

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E**  
**TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**DISSERTAÇÃO**

**Aproveitamento de resíduos sólidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) para o desenvolvimento de produtos.**

**Damaris Alves dos Santos**

**2023**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DE ALIMENTOS**

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE TILÁPIA DO  
NILO (*OREOCHROMIS NILOTICUS*, LINNAEUS, 1758) PARA O  
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**

**DAMARIS ALVES DOS SANTOS**

*Sob a orientação da Professora*  
**Dr. Gesilene Mendonça de Oliveira**

*Co-orientação do Professor*  
**Dr. Leonardo Rocha Vidal Ramos**

Dissertação de Mestrado submetida como requisito para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Ciência de Alimentos.

Seropédica, RJ  
Setembro, 2023

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S237a Santos, Damaris Alves dos, 1995-  
Aproveitamento de resíduos sólidos de tilápia do  
Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) para o  
desenvolvimento de produtos / Damaris Alves dos  
Santos. - Seropédica, 2023.  
90 f.: il.

Orientadora: Gesilene Mendonça de Oliveira.  
Coorientador: Leonardo Rocha Vidal Ramos.  
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em  
Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2023.

1. Resíduos sólidos. 2. Processamento. 3. Silagem.  
4. Tecnologia de CMS. I. Oliveira, Gesilene Mendonça  
de, 1972-, orient. II. Ramos, Leonardo Rocha Vidal,  
1985-, coorient. III Universidade Federal Rural do  
Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciência e  
Tecnologia de Alimentos. IV. Título.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de  
Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS



TERMO Nº 1177/2023 - PPGCTA (12.28.01.00.00.00.41)

Nº do Protocolo: 23083.071439/2023-44

Seropédica-RJ, 25 de outubro de 2023.

**DAMARIS ALVES DOS SANTOS**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de Concentração em Ciência de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 29/09/2023

GESILENE MENDONCA DE OLIVEIRA, (Dra) UFRRJ (orientador)  
MATHEUS PEREIRA DOS SANTOS, (Dr) UFRRJ  
SILVIA CONCEIÇÃO REIS PEREIRA MELLO, (Dra) FIPERJ

*Documento não acessível publicamente*

*(Assinado digitalmente em 26/10/2023 21:08)*

GESILENE MENDONCA DE OLIVEIRA

CHEFE DE DEPARTAMENTO

DTA (12.28.01.00.00.00.46)

Matricula: ###337#1

*(Assinado digitalmente em 26/10/2023 13:57)*

MATHEUS PEREIRA DOS SANTOS

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

DPA (12.28.01.00.00.00.63)

Matricula: ###673#8

*(Assinado digitalmente em 26/10/2023 12:08)*

SILVIA CONCEIÇÃO REIS PEREIRA MELLO

ASSINANTE EXTERNO

CPF: ###.###.877-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **1177**, ano: **2023**, tipo: **TERMO**, data de emissão: **25/10/2023** e o código de verificação: **ac843da793**

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais **Noemi e Levi**, pelos ensinamentos e apoio incondicional a mim. Por me proporcionarem uma educação de qualidade durante toda a minha vida. E pelas palavras e atitudes de amor e leveza durante essa árdua caminhada. Amo vocês!

## AGRADECIMENTOS

A **Deus** que me permitiu chegar até aqui, a Ele dou toda a honra e glória. Sou grata por todo o seu cuidado e amor, sem o seu amparo não seria possível concluir essa etapa, em meio a tantos momentos difíceis enfrentados, jamais me desamparou. Obrigada meu Deus.

Aos meus pais amados, **Noemi** e **Levi** que me inspiram e me incentivam a cada dia a seguir em frente. E em especial, por me ajudarem durante momentos da pesquisa. Amo vocês.

A minha orientadora e professora **Prof. Dr<sup>a</sup>. Gesilene Mendonça de Oliveira** por ter aceitado ser minha orientadora e se mostrar sempre atenciosa e dedicada. Obrigada por ter colocado a “mão na massa”, pelos ensinamentos e incentivo. Durante esses anos de convivência, pude aprender como ser uma excelente profissional e uma pessoa melhor observando você.

Ao meu coorientador **Prof. Dr. Leonardo Rocha Vidal Ramos** pelo apoio nas correções, atenção e a ajuda nas análises laboratoriais bromatológicas dos produtos.

