



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL



Processamento, caracterização físico-química e digestibilidade da silagem biológica de resíduos de tabaqui na alimentação de poedeiras comerciais

CRISTIANE CUNHA GUIMARÃES

Manaus - Amazonas

Agosto – 2018

CRISTIANE CUNHA GUIMARÃES

Processamento, caracterização físico-química e digestibilidade da silagem biológica de resíduos de tabaqui na alimentação de poedeiras comerciais

Orientador: Antônio José Inhamuns da Silva, Dr.

Co-orientador: Frank George Guimarães Cruz, Dr.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal - PPGCAN da Universidade Federal do Amazonas - UFAM como requisito parcial para obtenção do grau de Mestra em Ciência Animal.

Manaus – Amazonas

Agosto – 2018

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

G963p Guimaraes, Cristiane Cunha
Processamento, caracterização físico-química e digestibilidade da silagem biológica de resíduos de tabaqui na alimentação de poedeiras comerciais / Cristiane Cunha Guimaraes. 2018
62 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Antônio José Inhamuns da Silva
Coorientador: Frank George Guimarães Cruz
Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Alimentação animal. 2. Colossoma macropomum (tabaqui). 3. Lactobacillus plantarum (bactéria). 4. Valor nutricional . I. Silva, Antônio José Inhamuns da II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



PARECER



A banca examinadora composta pelos professores Dr^o. Antônio José Inhamuns da Silva, Dr^o. Felipe Faccini dos Santos e Dr^o. Rogério Souza de Jesus, esteve reunida no dia 31 de agosto de 2018, em Manaus para analisar a dissertação de Cristiane Cunha Guimarães - 2160465, intitulada “**Processamento, caracterização físico-química e digestibilidade da silagem biológica de resíduos de tabaqui na alimentação de poedeiras comerciais**”. Após a análise do referido trabalho, esta banca concluiu que o mesmo apresenta as características técnico-científicas de uma dissertação, atendendo desta forma às exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, resolução 021/2004 do Conselho de Ensino Pesquisa e Extensão – CONSEP e Câmara de Ensino de Graduação – CEG da Universidade Federal do Amazonas – UFAM.

Este é o nosso parecer

Dr^o. Antônio José Inhamuns da Silva - UFAM
Orientador e Presidente da Banca

Dr^o. Felipe Faccini dos Santos – IFAM
Membro da Banca

Dr^o. Rogério Souza de Jesus - COTI/INPA
Membro da Banca

*O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo.
Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas
admiráveis.*

José de Alencar

*Aos meus amados pais Maria Izabel Cunha Guimarães
e Raimundo Soares Guimarães, pela educação, amor e afeto.*

Exemplos de garra, meus heróis.

Tenho maior orgulho de vocês.

Amo vocês, por toda minha vida!

As minhas amadas sobrinhas Izabelle Guimarães

e Nicolle Guimarães Bulcão.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A princípio, agradeço à Deus pela força e coragem para enfrentar mais esta etapa da minha vida.

Aos meus pais, Maria Izabel e Raimundo, por toda confiança depositada; pelo amor, incentivo e apoio, pois se hoje estou aqui, devo à vocês, que não mediram esforços ao investir na minha educação.

Meu muito obrigada a minha família, pela ajuda, carinho e incentivo durante toda essa caminhada, em especial a minha irmã Iriane Guimarães que me atura nos meus momentos de angústia e fraqueza.

A Universidade Federal do Amazonas e ao Programa de Pós Graduação em Ciência Animal, pela oportunidade concedida a minha formação profissional.

Aos meus Orientadores, Dr. Antônio José Inhamuns da Silva e Dr. Frank George Guimarães Cruz, pela oportunidade, confiança, atenção e orientação, que foram fundamentais em todos os momentos nesse trabalho.

Aos amigos do PPGCAN, uma honra participar da 1º turma, pelo companheirismo, conversas e trocas de experiência, por todo apoio e amizade. “Melhor turma para compartilhar o sufoco no elevador”.

As amizades adquiridas nessa etapa, e que farão sem sombras de dúvidas parte da minha vida de hoje em diante, em especial, ao André Ferreira, Valcely Costa, Oscarina Batalha, João Paulo Rufino, Fabíola Marialva e Wildson Pontes, sendo fundamentais nos momentos em que mais precisei de apoio e incentivo nessa batalha.

Aos técnicos, Francisco Chaves e Jadilson Barroncas, aos servidores dona Judith e seu Domingos, e aos colegas da “*Família Frank Cruz*” meu muito obrigada, pela amizade, respeito e cooperação durante o experimento e vivência no Setor de Avicultura.

Ao técnico do Laboratório de Tecnologia do Pescado, Dr. Fábio Lopes e aos amigos Ivana Maciel, Paula Santos, Euclides Luís e Klaramelia Ramón, meu muito obrigada, pela ajuda nas análises laboratoriais e contribuições junto ao experimento no laboratório.

Ao meu querido amigo Dr. Ítalo Thiago Matos, obrigada por novamente contribuir com minha carreira profissional.

A Capes, com apoio financeiro concedido pela bolsa em uma boa parte do mestrado.

À todos os que direta ou indiretamente contribuíram para a realização de mais uma etapa de minha vida.

Meus sinceros e eternos agradecimentos!

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de produção de silagem a partir dos resíduos provenientes do beneficiamento do tabaqui, avaliando as suas características químicas e nutricionais e uso da mesma na dieta de poedeiras comerciais leves para verificação da digestibilidade aparente e metabolização energética. Os tratamentos para produção do ensilado se diferenciaram quanto a quantidade de inóculo (culturas puras da bactéria *Lactobacillus plantarum*). No ensaio de digestibilidade foram utilizadas 72 poedeiras da linhagem Hisex White com 62 semanas de idade. Para os tratamentos foram elaboradas a ração controle e a ração com inclusão de 5% da silagem biológica de resíduo de tabaqui. O método biológico para elaboração de silagem a partir do resíduo de tabaqui obteve resultados positivos na conservação da massa residual ensilada, em todos os percentuais de inóculo avaliados. Durante a avaliação da composição centesimal da silagem biológica úmida de resíduo de tabaqui, os tratamentos mostraram-se sem diferença significativa e se mantiveram próximos em relação ao resíduo *in natura*. Na desidratação do produto realizada com 14 dias de inoculação, a composição centesimal do produto nos respectivos tratamentos apresentou resultados promissores. O tratamento com 2,5% de inóculo se destacou aos demais tratamentos quanto aos parâmetros nutricionais para uso na alimentação das poedeiras, apresentando concentração de proteína bruta (PB)-33,29%, lipídico (L)-33,65% e minerais Ca-21,26 g/Kg⁻¹ e P-11,98 g/Kg⁻¹. O produto desidratado com 35 dias de inoculação também apresentou ótimos resultados para análise de composição centesimal. A inclusão de 5% da silagem biológica de resíduos de tabaqui na dieta de poedeiras comerciais leves apresentou bom desempenho na metabolização de proteína e lipídico, podendo este ser considerado como um alimento proteico ou energético para fins de uso na alimentação de poedeiras. A elaboração da silagem biológica de pescado torna-se uma alternativa para a indústria pesqueira, promovendo um destino sustentável e lucrativo, aos resíduos gerados durante o processamento, com potencial para utilização na alimentação de animal.

Palavras chave: Alimentação animal, *Colossoma macropomum*, *Lactobacillus plantarum*, Valor nutricional

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the potential for production of silage from the waste from the processing of the tambaqui, evaluating the chemical and nutritional characteristics and the same use in the diet of laying hens for light commercial verification of apparent digestibility and energy metabolism. Treatments for production of silage if differentiated as the amount of inoculum (pure cultures of *Lactobacillus plantarum*). In the digestibility assay were used 72 layers of White Hisex with 62 weeks of age. For the treatments are designed to control feed and the feed with inclusion of 5% of the residual biological silage tambaqui. The biological method for preparation of silage from the residue of tambaqui obtained positive results in the conservation of the residual mass in clamped all percentages of inoculum. During the evaluation of the centesimal composition of organic wet silage tambaqui residue, the treatments were no significant difference and remained close in relation to residue in natura. In the dehydration of the product held with 14 days of inoculation, the centesimal composition of the product in their treatments presented promising results. Treatment with 2,5% of inoculum excelled the other treatments with regard to nutritional parameters for use in feed of layers, showing concentration of crude protein (CP)-33,29%, lipídico (L)-33,65% and minerals Ca-21,26 g/Kg⁻¹ and P-11,98 g/ Kg⁻¹. The dehydrated product with 35 days of inoculation also presented excellent results for analysis of centesimal composition. The inclusion of 5% biological silage of tambaqui on light commercial layer diet showed good performance in the metabolism of protein and lipid, can be considered as a protein food or energy for use in power layers. The preparation of organic fish silage becomes an alternative to the fishing industry, promoting a sustainable and profitable destination, waste generated during processing, with potential for use in animal feed.

Keywords: Animal nutrition, *Colossoma macropomum*, *Lactobacillus plantarum*, Nutritional value.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Utilização e consumo do pescado mundial.....	21
Figura 2: Fluxograma da obtenção da Silagem Biológica de Resíduos de Tabaqui-SBRT.	32
Figura 3: Variação no pH durante a inoculação de resíduos de tabaqui para produção de silagem biológica.	38
Figura 4: Variação da acidez titulável durante a inoculação de resíduos de tabaqui para produção de silagem biológica.	40
Figura 5: Reativação da bactéria <i>Lactobacillus plantarum</i> e elaboração de inóculo	60
Figura 6: Resíduos <i>in natura</i> de tabaqui e trituração para obtenção da massa residual.....	60
Figura 7: Componentes usados na elaboração do ensilado	60
Figura 8: Mistura de componentes e armazenamento da silagem.....	61
Figura 9: Silagem biológica úmida de resíduos de tabaqui antes da secagem.....	61
Figura 10: Silagem Biológica Desidratada de Resíduos de Tabaqui	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores médios de pH durante o tempo de inoculação de resíduos de tabaqui para produção da silagem biológica.	39
Tabela 2: Valores médios da acidez titulável durante o tempo de inoculação dos resíduos de tabaqui para produção de silagem biológica.	42
Tabela 3: Valores médios da composição centesimal das silagens biológicas úmidas de resíduos de tabaqui ao longo de 35 dias.	43
Tabela 4: Composição centesimal da silagem biológica desidratada de resíduos de tabaqui após 14 dias de inoculação.	45
Tabela 5: Composição centesimal da silagem biológica desidratada de resíduos de tabaqui com 35 dias de inoculação.	46
Tabela 6: Composição de macro e micro minerais dos resíduos in natura e da silagem biológica desidratada com 14 dias de inoculação.	47
Tabela 7: Composição química da silagem biológica de resíduos de tabaqui usada na dieta de poedeiras comerciais leves.	49
Tabela 8: Composição centesimal das rações experimentais de controle e contendo 5 % de Silagem Biológica de Resíduos de Tabaqui-(SBRT).	50
Tabela 9: Coeficientes de digestibilidade aparente da ração controle e da ração experimental (contendo 5% de silagem biológica de resíduos de tabaqui) para poedeiras comerciais leves.	50
Tabela 10: Energia metabolizável aparente (EMa) e coeficiente de metabolização da energia metabolizável aparente (CMEMa) da ração controle e da ração experimental (contendo 5% de silagem biológica de resíduos de tabaqui) para poedeiras comerciais leves.	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	19
2.1. Objetivo geral	19
2.2. Objetivos específicos	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3.1. Produção e consumo de pescado	20
3.2. Alternativa para resíduos gerados na cadeia produtiva de pescado	22
3.3. Silagem de Pescado: Histórico e princípios da técnica.....	24
3.4. Silagem Biológica de Pescado: uma alternativa de aproveitamento de resíduos	25
3.5. Composição Nutricional da Silagem Biológica com uso na alimentação animal	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1. Local de desenvolvimento do experimento	30
4.2. Produção da silagem biológica de resíduos de tabaqui (SBRT).....	30
4.3. Análise de digestibilidade da Silagem Biológica de Resíduos de Tabaqui na alimentação de poedeiras comerciais leves.	33
4.4. Análise Estatística.....	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1. Acompanhamento organoléptico durante o período de inoculação da Silagem	36
5.2. Avaliação de pH no período de inoculação da silagem	37
5.3. Avaliação da acidez titulável no período de inoculação da silagem.....	40
5.4. Composição centesimal das silagens úmidas.....	42
5.5. Composição centesimal das silagens desidratadas	44
5.6. Avaliação da digestibilidade da silagem biológica de resíduos de tabaqui na alimentação de poedeiras comerciais leves	49
6. CONCLUSÃO	53
7. REFERÊNCIAS	54
8. ANEXOS	60
8.1. Anexo 01: Processamento da silagem biológica de resíduo de tabaqui	60
8.2. Anexo 02- Certificado obtido junto ao Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Amazonas, sob o protocolo nº 053/2017.....	62

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura continental no Brasil, é essencialmente representada pela piscicultura tendo grande destaque devido ao constante crescimento dentro da produção animal, em relação aos múltiplos setores produtivos (BRASIL, 2010). Atualmente o país está entre os 15 maiores produtores mundiais (FAO, 2016) de pescado. Fatores como a disponibilidade de recursos hídricos, o clima extremamente favorável, a mão de obra abundante e a crescente demanda por pescado no mercado interno, têm contribuído para o aumento na atividade.

O uso das inovações tecnológicas envolvidas na cadeia produtiva e os variados processos realizados para agregar valor aos derivados da pesca, desde a captura à comercialização dos produtos e subprodutos, gera resíduos (IZEL e MELO, 2004). E todos os anos, milhares de toneladas de resíduos orgânicos são produzidos e descartados pelas unidades beneficiadoras de pescado, despejando no ambiente e gerando um sério problema de poluição ambiental (BORGHESI, 2004)

A sociedade tem buscado alimentos mais saudáveis, levando ao avanço na indústria de pescado, por considerar um alimento com ótima composição nutricional pelos consumidores (NITZKE et al., 2012). Segundo o relatório SOFIA (FAO, 2018) as expectativas estabelecidas para consumo de pescado em 2030, encontram-se relacionadas às contribuições e às práticas da pesca e da aquicultura para a segurança alimentar e nutricional, bem como o uso de recursos naturais pelo setor, de modo a garantir desenvolvimento sustentável em termos econômicos, sociais e ambientais.

