

## Aspectos biotecnológicos da silagem biológica de resíduos do Tambaqui

### *Biotechnological aspects of biological silage of Tambaqui residues*

Cristiane Cunha Guimarães<sup>1</sup>, Ivana Vieira Maciel<sup>2</sup>, André Ferreira Silva<sup>3</sup>, Antônio Fábio Lopes<sup>4</sup>, Klaramelia Consuelo Ramón Carpio<sup>5</sup>, Antônio José Inhamuns da Silva<sup>6</sup>

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de produção de silagem a partir do reaproveitamento dos resíduos provenientes do beneficiamento do tambaqui. Os tratamentos se diferenciaram quanto à quantidade de inóculo (culturas puras da bactéria *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014), sendo de 2,5%; 5,0%; e 7,5% (v/p). O período de inoculação da silagem foi de 35 dias. Os parâmetros de pH foram T1 -  $4,81 \pm 0,04$ ; T2 -  $4,91 \pm 0,06$ ; e T3 -  $4,85 \pm 0,03$ ; para acidez titulável os percentuais de T1 -  $3,43 \pm 0,03$ ; T2 -  $3,43 \pm 0,05$ ; e T3 -  $3,51 \pm 0,04$ . Durante a avaliação centesimal da silagem biológica úmida do resíduo de tambaqui os tratamentos mostraram-se sem diferença significativa e se mantiveram próximos em relação ao resíduo *in natura*, enquanto que na silagem biológica desidratada as características de rendimento e físico-químicas da silagem em todos os tratamentos apresentaram resultados expressivos e de alta qualidade com PB em T1 -  $32,49 \pm 0,54$ ; T2 -  $33,65 \pm 1,26$ ; e T3 -  $37,15 \pm 1,0$ ; teor lipídico em T1 -  $30,44 \pm 0,09$ ; T2 -  $36,44 \pm 4,35$ ; e T3 -  $33,92 \pm 3,65$ ; cinzas em T1 -  $15,44 \pm 0,23$ ; T2 -  $16,46 \pm 0,29$ ; e T3 -  $15,67 \pm 0,37$ . O desenvolvimento da silagem de pescado biológico torna-se uma alternativa para a indústria pesqueira, promovendo um destino sustentável e lucrativo; aos resíduos gerados durante o processamento, constituindo uma opção de matéria-prima de qualidade para o desenvolvimento de produtos com alto valor agregado de nutrientes, com potencial para utilização na alimentação de animal.

**Palavras-chave:** *Colossoma macropomum*. Fermentação microbiana. *Lactobacillus plantarum*. Valor nutricional.

**ABSTRACT:** Silage production derived from the reuse of residues from the processing of tambaqui is evaluated. Treatments differed in amounts of inoculum (pure cultures of bacterium *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014), namely, 2.5%; 5.0%; 7.5% (v/p). Silage inoculation period was 35 days and pH parameters were T1 -  $4.81 \pm 0.04$ ; T2 -  $4.91 \pm 0.06$ ; T3 -  $4.85 \pm 0.03$ ; for titratable acidity, the percentages were T1 -  $3.43 \pm 0.03$ ; T2 -  $3.43 \pm 0.05$ ; T3 -  $3.51 \pm 0.04$ . There was no significant difference in treatments during the centesimal assessment of humid biological silage of tambaqui residues. They remained close that of *in natura* residues. On the other hand, in dehydrated biological silage, yield and physical and chemical characteristics of silage in all treatments had positive and high quality results with BP at T1 -  $32.49 \pm 0.54$ ; T2 -  $33.65 \pm 1.26$ ; T3 -  $37.15 \pm 1.0$ ; lipid rate at T1 -  $30.44 \pm 0.09$ ; T2 -  $36.44 \pm 4.35$ ; T3 -  $33.92 \pm 3.65$ ; ashes at T1 -  $15.44 \pm 0.23$ ; T2 -  $16.46 \pm 0.29$ ; T3 -  $15.67 \pm 0.37$ . Organic fish silage becomes an alternative for the fishing industry and promotes a sustainable and profitable disposal for waste generated during processing. It constitutes raw material of quality for the development of products with high added value of nutrients, which may be employed in animal feed.

**Keywords:** *Colossoma macropomum*. *Lactobacillus plantarum*. Microbial fermentation. Nutritional value.

#### Autor correspondente:

Cristiane Cunha Guimarães - [cristiane\\_c\\_guimaraes@hotmail.com](mailto:cristiane_c_guimaraes@hotmail.com)

Recebido em: 20/09/2019

Aceito em: 05/05/2020

## INTRODUÇÃO

A produção mundial de pescado atingiu o pico de aproximadamente 171 milhões de toneladas em 2016, de modo que a aquicultura é a atividade com maior produção de peixe; a atividade produziu mais de 151 milhões de toneladas do total produzido, destinados principalmente ao consumo humano direto (FAO, 2018).