A técnica **Elizete Amorim**, que foi fundamental para realização do experimento e me orientou em como proceder no laboratório durante as análises e nunca mediu esforços para a realização da pesquisa. Obrigada por todos os seus ensinamentos, pelas palavras de apoio e motivação. Por todo o carinho, amizade e respeito que sempre demonstrou a mim.

Ao professor **Romulo Cardoso** pelo apoio em todos os momentos da pesquisa, por me ajudar em relação a diversas dúvidas, pelos ensinamentos transmitidos e pelo auxílio nas análises estatísticas.

A professora **Rosa Luchese** por ajudar com seus conhecimentos e contribuir com as análises microbiológicas e as professoras, **Cristiane Hess, Mônica Pagani, Elisa Helena Ferreira** por todos os ensinamentos e apoio concedido de forma direta e indireta na realização do experimento. Muito obrigada.

Aos técnicos **Daniel Cordeiro, Wanderson Fernando e Vinícius Silva** pela ajuda e orientação em algumas análises. Em especial a **Ivanilda Maria Augusta** que me acompanhou e me orientou durante a realização das análises físico-químicas. Ao **Roberto Melo** pelo apoio durante as análises microbiológicas.

A estagiária **Graciete Santos** e a monitora **Sophia Vidal** pela ajuda e apoio fundamental durante a preparação das formulações e análises físico-químicas, e pelos momentos de descontração.

Ao aluno **Thiago Melo, os técnicos e os alunos**, pelo apoio e a ajuda com as análises bromatológicas. Agradeço o esforço e a dedicação de todos.

Aos colegas/amigos do programa de Pós-Graduação pelos momentos de companheirismo e aprendizagem, especialmente à **Fiorella Ruiz** por cada momento compartilhado no

laboratório e pelo apoio durante as análises. Enfim, nós conseguimos!

A todos os **funcionários do PPGCTA/DTA** por contribuírem de forma direta e indireta com o desenvolvimento da pesquisa.

A **Ineagro** por contribuir com o uso do Software Statistica licenciado.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos** pela oportunidade de cursar o Mestrado.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)** pela concessão de bolsa de estudos.

A **Unidade de Produção Tilápias Mangaratiba** pela doação dos resíduos de Tilápia. Em especial a responsável técnica **Josye Franco** por jamais hesitar em me ajudar.

A **Fazenda dos Bichinhos** pela doação do soro de queijo.

A **Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**.

## RESUMO

SANTOS, Damaris Alves. **Aproveitamento de resíduos sólidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) para o desenvolvimento de produtos.** 90 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

O pescado é um alimento que se destaca pelo seu valor nutricional sendo uma das proteínas mais consumidas pelo homem. Com isso, a produção e o consumo desse alimento vêm crescendo de forma expressiva. Porém, surgem problemas relacionados à geração de resíduos sólidos na indústria que atua com o processamento do pescado congelado e em conservas, como nas unidades de beneficiamento de peixes cultivados causando graves impactos ambientais. O material residual gerado no processamento pode ser transformado em produtos com valor agregado. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi desenvolver os produtos carne mecanicamente separada para a alimentação humana e silagem de peixe para a alimentação animal, visando agregação de valor e otimização do uso dos resíduos sólidos gerados no processamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758). A CMS de tilápia foi obtida através da passagem da carcaça e das aparas na despoldadeira. E o produto foi analisado quanto a composição centesimal, que apresentou 18,13% de proteínas, 77,88% de umidade, 0,84% de cinzas, 6,58% de lipídeos, 0,22% de carboidrato e 146,60 kcal/g de valor calórico. As características físico-químicas e microbiológicas estavam de acordo com o estabelecido pela legislação vigente. Com o intuito de alcançar uma formulação ótima para o produto silagem de peixe, foi empregado o Delineamento de Misturas em 10 ensaios, cujos os componentes foram o resíduo sólido de peixe, soro de queijo e farelo de milho, utilizados em diferentes concentrações. Os resultados experimentais das variáveis respostas (pH, acidez titulável, umidade e índice de peróxido), durante 42 dias de análises, foram avaliadas pela Metodologia de Superfície de Resposta. A partir dos melhores resultados apontados pelo modelo matemático foi desenvolvida a formulação: 25% de farelo de milho, 25% de resíduo sólido e 50% de soro de queijo. A formulação foi submetida a análises físico-químicas, durante 21 dias e apresentou valores médios de umidade de 68,48%; acidez titulável de 50,83%; índice de peróxido de 6,99% e pH de 3,9. A composição centesimal do resíduo *in natura*, resíduo cozido e do soro de queijo foi avaliada e apresentou resultados satisfatórios. A composição centesimal da silagem apresentou os seguintes valores de umidade de 68,49%, 6,59% de proteína bruta, 3,16% de cinzas, 17,03% de carboidrato, 8,46% de fibra bruta, 5,42% de lipídeo e 193,98 kcal/g. Foram realizadas análises microbiológicas de *Escherichia Coli* e fungos e leveduras, apresentando os resultados de <3,0 NMP/g e <1,0x10<sup>2</sup> UFC/g, respectivamente. As características microbiológicas estavam de acordo com o estabelecido pela legislação vigente. A CMS e a silagem de tilápia do Nilo são alternativas para agregar valor aos resíduos provenientes da industrialização desta espécie, produzindo alimentos nutritivos, com valor agregado, trabalho e uma receita a mais para o empreendimento, contribuindo para a sustentabilidade da atividade através da diminuição do descarte inadequado no ambiente.