Neste contexto, tem-se em destaque estudos desenvolvidos no Brasil com elaboração da silagem ácida e biológica, uma alternativa viável para o aproveitamento de resíduos provenientes do pescado, sendo uma técnica simples, de baixo custo operacional (VIDOTTI et al., 2006), utilizada para a transformação dos materiais residuais em produtos de alta qualidade nutricional, que podem minimizar os problemas com a poluição ambiental, bem como, servir de ingrediente na formulação de rações (SANTOS e SALLES, 2011). Visto que possuem grande potencial para utilização como suplementos nutricionais (OLIVEIRA et al., 2012).

A utilização destes resíduos gerados pela agroindústria de pescado para transformar subprodutos em alimentos alternativos que estejam disponíveis a preços compensadores, oferecem vantagens de acessibilidade, principalmente em regiões do Brasil que enfrentam entraves com logística de grãos e matérias-primas com alto custo (CRUZ et al., 2016).

O material residual processado de maneira correta, na elaboração de silagem de resíduos de pescado, poderia estar reduzindo custos aos sistemas de produção de aves, uma vez que a alimentação destas representa 70% dos custos totais de produção, onde o milho e a soja figuram como principais ingredientes utilizados como fontes energéticas e proteicas nas formulações de rações (BATALHA et al., 2017).

No entanto é importante ter compreensão da composição nutricional do alimento, além do seu aproveitamento pelo organismo animal (OLIVEIRA et al., 2012). O conhecimento da digestibilidade de um nutriente é importante na condução de pesquisa sobre exigência nutricional, buscando sempre o baixo custo das rações e minimizar impactos ambientais.

BORGHESI et al. (2007) sugerem que a análise da composição química da silagem seja realizada antes do uso como ingrediente em rações, devido à grande variação de composição da matéria-prima utilizada (tipo de resíduo, espécie, sexo, época do ano, entre outros). Visando o futuro da aquicultura que está diretamente ligado à equalização entre produção e aproveitamento de resíduos sob uma eficaz gestão de efluentes. E pensando em alimentos alternativos para produção no setor avícola atendendo o aspecto produtivo e econômico, sem agredir, sobretudo, o desempenho e fisiologia do animal.

Esta pesquisa foi realizada com objetivo de avaliar as características químicas e nutricionais da silagem biológica produzida com subprodutos do beneficiamento de tambaqui e o uso da mesma em rações para poedeiras comerciais leves e seu efeito sobre a digestibilidade aparente e metabolização energética.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliação do potencial de processamento e utilização da silagem biológica produzida a partir da biomassa residual do tabaqui na alimentação de poedeiras.

2.2. Objetivos específicos

- Produção da silagem de resíduo de tabaqui a partir do método biológico;
- Determinação da qualidade da silagem biológica;
- Avaliação da digestibilidade de poedeiras comerciais leves alimentadas com rações contendo 5% silagem biológica de resíduo de tabaqui.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Produção e consumo de pescado

A atividade da aquicultura tem crescimento ascendente no Brasil, deixando o país entre os 15 maiores produtores mundiais (FAO, 2016). Fatores como a disponibilidade de recursos hídricos, o clima extremamente favorável, a mão de obra abundante e a crescente demanda por pescado no mercado interno têm contribuído para a atividade.

O tambaqui desponta como a principal espécie nativa cultivada no país, sucesso atribuído a uma série de características zootécnicas favoráveis que justificam seu cultivo crescente e importância econômica para a piscicultura nacional. Além de sua carne possuir elevado valor no mercado, como aponta Borges et al., (2013) tornando-se cada vez mais popular entre os consumidores, graças ao seu sabor que é considerado atrativo.

Na região Norte, a piscicultura cresceu de forma mais acentuada tendo em vista a alta demanda pelo mercado consumidor local e atualmente o estado de Rondônia responde por 47,7% da produção nacional e 60,7% da produção regional de tambaqui (BRASIL, 2017).

No estado do Amazonas a produção da piscicultura está associada a aproximadamente 2.980 produtores, caracterizados como piscicultores familiares, distribuídos em todos os municípios do estado, segundo (BRASIL, 2017) o município de Rio Preto da Eva teve destaque com maior produção nacional de peixe, registrando a despesca de 13,38 mil toneladas no mesmo ano.

O hábito de se consumir pescado no Amazonas, seja pela abundância deste, ou preferência de consumo, faz com que este recurso seja parte da cultura e culinária local (COSTA et al., 2013). A produção de pescado é escoada nas principais cidades, com grande potencial de aumento no consumo, em especial para produtos mais industrializados servidos nos mais variados cardápios.

O crescimento acelerado dos centros urbanos do norte, em especial a cidade de Manaus, com a criação da Zona Franca de Manaus a demanda por peixes nobres como o tambaqui aumentou consideravelmente, pode-se dizer que Manaus é a maior cidade consumidora de tambaqui no mundo (BARÇANTE e SOUSA, 2015).

O consumo *per capita* de pescado na Região Metropolitana de Manaus é o mais elevado de todas as cidades Brasileiras, estimado em 33,7 kg/pessoa/ano (BARÇANTE e SOUSA, 2015) estando também acima do consumo mundial de pescado estimado pela (FAO, 2016) em 20,3 kg/pessoa, sendo este segundo a organização, o máximo histórico.

Entre 1961 e 2016, o aumento médio anual do consumo mundial de pescado foi de 3,2% e excedeu o crescimento da população que foi de 1,6% (Figura 1). Assim também o de todos os animais terrestres juntos 2,8%. Em termos *per capita*, o consumo de pescado aumentou de 9,0 kg em 1961 para 20,2 kg em 2015, a uma taxa média de aproximadamente 1,5% ao ano. As estimativas preliminares para os anos de 2016 e 2017 apontam para um novo aumento de 20,3 para 20,5 kg, respectivamente (FAO, 2018).

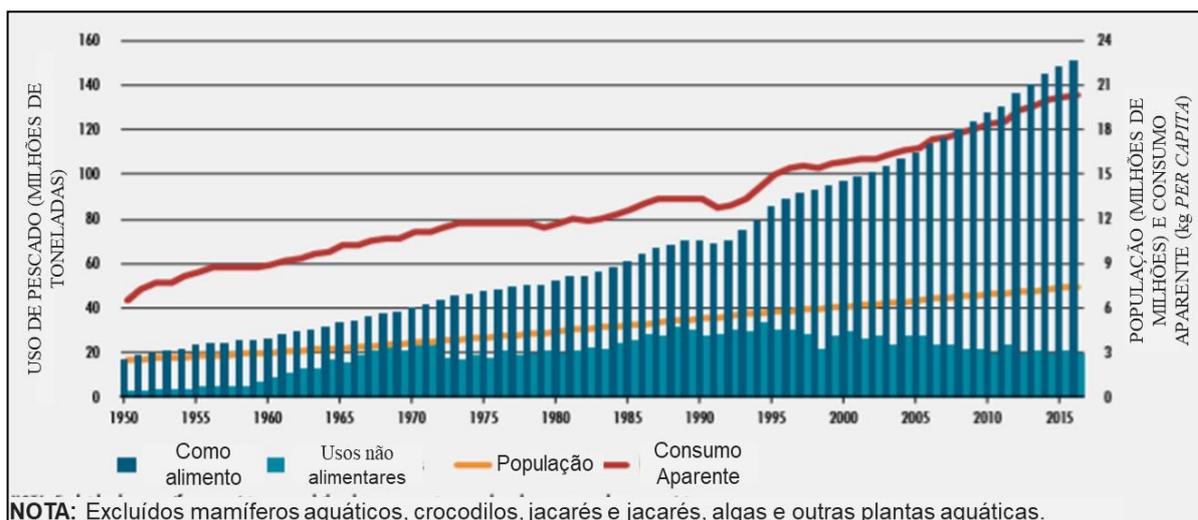


Figura 1: Utilização e consumo do pescado mundial (FAO, 2018).

O aumento do consumo deve-se não apenas ao aumento da produção, mas também a outros fatores, incluindo a redução de desperdícios, o pescado fornece quase 20% da contribuição média de proteínas animais *per capita* para cerca de 3,2 bilhões de pessoas. A alimentação saudável também favorece o aumento no consumo, o pescado é considerado um alimento saudável, apresentando características nutricionais como proteínas completas e altamente digestível contendo todos os aminoácidos essenciais que os seres humanos necessitam para o crescimento e a manutenção do corpo, mas que o organismo não é capaz de produzir. São fontes importantes de vitaminas do complexo B, minerais e ácidos graxos poli-insaturados, um tipo de gordura considerada saudável com destaque para o ômega 3.

Apesar dos níveis relativamente baixos de consumo de pescado, a proporção de proteína de peixe presente nas dietas da população dos países em desenvolvimento, como o Brasil, é maior que da população de países desenvolvidos.

Segundo o relatório SOFIA (FAO, 2018) as expectativas estabelecidas para consumo de pescado em 2030, encontra-se relacionada à contribuição e à prática da pesca e da aquicultura para a segurança alimentar e nutricional, bem como o uso de recursos naturais pelo setor, de modo a garantir desenvolvimento sustentável em termos econômicos, sociais e

ambientais, oferecendo uma visão de um mundo justo e sustentável, livre da pobreza, da fome e da desnutrição e comprometido com a igualdade e a não-discriminação, sendo necessário que a comunidade mundial apoie os países em desenvolvimento para que atinjam seu pleno potencial de pesca e aquicultura. A estimativa é que para 2030 a aquicultura contribua com 60% do pescado para consumo humano e sua produção supere a pesca em 54%.

3.2. Alternativa para resíduos gerados na cadeia produtiva de pescado

A região amazônica apresenta grande potencial para expansão da aquicultura, sobretudo pela alta demanda regional por pescado, em paralelo, a sociedade tem buscado alimentos mais saudáveis, que levou ao considerável avanço na indústria de pescado nos últimos anos visando acompanhar o atendimento da demanda proposta pelos consumidores (NITZKE et al., 2012).

Os incentivos ao uso das inovações tecnológicas envolvidas na cadeia produtiva e os variados processos realizados para agregar valor aos derivados da pesca, desde a captura à comercialização dos produtos e subprodutos também destacam-se de maneira promissora nesse setor (IZEL e MELO, 2004).

No entanto, ao longo da cadeia produtiva do pescado verificaram-se alguns gargalos, dentre os quais, a quantidade de resíduos biológicos gerados, desde a reprodução, alevinagem, engorda, processamento, comercialização até o prato final do consumidor (VIDOTTI et al., 2003), apresentando-se como um dos mais preocupantes, devido principalmente aos problemas ambientais oriundos do descarte inadequado destes (BORGHESI et al., 2007). Em sua maioria, são resultantes de atividades intensivas da produção animal (ARRUDA, 2004). Boscolo et al., (2010) relataram que resíduos de pescado representavam cerca de 2/3 do volume da matéria prima da indústria.

Estes resíduos necessitam ser tratados de maneira correta, ajustando-se às normas ambientais (CONAMA, 2005) e a política de gestão de resíduos (BRASIL, 2010), é possível converter a matéria orgânica complexa (carboidratos, proteínas e lipídios) em formas mais simples e assimiláveis por outros compartimentos do ecossistema (CHERNICHARO, 2007).

Feltes et al. (2010), em seus estudos para encontrar alternativas de agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe, citam que estes apresentam uma composição bastante rica por compostos orgânicos e inorgânicos, o que gera preocupação relativa aos potenciais impactos ambientais negativos, decorrentes da disposição deste material diretamente no ambiente.

Sob a ótica da NBR 10004 da ABNT (2004), as vísceras de peixe se caracterizam como sendo resíduos sólidos ou semissólidos aqueles que resultam de atividades industriais, domésticas, agrícolas entre outros, incluindo os lodos das estações de tratamento de efluentes, resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição, que não podem ser diretamente lançados nas redes públicas de esgoto, tampouco no ambiente.

No estado do Amazonas há uma alta demanda no consumo de pescado, a comercialização de maneira processada pela indústria pronta para o consumo, está sendo bastante valorizada nas diferentes formas, *in natura* eviscerada, com ou sem espinha, conservada em gelo, cortes congelados, ou peixes menores com cerca de 500g, para uma única refeição chamado “tambaqui curumim” usando técnicas de beneficiamento (lavagem, retirada da escama, ticação ou corte de espinha, evisceração e lavagem, congelamento, pesagem e embalagem), destinada principalmente a alimentação junto ao setor industrial.

Algumas instituições como a EMBRAPA, INPA e UFAM já realizam pesquisas para o desenvolvimento de produtos à base de tambaqui como defumados, cortes especiais (costelas do tambaqui), carne mecanicamente separada para empanados, linguiça, fishburger e outros, que irão agregar um valor a mais aos produtos processados.

Nos mais variados processamentos do pescado, ocorre a geração de resíduos, indo do abate até ao beneficiamento piscícola, como a retirada da cabeça, vísceras, nadadeiras, cauda, coluna vertebral, escamas e restos de carne; sua quantidade varia, conforme as espécies e a forma de processamento (ARRUDA, et al., 2007). Tais resíduos possuem potencial para serem tratados por processos biológicos, com foco na preservação do meio ambiente.

Uma das formas de minimizar os problemas ambientais gerados pela quantidade de resíduos de pescado descartados anualmente, é transformá-los em subprodutos que possam ser incorporados, como ingrediente na alimentação animal (VIDOTTE e GONÇALVES, 2006), visto que estes resíduos possuem grande potencial para utilização como suplementos nutricionais nas rações (FELTES et al., 2010).

Historicamente a produção de farinha de pescado, foi uma alternativa para o aproveitamento dos resíduos, amplamente empregada na aquicultura, como principal fonte proteica nas rações para a maioria das espécies cultivadas (GUZEL et al., 2011), no entanto esta alternativa tem um custo elevado de produção.

Um sistema alternativo e viável para o aproveitamento dos resíduos é a fabricação da silagem de pescado, um produto liquefeito de alto valor biológico e praticamente a mesma composição da matéria-prima utilizada em sua obtenção, podendo ser produzido a partir de

peixes oriundos de perdas em sítios de piscicultura, espécies subutilizadas ou de baixo valor comercial, peixes classificados pelos órgãos sanitários como impróprios para consumo humano, fauna acidental de pesca extrativa, descartes de captura e comercialização além de resíduos de indústrias (ARRUDA et al., 2007).

3.3. Silagem de Pescado: Histórico e princípios da técnica

Alguns estudos desenvolvidos no Brasil se destacaram com elaboração da silagem, uma alternativa viável para o aproveitamento de resíduos provenientes do pescado, sua tecnologia de obtenção é simples, não implica na utilização de maquinários específicos e não exige mão-de-obra especializada, destacando-se ainda o fato de não exalar odores degradáveis e poluentes ou problemas em relação à patógenos (VIDOTTE et al., 2003). Segundo Machado (2010) é um produto microbiologicamente estável, de fácil armazenamento, e de acordo com sua composição nutricional, constitui-se em uma fonte proteica de elevado valor biológico.

