamento de resíduos**. In: **Qualidade e Processamento de Pescado**. 1ª ed. Elsevier, 2014.

PESSOA, M. S. **Características físico-químicas e microbiológicas da silagem ácida de pescado**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias-Agroecologia). Universidade Federal de Minas Gerais. 2012.

PIMENTA, M. E. S. G.; FREATO, T. A.; OLIVEIRA, G. R. **Silagem de Pescado: Uma**

Forma Interessante de Aproveitamento de Resíduos do Processamento de Peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 4, p. 592–598, 2008.

PINAYA, W. H. D. et al. Multispecies Fisheries in the Lower Amazon River and Its Relationship with the Regional and Global Climate Variability. **Plos One**, 2016.

PRETTO, A. et al. Silagem ácida de pescado na alimentação de *Cyprinus carpio*. **Revista Agrarian**. v.10, n.38, p. 385-392, 2017.

RAA, J.; GILDBERG, A. Fish Silage; a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. v. 16, n. 4,p. 383-419, 1982.

RAJESWARI, C.; PADMAVATHY, P.; AANAND, S. Composting of fish waste: A review. **International Journal of Applied Research**, p.242-249, 2018.

RIBEIRO, I. de A. et al. Obtenção e caracterização da farinha a partir de silagem ácida do resíduo da filetagem do tambaqui cultivado. **Enciclopédia Biosfera**. Centro Científico Conhecer - Goiânia, p.2015-2304.

ROSTAGNO, H.S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Rostagno, H.S (Edt.).– 3. ed. – Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011.

RUST, M.B. 2002. **Nutritional Physiology**. In: Halver J. E., Hardy R.W. (Eds.) Fish Nutrition. 3rd versão. Elsevier Science, San Diego, USA. p. 144–179, 2002.

SANTOS, N. F. & SALES. R. O. Avaliação da Qualidade Nutritiva das Silagens Biológicas de Resíduos de Pescado Armazenada por 30 dias e 90 dias em Temperatura Ambiente. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade animal**, v.5, n.1, p. 01 - 11, 2011.

SILVA, N. et al .**Manual de métodos de análises microbiológicas de alimentos e água**.Sao Paulo . Editora Varela, 2010.

SILVA, M. F. da. **Elaboração e caracterização de silagem ácida de resíduos de tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. Dissertação (Mestrado em Ciencia de Alimentos). Universidade Federal do Amazonas. Manaus. 2016.

SOLTAN; M.A. et al.Possibility of Using Fermented Fish Silage as Feed Ingredient in the Diets of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Global Veterinaria** v.18, n.1, p. 59-67, 2017.

STEVENS, J. et al. The rise of aquaculture by-products: Increasing food production, value, and sustainability through strategic utilisation. **Marine Policy**, v. 90, p.115-124, 2018.

SUGIURA, S.H.; DONG, F.M.; HARDY, R.W. Effects of dietary supplements on the availability of minerals in fish meal; preliminary observations. **Aquaculture** . 160. 283–303. 1998.

SUGIURA, S.H.; ROY, P.K.; FERRARIS, R.P. Dietary acidification enhances phosphorus digestibility but decreases H⁺/K⁺-ATPase expression in rainbow trout. **The Journal of Experimental Biology** . 209, 3719-3728. 2006.

TATTERSON, J. N.; WINDSOR, M. L. Fish silage. **Journal of Science Food and**

Agriculture, v. 25, p. 369–379, 1974.

VASCONCELOS, M. M. M.; MESQUITA, M. DO S. C.; ALBURQUERQUE, S. P. Padrões físico-químicos e rendimento de silagem ácida de tilápia. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 6, n. 1, p. 27–37, 2011.

VIDOTTI, R. M.; VIEGAS, E. M. M.; CARNEIRO, D. J. Amino acid composition of processed fish silage using different raw materials. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, n.105, p.199-204, 2003.

VIDOTTI, M. & GONÇALVES, G. S. Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de tilápia e sua utilização na alimentação animal. **Instituto de Pesca de São Paulo**, 2006.

VIDOTTI, R. M. **Silagem de Pescado. In: Gonçalves A.A. (org). Tecnologia do Pescado - Ciência, Tecnologia, Inovação e Legislação.** 1ª ed. São Paulo: Atheneu, 2011.

VIEIRA, N. C. A Study of Fishing And Educational Level of Young Fishers on The Bonifácio Village, Bragança, Pará, Northern Coast Of Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo**, 39(2): 195 – 204, 2013.

WILSON, R. P. **Protein and amino acids.** *In:* Halver J. E., Hardy R.W. (Eds.) *Fish Nutrition.* 3rd versão. Elsevier Science, San Diego, USA. p. 144–179, 2002.

WHITE, J. A.,; HART, R. J, FRY, J. C. An Evaluation Of The Waters Pico-Tag System For The Amino-Acid-Analysis Of Food Materials. **Journal of Automatic Chemistry**, v.8, n.4, p. 170-177, 1986.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente projeto visou contribuir para maximizar a utilização dos resíduos do beneficiamento da pesca das principais espécies amazônicas tais como a dourada, piramutaba e pescada amarela, minimizando o desperdício e os danos ao meio ambiente, contribuindo com a sustentabilidade da cadeia produtiva da pesca. Porém, a maior justificativa é de ordem nutricional, onde por meio de processo tecnológico simples, através da silagem, se obtém um ingrediente de alta qualidade para aplicação em dietas na aquicultura.

Em um futuro próximo, pensamos em explorar melhor a qualidade das silagens em relação ao perfil de ácidos graxos e em relação ao peso molecular da proteína, mais especificamente na quantidade de aminoácidos livres e peptídeos de cadeia curta e longa, pois sabe-se que o desbalanceamento não se restringe apenas ao perfil de aminoácidos do ingrediente, mas sim como ele está disponibilizado. Se as silagens apresentarem um balanço adequado entre os aminoácidos livres e peptídeos de cadeia curta e longa, isso poderia ser mais um ponto positivo para a produção de silagens e o seu uso em dietas formuladas para as fases iniciais de desenvolvimento dos animais aquáticos.