**Palavras-chave:** Processamento, Resíduos sólidos, Silagem, Tecnologia de CMS.

## ABSTRACT

SANTOS, Damaris Alves. **Use of solid waste from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) for product development.** 2023. 90 p. Dissertation (Master's Degree in Food Science and Technology). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

Fish is a food that stands out for its nutritional value being one of the most consumed proteins by man. With this, the production and consumption of this food have been growing significantly. However, problems arise related to the generation of solid waste in the industry that operates with the processing of frozen fish and canned fish, as in the processing units of farmed fish causing serious environmental impacts. The waste material generated in the processing can be transformed into value-added products. Thus, the aim of the present study was to develop mechanically separated meat products for human consumption and fish silage for animal feed, aiming at adding value and optimizing the use of solid waste generated in processing of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, LINNAEUS, 1758). The tilapia CMS was obtained through the passage of the carcass and shavings in the pulping. And the product was analyzed for the centesimal composition of 18.13% proteins, 77.88% moisture, 0.84% ashes, 6.58% lipids, 0.22% carbohydrate and 146.60 kcal/g caloric value. And the physico-chemical and microbiological characteristics were in accordance with what was established by the current legislation. In order to achieve an optimal formulation for the fish silage product, the Mixture Design was used in 10 trials, whose components were solid fish residue, whey and corn meal, used in different concentrations. The experimental results of the response variables (pH, acidity, humidity and peroxide index), during 42 days of analysis, were evaluated by the Response Surface Methodology. From the best results pointed out by the mathematical model, the formulation was developed: 25% corn bran, 25% solid residue and 50% whey. The formulation was subjected to physical-chemical analysis for 21 days and showed average moisture values of 68.48%, titratable acidity of 50.83%, peroxide value of 6.99% and pH of 3.9. The centesimal composition of in natura residue, cooked residue and whey was evaluated and presented satisfactory results. The silage centesimal composition showed the following moisture values of 68.49%, 6.59% crude protein, 3.16% ash, 17.03% carbohydrate, 8.46% crude fiber, 5.42% lipid and 193.98 kcal/g. Microbiological analyzes of *Escherichia Coli* and fungi and yeasts were performed, showing results of <3.0 MPN/g and <1.0x10<sup>2</sup> CFU/g, respectively. The microbiological characteristics were in accordance with what was established by the current legislation. CMS and Nile tilapia silage are alternatives to add value to waste arising from the industrialization of this species, producing nutritious food, with added value, work and additional revenue for the enterprise, contributing to the sustainability of the activity through the reduction of inappropriate disposal in the environment.