A silagem de pescado não é um produto novo, sua elaboração surgiu visando o aproveitamento dos resíduos, na Finlândia na década de 20. O método usado para sua obtenção foi adaptado a partir dos métodos utilizados na conservação de forrageiras que consistia numa combinação da mistura de ácido sulfúrico e clorídrico. Na década de 30, a Suécia iniciou a fabricação de silagem, e além dos ácidos já utilizados introduziu o uso de ácido fórmico e adição de melaço durante a elaboração (HISANO e BORGHESI, 2012).

Na década de 40 outros países como o Canadá, Austrália, Noruega e Alemanha passaram a produzir silagem de resíduos de peixe em pequenas quantidades (SANTOS, 2000). Foi a partir da década de 60 que a Dinamarca, Polônia e Noruega iniciaram a produção efetiva de silagem em escala comercial, utilizando o método da combinação de ácidos, o produto obtido era usado na alimentação de animais domésticos como complemento proteico (ARRUDA, 2004).

Apesar das inúmeras pesquisas realizadas envolvendo a técnica para produção de silagem por outros países, comercialmente a silagem de pescado não é produzida pela indústria brasileira, e a razão pela qual não é comumente usada, está relacionada à inconstante oferta de qualidade (BATALHA et al., 2017).

Duas metodologias básicas são utilizadas para elaboração da silagem de pescado, através da adição de ácidos orgânicos ou inorgânicos, tais como: fórmico, sulfúrico, clorídrico, propiônico e acético, denominado de “Silagem Ácida” (ARRUDA, 2004), ou com uso de microrganismos produtores de ácido láctico juntamente com uma fonte de carboidratos, resultando na “Silagem Biológica” (VIDOTTE et al., 2006).

Ambas as metodologias supracitadas tem como princípio, um processo de fermentação controlado que torna este resíduo apto a um maior tempo de conservação, a preservação do material ensilado é dada pela redução do pH no meio, seja por adição de ácidos ou pela fermentação láctica microbiana (BORGHESI, 2004). O material autolisado caracteriza-se por uma degradação da matéria proteica original do resíduo, a estado de peptídios, oligopeptídios e aminoácidos (VIDOTTI, 2001).

3.4. Silagem Biológica de Pescado: uma alternativa de aproveitamento de resíduos

A silagem biológica é o produto da adição de microrganismos do grupo ácido-lácticas: *Lactobacillus* spp. e *Lactococcus* spp. ou leveduras dos gêneros *Hansenula* e *Saccharomyces*, favoráveis à fermentação láctica (VIDOTTE et al., 2006).

Tais microrganismos são um grupo morfológicamente heterogêneo, com cocos e bacilos, que podem estar dispostos em cadeia ou individualmente, Gram positivos, não esporulados, anaeróbicos facultativos, capazes de realizar a fermentação em anaerobiose, bem como em aerobiose, mas de uma forma mais lenta. Produzem como principal produto final da fermentação dos açúcares o ácido láctico, estando envolvidas na acidificação dos produtos alimentares destinados a humanos, ou animais (SILVA, 2011).

As bactérias lácticas também são produtoras de várias substâncias favoráveis ao processo de ensilagem, como: Lantibióticos, que na diminuição do pH para valores 4,2 ou menores, combinada com a ação antagonica dessa substância, causa uma redução radical de microrganismos patógenos, como a *Salmonella* spp., *Staphylococcus* spp. e *Clostridium* spp., ocorre também a formação de peróxido de hidrogênio efetivo na inibição do crescimento de patógenos do gênero *Pseudomonas* e de *Staphylococcus aureus*, e diacetilo substância responsável pelo aroma agradável da silagem (frutal) e inibidor de fungos, bactérias gram negativas e positivas, exceto as lácticas (MACHADO, 2010).

A preservação dos resíduos de pescado através da fermentação com inóculo microbiológico, depende da formação de ácido láctico (CÂNDIDO, 2016). Segundo Vidotti e Gonçalves (2006), para que se tenha êxito no processo, é necessário favorecer o predomínio de bactérias homofermentativas, e a melhor forma ocorrerá por meio da adição de um inóculo iniciador, como *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus* spp., *Streptococcus lactis*, *Saccharomyces platensis* e outros microrganismos.

O pescado possui pequena quantidade de carboidratos como fonte de energia não sendo o suficiente para produzir uma fermentação com trocas de pH e acidez que preserve a massa ensilada. Para isso uma fonte de carboidratos também deve ser adicionada à biomassa,

para a fermentação das bactérias lácticas no meio, utilizando os açúcares e produzindo ácido láctico, pequenas quantidades de CO₂, além de outros ácidos orgânicos (VIDOTTE et al., 2003).

O inóculo microbiológico converterá os açúcares presentes, em ácidos, causando redução do pH devido à produção de ácido láctico pela glicólise anaeróbica, dando início a hidrólise de proteínas a peptídios e aminoácidos (OLIVEIRA et al., 2013). Os açúcares como glicose, sacarose e lactose geralmente são os mais utilizados nessa etapa inicial por promoverem rápida diminuição de pH ao serem fermentados por bactérias lácticas (MACHADO, 2010).

A qualidade do produto final de um ensilado fermentado está relacionada naturalmente com a capacidade dos microrganismos em promover a estabilidade do produto através do ácido láctico (VIDOTTE, 2001; VIDOTTI e GONÇALVES, 2006).

3.5. Composição Nutricional da Silagem Biológica com uso na alimentação animal

Apesar das alterações que acontecem no processo de elaboração, as silagens de peixe conservam as suas características químicas e nutricionais semelhantes ao material de origem, ou seja, são dependentes da espécie, tamanho de cabeça, sistema de criação, gordura e outros fatores que as compõem (VIDOTTI e GONÇALVES, 2006).

Em avaliação da composição química e nutricional da silagem de pescado com inóculo microbiológico, Cândido (2016) obteve os seguintes resultados: 30,69 % de matéria seca (MS); 14,45 % de matéria mineral (MM); 29,78 % de extrato etéreo (EE); 39,01 % de proteína bruta (PB) e 5143 kcal de energia bruta/kg.

O teor de proteína bruta encontrada foi semelhante aos valores encontrados por Oliveira et al. (2013) ao avaliarem a composição química da silagem biológica de pescado nas formas úmida e semi-seca, que obtiveram valores de proteína bruta inferiores de 13,30 % para a silagem úmida e superior de 38,94 % para a silagem seca, observaram também para a silagem úmida os seguintes teores: 61,80 % de umidade; 3,45 % de lipídios; 6,85 % de cinzas; 14,60 % de carboidratos, e valor calórico 1.015 Kcal /100g; e para a silagem semi- seca a umidade foi de 14,34 %; lipídios 4,77 %; cinzas 31,98 %; carboidratos 9,97 % e valor calórico 1.479,70 Kcal.

Nascimento et al. (2014) realizaram uma pesquisa objetivando avaliar as características físico-química e nutricional de silagens ácidas, biológicas e enzimáticas, produzidas à partir de resíduos de peixe (nadadeiras, cabeça, vísceras e escamas). Estes autores verificaram que as silagens apresentaram: 46,07; 29,19 e 38,6% de proteína bruta;

41,58; 29,83 e 42,87% de cinzas; 8,29; 23 e 46% de lipídios e 4,50; 2,50 e 0,43% de umidade, respectivamente. Os teores de PB obtidos na silagem ácida foram maiores do que os observados na silagem biológica, que pode ser explicado através da elaboração do processo, pois a silagem ácida permite um rápido e elevado grau de hidrólise das proteínas.

Em avaliação da composição bromatológica das silagens biológica e ácida na matéria original e seca de resíduos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), Natel et al. (2015) observaram que houve diferenças significativas na silagem biológica em comparação a ácida para os parâmetros proteína bruta (PB) = 29,26 (biológica) e 27,48 (ácida), cálcio (Ca) = 5,04 (biológica) e 4,5 (ácida) e fósforo (P) = 2,26 (biológica) e 1,92 (ácida) na matéria seca, sendo que as demais variáveis (MS, EE e RM = resíduo mineral) não diferiram estatisticamente para este experimento, com uma ressalva nos teores de fósforo encontrados, pois ambas as silagens estão de acordo com as tabelas de exigências nutricionais.

Um dos fatores que podem influenciar na qualidade do valor nutricional do ensilado de pescado é o armazenamento prolongado, devido ao grande número de aminoácidos livres presentes na silagem em atividade das enzimas endógenas, e o teor lipídico no produto (BORGHESI, 2004).

Segundo Arruda (2004), a oxidação lipídica pode levar a formação de peróxidos, que se complexam a proteínas através de ligações covalente, com consequente destruição dos aminoácidos. Este mesmo autor argumenta que a centrifugação é a melhor metodologia para a extração lipídica, tornando possível aumentar o tempo de estocagem.

As condições de armazenamento durante a elaboração da silagem sendo, temperatura e tempo de fermentação, contribuem com o grau de hidrólise e o teor de proteína em silagens preparadas com resíduos de peixe, conforme indicou o trabalho de Ge Fei et al. (2010) que avaliou a composição química básica, aminoácidos, oligoelementos, grau de hidrólise e o conteúdo de proteína em silagem elaboradas com aquecimento ou não, armazenadas durante 40 dias em diferentes temperaturas.

Nos últimos anos a busca por alimentos alternativos tem proporcionado uma redução nas despesas com a alimentação animal (AMÂNCIO et al., 2010). Contudo já se encontram estudos com uso da silagem nos sistemas de criação, sua alta digestibilidade está relacionada à qualidade nutricional, pela presença integral dos aminoácidos que constituem o peixe (ARRUDA et al., 2007).

Ramírez Ramírez et al. (2013) avaliaram o efeito da silagem biológica misturada com farinha de soja (1:1), em níveis de inclusão (0, 10, 20 e 30%) sobre o desempenho e

qualidade de carne de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). Os autores observaram que o uso como componente de rações melhorou a composição de ácidos graxos na carne de peito, no entanto inclusão não afetou a taxa de crescimento e conversão alimentar, e não proporcionou efeitos significativos para o rendimento de carcaça nos tratamentos.

Resultados semelhantes à estes, foram obtidos pelo trabalho realizado por Enke et al. (2010) ao avaliarem o ganho de peso, conversão alimentar e rendimento de carcaça de codornas japonesas, pois não observaram diferenças entre as variáveis sob o efeito da farinha de silagem de pescado adicionado com farelo de arroz desengordurado.

No entanto, resultados positivos foram encontrados por Collazos e Guio (2007), em experimentos realizados com níveis de inclusão de até 6,0 % de silagem biológica de resíduos de peixe, sendo recomendados para melhorar o desempenho de qualidade e produção de ovos em codornas japonesas.

Para Al-Marzooqi et al. (2010) ao avaliarem o efeito de quatro níveis (0, 10, 20 e 30%) de silagem de sardinha sobre o desempenho e qualidade das características de carne de frangos de corte criados em sistemas de alojamento fechado e aberto nas laterais, constataram para ambos os sistemas, que os frangos alimentados com dietas contendo 10 e 20% ganharam mais peso do que os frangos alimentados com 30% de silagem de peixe. Concluíram que a silagem de peixe pode substituir até 20% do farelo de soja, sem afetar o seu desempenho de crescimento ou qualidade sensorial da carne.

Para Godoy et al. (2008) avaliando os parâmetros séricos (ureia, ácido úrico, proteína total, triglicérides, colesterol total e lipoproteínas) em leitões da raça Moura e mestiços Duroc x Moura, alimentados com rações contendo níveis crescentes (0, 3,0 e 6,0%) de silagem de resíduos de peixe, concluíram que, a adição de 6,0% de silagem na dieta não comprometeu os parâmetros séricos em suínos em crescimento. Neste mesmo contexto, Cândido et al. (2016) recomendam a utilização de silagem com inoculo biológico para suínos na fase de crescimento devido ao seu adequado valor nutricional e energético.

Honorato et al. (2011) formularam dietas com duas porcentagens (25% e 50%) de inclusão de silagem biológica de resíduos de peixe e três níveis de proteína bruta (20%, 24% e 28%) na dieta de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), e verificaram que os alevinos alimentados com a porcentagem de 50% obtiveram melhor retenção de PB no ganho de peso e melhor desempenho nos níveis de 24 e 28% PB, recomendando com este trabalho, a utilização de dietas contendo 24% de PB e 50% de teor proteico originada da silagem biológica de peixe para essa espécie estudada.

Portanto, os resíduos de pescado podem ser direcionados para a produção de silagem com destaque no excelente valor proteico, podendo substituir as farinhas de peixe e de soja em dietas para animais (MAIA JUNIOR E SALES, 2013).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local de desenvolvimento do experimento

Este estudo foi desenvolvido em duas etapas, sendo a primeira realizada no Laboratório de Tecnologia do Pescado, onde foram desenvolvidos os procedimentos de produção e processamento da Silagem Biológica de Resíduo de Tambaqui e todas as etapas de análises físico-químicas.

A segunda etapa, foi desenvolvida nas instalações do Setor de Avicultura, tendo como coordenadas geográficas de latitude 3° 06' 14'' S, longitude 59° 58' 46'' W e altitude de 260 m; segundo classificação proposta por Koeppen, possui clima tropical quente e úmido, com precipitação média anual de 2286 mm, umidade relativa do ar de 73% e temperatura média de 28°C (INMET, 2016). Sendo neste setor realizada a análise de digestibilidade com inclusão da silagem biológica do resíduo de tambaqui (SBRT) na alimentação de poedeiras comerciais leves. Ambas as instalações pertencem a Faculdade de Ciências Agrárias/FCA da Universidade Federal do Amazonas/UFAM situada no Setor Sul do Campus Universitário, Manaus, Amazonas, Brasil.

Os procedimentos experimentais adotados durante a aplicação do produto na dieta de poedeiras comerciais leves, foram protocolados e aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Amazonas, sob o protocolo nº 053/2017 (anexo 2).

4.2. Produção da silagem biológica de resíduos de tambaqui (SBRT)

Os subprodutos utilizados na produção da silagem biológica de resíduo de tambaqui, aproximadamente 100 kg, foram adquiridos de maio a junho de 2017, junto ao Frigorífico J.G. Pescado, na cidade de Manaus- AM. Estes foram transportados em caixas isotérmicas até o laboratório e eram compostos por vísceras, nadadeiras, poucas escamas e brânquias, material que é descartado durante o beneficiamento de “tambaqui-curumim” (peixes com 400 a 700g).