No Brasil a aquicultura é essencialmente representada pela piscicultura, as espécies de peixe com maior cultivo são a tilápia (*Oreochromis niloticus*) e o tambaqui (*Colossoma macropomum*), que responderam por mais de 48%

<sup>1</sup> Mestra em Ciência Animal, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus (AM), Brasil.

<sup>2</sup> Graduanda em Engenharia de Pesca, Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus (AM), Brasil.

<sup>3</sup> Mestre em Ciência Animal, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Zootecnista da AAEDESAM/SEPROR/IDAM, Brasil.

<sup>4</sup> Doutor em Ciências Pesqueiras nos Trópicos, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Instituto de Ciência Sociais Educação, e Zootecnia (ICSEZ), Parintins (AM), Brasil.

<sup>5</sup> Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (PPGBIO) na Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus (AM), Brasil.

<sup>6</sup> Doutor em Ciência de Alimentos, Professor Titular junto a Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Docente colaborador no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros (PPGCARP), Brasil.

da produção nacional no ano de 2016. O tabaqui, principal espécie nativa cultivada no país, possui características zootécnicas favoráveis que justificam seu cultivo crescente e importância econômica, e a região Norte do país representa 61% da produção nacional de tabaqui, tendo como maiores produtores os Estados de Rondônia e Amazonas (BRASIL, 2017).

Anualmente, ocorre uma alta produção de resíduos orgânicos pelas unidades beneficiadoras de pescado, a falta de manejo adequado pra esses resíduos gera um sério problema de poluição ambiental, sendo despejados de formas impróprias no ambiente (BORGHESI *et al.*, 2007).

Além do material residual que é descartado pela indústria, também existe a perda pelo manejo inadequado, resíduos biológicos são gerados desde a reprodução, alevinagem, engorda, processamento e comercialização, até o prato final do consumidor (VIDOTTI; GONÇALVES, 2006). Segundo Arruda (2004), é necessário montar sistemas que aproveitem esses resíduos de forma econômica e preservacionista, minimizando os problemas ambientais gerados, uma opção é transformá-los em subprodutos que possam ser incorporados, como ingrediente na alimentação animal (VIDOTTI, 2001), visto que possuem grande potencial para utilização como suplementos nutricionais nas rações (AMÂNCIO *et al.*, 2010).

Um sistema alternativo e viável para o aproveitamento desses resíduos é a fabricação da silagem de pescado, produto este de alto valor biológico e consistência semipastosa, praticamente a mesma composição da matéria-prima utilizada em sua obtenção (ARRUDA, 2007).

Segundo Vidotti e Gonçalves (2006), 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 (CÂNDIDO *et al.*, 2016).

O material residual processado de maneira correta poderia estar barateando custos com produção animal, visto que a alimentação se torna o item mais oneroso na produção total de qualquer atividade pecuária (BATALHA *et al.*, 2017). A utilização desses resíduos, gerados pela agroindústria de pescado para transformar subprodutos em alimentos alternativos, oferece 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).

A silagem biológica é o produto da adição de microrganismos do grupo ácido-lácticas: *Lactobacillus* sp. e *Lactococcus* sp. ou leveduras dos gêneros *Hansenula* e *Saccharomyces*, favoráveis à fermentação láctica (MACHADO, 2010). Tais microorganismos produzem como produto final da fermentação dos açúcares o ácido láctico, estando envolvidas na acidificação dos produtos alimentares destinados a humanos, ou animais (VIDOTTI, 2001).

O pescado, assim como seus resíduos, possui pequena quantidade de carboidratos como fontes energéticas, para isso uma fonte de carboidratos também deve ser adicionada à biomassa ensilada (MACHADO, 2010).

As vantagens na elaboração de silagem estão no seu processo, sendo uma tecnologia simples, de pouco investimento, podendo ser produzida em escala artesanal ou industrial a bordo dos barcos, em fazendas ou plantas processadoras (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

As silagens obtidas nos diferentes processos podem compor o preparo de rações, sendo um alimento de baixo custo e alto valor nutricional para aves, bovinos, ovinos, suínos, peixes e outros animais domésticos (RAMIREZ RAMIREZ, 2013). Segundo Borghesi (2004) o aproveitamento da silagem pode minimizar os custos das rações em substituição ao milho e o farelo de soja por alimentos alternativos, energéticos ou proteicos que estejam disponíveis com preços compensadores.