**Key words:** Processing, Solid waste, Silage, CMS technology.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Utilização mundial de pescado e consumo.....	4
<b>Tabela 2.</b> Geração de resíduos sólidos após o beneficiamento de peixes.....	6
<b>Tabela 3.</b> Matriz do delineamento experimental de mistura simplex-centróide para os 10 ensaios contendo os valores na forma de fração dos ingredientes usados para a formulação do ensilado de peixe.....	13
<b>Tabela 4.</b> Matriz do delineamento experimental de misturas para os simplex-centróide 10 ensaios contendo os valores reais em % dos ingredientes usados para a formulação do ensilado de peixe.....	13
<b>Tabela 5.</b> Percentual de rendimento da CMS de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	18
<b>Tabela 6.</b> Composição centesimal da Carne Mecanicamente Separada de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	19
<b>Tabela 7.</b> Valor do pH e N-BVT da CMS de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	21
<b>Tabela 8.</b> Avaliação microbiológica da CMS de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	22
<b>Tabela 9.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável pH no 0° dia.....	23
<b>Tabela 10.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável pH no dia 7° dia.....	24
<b>Tabela 11.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável pH no 14° dia.....	24
<b>Tabela 12.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável pH no 21° dia.....	25
<b>Tabela 13.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável pH no 28° dia.....	25
<b>Tabela 14.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de leite na variável pH no 35° dia.....	26
<b>Tabela 15.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável pH no 42° dia .....	26
<b>Tabela 16.</b> Valores médios de pH ensaios de silagem biológica em diferentes tempos de amostragem.....	27

<b>Tabela 17.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável acidez no 0° dia .....	29
<b>Tabela 18.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável acidez no 7° dia.....	29
<b>Tabela 19.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável acidez no 14° dia.....	30
<b>Tabela 20.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável acidez no 21° dia.....	30
<b>Tabela 21.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável resposta acidez no 28° dia.....	31
<b>Tabela 22.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável acidez no 35° dia.....	31
<b>Tabela 23.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável acidez no 42° dia.....	31
<b>Tabela 24.</b> Valores médios de acidez titulável dos ensaios de silagem biológica em diferentes tempos de amostragem.....	32
<b>Tabela 25.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável índice de peróxido no 0° dia.....	34
<b>Tabela 26.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável índice de peróxido no 7° dia.....	34
<b>Tabela 27.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável índice de peróxido no 14° dia.....	34
<b>Tabela 28.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável índice de peróxido no 21° dia.....	35
<b>Tabela 29.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável índice de peróxido no 28° dia.....	35
<b>Tabela 30.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável índice de peróxido no 35° dia.....	35
<b>Tabela 31.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável índice de peróxido no 42° dia.....	36
<b>Tabela 32.</b> Valores médios de índice de peróxido dos ensaios de silagem biológica em diferentes tempos de amostragem.....	37

<b>Tabela 33.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável umidade no 0° dia.....	38
<b>Tabela 34.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável umidade no 7° dia.....	39
<b>Tabela 35.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável umidade no 14° dia.....	39
<b>Tabela 36.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável umidade no 21° dia.....	39
<b>Tabela 37.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável umidade no 28° dia.....	40
<b>Tabela 38.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável umidade no 35° dia.....	40
<b>Tabela 39.</b> Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável umidade no 42° dia.....	41
<b>Tabela 40.</b> Valores médios de umidade dos ensaios de silagem biológica em diferentes tempos de amostragem.....	42
<b>Tabela 41.</b> Variação do teor de umidade ao longo dos 21° dias de análises.....	43
<b>Tabela 42.</b> Variação da acidez titulável ao longo dos 21° dias de análises.....	44
<b>Tabela 43.</b> Variação do pH ao longo dos 21° dias de análises.....	44
<b>Tabela 44.</b> Variação do índice de peróxido ao longo dos 21° dias de análises.....	45
<b>Tabela 45.</b> Composição centesimal do resíduo sólido de tilápia do Nilo e do soro de queijo.....	46
<b>Tabela 46.</b> Composição centesimal da silagem de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	48
<b>Tabela 47.</b> Avaliação microbiológica da silagem de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	50