No laboratório os resíduos foram vistoriados para retirada de possíveis impurezas ou materiais contaminantes, depois foram triturados em moedor elétrico em malha 5mm para diminuição das partículas e obtenção da massa homogênea, e o conteúdo final foi pesado e distribuído em baldes plásticos com capacidade de 12 litros, de acordo com os tratamentos. Para cada tratamento foram pesados 15 Kg de massa residual sendo distribuídos 5 Kg por

repetição, total de 3 tratamentos com 3 repetições cada. Os respectivos tratamentos se diferenciaram quanto à quantidade de inóculo (culturas puras da bactéria *Lactobacillus plantarum* como microorganismos proteolíticos), sendo de 2,5%; 5,0% e 7,5% (volume/peso).

Além do inoculante adicionaram-se aos tratamentos 7,5% (peso/peso) de aparas da mandioca trituradas (*Manihot esculenta* Crantz), adquiridas em feiras municipais que foram tratadas para ser incluso como fonte de carboidrato na silagem, 0,1% (peso/peso) de ácido benzóico como conservante fungicida e bactericida e 0,1% (peso/peso) de ácido ascórbico como antioxidante, seguindo metodologia proposta por Vidotti (2001).

O material foi revolvido dentro dos baldes até a uniformização completa de todos os componentes do ensilado de acordo com cada tratamento, logo após estes foram fechados hermeticamente de forma que mantivesse o material em anaerobiose, para isso foi colocado saco plástico esterilizado em contato com a superfície da massa ensilada, para depois os baldes serem tampados e armazenados.

Durante o armazenamento, a silagem foi avaliada quanto as características organolépticas e análises físico-químicas, sendo estas realizadas a cada três dias avaliando o potencial hidrogeniônico (pH) e acidez titulável por titulação com NaOH 0,1 N; e a cada sete dias para determinação da composição centesimal seguindo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (SÃO PAULO, 2008).

Com 14 dias de inoculação parte do material ensilado em cada tratamento foi depositado em bandejas de alumínio e encaminhada à estufa de ventilação forçada, permanecendo por 72 horas a $65 \pm 2^\circ\text{C}$ com revolvimento constante da biomassa, para garantir um processo de secagem uniforme. A silagem biológica desidratada de resíduo de tabaqui (SBDRT), foi avaliada quanto sua composição centesimal e minerais em todos os tratamentos. No próprio laboratório após esta avaliação centesimal o material foi embalado e encaminhado ao setor de avicultura para posterior análise de digestibilidade com poedeiras comerciais leves. O material restante que permaneceu ensilado denominada silagem biológica úmida de resíduo de tabaqui (SBURT), continuou sendo avaliado durante 35 dias de armazenamento, para ambos os tratamentos, sendo desidratada nas mesmas condições supracitadas após 35 dias (Figura 2).

- **Preparo do Inóculo**

No trabalho foi utilizada a cepa da bactéria *L. plantarum* ATCC 8014, estas foram compradas junto a uma empresa idônea, sendo realizada a reativação da bactéria em meio de cultura Caldo Man Rugosa Sharp (CMRS) para que se procedesse a elaboração do inoculante.

Uma alíquota da bactéria foi imersa em 5 mL de CMRS e incubado em estufa à 35± 2°C por 24h; após 24h o conteúdo foi transferido para um Erlenmeyer com 500mL de CMRS e permaneceu incubado em estufa por 48h, na mesma temperatura, sendo avaliada quanto as concentrações de células viáveis no meio através de leitura em câmara de Neubauer, obtida a concentração de Unidades Formadoras de Colônia (UFC) 10⁸ células/mL. O meio foi levado para centrifugação com (4000xG) à 25°C por 25 minutos. E a massa celular obtida no processo foi suspensa em solução salina a 0,85% até o necessário para o volume de inóculo (BORGHESI, 2004).

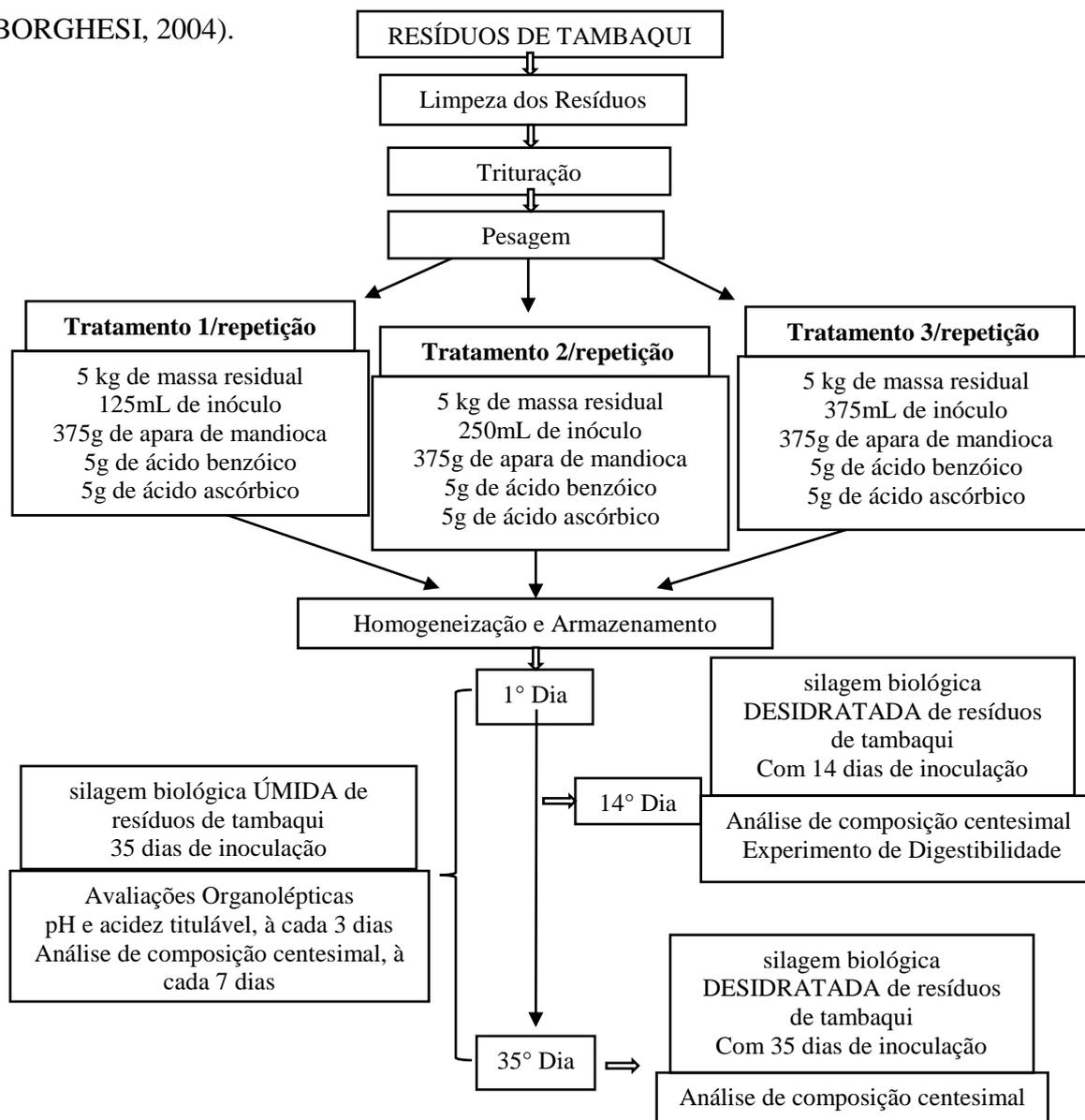


Figura 2: Fluxograma da obtenção da Silagem Biológica de Resíduos de Tabaqui-SBRT

- **Determinações físico-químicas da silagem**

As análises foram realizadas em triplicata, seguindo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (SÃO PAULO, 2008), descritas a seguir.

Teor de Umidade (U): Foi determinado pelo método gravimétrico por secagem em estufa, onde foram pesados 3 g da amostra em cápsula de porcelana previamente tarada, e aquecidas em estufa a 105°C, seguida de resfriamento em dessecador, logo após foram pesados e repetidas as operações de aquecimento e resfriamento até peso constante.

Proteína Bruta (PB): Determinado pelo método de Kjeldahl, que consistiu na digestão da amostra em H₂SO₄ concentrado, seguida da destilação em NaOH a 50% e titulação com HCl a 0,02N. O teor de nitrogênio das amostras foi determinado com o fator geral de conversão de 6,25 para proteína segundo método da AOAC.

Lipídios (L): Método de Bligh & Dyer, extraídos sem aquecimento, com clorofórmio, metanol e água.

Cinza ou matéria mineral (MM): O teor de cinzas das amostras foi determinado por incineração da matéria orgânica em bico de Bunsen e mufla à 550 °C.

Fibra Bruta (FB): Para a determinação de fibra bruta, as amostras foram submetidas as digestões ácida e alcalina a quente, e em seguida foi realizada a filtragem em papel de filtro. As frações de fibra bruta foram determinadas por gravimetria.

Carboidratos (ENN): A quantificação de carboidratos foi calculada por diferença entre 100 e a soma dos teores de umidade, proteína, lipídeos totais, fibra bruta e cinzas.

Valor energético: O valor energético foi estimado, conforme os valores de conversão de Atwater e Woods.

pH: foi mensurado em pHmêtro de bancada, através da coleta de uma amostra de 5g da biomassa ensilada, diluída em 50mL de água destilada. Esta aferição foi realizada para verificação da redução do pH e estabilização deste.

Acidez titulável: foi pesada uma amostra de 1g da biomassa ensilada diluída em 50 mL de água destilada e por titulação com NaOH 0,1 N, utilizando solução alcoólica a 1% de fenolfetaleína.

Minerais: A determinação dos minerais foi realizada junto ao Laboratório de Análise de Solos e Plantas da Embrapa Amazônia Ocidental.

4.3. Análise de digestibilidade da Silagem Biológica de Resíduos de Tabaqui na alimentação de poedeiras comerciais leves.

Foi realizada uma avaliação entre os tratamentos usados na obtenção da silagem biológica de resíduo de tabaqui desidratada aos 14 dias de inoculação, conforme a primeira etapa deste estudo. Através desta análise foi elucidado o tratamento que dispôs de melhores parâmetros bromatológicos para serem utilizados na dieta das poedeiras comerciais leves.

As dietas foram formuladas através do software computacional Supercrac (2004) em atendimento as exigências nutricionais dos animais e conforme os valores dos ingredientes fornecidos pelas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2011), com exceção da composição da silagem biológica de resíduos de tabaqui sendo usado os valores obtidos na mesma.

A ração foi elaborada na fábrica de ração no próprio Setor de Avicultura e antes do início da mistura foi realizada a pesagem dos ingredientes das rações. Em seguida, os ingredientes foram misturados por 15 minutos em misturador vertical, com capacidade para 500 kg.

Foram utilizadas 72 poedeiras da linhagem Hisex White com 62 semanas de idade alojadas em 12 gaiolas dimensionadas em 1,0m de comprimento, 0,45m de profundidade, 0,45m de altura com divisórias internas de 0,50m no sentido do comprimento. As aves foram pesadas com objetivo de uniformização das parcelas, apresentando peso médio de $1,412 \pm 0,066$ kg e distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), onde os tratamentos constituíram-se de uma dieta controle (baseado em milho e farelo de soja) e uma dieta experimental com 5% de inclusão de silagem biológica de resíduo de tabaqui nas rações, com seis repetições de seis aves cada.

O período experimental teve duração de 12 dias, considerando sete dias de adaptação das aves às dietas e as instalações e mais cinco dias para coleta das excretas e dos dados conforme metodologia proposta por Rodrigues et al. (2005) e Sakomura e Rostagno (2007).

O experimento foi realizado em um galpão de cobertura de fibrocimento medindo 17,0m de comprimento, 3,5m de largura e 3,20 m de pé-direito, com corredor central e uma fileira de gaiolas de arame de cada lado, comedouros tipo calha e bebedouros tipo *nipple*.

A digestibilidade dos nutrientes das rações foi determinada utilizando-se o método de coleta total das excretas. Para este procedimento foram utilizadas bandejas acopladas sob o piso das gaiolas e forradas com plástico, de onde as excretas foram coletadas duas vezes ao dia, no início da manhã (08:00 horas) e no final da tarde (16:00 horas), e em seguida acondicionadas em sacos herméticos identificados conforme o tratamento e armazenadas em freezer.

Ao término do período de coleta das excretas, as amostras foram descongeladas a temperatura ambiente, homogeneizadas por unidade experimental e retiradas uma amostra composta para secagem em estufa de ventilação forçada por 55°C durante 72 horas, em

seguida foram moídas e, junto com as rações experimentais, foram analisadas para a determinação dos níveis de matéria seca, proteína bruta, lipídios, fibra bruta e cinzas, seguindo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (SÃO PAULO, 2008).

Após as análises, foram determinados os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, valores de energia metabolizável e coeficientes de metabolização aparente da energia bruta das rações conforme as equações descritas por Matterson et al. (1965) para avaliação dos alimentos (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

4.4. Análise Estatística

A análise estatística para avaliação dos resultados obtidos no processamento da silagem biológica de resíduo de tabaqui, foi realizada através do programa computacional “Software R versão 3.4.3”. E para o ensaio de Digestibilidade a análise estatística foi realizada através do programa computacional SAS (2008). Os dados para ambas as análises foram submetidos à análise de variância, e as médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Acompanhamento organoléptico durante o período de inoculação da Silagem

Durante o processamento da Silagem Biológica de resíduo de Tambaqui, as características organolépticas coloração e cheiro foram bem evidentes em todos os tratamentos. Através de análise visual observaram-se as mudanças ocorridas no decorrer do processo, o efeito de liquefação da massa ensilada já pôde ser observada nas 72 horas iniciais, deixando a massa mais pastosa.

Segundo Ramírez Ramírez et al. (2008), a formação de líquidos em ensilados de pescado está atribuída a contínua hidrólise proteica, que acontece pela ação das enzimas proteolíticas naturalmente presentes no pescado e em função da formação ácida pela fermentação microbiológica. Honorato et al. (2011) citam que o produto está diretamente associado a ação das bactérias lácticas na formação do ácido lático, e temperatura de elaboração do produto, sendo que, em 35 °C tem-se um efeito notável exercido sobre o crescimento nas das bactérias lácticas, que é refletido na produção de ácido lático e, portanto, na diminuição do pH, propiciando a condição ácida necessária que promove a atividade enzimática no pescado.