Visando o futuro da aquicultura que está diretamente ligado à equalização entre produção, aproveitamento de resíduos sob uma eficaz gestão de efluentes, atendendo às legislações ambientais de forma sustentável, e pensando em alimentos alternativos para produção animal, o presente estudo teve como objetivo fazer o reaproveitamento

de resíduos do processamento do tambaqui (*Colossoma macropomum*), para elaboração de ensilado biológico, avaliando suas características organolépticas, parâmetros físico-químicos em diferentes tratamentos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia do Pescado, junto à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas, situada no Setor Sul do Campus Universitário, Manaus, Amazonas - Brasil, sendo realizados os procedimentos de produção e processamento da silagem biológica do resíduo de tambaqui, e todas as etapas de análises físico-químicas.

Os subprodutos de tambaqui utilizados na produção da silagem biológica, aproximadamente 100 Kg, foram adquiridos de maio a junho de 2017, junto ao Frigorífico J. G. Pescado na cidade de Manaus (AM), transportados em caixas térmicas e compostos por vísceras, barbatanas, poucas escamas e brânquias, material que é descartado durante o processamento do Tambaqui-Curumim (peixes com 500 a 800g).

Os resíduos foram vistoriados para retirada de possíveis impurezas ou materiais contaminantes, a seguir triturados em moedor elétrico em malha 5mm, 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. Os respectivos tratamentos se diferenciaram quanto à quantidade de inóculo (culturas puras da bactéria *L. plantarum* como microrganismos 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 triturada (*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 até a uniformização completa de todos os componentes do ensilado de acordo com cada tratamento, logo após este foi fechado 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 que depois os baldes fossem tampados e armazenados em temperatura ambiente por 35 dias, sendo que a cada três dias aferiu-se o potencial hidrogeniônico (pH) com pHmetro de bancada, acidez titulável por titulação com NaOH 0,1N (SÃO PAULO, 2008), e a cada sete dias as análises de composição centesimal foram realizadas seguindo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (SÃO PAULO, 2008).

Após alcançar estabilidade, a silagem foi depositada em estufa de ventilação forçada por 72 horas a  $65 \pm 2^\circ\text{C}$  para redução da umidade, nesse intervalo foi feito o revolvimento da biomassa para garantir um processo de secagem uniforme. Foram coletadas amostras para análise de composição centesimal da silagem biológica de resíduo de tambaqui, antes (Silagem úmida) e após a secagem (Silagem desidratada).

### 2.1 PREPARO DO INÓCULO (*LACTOBACILLUS PLANTARUM*)

Como inoculante, foram compradas junto a uma empresa idônea, cepas da bactéria *L. plantarum* ATCC 8014, foi 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 reativada foi imersa em 5 ml de CMRS e incubado em estufa a  $35 \pm 2^\circ\text{C}$  por 24h, observando o crescimento bacteriano; o conteúdo foi transferido para um *erlenmeyer* contendo 500mL de CMRS e permaneceu incubado em estufa a  $35 \pm 2^\circ\text{C}$  por 48h, logo após foi realizada uma leitura em câmara de *Neubauer* para contagem de concentrações de células viáveis no meio de cultura, obtida a concentração desejada de Unidades Formadoras de Colônia (UFC)  $10^8$  células/mL, o meio foi levado para o processo de centrifugação com

(4000xG) a 25°C por 25 minutos. A massa celular obtida no processo foi suspensa em solução salina a 0,85% até o necessário para o volume de inóculo (BORGHESI, 2004).

A análise estatística para avaliação dos resultados obtidos; foi realizada através do programa computacional R “Software R versão 3.4.3”, onde os dados coletados foram submetidos à análise de variância e quando constatado efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste de *Tukey* a 0,05 de significância.

### 3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Durante o processamento da silagem biológica do resíduo de tabaqui, as características organolépticas de coloração e cheiro foram bem evidentes em todos os tratamentos, através de análise visual foram observadas as mudanças ocorridas no decorrer do processo, o efeito de liquefação da massa ensilada já pôde ser observado nas 72h iniciais, deixando a massa mais pastosa.

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).

Segundo Ribeiro (2015), 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.

No ensilado biológico isso está diretamente associado à ação das bactérias lácticas na formação do ácido láctico, e temperatura de elaboração do produto, sendo que em 35°C tem-se um efeito notável exercido sobre o crescimento nas unidades formadoras de colônia das bactérias lácticas, que é refletido na produção de ácido láctico e, portanto, na diminuição do pH, propiciando a condição ácida necessária que promove a atividade enzimática no pescado (HONORATO *et al.*, 2011).

Houve uma mudança na coloração da massa ensilada, no primeiro dia de inoculação apresentava uma coloração rosa-escuro, devido à presença de sangue na massa residual, que mudou durante o processo de ensilagem, e no sétimo dia ficou mais para o tom marrom, permanecendo assim até o final do experimento. Para Machado (2010), a adição do inóculo microbiológico aos resíduos proporciona benefícios que irão manter a massa residual conservada, devido à rápida queda de pH, iniciando o processo de hidrólise e liberação de nutrientes, evitando também a proliferação de bactérias com metabolismo aeróbio, responsáveis pela deterioração do resíduo.