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** (A) Aparas da filetagem; (B) Carcaças após a filetagem; (C) CMS; (D) CMS congelada, embalada e identificada.....11
- Figura 2.** Níveis codificados que serão usados no planejamento experimental.....14
- Figura 3.** (A) Resíduos de tilápia do Nilo no gelo; (B) Cabeças de tilápia do Nilo cortadas em pedaços menores; (C) Resíduo moído; (D) Béqueres contendo o resíduo na autoclave; (E) Componente soro de queijo; (F) Componente farelo de milho; (G) Inóculo comercial preparado; (H) Formulações nos béqueres; (I) Béqueres armazenados nos dessecadores.....15
- Figura 4.** Massa ensilada acondicionada no balde de fermentação (B) Baldes de plástico fermentadores acondicionando a massa ensilada.....16
- Figura 5.** Fluxograma operacional para a produção de silagem biológica.....16
- Figura 6.** Superfície de resposta do pH (%) no 14º dia em função da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo e da interação entre o farelo de milho e o resíduo sólido, e a interação entre o resíduo sólido e soro de queijo.....27
- Figura 7.** Superfície de resposta da acidez titulável (%) no 28º dia em função da concentração de resíduo sólido e da interação entre o farelo de milho e o resíduo sólido.....32
- Figura 8.** Superfície de resposta do índice de peróxido (%) no 42º dia em função da concentração de farelo de milho.....36
- Figura 9.** Superfície de resposta da umidade (%) no 21º dia em função da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo e da interação entre o resíduo sólido e soro de queijo.....41

## LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

CMS	Carne Mecanicamente Separada
DTA	Departamento de Tecnologia de Alimento
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
MSR	Metodologia de Superfície de Resposta
NBR	Norma Brasileira
N-BVT	Nitrogênio das Bases Voláteis Totais
OMS	Organização Mundial de Saúde
PH	Potencial hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
POA	Produtos de Origem Animal
PPGCTA	Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos
RIISPOA	Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de produtos de Origem Animal
RTIQ	Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
2.1 Objetivo geral.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
3.1 Produção de Pescado: o cenário atual .....	4
3.2 A Produção de Resíduos Sólidos de Pescado e o seu Aproveitamento .....	5
3.3 O Processo de Obtenção de Carne Mecanicamente Separada (CMS): produto para a alimentação humana.....	6
3.4 Elaboração da Silagem: processo, composição química e importância nutricional.....	8
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>10</b>
4.1 Obtenção da matéria-prima: CMS de tilápia do Nilo.....	10
4.2 Rendimento do produto CMS de tilápia do Nilo .....	11
4.3 Avaliação da composição centesimal do produto CMS de tilápia do Nilo .....	11
4.4 Avaliação física e química do produto CMS de tilápia do Nilo .....	12
4.5 Avaliação microbiológica do produto CMS de tilápia do Nilo .....	12
4.6 Obtenção da matéria-prima: silagem de tilápia do Nilo.....	12
4.7 Delineamento Experimental .....	12
4.8 Elaboração do produto silagem biológica de tilápia do Nilo.....	14
4.9 Avaliação da composição centesimal do resíduo <i>in natura</i> , cozido e do soro de queijo .....	17
4.10 Avaliação da composição centesimal do produto silagem biológica de tilápia do Nilo .....	17
4.11 Avaliação microbiológica do produto silagem biológica de tilápia do Nilo .....	17
4.12 Avaliação das variáveis respostas do produto silagem biológica de tilápia do Nilo .....	17
4.12.1 pH .....	17
4.12.2 Acidez titulável .....	17
4.12.3 Umidade.....	18
4.12.4 Índice de Peróxido.....	18
4.13 Análises estatísticas .....	18
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>18</b>
5.1 Avaliação do rendimento, composição centesimal, físico-química e microbiológica da CMS de tilápia do Nilo .....	18
5.1.1 Avaliação do rendimento.....	18
5.1.2 Avaliação da composição centesimal .....	19
5.1.3 Avaliação da qualidade físico-química .....	21
5.1.4 Avaliação microbiológica.....	22
5.2 Avaliação das variáveis respostas do produto silagem biológica de tilápia do Nilo .....	23
5.2.1 pH .....	23
5.2.2 Acidez titulável .....	29
5.2.3 Índice de peróxido.....	33
5.2.4 Umidade.....	38
5.3 Formulação proposta pelo modelo estatístico.....	43
5.4 Características sensoriais da silagem biológica de tilápia do Nilo .....	45
5.5 Avaliação da composição centesimal dos resíduos agroindustriais .....	46
5.6 Avaliação da composição centesimal e microbiológica da silagem biológica de tilápia do Nilo proposta pelo modelo estatístico.....	48