Machado (2010) relata que a adição do inóculo microbiológico aos resíduos proporciona benefícios que irão manter a massa residual conservada, o aumento do ácido lático provoca uma rápida queda de pH, iniciando o processo de hidrólise e liberação de nutrientes, evita também a proliferação de bactérias indesejáveis, responsáveis pela deterioração do resíduo. Em geral, a taxa de liquefação é dependente do tipo de matéria-prima, seu frescor, atividade enzimática provocada pelo processo de ensilagem, dentre outros fatores (OLIVEIRA et al., 2013).

Houve uma mudança na coloração da massa ensilada, pois no primeiro dia de inoculação apresentava uma coloração rosa-escuro, devido a presença de sangue na massa residual, que mudou durante o processo de ensilagem, a partir do sétimo dia apresentou o tom cinza/marrom.

O aroma peculiar de peixe, conhecido como “pitiú”, conforme o passar dos dias de inoculação foi ficando mais brando, dando lugar ao cheiro levemente acidificado/frutal, indicativo que a fermentação microbiana realizada por *L. plantarum* ocorreu de maneira favorável ao processo. O cheiro acidificado manteve o produto e ambiente de trabalho livre de insetos indesejáveis.

Analisando as características organolépticas da silagem biológica de pescado, durante o período de 24 dias, Oliveira et al. (2013) observaram que a massa de peixe misturada com farinha de trigo, mamão, repolho, sal e fermento apresentou cor rosada, indicando um desenvolvimento inicial de bactérias putrefativas, apresentando ainda textura firme, viscosa e odor natural de peixe, porém no segundo dia, constataram que as características foram alteradas devido à ação das bactérias produtoras de ácido lático, resultando na diminuição do pH e elevação da acidez.

Por outro lado, em silagens residuais de diferentes espécies de peixe e compostas por melaço de cana de açúcar, como fonte de carbono, cinzas e *Lactobacillus* spp. B2, relataram que a diminuição do pH e a produção de ácido lático impediram o crescimento de microrganismos prejudiciais, favorecendo a preservação da silagem e permitindo com que o produto apresentasse uma coloração cinza-amarronzada, e um leve odor agradável de peixe adocicado causado pelo melaço residual (RAMIREZ RAMIREZ, 2008).

5.2. Avaliação de pH no período de inoculação da silagem

Inicialmente os resíduos *in natura* triturados encontravam-se com pH $6,63 \pm 0,03$, cujo valor está próximo ao relatado por Mendes et al. (2013) avaliando a influência do estresse do pré-abate e durante o abate na qualidade do tambaqui cultivado, o pH muscular apresentou-se com (6,48 e 6,36) na despesca, (6,42 e 6,54) no transporte, (6,31 e 6,40) na recuperação de 24h e (6,21 e 6,25) na recuperação de 48h, quando abatidos por asfixia com CO² e hipotermia, respectivamente. O Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (Brasil, 2017), art. 211 estabelece que para que um peixe possa ser considerado como pescado fresco o pH deve estar < 7,0. De forma que o resíduo *in natura* encontrava-se em condições favoráveis para elaboração da silagem biológica.

O potencial hidrogeniônico (pH) foi monitorado durante todo o período em que a biomassa permaneceu ensilada. Na Figura 3, está apresentado o comportamento nas variações de pH durante o período de inoculação em cada tratamento.

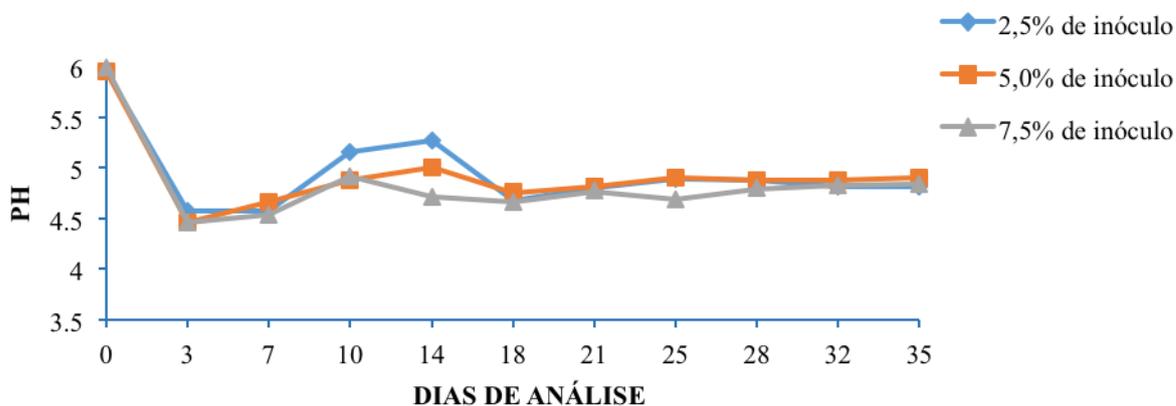


Figura 3: Variação no pH durante a inoculação de resíduos de tabaco para produção de silagem biológica.

Em geral, em todos os tratamentos observou-se que nas primeiras horas iniciais, após a inoculação, ocorreu uma diminuição no pH. No primeiro dia os tratamentos com 2,5, 5,0 e 7,5% de inóculo apresentaram pH de $5,95 \pm 0,06$, $5,96 \pm 0,07$ e $6,00 \pm 0,03$ respectivamente, e este diminuiu para valores de $4,58 \pm 0,05$, $4,47 \pm 0,10$ e $4,47 \pm 0,18$ no terceiro dia de inoculação, ficando evidente que a incorporação do inóculo iniciador junto com uma fonte de carboidrato no processo de ensilagem reduziu o tempo para atingir a condição ácida do meio (VIDOTTI et al., 2006; RAMÍREZ RAMÍREZ, 2008). Segundo Silva (2011), as bactérias lácticas homofermentativas, como a utilizada nesse presente trabalho, crescem em substratos com carboidratos e reduzem o pH para 4,5 a 4,0 entre 48 e 50 horas de inoculação.

Uma rápida diminuição do pH é essencial nas primeiras horas, a fim de evitar o desenvolvimento de bactérias patogênicas, como o *Clostridium botulinum* e a produção de toxinas (NASCIMENTO et al., 2014). Coliformes, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella* spp. encontram-se restringidos pelo baixo pH, pelas condições de anaerobiose, e pela presença de certas substâncias antibacterianas produzidas pelas bactérias lácticas, que também são responsáveis pela produção do odor frutal na silagem (MACHADO, 2010; MAIA JUNIOR e SALLES, 2013) para todos os tratamentos o cheiro ácido/frutal foi observado.

No sétimo dia no tratamento com 2,5% de inóculo, o pH manteve-se em $4,57 \pm 0,06$, no entanto para os outros tratamentos já houve uma variação para $4,66 \pm 0,16$ e $4,54 \pm 0,17$ para os tratamentos com 5,0 e 7,5% de inóculo, respectivamente. A partir do sétimo dia de inoculação observou-se uma acentuada elevação no pH para todos os tratamentos, que pode ser atribuída ao fato de no sétimo dia de inoculação ter sido realizado o revolvimento da massa ensilada o que influenciou no processo fermentativo microbiano, por se tratar de microrganismos sensíveis às variações no ambiente. Observou-se que o tratamento com

menor quantidade de inoculo foi o mais afetado, com maior elevação no pH, isso sugere que a concentração de ácido lático produzido pelas bactérias não foi suficiente para manter a estabilidade do pH do produto.

Após o décimo quarto dia de inoculação, o pH diminuiu novamente e mesmo com as realizações do revolvimento o material ensilado manteve-se estável, até o fim do período. A Tabela 1 apresenta os resultados da avaliação do pH na silagem biológica de acordo com os tratamentos.

Tabela 1: Valores médios de pH durante o tempo de inoculação de resíduos de tabaqui para produção da silagem biológica.

Variáveis	pH	P-valor ¹
Tratamento		0,0528 ^{ns}
2,5% de inóculo	4,95±0,39	
5,0% de inóculo	4,92±0,38	
7,5% de inóculo	4,84±0,41	
Dias de análise		1,46E-11*
0	5,97±1,57 ^a	
3	4,50±0,06 ^e	
7	4,59±0,02 ^{de}	
10	4,99±0,15 ^{bc}	
14	5,00±0,28 ^b	
18	4,70±0,05 ^{cde}	
21	4,80±0,02 ^{bcd}	
25	4,83±0,12 ^{bcd}	
28	4,86±0,05 ^{bcd}	
32	4,84±0,03 ^{bcd}	
35	4,86±0,05 ^{bcd}	

¹ Análise de variância Two-way (ANOVA). Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância (p <0,05); ns – não significativo.

Através da análise de variância do pH tendo como fatores os tratamentos e dias de inoculação da silagem, observou-se que não houve diferença significativa (p<0,05) entre os tratamentos utilizados, pois em todos foi observada uma redução no pH após o processamento do ensilado.

Em relação aos dias de inoculação durante o processamento da silagem foram observadas diferenças significativas (p<0,05), havendo variações do pH durante os dias de análise, de acordo com o teste de Tukey, o primeiro dia apresentou a maior média 5,97±1,57 em relação aos demais dias, fato em que se iniciou o processo de elaboração do produto,

seguido de menores médias nos dias 3 e 7, com pH de $4,50\pm 0,06$ e $4,59\pm 0,02$, quando a silagem apresentou-se mais ácida.

Nos dias 10 e 14 observou-se novamente uma pequena elevação no pH para $4,99\pm 0,15$ e $5,00\pm 0,28$, por reação a alterações no ambiente durante o processo fermentativo microbiano, ocasionado pelo revolvimento da silagem. A partir do 18^o ao 35^o dia o pH diminuiu novamente e manteve-se constante.

5.3. Avaliação da acidez titulável no período de inoculação da silagem

Assim como o pH, a acidez titulável também foi monitorada durante todo o período em que a biomassa permaneceu ensilada e na Figura 4 estão apresentadas as variações de acidez durante o período de inoculação em cada tratamento.

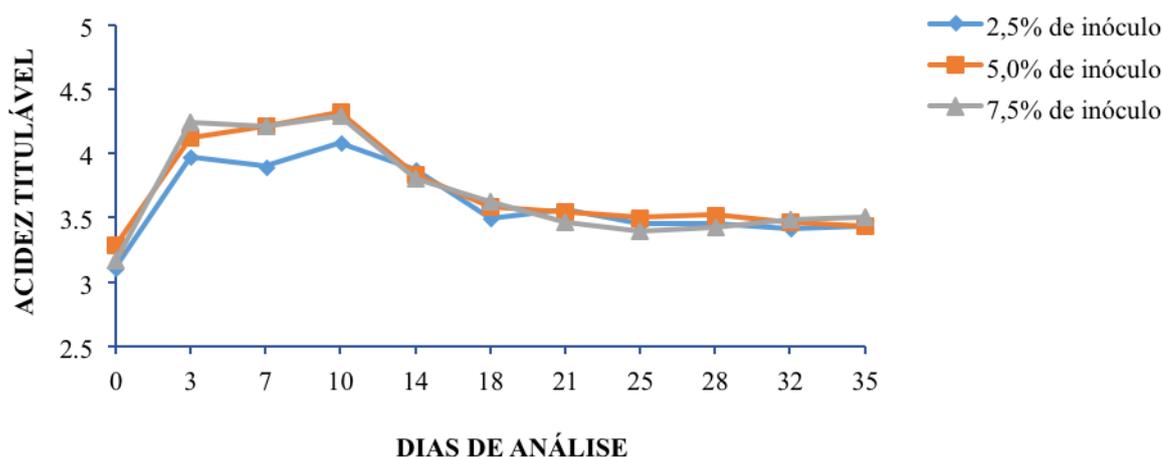


Figura 4: Variação da acidez titulável durante a inoculação de resíduos de tabaco para produção de silagem biológica.

Em todos os tratamentos observou-se que a acidez titulável na silagem foi elevada nas primeiras horas iniciais após a inoculação. No primeiro dia os tratamentos de 2,5, 5,0 e 7,5% de inóculo apresentaram nível de acidez de $3,11\pm 0,10\%$, $3,29\pm 0,16\%$ e $3,16\pm 0,11\%$ respectivamente, e esta foi elevada para $3,98\pm 0,05\%$, $4,12\pm 0,06\%$ e $4,25\pm 0,11\%$ no terceiro dia de inoculação do ensilado. Por se tratar de um trabalho elaborado com bactérias lácticas, o aumento nos níveis de acidez foram atribuídos a formação do ácido láctico durante a fermentação microbiana, sendo que, a inclusão de uma fonte de carboidrato no meio inoculado promoveu a eficácia do processo.

Esta elevada acidez no período inicial durante a elaboração da silagem de peixe com fermentação microbiana corrobora com os trabalhos de Vidotti (2001), Vidotti e Gonçalves (2006) e Nascimento et al. (2014) que encontraram o mesmo comportamento nos

níveis da acidez. Este comportamento está associado à produção de ácido láctico durante a ensilagem, que promoveu uma redução mais acentuada do pH, o que favoreceu a ação e a atividade proteolítica das enzimas (tripsina, quimiotripsina e pepsina) que atuaram na formação de peptídeos e aminoácido no meio (CÂNDIDO, 2016).

Josmary (2010), trabalhando com silagem fermentada utilizando iogurte comercial (*Lactobacillus bulgaris* e *Streptococcus termophilus*) e melão de cana como fonte de carboidratos, estudando o efeito da adição do inóculo frente a diferentes resíduos de pescado, observou que a silagem elaborada a partir do peixe inteiro, permitiu a hidrólise das proteínas do peixe em menor tempo, uma vez que a maior produção de ácido láctico garantiu um pH menor que 4,5 em menor tempo, propiciando os meios adequados para promover uma maior atividade enzimática por parte das enzimas das vísceras dos peixes, a adição de 1% em peso de inóculo foi o suficiente para mostrar diferenças na velocidade de produção de ácido e, diminuir o pH entre silagens inoculadas e não-inoculadas.

O uso das vísceras junto ao meio inoculado acelera o processo proteolítico, ou seja, a atividade hidrolítica é independente da produção de ácido láctico, porém o uso de bactérias lácticas promove a conservação e qualidade do material ensilado por intermédio do próprio ácido láctico (RAMIREZ RAMIREZ et al., 2013).

Observou-se que do 7º ao 10º dia, os tratamentos com maiores concentrações de inóculo mantiveram-se com elevada acidez e provavelmente, a maior concentração das bactérias lácticas refletiu na rápida e elevada produção de ácido láctico. Enquanto que o tratamento com 2,5% de inóculo apresentou valores reduzidos de acidez nos respectivos dias, ou seja, no tratamento com menor concentração bacteriana o aumento nos níveis de ácido láctico deu-se de maneira gradativa, conforme o crescimento microbiano.