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

O estudo corrobora com Oliveira *et al.* (2013), que analisando as características organolépticas da silagem biológica de pescado, durante o período de 24 dias, 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 láctico, 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* sp., Ramirez Ramirez *et al.* (2013) relataram que a diminuição do pH e a produção de ácido láctico 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 e adocicado causado pelo melaço residual.

Inicialmente o pH nos resíduos triturados encontrava-se em  $6,63 \pm 0,03$ ; o seu decréscimo ocorreu mediante a adição da mistura do inóculo, carboidrato e ácidos benzoico e ascórbico, e continuou após a inoculação do ensilado.

O pH e acidez titulável foram monitorados durante todo o período em que a biomassa permaneceu ensilada conforme apresentado na Tabela 1.

Observou-se que nas primeiras 72 horas após a inoculação houve diminuição no pH, 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, 2001; HONORATO *et al.*, 2012). Segundo Silva (2011), a administração de bactérias lácticas homofermentativas, como a utilizada no presente trabalho, em substratos com carboidratos disponíveis para uso metabólico, a proliferação bacteriana torna-se mais eficiente, conseqüentemente os processos fermentativos realizados no meio reduzem o pH para 4,5 a 4,0 em 48 a 50 horas de inoculação.

**Tabela 1.** Análise de pH e acidez titulável no período de inoculação da silagem biológica de resíduo de tabaqui

Tempo de elaboração (Dia)	pH*			Acidez Titulável* (%)		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
0 (Início)	5,95±0,06	5,96±0,07	6,0±0,03	3,11±0,10	3,29±0,17	3,17±0,11
3	4,58±0,05	4,47±0,11	4,47±0,18	3,98±0,05	4,12±0,06	4,25±0,11
7	4,57±0,06	4,66±0,16	4,54±0,17	3,90±0,05	4,21±0,08	4,22±0,41
10	5,16±0,36	4,88±0,06	4,92±0,39	4,08±0,25	4,32±0,31	4,29±0,02
14	5,27±0,16	5,01±0,42	4,72±0,18	3,87±0,04	3,83±0,10	3,81±0,16
18	4,68±0,10	4,76±0,06	4,67±0,10	3,50±0,03	3,59±0,06	3,62±0,09
21	4,87±0,03	4,81±0,06	4,77±0,06	3,56±0,09	3,54±0,07	3,46±0,08
25	4,89±0,02	4,91±0,03	4,69±0,06	3,45±0,06	3,50±0,10	3,40±0,06
28	4,88±0,03	4,88±0,04	4,80±0,06	3,45±0,04	3,52±0,04	3,42±0,05
32	4,87±0,01	4,88±0,06	4,83±0,04	3,41±0,04	3,47±0,06	3,49±0,05
35	4,81±0,04	4,91±0,06	4,85±0,03	3,43±0,03	3,43±0,05	3,51±0,04

T - 1 (2,5% de inóculo); T - 2 (5,0% de inóculo); T - 3 (7,5% de inóculo). \* Médias retiradas de três repetições ± desvio padrão.

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* sp. encontram-se restringidos pelo baixo pH, 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 (MAIA JUNIOR; SALLES, 2013).

A partir do sétimo dia de inoculação foi observada uma acentuada elevação no pH para todos os tratamentos, isso pode ser atribuído ao fato de que no sétimo dia de inoculação foi realizado o revolvimento da massa ensilada o que influenciou no processo fermentativo microbiano, por se tratarem de microrganismos sensíveis a variações no ambiente (SILVA, 2011). O tratamento com menor quantidade de inóculo foi o mais afetado, com maior elevação no pH, devido a menor concentração bacteriana no meio e, portanto, menor produção de ácido láctico.

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 experimento, ao 35º dia. Valores semelhantes de pH foram encontrados por Herreira *et al.* (2015), na silagem biológica de pescado com 35 dias trabalhando com diferentes formas físicas de conservação e diferentes níveis de inclusão de melaço.

Nascimento *et al.* (2014), comparando três silagens (ácida, biológica e enzimática), observaram que os padrões de acidez foram mais evidentes na silagem ácida (4,08 para 3,82) e os mais altos na silagem enzimática (7,13 a 5,14), enquanto a silagem biológica foi intermediária (6,84 a 4,48).

A determinação da acidez titulável durante a elaboração da silagem é de suma importância visto que permite avaliar a qualidade do produto frente sua estabilidade, odor e, no caso da silagem biológica, a fermentação microbiana e formação de ácido láctico (VIDOTTI; GONÇALVES, 2006).