5.6.1 Avaliação da composição centesimal.....	48
5.6.2 Avaliação microbiológica.....	50
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>51</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>51</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O documento intitulado *The State of World Fisheries and Aquaculture* publicado em 2022 pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, a FAO, destaca a cadeia produtiva do pescado como uma importante atividade para assegurar a produção e o fornecimento de alimento para nutrir as gerações futuras. Em 2050 atingiremos um contingente de mais de 9,6 bilhões de pessoas no planeta, as demandas de consumo de proteínas de origem animal são maiores a cada ano em um mercado globalizado, e a aquicultura, uma grande promessa para atender a segurança alimentar (Fao, 2020; Fao, 2022).

O pescado é um alimento que se destaca pelo seu valor nutricional, principalmente pela sua composição em proteínas de alto valor biológico e a qualidade nutricional dos lipídeos que contém ácidos graxos poli-insaturados da família ômega-3 e ômega-6 e baixo valor calórico, benéficos para a saúde, sendo uma das quatro proteínas de origem animal mais consumidas no mundo e representando 17% desta ingestão pelo homem (Fao, 2020).

No período compreendido entre os anos de 1961 a 2019, a FAO registrou um aumento de 3,0% no consumo de pescado, e evidenciou que esta taxa foi duas vezes a mais que o crescimento populacional (1,6%/ano) e superior ao consumo de outros produtos de origem animal (2,1%/ano) (Fao, 2022). Para atender a essa demanda crescente por alimentos marinhos, o pescado precisa ser beneficiado ou processado, atendendo ao preconizado pela legislação que assegura a qualidade sanitária da matéria prima e do produto derivado (Fao, 2020).

Dentre os tipos de pescados beneficiados, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, LINNAEUS, 1758) se destaca, pois, a piscicultura voltada para a criação de tilápias possui importância socioeconômica. A tilapicultura é uma atividade que contribui para a redução do déficit alimentar, proporciona desenvolvimento econômico e social considerando os empregos gerados na propriedade, na extensão rural e difusão de tecnologias, na indústria de equipamentos, de insumos, e de processamento, na comercialização do produto, no abastecimento do mercado interno e gerando exportação (Bandeira; Nascimento, 2017; Conte *et al.*, 2017; Schuler; Vieira Filho, 2017).

A Fao (2020) estima que 50% do volume transformado pelas indústrias se torna resíduo sólido, e que esse percentual ainda poderá ser maior em função da espécie trabalhada. Em média, os resíduos oriundos da filetagem da tilápia representam 70% e valores que variam de 25,4% até 42%, estão relacionados ao rendimento dos filés. Porém, esse rendimento é variável, e fatores como a estrutura anatômica do corpo, espécie, sexo, peso corporal, porcentagem de resíduos, a eficiência das máquinas filetadoras, o método de filetagem e a habilidade manual do operador interferem no rendimento (Fao, 2020; Schuler; Vieira Filho, 2017).

Os resíduos sólidos constituem matéria-prima de alta qualidade, e através dos resíduos não comestíveis (vísceras, escamas, pele e esqueleto, incluindo a cabeça) é possível obter produtos que atenderão a cadeia produtiva da piscicultura (Guimarães *et al.*, 2018). Em âmbito mundial e nacional, geralmente o resíduo sólido de pescado é usado para a produção de farinha e óleo de peixe (Fao, 2020; Rodrigues *et al.*, 2023). No entanto, a farinha de peixe possui alguns fatores que impactam na sua utilização como o custo elevado para que seja adquirida uma farinha de boa qualidade e a alta variação em sua composição, comprometendo a qualidade. Durante o armazenamento do óleo de peixe, pode ocorrer o processo de peroxidação comprometendo a vida útil desse produto (Henriques *et al.*, 2020; Yoshioka *et al.*, 2020). Muitos estudos evidenciam as vantagens operacionais e econômicas da elaboração

da silagem para alimentação de animais de produção, além de apresentar um bom valor nutricional e estabilidade a temperatura ambiente (Ozogul *et al.*, 2021).