A partir do 10º dia ocorreu uma diminuição na acidez para todos os tratamentos sendo de maneira mais acentuada para os tratamentos com maior concentração de inóculo. A Tabela 2 apresenta os resultados da avaliação da acidez titulável de acordo com os tratamentos e durante os dias de processamento da silagem biológica de resíduos de tambaqui.

Tabela 2: Valores médios da acidez titulável durante o tempo de inoculação dos resíduos de tabaqui para produção de silagem biológica.

Variáveis	Acidez titulável	P-valor ¹
Tratamentos		0,215 ^{ns}
1) 2,5% de inóculo	3,64±0,31	
2) 5,0% de inóculo	3,71±0,36	
3) 7,5% de inóculo	3,69±0,40	
Dias de análise		1,21E-10*
0	3,19±0,09 ^e	
3	4,11±0,14 ^{ab}	
7	4,11±0,18 ^{ab}	
10	4,23±0,13 ^a	
14	3,84±0,03 ^{bc}	
18	3,69±0,15 ^{cd}	
21	3,48±0,05 ^d	
25	3,45±0,05 ^{de}	
28	3,46±0,05 ^{de}	
32	3,46±0,04 ^{de}	
35	3,46±0,04 ^{de}	

¹ Análise de variância Two-way (ANOVA). * Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância (p <0,05); ns – não significativo.

A análise de variância aplicada na avaliação da acidez titulável, tendo como fatores os tratamentos e os dias de inoculação da silagem revelaram que não houve diferença significativa (p<0,05) entre os tratamentos, e em todos foi observado um aumento nos níveis de acidez após o processamento do ensilado.

Em relação aos dias de inoculação durante o processamento da silagem foram observadas diferenças significativas (p<0,05) havendo variações ao longo do tempo. Ocorreu um aumento da acidez a partir do 3º dia, com maior média no 10º dia, mantendo-se elevada até o 14º dia, e a partir do 18º dia ocorreu uma diminuição nos níveis de acidez até o 21º dia, porém não havendo diferença significativa do 25º ao 35º dia, em relação ao nível encontrado no início do experimento.

5.4. Composição centesimal das silagens úmidas

A Tabela 3 apresenta os resultados da avaliação da composição centesimal da silagem biológica úmida de resíduos de tabaqui de acordo com os tratamentos (% de inóculo) para elaboração da silagem.

Tabela 3: Valores médios da composição centesimal das silagens biológicas úmidas de resíduos de tambaqui ao longo de 35 dias.

Variáveis (%)	Resíduos <i>In natura</i>	Tratamentos			P-valor ¹
		T1	T2	T3	
Umidade	75,67±0,66	75,46±3,87	74,15±10,03	78,23±1,54	0,504 ^{ns}
Proteína	7,08±0,25	9,77±2,86	10,07±4,33	8,14±0,10	0,426 ^{ns}
Lipídios	8,83±0,05	8,24±1,31	8,34±2,86	7,40±1,27	0,645 ^{ns}
Cinza	3,81±0,14	3,96±0,90	4,18±1,56	3,60±0,21	0,552 ^{ns}
Carboidratos	4,61±0,45	2,82±1,76	2,74±1,76	2,54±1,46	0,535 ^{ns}
Fibra	0,90±0,29	2,06±0,96	2,51±1,10	2,63±1,35	0,32 ^{ns}
Valor calórico²	126,26±1,26	123,29±18,85	128,35±47,82	109,67±10,02	0,542 ^{ns}

T-1 2,5% de inóculo; T-2 5,0 % de inóculo; T-3 7,5 % de inóculo.

¹ Análise de variância One way (ANOVA). Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância (p <0,05); ns – não significativo, ² KcalEB/100g.

A composição química dos resíduos *in natura* de tambaqui composto por vísceras, nadadeiras, poucas escamas e brânquias diferiu dos resultados obtidos por Borghesi et al. (2017), que verificaram 47,76±8,73 de umidade, 8,85±2,79 de PB; 44,33±12,50 de EE; e 0,61±0,23 MM, segundo os autores o alto teor de lipídios encontrado associa-se provavelmente ao acúmulo de gordura na cavidade abdominal dos peixes, e por não conter escamas nem partes ósseas, as vísceras apresentaram baixos teores de matéria mineral. No presente estudo o resíduo foi oriundo de peixes juvenis, com 400 a 700g e o acúmulo de gordura na cavidade abdominal ainda é baixa, além de apresentarem menor rendimento de vísceras e maior rendimento de filé (LIMA et al., 2018), além do que a composição residual com presença de nadadeiras, poucas escamas e brânquias no presente estudo favoreceu os teores encontrados na matéria-prima. Não houve diferença significativa na composição química das silagens úmidas em relação ao tempo entre os três tratamentos.

Observou-se que com o passar do tempo de inoculação ocorreu um aumento no teor de umidade, fato este que correspondeu ao processo de liquefação da massa ensilada. Pelo exame visual das silagens foi possível notar que a liquefação da massa homogênea iniciou-se entre os 2º e 3º dias e aumentou, gradativamente, até o final do experimento resultando num produto com característica líquido pastosa, corroborando com o observado por Mousavi et al. (2013) que referiram-se a esse aspecto como resultado da contínua hidrólise proteica que acontece na silagem devido a ação das enzimas proteolíticas naturalmente presentes no pescado, principalmente nas vísceras e/ou adicionadas. Machado (2010) durante a elaboração

de silagem Biológica com resíduos de pescado (vísceras, cabeças, espinhas, peixes lesionados e fora do tamanho padrão, espécies de baixo valor comercial) obteve teor de umidade entre 60 a 64%, resultados abaixo do encontrado nesse trabalho.

Os teores da composição centesimal do ensilado úmido, durante todo o período experimental se mantiveram próximos ao resíduo *in natura*, exceto para os parâmetros de carboidratos que foram reduzidos, isso pelo fato de estarem sendo usados na fermentação microbiana. Houve uma elevação no teor de fibras durante a ensilagem, fato atribuído às aparas de mandioca trituradas utilizadas como substrato para fermentação microbiológica, sendo que os demais componentes da silagem de pescado, não eram de origem vegetal e, portanto não apresentavam quantidades significativas de fibras. O teor encontrado nos resíduos *in natura* está relacionado ao conteúdo visceral, matéria orgânica retida nas vísceras oriunda da ração consumida durante a criação.

O teor de proteína bruta não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, porém em comparação ao resíduo *in natura* ocorreu um acréscimo proteico.

Stone e Hardy (1986) relatam que o teor de lipídios visceral nos peixes mostra grandes flutuações sazonais influenciadas pela variação na alimentação e mudanças metabólicas durante o ciclo reprodutivo. Stansby e Olcott (1968) estabeleceram valores de lipídios (5 a 15%) para gordura média no pescado, coincidindo com o encontrado no resíduo *in natura*, bem como para os tratamentos durante a elaboração da silagem.

Segundo Vidotte et al. (2003) apesar das alterações que acontecem no processo de elaboração, as silagens de peixe conservam as suas características químicas e nutricionais semelhantes ao material de origem que as compõem.

5.5. Composição centesimal das silagens desidratadas

A desidratação da silagem foi realizada em dois períodos, parte do material ensilado foi seco com 14 dias de inoculação e o restante com 35 dias. A realização dessa análise foi importante para avaliação do produto em função do tempo de inoculação, pois segundo a literatura o uso de microrganismos ácido lácticos na elaboração da silagem de pescado intensificam a hidrólise de nutrientes por intermédio da acidificação biológica produzida pela fermentação láctica, tendo maior valor nutricional do que o produto preservado por produtos químicos (RAMIREZ RAMIREZ, 2008).

De modo que a obtenção de um produto em menor tempo com ótimas características nutricionais torna-se ideal para o mercado industrial, pensando no uso para alimentação

animal. A Tabela 4 apresenta os resultados da composição centesimal da silagem biológica com 14 dias de inoculação após o processo de secagem.

Tabela 4: Composição centesimal da silagem biológica desidratada de resíduos de tabaqui após 14 dias de inoculação.

Variáveis (%)	Tratamentos			P-valor ¹
	T1	T2	T3	
Matéria Seca	96,28±0,14 ^a	96,02±0,05 ^a	93,06±1,10 ^b	0,001*
Umidade	3,72±0,14 ^b	3,98±0,05 ^b	6,94±1,09 ^a	0,0013*
Proteína	33,29±1,63	35,95±1,76	34,12±1,23	0,181 ^{ns}
Lipídeos	33,65±0,31 ^b	36,35±1,02 ^a	36,50±1,45 ^a	0,0253*
Cinza	14,37±0,51 ^b	14,27±0,37 ^b	16,44±0,27 ^a	0,0008*
Fibra	1,36±0,91	2,31±0,80	3,22±0,53	0,0612 ^{ns}
Carboidrato	14,97±2,10 ^a	9,45±2,309 ^b	6,00±0,273 ^b	0,0035*
Valor calórico²	495,86±5,45	508,75±15,1	488,96±8,91	0,1470 ^{ns}

T-1 (2,5% de inóculo); T-2 (5,0 % de inóculo); T-3 (7,5 % de inóculo).

¹ Análise de variância One-Way (ANOVA). * Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância (p <0,05); ns – não significativo, ² KcalEB/100g.

O produto obtido com 14 dias de inoculação apresentou ótimos resultados desejáveis positivos nos parâmetros avaliados. O teor de matéria seca ficou de acordo com o grau de liquefação da massa ensilada como mostrou o teor de umidade após a desidratação do produto. A medida que houve aumento na taxa de liquefação da massa, o teor de matéria seca diminuiu.

Apesar de não haver diferença significativa para os níveis de proteína bruta nos três tratamentos, os resultados absolutos mostram que o segundo tratamento foi superior aos demais e observando o teor de inóculo adicionado, o volume de 5% para cada kg de massa residual tem melhor desempenho pelo fato de que, a concentração da massa bacteriana encontra-se melhor distribuída no meio tornando a hidrólise proteica da massa residual acelerada.

O teor lipídico foi maior no segundo e terceiro tratamentos, superiores ao tratamento 1 havendo diferença significativa. Enquanto que para matéria mineral os tratamentos 1 e 2 apresentaram menor teor de cinza quando comparados ao terceiro tratamento.

Quanto ao teor de fibra notou-se que não houve diferença significativa para os tratamentos no entanto o primeiro tratamento obteve menor teor de fibra. A menor

concentração de inóculo para fermentação láctica, pode ter favorecido microrganismos oportunistas a fazerem uso dessa fração, sem influenciar na qualidade da massa.

Os níveis para fração de carboidratos estavam de acordo com o esperado, pois nos tratamentos com maior concentração de bactérias homofermentativas, a metabolização de carboidratos no meio foi maior, coincidindo com a produção ácido láctica discutida anteriormente.

A Tabela 5 apresenta os resultados da avaliação da composição centesimal da silagem biológica após o processo de secagem ao final dos 35 dias de inoculação.

Tabela 5: Composição centesimal da silagem biológica desidratada de resíduos de tabaqui com 35 dias de inoculação.

Variáveis (%)	Tratamento			P-valor ¹
	T1	T2	T3	
Matéria Seca	94,15±0,15 ^b	94,55±0,007 ^a	94,23±0,03 ^b	0,0042*
Umidade	5,85±0,15 ^a	5,45±0,07 ^b	5,77±0,03 ^a	0,0042*
Proteína	32,49±0,54 ^b	33,65±1,26 ^b	37,15±1,0 ^a	0,0028*
Lipídios	30,44±0,09	36,43±4,35	33,92±3,65	0,1597 ^{ns}
Cinza	15,44±0,23 ^b	16,45±0,29 ^a	15,67±0,37 ^b	0,0146*
Fibra	1,34±0,13	1,58±0,15	2,56±0,18	0,0612 ^{ns}
Carboidrato	15,77±0,42	8,02±3,74	7,48±4,10	0,0035 ^{ns}
Valor calórico²	467,04±2,13 ^b	515,84±4,01 ^b	462,84±5,70 ^a	7,9E ⁻⁰⁶ *

T-1 (2,5% de inóculo); T-2 (5,0 % de inóculo); T-3 (7,5 % de inóculo).

¹ Análise de variância One-Way (ANOVA). * Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância (p <0,05); ns – não significativo, ² KcalEB/100g.

Para todos os tratamentos após os 35 dias os teores de matéria seca diminuíram e a umidade se elevou. Comparando com a silagem obtida com 14 dias de inoculação, o maior tempo de inoculação apresentou maior efeito na liquefação da massa e maiores perdas na matéria seca.

O teor de proteína foi significativamente mais elevado no terceiro tratamento, no entanto observando-se o primeiro e o segundo tratamentos notou-se um decréscimo no valor proteico. Para os lipídios não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos. O teor de cinza foi maior no segundo tratamento, fibra e carboidrato mantiveram-se estáveis não havendo diferença também.

A análise na qualidade dos ensilados desidratados com 14 e 35 dias revelou que o primeiro apresentou melhores resultados em comparação aos parâmetros matéria seca e

umidade, enquanto que a proteína manteve-se relativamente igual em ambos os tratamentos assim como o teor de cinza. O primeiro tratamento com 2,5% de inóculo apresentou valores equilibrados de baixa proteína e baixo lipídios, elevados teores de carboidrato, baixa cinza, e baixo teor de fibra, sendo este o mais indicado para o ensaio de digestibilidade com as poedeiras comerciais leves.

Quanto ao rendimento da silagem, os 15 kg da massa de resíduos com adição de 1,125 kg de aparas trituradas de mandioca usados para elaboração de cada tratamento, após o processo de secagem cada tratamento apresentou o rendimento de $3,100 \pm 0,70$ kg (20,67%) de silagem biológica desidratada de resíduos de tambaqui, tendo como composição no resíduo apenas vísceras, nadadeiras, poucas escamas e brânquias. Segundo Oliveira et al. (2013) o rendimento final do produto, varia de acordo com os subprodutos empregados na produção, sendo dependente da espécie de peixe, porção dentro da mesma espécie, sistema de criação, estágio de desenvolvimento dos peixes, parte analisadas e técnica usada para facilitar a hidrólise.

A Tabela 6 apresenta o resultado da análise de minerais realizada nos resíduos *in natura* e na silagem biológica desidratada de resíduos de tambaqui, obtida com 14 dias de inoculação. A análise foi realizada para se obter mais informações sobre a qualidade do produto, além de favorecer o ensaio de digestibilidade com os animais, de modo a incluir os resultados durante a elaboração da dieta.