O nível de acidez elevou-se gradativamente, sendo que no 10º dia apresentou os valores mais elevados e a partir do 14º dia reduziu gradativamente, permanecendo estável até o 35º dia. Por se tratar de um trabalho elaborado com microrganismos fastidiosos de ciclo rápido o aumento nos níveis de acidez é atribuído à formação do ácido láctico durante a fermentação microbiana, sendo que a inclusão de uma fonte de carboidrato no meio inoculado promove a eficácia do processo. Machado (2010) considera ideal o índice de acidez titulável média de 4,0% para silagem em nível artesanal, influenciando favoravelmente no odor frutal durante a elaboração.

Os resultados obtidos no período inicial deste trabalho corroboram os trabalhos de Vidotti (2001) e Nascimento *et al.* (2014) que verificaram o mesmo comportamento nos níveis da acidez, sendo associado a produção de ácido láctico durante o processo, promovendo uma redução mais acentuada do pH, o que favoreceu a ação e atividade proteolítica das enzimas (tripsina, quimi tripsina e pepsina), que atuam na formação de peptídeos e aminoácidos no meio (CÂNDIDO *et al.*, 2016).

Josmary (2010), trabalhando com silagem fermentada de resíduos de pescado utilizando iogurte comercial (*Lactobacillus bulgaris* e *Streptococcus thermophilus*), e o melão como fonte de carboidrato, observou que a silagem elaborada a partir do peixe inteiro favoreceu a hidrólise das proteínas em menor tempo. 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 *et al.*, 2013).

A Tabela 2 apresenta a avaliação da composição centesimal da silagem biológica úmida realizada durante o período de inoculação da silagem, de acordo com os tratamentos (% de inóculo).

**Tabela 2.** Avaliação centesimal da silagem biológica úmida de resíduo de tabaqui

Variáveis (%)	Resíduo <i>In natura</i>	Tratamento			P-valor <sup>1</sup>
		T1	T2	T3	
Umidade	75,67±0,66	75,46±3,87	74,15±10,03	78,23±1,54	0,504
Proteína	7,08±0,25	9,77±2,86	10,07±4,33	8,14±0,10	0,426
Lipídios	8,83±0,05	8,24±1,31	8,34±2,86	7,40±1,27	0,645
Cinza	3,81±0,14	3,96±0,90	4,18±1,56	3,60±0,21	0,552
Carboidratos	4,61±0,45	2,82±1,76	2,74±1,76	2,54±1,46	0,535
Fibra	0,90±0,29	2,06±0,96	2,51±1,10	2,63±1,35	0,322
Valor calórico <sup>2</sup>	126,3±1,26	123,29±18,85 <sup>a</sup>	128,35±47,82	109,67±10,02	0,542

T - 1 (2,5% de inóculo); T - 2 (5,0% de inóculo); T - 3 (7,5% de inóculo). <sup>1</sup>Análise de variância *Two-way* (ANOVA), valores significativos  $p < 0,05$ . <sup>2</sup>Kcal/100g.

A composição centesimal da silagem úmida não apresentou diferença significativa nos tratamentos ( $p < 0,05$ ). Hal Fernandez *et al.* (2011) afirmam que 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 e fatores

que as compõem. O que de fato foi observado na pesquisa, durante o período de elaboração da silagem, todos os tratamentos se mantiveram próximos aos valores encontrados no resíduo *in natura*.

Os teores de umidade de acordo com Al-Abri *et al.* (2014) encontram-se ligados à taxa de liquefação na massa ensilada, sendo dependente do tipo de matéria-prima, seu frescor, atividade enzimática, estado fisiológico do peixe, dentre outros fatores. No presente estudo ficou evidente que o volume de inóculo para elaboração da silagem também influenciou na taxa de liquefação, sendo mais notável no terceiro tratamento, que apresentou teor de umidade elevado na silagem.

Durante a elaboração da silagem, para proteína bruta observou-se que não houve diferença significativa nos tratamentos, porém em comparação ao encontrado no resíduo *in natura* ocorreu um acréscimo proteico.

Stansby e Olcott (1968) estabeleceram valores de lipídios (5 a 15%) para gordura média no pescado, coincidindo com o encontrado no resíduo *in natura* ( $8,83 \pm 0,05$ ), assim como para os tratamentos T1 ( $8,24 \pm 1,31$ ), T2 ( $8,34 \pm 2,86$ ) e T3 ( $7,40 \pm 1,27$ ) durante a elaboração da silagem.

Em relação aos lipídios Stone e Hardy (1986) e Contreras Guzman (1994) relatam que o teor de lipídio visceral nos peixes mostra grandes flutuações sazonais influenciadas pela variação na alimentação e mudanças metabólicas durante o ciclo reprodutivo.