A partir dos resíduos comestíveis como o espinhaço, a carne aderida aos ossos e as aparas da filetagem, é possível obter a carne mecanicamente separada (CMS) e a partir desta polpa pode-se produzir nuggets, hambúrgueres, almôndegas, patê, salsichas, surimi, entre outros produtos de maior valor agregado, voltados para a alimentação humana, promovendo assim o destino sustentável do resíduo, sendo ecologicamente correto, economicamente viável e socialmente justo, permitindo uma geração de renda a mais aos produtores de peixes cultivados e para as indústrias que operam com grandes volumes de pescado (Furlan *et al.*, 2020; Rossetto; Signor, 2021), além de atender as prerrogativas da FAO quanto à prática da atividade de forma sustentável direcionadas para uma proposta de emissão zero de resíduos (*ZERI, Zero Emission Research Initiative*) reduzindo o impacto ambiental (Fao, 2020).

Considerando a relevância da problemática apresentada, esta pesquisa teve por objetivo o aproveitamento de resíduos sólidos do beneficiamento dos filés de tilápia do Nilo, através da aplicação da tecnologia de CMS, visando o desenvolvimento de um produto para a alimentação humana e um produto para a alimentação animal, a silagem de peixe, contribuindo para a sustentabilidade da atividade pesqueira no setor da piscicultura.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Desenvolver os produtos CMS e silagem biológica a partir de resíduos sólidos gerados durante a filetagem da tilápia do Nilo como proposta para o aproveitamento integral do pescado produzido na cadeia aquícola da tilapicultura.

### **2.2 Objetivos Específicos:**

#### **Para o produto: CMS**

- Elaborar o produto carne mecanicamente separada (CMS) a partir das aparas e espinhaço provenientes da filetagem da tilápia do Nilo;
- Avaliar o rendimento da CMS de tilápia do Nilo;
- Avaliar a qualidade nutricional e sanitária da CMS de tilápia do Nilo.

#### **Para o produto: Silagem**

- Desenvolver o produto silagem de tilápia do Nilo a partir do método biológico;
- Determinar a qualidade nutricional e sanitária da silagem biológica;
- Avaliar por metodologia de superfície de resposta a influência dos teores de resíduo sólido de tilápia, farelo de milho e soro de queijo em relação a acidez titulável, pH, umidade e índice de peróxido.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Produção de Pescado: o cenário atual

O pescado é um alimento cuja produção e consumo mundial crescem a cada ano. Para o período entre 1961 a 2019 o aumento no consumo foi de 3,0%/ano. Essa taxa foi superior ao crescimento populacional (1,6%/ano) e superior à de outros Produtos de Origem Animal (POA) (2,1%/ano) (Fao, 2022). No Brasil, nos últimos anos o consumo de peixe vem crescendo e a perspectiva para 2023 é que esse crescimento continue. Atualmente, o consumo *per capita* gira em torno de 9,5 kg/hab/ano (Peixe Br, 2023). Devido a essa demanda de consumo, uma significativa parcela de resíduos sólidos são gerados nas plantas de processamento com potencial poluidor para o meio ambiente (Bem Luiz *et al.*, 2020; Fao, 2019; Fao, 2022).

A pesca e a produção aquícola mundial no ano de 2020 registraram um volume de 177,8 milhões de toneladas, sendo que 157,4 milhões de toneladas foram destinadas ao consumo humano direto (89%), nas formas de apresentação: peixes vivos, frescos ou resfriados (44%); peixe salgado, salgado e seco, seco e defumado (16%); peixes em conservas (11%) e peixes congelados (35%), caracterizando as principais formas de processamento (Fao, 2022).

O consumo de pescado *per capita* aparente neste mesmo ano alcançou o valor de 20,2 kg/hab./ano, superando o recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) que é de 12 kg/hab./ano, sendo projetado para o ano de 2028 o aumento do consumo *per capita*, de 20,2 kg para 21,3 kg/hab./ano (Fao, 2014; Fao, 2022).

O pescado que não teve uso humano representou 20,4 milhões de toneladas, sendo destinado ao processamento de farinha e óleo de peixe para atender a diferentes mercados voltados para a alimentação de animais (Bem Luiz *et al.*, 2020; Fao, 2022; Kirchner *et al.*, 2016). A Tabela 1 apresenta dados sobre o uso da utilização do pescado e o consumo, entre os anos de 1950 a 2020, ressaltando o uso alimentar, o uso não alimentar que é direcionado para a produção de farinha e óleo de peixe, o crescimento da população e o consumo *per capita*. Os dados apresentados incluem somente o grupo dos peixes, moluscos e crustáceos.