Tabela 6: Composição de macro e micro minerais dos resíduos *in natura* e da silagem biológica desidratada com 14 dias de inoculação.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/Kg ⁻¹					mg/Kg ⁻¹			
T1	60,62	11,98	5,57	21,26	0,75	12,19	1686,08	19,97	78,19
T2	70,92	9,34	5,10	13,72	0,61	11,39	1707,14	17,81	63,93
T3	55,38	12,32	5,25	18,49	0,68	10,67	1796,68	22,31	76,43
Resíduos <i>In natura</i>	72,31	13,23	5,78	23,09	0,94	12,73	1736,91	24,43	79,96

Os resultados da silagem biológica de resíduos de tambaqui, nos três tratamentos apresentaram valor aproximado ao encontrado nos resíduos *in natura*, algumas diferenças podem estar relacionadas na distribuição desigual de partículas solidas como (escamas e nadadeiras) da massa residual antes da inoculação, como o observado para o mineral Ca com 21,26 g/kg⁻¹ no primeiro tratamento. Neste contexto é importantíssimo a uniformização da massa residual antes da inserção do inóculo.

O teor de proteína bruta da silagem biológica encontrado no presente estudo foi similar ao obtido por Honorato et al. (2012), que apresentaram o valor de 33,62% para silagem de resíduos da filetagem de tilápia e inferior ao obtido por Cândido et al. (2016), que apresentou o valor de 39,01% de proteína bruta a partir da silagem de tilápias inteiras impróprias para o consumo.

O teor de extrato etéreo foi elevado em relação aos valores de 14,5 e 8,29% observados por Ramírez Ramírez et al. (2013), e Nascimento et al. (2014), respectivamente. O que pode ser influência do tipo de processamento e do tipo de resíduo utilizado, visto que, no presente estudo, utilizaram-se somente os resíduos do beneficiamento do tambaqui (vísceras, nadadeiras, poucas escamas e brânquias), e o conteúdo visceral do tambaqui varia de acordo com seu tamanho. Tambaquis maiores podem apresentar melhores rendimentos cárneos, porém trazem consigo um elevado acúmulo de gordura visceral (KUBITZA et al., 2004).

No trabalho elaborado por Silva (2016) de silagem com três misturas de ácidos, com resíduos de “tambaqui curumim”, os valores para proteína bruta foram de 44,52; 44,96 e 44,31 e para o teor lipídico 38,74; 39,95 e 39,81, estando próximos aos encontrados. Por outro lado Borghesi et al. (2013) trabalhando com o material residual (vísceras) de tambaqui, de peixes maiores, usando ácidos fórmico e propiônico (1:1) 3% v/p, relatou valor de proteína bruta de 10,71% e extrato etéreo de 77,38%. Diante do exposto o presente estudo com uso do método biológico, para elaboração de silagem com resíduos proveniente do beneficiamento do tambaqui apresenta-se com resultados equilibrados para proteína bruta e lipídios.

O valor encontrado para matéria mineral também foi considerado elevado, assim como os valores encontrados por (HONORATO et al., 2012; RAMÍREZ RAMÍREZ et al., 2013 e CÂNDIDO et al., 2016), ao constatarem que a silagem biológica de peixe apresenta altos teores de minerais. Borghesi (2004) afirmou que esses teores elevados estão diretamente relacionados com a presença de grande quantidade de escamas, cabeça, coluna vertebral, ossos e nadadeiras presentes nas massas residuais.

Os teores encontrados para os minerais cálcio (Ca) e fósforo (P), estão acima do encontrado por Natel et al. (2015) na elaboração de silagem biológica e ácida a partir do resíduo de filetagem de tilápia, tendo encontrados valores para cálcio de 5,04 e 4,51, e para fósforo de 2,26 e 1,92 nas respectivas silagens. Segundo Sankar (2008) as escamas de peixe são compostas de proteínas do tecido conjuntivo, colágeno, coberto com sais de cálcio, e o teor de proteína pode variar de 41 a 84% e o restante é fosfato de cálcio e carbonato de cálcio.

De acordo com o apresentado neste estudo e na literatura é evidente que o processo de elaboração e o material de origem dos resíduos (espécie, tamanho de cabeça, sistema de criação, gordura e outros fatores que as compõem) tem muita influência sobre o produto final (Vidotti e Gonçalves, 2006).

5.6. Avaliação da digestibilidade da silagem biológica de resíduos de tabaqui na alimentação de poedeiras comerciais leves

A partir dos resultados obtidos na silagem biológica desidratada de resíduos de tabaqui com 14 dias, e sendo realizadas as avaliações quanto aos parâmetros nutricionais, o tratamento com melhores resultados para uso na alimentação para aves foi com 2,5% de inóculo microbiológico (Tabela 7). Apresentando um alto teor de proteína bruta, menores níveis de lipídios e fibra e ótimos resultados para cálcio e fósforo.

Tabela 7: Composição química da silagem biológica de resíduos de tabaqui usada na dieta de poedeiras comerciais leves.

Componentes de SBRT*	Composição
Umidade, %	3,72
Matéria Seca, %	96,28
Proteína Bruta, %	33,29
Extrato Etéreo, %	33,65
Matéria Mineral, %	14,37
Extrato Não Nitrogenado, %	14,97
Fibra Bruta, %	1,36
Cálcio, g/Kg⁻¹	21,26
Fósforo, g/Kg⁻¹	11,98

* Silagem Biológica de Resíduo de tabaqui com 14 dias de inoculação

Tabela 8: Composição centesimal das rações experimentais de controle e contendo 5 % de Silagem Biológica de Resíduos de Tabaqui-(SBRT).

Ingredientes	Rações Experimentais	
	0,0%	5,00%
Milho 7,88%	31,1276	30,6935
Farelo de soja 46%	12,9355	11,3301
Silagem biológica	0,0	2,5000
Calcário Calcítico	4,6197	4,1751
Fosfato bicálcico	0,8463	0,8643
Premix Vit/Min NP4	0,2500	0,2500
Sal	0,1750	0,1750
DL-Metionina 99	0,0460	0,0121
Total (Kg)	50,00	50,00
Nutrientes calculados		
Energia Metabolizável, Kcal ⁻¹ /Kg	2692,59	2812,57
Proteína Bruta,%	17,0000	17,0000
Metionina + Cistina,%	0,6274	0,6458
Metionina %	0,3600	0,3600
Cálcio, %	4,0000	4,0000
Fósforo disponível, %	0,4000	0,4000
Sódio	0,1566	0,1630

¹ Níveis de garantia por quilograma de produto: Vitamina A 2.000.000 UI, Vitamina D3 400.000 UI, Vitamina E 2.400 mg, Vitamina K3 400 mg, Vitamina B1 100 mg, Vitamina B2 760 mg, Vitamina B6 100 mg, Vitamina B12 2.400 mcg, Niacina 5.000 mg, Pantotenato de Cálcio 2000 mg, Ácido Fólico 50 mg, Coccistático 12.000 mg, Colina 50.000 mg, Cobre 1.200 mg, Ferro 6.000 mg, Manganês 14.000 mg, Zinco 10.000 mg, Iodo 100 mg, Selênio 40 mg. Veículo com quantidade suficiente para 1.000 g

Os resultados observados para os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes das rações encontram-se na Tabela 9. Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) nos coeficientes de digestibilidade na matéria seca, fibra bruta e extrato etéreo.

Tabela 9: Coeficientes de digestibilidade aparente da ração controle e da ração experimental (contendo 5% de silagem biológica de resíduos de tabaqui) para poedeiras comerciais leves.

Coeficientes de Digestibilidade (%)	Rações Experimentais		P Valor	CV (%)
	Ração Referência	Ração com 5% de SBRT		
Matéria Seca	81,41 ^a	78,94 ^b	0,02*	2,95
Proteína Bruta	51,91	51,10	0,70 ^{ns}	4,71
Fibra Bruta	25,38 ^b	30,09 ^a	0,04*	10,01
Extrato Não Nitrogenado	86,16	85,58	0,25 ^{ns}	4,25
Extrato Etéreo	67,59 ^b	74,36 ^a	0,02*	3,51
Matéria Mineral	75,29	75,28	0,29 ^{ns}	2,63

CV – Coeficiente de variação; * Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$); ns – não significativo.

A silagem biológica de resíduo de tabaqui pode ser considerada um alimento proteico (33,29% na MS), cuja fração de digestibilidade de (51,10%), mesmo não apresentando diferença significativa quando comparada a ração referência (51,91%), obteve

bom desempenho na fração digestível, fato este associado ao processo de ensilagem, quando as proteínas são hidrolisadas pelos microrganismos por intermédio da fermentação láctica, e após essa bioconversão o produto torna-se uma fonte de proteínas autolisadas de elevado valor biológico. Segundo Ramírez Ramírez (2008) a fermentação láctica nos resíduos de pescado foi mais bem sucedida com uso de *Lactobacillus* sp. B2 como inóculo microbiológico iniciador, obtendo-se um produto altamente estável com elevado grau de hidrólise proteica. O mesmo autor expõe que, a disponibilidade de alimentos para animais monogástricos que contenham uma porção proteica pré-digerida na dieta, apresenta-se de maneira vantajosa, pois a hidrólise de proteínas favorece a digestibilidade e, portanto, é mais conveniente na formulação de dietas.

A disponibilidade de aminoácidos livres e pequenos peptídeos que são facilmente absorvidos tornam-se atrativos, bem como estimulantes nutritivos em carnívoros (HONORATO et al., 2011).

Observou-se que poedeiras alimentadas com ração contendo 5% de silagem biológica de resíduo de tabaqui, apresentaram melhor aproveitamento de extrato etéreo em comparação a ração controle, podendo estes resultados estarem relacionados ao maior teor desse componente na silagem biológica de resíduos de tabaqui (33,65%). Yamamoto et al. (2007) relataram que a silagem de peixe de água doce elevou o teor de EE, assim como sua ingestão e a digestibilidade da dieta em cordeiras, tendo o melhor coeficiente de digestibilidade de extrato etéreo (90,39%) em comparação a dieta controle (2,25%).

Os resultados obtidos na pesquisa para digestibilidade da matéria mineral na dieta de poedeiras, embora não tenha apresentado diferença significativa ao encontrado na ração controle, tem um resultado relevante, pois ao se observar os teores de Ca (23,09) e P (13,23) encontrados no resíduo *in-natura* que estariam sendo descartados podendo ocasionar problemas ao ambiente, foram mantidos após o processamento da silagem biológica, e metabolizados pelos animais. Resultados diferentes foram encontrados por Cândido et al. (2016), que apesar dos altos teores de cinza na silagem biológica, o coeficiente de digestibilidade em suínos para essa fração foi reduzido, em função da baixa disponibilidade dos minerais complexados na matriz óssea dos peixes inteiros usados na elaboração do ensilado.

Os resultados de energia metabolizável aparente e coeficiente de metabolização da energia metabolizável aparente das rações estão dispostos na Tabela 10. Os valores para o coeficientes de energia metabolizável aparente não apresentaram diferenças significativas

($p < 0,05$), sendo semelhantes nas rações. No entanto o coeficientes de metabolização da energia metabolizável aparente apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo este com melhor desempenho na ração controle, mas a ração contendo 5% de silagem biológica também apresentou resultados expressivos com aproveitamento das fontes energéticas na dieta para poedeiras.

Tabela 10: Energia metabolizável aparente (EMa) e coeficiente de metabolização da energia metabolizável aparente (CMEMa) da ração controle e da ração experimental (contendo 5% de silagem biológica de resíduos de tabaqui) para poedeiras comerciais leves.

Coeficientes de Digestibilidade (%)	Rações Experimentais		P Valor	CV(%)
	Ração Referência	Ração com 5% de SBRT		
EMa ¹	3.283,58	3.266,53	0,65 ^{ns}	1,32
CMEMa ²	82,73 ^a	80,76 ^b	0,01*	1,33

CV – Coeficiente de variação; * Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância ($p < 0,05$); ns – não significativo.

Cunha et al. (2017), trabalhando com inclusão de farinhas mistas para frangos de corte, contendo 30% de silagem de peixes obteve valores pra energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio de, 3.560kcal/kg e 3.402kcal/kg na ração silagem+farelo de algaroba, 3.574kcal/kg e 3.415kcal/kg na ração silagem+ farinha de varredura de mandioca, 3.570kcal/kg e 3.412kcal/kg na ração silagem+ farelo de milho e 3.571kcal/kg e 3.413kcal/kg na ração silagem+casca da mandioca. Nota-se que o encontrado nesta pesquisa com 5% da adição da silagem biológica de resíduos de tabaqui já apresentou ótimos resultados e aproximados aos encontrados por outros autores.

Em estudo realizado por Cândido et al. (2016), o valor elevado metabolizável encontrado de 4.032,09 kcal de EM/kg evidenciou a possibilidade de utilização da silagem biológica em rações para suínos como substituto à soja integral extrusada, que atualmente é um concentrado proteico bastante utilizado nas dietas.

Batalha et al. (2017), em seu trabalho com inclusão de 3% da farinha de silagem ácida de pirarucu encontraram valores para energia metabolizável aparente de 3.253,01 kcal/kg e coeficiente de metabolização da energia metabolizável aparente de 81,14 kcal/kg das rações, resultados semelhantes ao encontrado nesse estudo com silagem biológica.

Os resultados obtidos no ensaio de digestibilidade para silagem biológica de resíduos de tabaqui, elaborada com adição de 2,5% de inóculo, por hora são promissores, visto que que na literatura encontram-se poucos trabalhos envolvendo testes em animais com inclusão de silagem biológica na dieta.

6. CONCLUSÃO

O método biológico, com uso da bactéria *Lactobacillus plantarum* e adição de aparas de mandioca para elaboração silagem biológica de resíduos de tabaqui, apresentou resultados positivos na conservação da massa ensilada em todos os percentuais de inóculo avaliados.

A desidratação da silagem biológica de resíduos de tabaqui com 14 dias de inoculação pode ser realizada de modo que apresenta elevados teores na composição centesimal boa conservação na massa ensilada.

O tratamento com 2,5% de inóculo teve melhores resultados para uso na alimentação para aves, apresentando um alto teor de proteína bruta, menores níveis de lipídios e fibra e ótimos resultados para cálcio e fósforo.

A inclusão de 5% da silagem biológica de resíduos de tabaqui, na dieta de poedeiras comerciais leves apresentou desempenho similar a ração controle, podendo este ser considerado como um alimento proteico ou energético para fins de uso na alimentação de poedeiras.

O desenvolvimento da silagem biológica de resíduos de tabaqui pode ser uma alternativa para a indústria pesqueira promover um destino sustentável e lucrativo aos resíduos gerados durante o processamento, e constituem uma opção de alimento alternativo de qualidade, alto teor agregado de nutrientes, com potencial para utilização na alimentação de animal.