O teor de fibras encontrado no resíduo *in natura* está relacionado ao conteúdo visceral, matéria orgânica retida nas vísceras por meio da ração consumida durante criação, e a elevação durante a ensilagem foi atribuída às aparas de mandioca trituradas utilizadas como substrato para fermentação microbiana, sendo que os demais componentes constitucionais da silagem de pescado não são de origem vegetal e, portanto, não apresentam quantidades significativas de fibras.

A Tabela 3 apresenta os resultados da composição centesimal da silagem biológica após o processo de secagem, de acordo com os tratamentos (% de inóculo).

**Tabela 3.** Avaliação centesimal da silagem biológica desidratada de resíduo de tambaqui

Variáveis (%)	Resíduo <i>in natura</i>	Tratamento			P-valor <sup>1</sup>
		T1	T2	T3	
<b>Matéria Seca</b>	-	94,15±0,15 <sup>b</sup>	94,55±0,007 <sup>a</sup>	94,23±0,03 <sup>b</sup>	0,0042*
<b>Umidade</b>	75,67±0,66	5,85±0,15 <sup>a</sup>	5,45±0,07 <sup>b</sup>	5,77±0,03 <sup>a</sup>	0,0042*
<b>Proteína</b>	7,08±0,25	32,49±0,54 <sup>b</sup>	33,65±1,26 <sup>b</sup>	37,15±1,0 <sup>a</sup>	0,0028*
<b>Lipídios</b>	8,83±0,05	30,44±0,09	36,43±4,35	33,92±3,65	0,1597
<b>Cinza</b>	3,81±0,14	15,44±0,23 <sup>b</sup>	16,45±0,29 <sup>a</sup>	15,67±0,37 <sup>b</sup>	0,0146*
<b>Carboidrato</b>	4,61±0,45	15,77±0,42	8,02±3,74	7,48±4,10	0,0538
<b>Fibra</b>	0,90±0,29	1,34±0,13 <sup>b</sup>	1,58±0,15 <sup>b</sup>	2,56±0,10 <sup>a</sup>	0,0002*
<b>Valor calórico<sup>2</sup></b>	126,26±1,26	467,04±2,13 <sup>b</sup>	515,84±4,01 <sup>b</sup>	462,84±5,70 <sup>a</sup>	7,9E <sup>-06</sup> *

T - 1 (2,5% de inóculo); T - 2 (5,0% de inóculo); T - 3 (7,5% de inóculo). <sup>1</sup>Análise de variância *One-Way* (ANOVA). \* Valores significativos p < 0,05, letras iguais na linha não diferem significativamente. <sup>2</sup>Kcal/100g.

Em relação à matéria seca o tratamento com 5,0% de inóculo foi maior em relação aos demais, porém é possível observar que a preservação da mesma foi mantida em todos os tratamentos. Segundo Filya *et al.* (2004), os *L. plantarum* apresentam um ótimo desempenho nos processos envolvendo produção de silagem, em ambiente favorável produzem fermentação, resultando mínimas perdas de matéria seca.

O teor de umidade na silagem após a desidratação ficou dentro do indicado para farinha de pescado, no máximo 10% de acordo com o Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal.

O tratamento com 7,5% de inóculo obteve 37,15% de proteína, havendo diferença significativa entre os outros tratamentos. O teor de proteína para a silagem biológica está atribuído à hidrólise proteica decorrida durante o processo fermentativo, e no presente trabalho variou de acordo com a quantidade de inoculante usado para fermentação microbiana, ou seja, a massa proteica das bactérias também contribuiu com a diferença nos tratamentos.

A concentração de proteína bruta e cinza encontrada no presente estudo é semelhante ao reportado por Honorato (2012) e Ramírez Ramírez (2013), com 33,62 e 39,9% para proteína; 13,58 e 18,0% de cinzas, na fração lipídica os teores encontram-se acima do relatado por ambos autores com 25,61 e 14,5%, respectivamente.

Cândido *et al.* (2016) relataram que a semelhança dos teores proteicos da silagem está relacionada à matéria-prima que lhe originou e ao processo usado para elaboração da silagem. Trabalhos como de Almeida *et al.* (2006) observaram que a maior atividade proteolítica foi detectada principalmente no estômago de tambaqui, os autores o consideraram como principal local responsável pela digestão proteica, o que leva ao elevado teor de proteína encontrado na silagem.

Os teores elevados com lipídeo estão relacionados ao resíduo usado na elaboração do ensilado, decorrente principalmente do uso das vísceras onde ocorre a maior deposição de gordura no pescado, segundo Kubitzka (2004) o tambaqui com maior peso vivo traz consigo um elevado acúmulo de gordura visceral.

Arruda (2004) afirma que um fator a ser considerado é a oxidação lipídica, que complexam as proteínas através de ligações covalentes, com conseqüente destruição dos aminoácidos, diminuindo o tempo de estocagem das silagens.

O teor de cinza elevado nos tratamentos deve-se à constituição residual. Boscolo *et al.* (2010) afirmam que a quantidade de matéria mineral encontrada em silagem de pescado deve-se aos minerais disponíveis nos resíduos, e a diferença significativa encontrada no tratamento T2 para os demais pode estar relacionada à não homogeneização correta no resíduo triturado, deixando maiores concentrações em escamas e nadadeiras para esse tratamento.

212

A diferença significativa nos teores de fibra na silagem seca foi atribuída à elaboração da silagem, sendo que, durante seu processamento, nos tratamentos com menor volume de inóculo, além das bactérias lácticas os microrganismos oportunistas (fungos e protozoários) podem ter se desenvolvido no meio e metabolizado a fração fibrosa, o que não influenciou na qualidade nutricional da silagem.

Os teores para proteína e lipídios foram relevantes tendo em vista a busca por alimentos que possam baratear custos com alimentação frente a uma atividade pecuária, sendo a proteína a mais onerosa durante a produção. Além da reutilização de um resíduo biológico que estava sendo desperdiçado e gerando possíveis contaminações ao meio ambiente.

Quanto ao rendimento da silagem, para os 15 Kg de massa residual com adição de 1,125 Kg de aparas de mandioca usados para elaboração em cada tratamento, após o processo de secagem cada tratamento apresentou a quantidade de  $3,100 \pm 0,70$  Kg (20,67%) de silagem biológica desidratada de resíduo de tambaqui, tendo como composição no resíduo apenas vísceras, barbatanas, poucas escamas e brânquias.

Com base no encontrado no rendimento final do produto, a silagem de pescado varia de acordo com os subprodutos empregados na produção, sendo dependente de espécie de peixe, porção dentro da mesma espécie, sistema de criação, estágio de desenvolvimento dos peixes, partes analisadas e técnica usada para facilitar a hidrólise (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições experimentais avaliadas, a produção de silagem biológica utilizando como inoculante a bactéria *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014, no que se refere às características de rendimento e físico-químicas da silagem, todos os tratamentos apresentaram resultados de alta qualidade na composição centesimal da silagem desidratada.



O tratamento com 7,5% de inóculo apresentou melhores resultados, sendo expressivo o valor de proteína bruta de 37,15%, fator importantíssimo para geração de alternativos proteicos na produção de ração animal.

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

## REFERÊNCIAS

- AL-ABRI, A. S.; MAHGOUB, O.; KADIM, I. T.; AL-MARZOOQI, W.; GODDARD, S. J.; AL-FARSI, M. Processing and evaluation of nutritive value of fish silage for feeding Omani sheep. *Journal of Applied Animal Research*, v. 42, p. 406-413, 2014.
- ALMEIDA, L. C.; LUNDSTEDT, L. M.; MORAES, G. Digestive enzyme responses of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed on different levels of protein and lipid. *Aquaculture Nutrition*, v. 12, p. 443-450, 2006.
- AMÂNCIO, A. L. L.; SILVA, J. H. V.; LIMA, C. B.; ARAÚJO, J. A.; COELHO, M. S.; OLIVEIRA, E. R. A. *et al.* Valor nutricional da silagem de pescado e utilização na alimentação animal. *Bol. Téc. Cient. Cepnor*, v. 10, p. 79-93, 2010.
- ARRUDA, L. F. **Aproveitamento do resíduo do beneficiamento da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) para obtenção de silagem e óleo como subprodutos.** 2004. 200f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.
- ARRUDA, L. F.; BORGHESI, R.; OETTERER, M. Use of fish waste as silage: a review. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, v. 50, n. 5, p. 879-886, 2007.
- BATALHA, O. S. *et al.* Digestibility and physico-chemical characteristics of acid silage meal made of pirarucu waste in diets for commercial layering hens. *Acta. Scientiarum Animal Sciences*, Maringá, v. 39, n. 3, p. 251-257, 2017.
- 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*).** 2004. 96f. Dissertação (Mestrado) - ESALQ-USP, 2004.
- BORGHESI, R.; ARRUDA, L. F.; OETTERER, M. A silagem de pescado na alimentação de organismos aquáticos. *Boletim CEPPA*, v. 25, n. 2, p. 329-339, 2007.
- BOSCOLO, W. R. *et al.* Avaliação microbiológica e bromatológica da silagem ácida obtida de resíduos da indústria de filetagem de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Semina*, v. 31, n. 2, p. 515-522, 2010.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. **Produção da pecuária municipal 2017.** Rio de Janeiro, 2017. v. 43.
- CÂNDIDO, R. S.; WATANABE, P. H.; MOREIRA, L. L.; KUBOTA, G. A.; RODRIGUES, B. B. V.; PORTELA, C. A. Digestibilidade da silagem de pescado com inóculo microbiológico para suínos na fase de crescimento. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 25. *Anais [...]*. Fortaleza, maio 2016.
- CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e derivados.** Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409p.
- CRUZ, F. G. G.; RUFINO, J. P. F.; MELO, R. D.; FEIJÓ, J. C.; DAMASCENO, J. L.; COSTA, A. P. G. C. Perfil socioeconômico da vicultura no setor primário do Estado do Amazonas, Brasil. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, Maringá, v. 9, p. 371-391, 2016.

FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E A ALIMENTAÇÃO. **El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura**. Roma: FAO, 2018.

FERNÁNDEZ HERRERO, A. L.; TABERA, A.; AGÜERIA, D.; SANZANO, P.; GROSMAN, F.; MANCA, E. Obtención, caracterización microbiológica y físicoquímica de ensilado biológico de carpa (*Cyprinus carpio*). **REDVET**, v. 12, p. 2-12, 2011.

FILYA, I.; SUCU, E.; KARABULUT, A. The effect of *Propionibacterium acidipropionici*, with or without *Lactobacillus planterum*, on the fermentation and aerobic stability of wheat, sorghum and maize silages. **J. Appl. Microbiol.**, v. 97, p. 818-826, 2004.

HERRERA, A. F.; VITITONE, M.; SALOMONELA, A. Y.; MANCA, E. Y. Biological silage of *merluccius hubbsi*. Aminoacid composition, degree of hicholysis and peptides size. **Journal of pharmaceutical Sciences**, January, 2015.

HONORATO, C. A.; STECH, M. R.; CARNEIRO, D. J. Silagem biológica de resíduos de peixe em dietas para alevinos de tilápia do Nilo. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias Ambiente**, Curitiba, v. 9, p. 371-377, 2011.

HONORATO, C.; FRIZZAS, G. O.; CARNEIRO, D. J. Digestibilidade da silagem de peixe com diferentes tempos de armazenamento para alimentação do pacu (*piaractus mesopotamicus*). **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 16, p. 85-95, 2012.

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 Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Químico, Universidad Central de Venezuela, Caracas-Venezuela, 2010.

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

MACHADO, T. M. **Silagem biológica de pescado: panorama da aquicultura**. [s. l.; s. n.], 2010.

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**, v. 7, p. 126-156, 2013.

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**, v. 10, n. 450, 2014.

OLIVEIRA, C. R. C.; LUDKE, M. C. M. M.; LUDKE, J. V.; LOPES, E. C.; PEREIRA, P. S.; CUNHA, G. T. G. Avaliação microbiológica da silagem biológica de resíduos de pescado das indústrias de filetagem de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 7, n. 2, p. 68-85, jul./dez. 2013.

OLIVEIRA, R. A. C. *et al.* Effect of inclusion of acid silage of fish waste on the digestibility of sheep diets. **Journal of Animal Nutrition**, v. 1, n. 2, p. 28-33, 2007.

RAMÍREZ RAMÍREZ, J. C.; IBARRA, J. I.; ROMERO, F. A.; ULLOA, P. R.; ULLOA, J. A.; SHIRAI, K. M. *et al.* Preparation of Biological Fish Silage and its Effect on the Performance and Meat Quality Characteristics of Quails (*Coturnix coturnix japonica*). **Braz. Arch. Biol. Technol.**, v. 56, p. 1002-1010, 2013.

RIBEIRO, I. A.; RIBEIRO, S. C. A.; CASTRO, J. S. O.; MEDEIROS, G. K. C. Q. Obtenção e caracterização da farinha a partir de silagem ácida do resíduo da filetagem do tambaqui cultivado. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 11, p. 2015-2304, 2015.

SÃO PAULO. (Estado). Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4ª ed. [s. l.; s. n.]: 2008. 1020p.

SILVA, L. J. M. **Isolamento e caracterização bioquímica das bactérias do ácido láctico do queijo São Jorge DOP.** [s. l.; s. n.]: 2011.

STANSBY, M. E.; OLCOTT, H. S. Composición del pescado. *In*: STANSBY, M. E. (ed.). **Tecnología de la industria pesqueira.** Zaragoza: Acribia, 1968. p. 391-402.

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

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

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: [https://www.pesca.sp.gov.br/producao\\_caracterizacao.pdf](https://www.pesca.sp.gov.br/producao_caracterizacao.pdf). Acesso em: 04 ago. 2017.