REFERÊNCIAS

- AL-MARZOOQI, W.; AL-FARSI M.A.; KADIM, I.T.; MAHGOUB, O.; GODDARD, J. S. The effect of feeding different levels of sardine fish silage on broiler performance, meat quality and sensory characteristics under closed and open-sided. *Asian Aust. J. Anim. Scinc*, 2010.
- AMÂNCIO, A. L. L.; SILVA, J. H. V; LIMA, C. B.; ARAÚJO, J. A.; COELHO, M. S.; OLIVEIRA, E. R. A. Valor nutricional da silagem de pescado e utilização na alimentação Animal. *Bol. Téc. Cient. Cepnor*, 2010.
- ARRUDA, L. F. Aproveitamento do resíduo do beneficiamento da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) para obtenção de silagem e óleo como subprodutos. Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 200p, 2004.
- ARRUDA, L. F.; BORGHESI, R.; OETTERER, M. Use of fish waste as silage: a review. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, 2007. Available from <<http://www.scielo.br/scielo>> access on 22 Set. 2016.
- BARÇANTE, B; SOUSA, A.B. Características zootécnicas e potenciais do tambaqui (*Colossoma macropomum*) para a piscicultura brasileira. *PubVet*, Maringá, v. 9, n. 7, p. 287-290, 2015.
- BATALHA, O. S.; ALFAIA, S. S.; CRUZ, F. G. G.; JESUS, R. S.; RUFINO, J. P. F. and COSTA, V. R. Digestibility and physico-chemical characteristics of acid silage meal made of pirarucu waste in diets for comonercial larving hens. *Acta. Scientiarum Animal Sciences*, Maringa, V.39, n3, p.251-257, 2017.
- BORGES, A.; MEDINA, B. G.; CONTE JUNIOR, C. A.; FREITAS, M. Q. Aceitação sensorial e perfil de textura instrumental da carne cozida do pacu (*Piaractus mesopotamicus*), do tambaqui (*Colossoma macropomum*) e do seu híbrido tambacu eviscerados e estocados em gelo. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*. v. 20, n. 3, p. 160-165, 2013.
- BORGHESI, R. Avaliação físico- química, nutricional e biológica das silagens ácida, biológica e enzimática elaboradas com descarte e resíduo do beneficiamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Dissertação de Mestrado. ESALQ-USP, 96p, 2004.
- BORGHESI, R.; LIMA, L. K. F.; SANTOS, V. R. V.; LUIZ, D. B. Caracterização de Resíduos Gerados no Beneficiamento Industrial do Tambaqui (*Colossoma macropomum*) e do Surubim (*Pseudoplatystoma* sp.) (*Oreochromis niloticus*). Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste; Palmas: Embrapa pesca e aquicultura, 2017. Disponível em: (www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/CT106.pdf). Acesso em 25/05/2018.
- BORGHESI, R.; ARRUDA, L. F.; OETTERER, M. A silagem de pescado na alimentação de organismos aquáticos. *Boletim CEPPA*, 2007 25(2):329-339.

CUNHA, G.T.G; LUDKE, M.C.M.M.; LUDKE, J.V.; RABELLO, C.B.V.; BARROS, J.S.; SANTOS, J.S. Metabolizabilidade da energia de farinhas mistas contendo silagem de peixes para frangos de corte. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., 2017, v.69, n.3, p.704-710.

ENKE, D. B. S.; TABELÃO, V.; ROCHA, C. B.; RUTZ, F.; SOARES, L. A. S.Efeito da Inclusão de Farinha de Silagem de Pescado Adicionada de Farelo de Arroz Desengordurado na Dieta de Codornas Japonesas (*Coturnix Coturnix Japonica*). Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, 2010, 04: 01-15.

FAO, The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200 pp.

FAO, The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

FELTES, M. M. C.; CORREIA, J. F. G.; BEIRÃO, L. H.; BLOCK, J. M.; NINOW, J.L.; SPILLER, V. R. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, 2010, v.14, n.6, p.669–677.

GE FEI, GUI LIN, TAO YU-GUI. Efeitos das condições de armazenamento na qualidade de silagem de peixe preparada a partir de Canal Catfish. Food Science, 2010, 31: 290293.

GODOY, H. B. R.; LANDELL FILHO, L. C.; BIANCHINI SOBRINHO, E. M.; GODOY, M. O uso da silagem de subprodutos da filetagem de peixe na alimentação de suínos em crescimento parâmetros séricos. Braz. J. vet. Res. anim. Sci. São Paulo, 2008, 45: 429-436.

GUZEL, S.; YAZLAK, H.; GULLU, K.; OZTURK, E. The effect of feed made from fish processing waste silage on the growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). African Journal of Biotechnology, 2011, 10: 5053-5058.

HISANO, H.; ISHIKAWA, M. M.; PORTZ, L. Produção de silagem ácida a partir de vísceras de surubim (*Pseudoplatystoma* sp.) e avaliação da digestibilidade para tilápia do nilo. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, Salvador, 2012, 13: 872-879.

HONORATO, C. A.; STECH, M. R.; CARNEIRO, D. J. Silagem biológica de resíduos de peixe em dietas para alevinos de tilápia do Nilo. Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient., Curitiba, 2011, 9: 371-377.

HONORATO, C.; FRIZZAS GANGA, O.; CARNEIRO, D. J. Digestibilidade da silagem de peixe com diferentes tempos de armazenamento para alimentação do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, 2012, 16: 8595.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Gráficos de Estações Convencionais – Manaus, 2016. Disponível em (<http://www.inmet.gov.br>) Acesso em: 06 jun.

IZEL, A.C.U.; MELO, L.A.S. Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques escavados no Estado do Amazonas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2004. Disponível em: <http://www.cpa.embrapa.br/servicos/livraria/arquivos_gratis/Doc_32.pdf> Acesso em: 20 jun. 2016.

JOSMARY, D. C. B. Elaboración de ensilado de pescado via microbiana, a partir de los residuos provenientes del procesamiento de atun y filetiado de diversas especies de pescado. Trabajo de Conclusão de Curso, Universidade Central da Venezuela, 114p, 2010.

KUBITZA, F. Coletânea de informações aplicadas ao cultivo do tambaqui, do pacu e de outros peixes redondos. Panorama da Aquicultura, 2004, v.14, n.83, p.25-29.

LIMA, L.K.F.; NOLETO, S. S.; SANTOS, V. R. V.; LUIZ, D. B.; KIRSCHNIK, P. G. Rendimento e composição centesimal do tambaqui (*Colossoma macropomum*) por diferentes cortes e categorias de peso. Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, 2018. (v.12, n.2) p. 223 -222 abr - jun.

MACHADO, T. M. Silagem biológica de pescado. Panorama da Aquicultura 2010. 8: 3032.

MAIA JUNIOR, W. M. M.; SALES, R. O. Propriedades funcionais da obtenção da silagem ácida e biológica de resíduos de pescado. Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, 2013. 07: 126-156.

MATTERSON, L. D., POTTER, L. M., STUTZ, M. W., SINGSEN, E. P. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965, 11p. (Research Report, 7).

MENDES, J. M. Influência do estresse no pré-abate e durante o abate na qualidade do tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivado. Dissertação (mestrado) – ATU/INPA, Manaus, 2013, 102 p.

MOUSAVI, S. L.; MOHAMMADI, G.; KHODADADI, M.; KEYSAMI, M. A. Silage production from fish waste in cannery factories of Bushehr city using mineral acid, organic acid, and biological method. Intl J Agri Crop Sci. 2013, 6: 610-616.

NASCIMENTO, M. S.; FREITAS, K. F. S.; SILVA, M. V. Produção e caracterização de silagens de resíduos de peixes comercializados no mercado público de Parnaíba – PI. Enciclopédia Biosfera, 2014. 10: 450.

NATEL, J. C. C.; PORTES, J. V.; PILCH, M. R. Avaliação de diferentes inoculantes na produção de silagem de peixe, 2017. Em (<https://gia.org.br/portal/wp-content/uploads/2017/11/Silagem.pdf>) Acesso em 25/06/2017.

NITZKE, J.A.; THYS, R.; OLIVEIRAS, Y. L.; RUIZ, W. A.; PENNA, N. G.; NOLL, I. B. Segurança alimentar – retorno às origens? Brazilian Journal of Food Technology, 2012. vol.15 Campinas, maio.

OLIVEIRA, A. L T; SALES, R. O; FREITAS, J. B. S; LOPES, J. E. Alternativa sustentável para descarte de resíduos de pescado em Fortaleza. Revista Brasileira de Higiene e Sanidade animal, 2012. v. 06, n. 1, p. 1-16.

OLIVEIRA, A. L. T.; SALES, R. O.; FREITAS, J. B. S.; LOPES, J. E. L. Alternativa sustentável para descarte de resíduos de pescado em Fortaleza. Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, 2013. 7: 1-8.

RAMÍREZ- RAMÍREZ, J. C.; HUERTA, S.; ARIAS, L.; PRADO, A.; SHIRAI, K. Utilization of fisheries by-catch and processing wastes for lactic acid fermented silage and evaluation of degree of protein hydrolysis and in vitro digestibility. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 2008. vol. 7, núm. 3, p. 195-204

RAMÍREZ RAMÍREZ, J. C.; IBARRA, J. I.; ROMERO, F. A.; ULLOA, P. R.; ULLOA J. A.; SHIRAI, K. M. Preparation of Biological Fish Silage and its Effect on the Performance

and Meat Quality Characteristics of Quails (*Coturnix coturnix japonica*). Braz. Arch. Biol. Technol, 2013.56:1002-1010.

RODRIGUES, P. B.; MARTINEZ, R. S.; FREITAS, R. T. F.; BERTECHINI, A. G.; FILHO, E. T. Influência do Tempo de Coleta e Metodologias sobre a Digestibilidade e o Valor Energético de Rações para Aves. Brazilian Journal of Animal Science, 2005. 34: 882-889.

ROSTAGNO, H.S. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011, 252p.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 2007, 283p.

SANKAR, S.; SEKAR, S.; MOHAN, R.; RANI, S.; SUNDARASEELAN, J.; SASTRY, T. P. Preparation and partial characterization of collagen sheet from fish (*Lates calcarifer*) scales. International journal of biological macromolecules, 2008. 42(1), 6-9.

SANTOS, N. F.; SALLES. R. O. Avaliação da qualidade nutritiva das silagens biológicas de resíduos de pescado armazenadas por 30 dias e 90 dias em temperatura ambiente. Revista Brasileira de Higiene e Sanidade animal, 2011. v.5, n.1, p. 01 – 11.

SANTOS, N. F. Processamento, caracterização química e nutricional da silagem biológica de resíduos de pescado para uso em alimentação animal. Dissertação(Mestrado)- Universidade Federal do Ceará Centro de Ciências Agrárias, 2000, Fortaleza-Ceara.

SÃO PAULO. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 2008. Ed. IV, 1ª ed. digital. 1020 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3ªedição, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012, 235p.

SILVA, L. J. M. Isolamento e Caracterização Bioquímica das Bactérias do Ácido Láctico do Queijo São Jorge DOP, 2011.

SILVA, M. F. Elaboração e caracterização de silagem ácida de residuos de tambaqui (*Colossoma macropomum*) Dissertação de mestrado em Ciência de Alimentos da Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016, 62 p.

STANSBY, M. E.; OLCOTT, H.S. Composición del pescado, pp. 391-102. In Stansby, M. E. (Ed.), Tecnologia de La industria pesqueira, Editorial Acribia, 1968. 443 pp., Zaragoza.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. SAS/STAT Software Version 9.2. Cary: SAS Institute Inc 2008.

STONE, F.E., HARDY, R.W. Nutrition value of acid stabilized silage and liquefied fish protein. J. Sci. Food Agric. 1986. V.37. p.797-803.

SUPERCAC. Ração de custo mínimo. Versão 1.02, para Windows: TD Software 2004.

VIDOTTI, R. M. Produção e utilização da silagem de peixe na nutrição do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Tese de Doutorado em Aqüicultura, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001, 74 p.

VIDOTTI, R. M. Amino acid composition of processed fish silage using different raw materials. *Animal Feed Science and Technology*, 2003. 105: 199-204.

VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, G. S. Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de tilápia e sua utilização na alimentação animal, 2006. Disponível em: (<ftp://ftp.sp.gov.br/pesca/producao-caracterizacao.pdf>). Acesso em 04/08/2016.

YAMAMOTO, S. M.; SILVA SOBRINHO, A. G.; VIDOTTI, R. M.; HOMEM JUNIOR, A. C.; PINHEIRO, R. S. B.; BUZZULINI, C. Desempenho e digestibilidade dos nutrientes em cordeiros alimentados com dietas contendo silagem de resíduos de peixe. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2007, 36:1131-1139.

7. ANEXOS

7.1. Anexo 01: Processamento da silagem biológica de resíduo de tabaqui



Figura 5: Reativação da bactéria *Lactobacillus plantarum* e elaboração de inóculo



Figura 6: Resíduos *in natura* de tabaqui e trituração para obtenção da massa residual



Figura 7: Componentes usados na elaboração do ensilado (resíduos de tabaqui triturados, apara de mandioca triturada, ácidos ascórbico e benzoico e inóculo bacteriano)



Figura 8: Mistura de componentes e armazenamento da silagem



Figura 9: Silagem biológica úmida de resíduos de tabaqui antes da secagem



Figura 10: Silagem Biológica Desidratada de Resíduos de Tabaqui

7.2. Anexo 02- Certificado obtido junto ao Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Amazonas, sob o protocolo nº 053/2017.



Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Comissão de Ética no Uso de Animais



CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada “Processamento, caracterização físico-química e utilização da silagem de resíduo de **Tambiqui (Colossoma macroponum) na alimentação de poedeiras**”, registrada com o N. 053/2017, sob a responsabilidade da Professora Doutora Antônia José Inhamus da Silva – que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei n. 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto n. 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), foi aprovada pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS, *ad referendum*.

Finalidade	() Ensino (X) Pesquisa Científica
Vigência da autorização	10/10/2017 – 01/12/2018
Espécie/linhagem/raça	galinha poedeiras: linhagem Hisex White
N. de animais	168, 28 por grupo
Peso/idade	com 40 semanas de vida
Sexo	Feminino
Origem	setor de avicultura, FCA- UFAM

Manaus, 10 de novembro de 2017.


Prof. Dra. Cinthya Iamie Frithz Brandão de Oliveira
Presidente do CEUA-UFAM
Portaria 1595/2014 - GR