**Tabela 1.** Utilização mundial de pescado e consumo.

Anos	Uso alimentar	Uso não alimentar*	População	Consumo <i>per capita</i>
2000	96,6 milhões t	29,339 milhões t	6,143 bilhões	15,7 kg/capita
2010	126,6 milhões t	8,289 milhões t	6,957 bilhões	18,2 kg/capita
2018	156,4 milhões t	22,152 milhões t	7,631 bilhões	20,49 kg/capita
2020	157,4 milhões t	20,4 milhões t	7,8 bilhões	20,2 kg/capita

\*Farinha e óleo de peixe. Fonte: Adaptado de Fao (2020, 2022).

No Brasil, a aquicultura possui destaque, pois é um setor de importância em relação ao fornecimento de proteína de origem animal e que auxilia na segurança alimentar da população, gerando empregos e renda (Siqueira *et al.*, 2021). No ano de 2022, a aquicultura brasileira produziu milhões de toneladas de pescado, dividida entre a produção de peixes, moluscos e camarões (Leonardo *et al.*, 2018; Peixe Br, 2023). E a tilápia do Nilo se destaca por ser uma espécie de fácil cultivo, sendo responsável por 63,93% da produção aquícola brasileira, colocando o Brasil como o quarto maior produtor mundial e a principal espécie exportada no 3º trimestre de 2021 (Peixe Br, 2022; Peixe Br, 2023).

Dentre as setenta espécies de tilápias, apenas quatro se destacam na aquicultura mundial: a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), a tilápia de Moçambique (*Oreochromis mossambicus*), a tilápia de Zanzibar (*Oreochromis urolepis hornorum*) e a tilápia azul ou

tilápia áurea (*Oreochromis aureus*). Dentre estas, a tilápia do Nilo tem maior representatividade na aquicultura brasileira. Trata-se de uma espécie africana, tropical, e de alta adaptabilidade, que vem sendo cultivada desde 2000 a.C. (Kubitza; Campos, 2006; Leonardo *et al.*, 2018).

A tilápia é considerada uma das espécies mais promissoras para a piscicultura, pelo rápido crescimento, por possuir carne de alta aceitabilidade pelo consumidor e tolerância a diversas condições de criação (Barroso *et al.*, 2017). Além de se adaptar as variadas condições ambientais, se alimentar com facilidade, possui alta taxa de crescimento, sendo resistente a doenças, se reproduz constantemente e com um pacote tecnológico avançado e definido (Honorato *et al.*, 2013; Siqueira *et al.*, 2021).

Considerando que a tilápia é a espécie mais expressiva no mercado, o principal método de beneficiamento desta espécie é o processo de filetagem, logo os filés frescos e congelados de tilápia são os produtos que apresentam importância significativa para mercado interno e exportação (Fao, 2016; Gjerde *et al.*, 2012). Representando 49% de toda a exportação de tilápia em 2022, a categoria de tilápia inteira congelada apresentou o maior volume dentre os produtos da pauta de exportações da espécie. Os filés de tilápia frescos ou refrigerados e os congelados representaram 25% e 19%, respectivamente (Peixe Br, 2023).

Durante o beneficiamento do pescado, os resíduos sólidos gerados podem ser destinados para a produção de produtos que atendem a alimentação animal ou humana. Os resíduos sólidos destinados à produção animal são compostos por escamas, vísceras, pele, nadadeiras e esqueleto, incluindo a cabeça, os quais são descartados ou utilizados na produção de farinhas, óleos de peixes, que são ingredientes que compõem a ração dos animais, compostagem de peixes ou como fertilizantes (Fao, 2019; Guimarães *et al.*, 2017).

No caso do aproveitamento do resíduo sólido para alimentação humana, usa-se o espinhaço, a carne aderida aos ossos e espinhas da carcaça após a filetagem para a produção de carne mecanicamente separada, para a comercialização da polpa na forma congelada ou para a produção de formatados e embutidos de peixes com alto valor nutricional (Costa *et al.*, 2016; Estanech *et al.*, 2020; Pires *et al.*, 2014; Pires *et al.*, 2015).

Os problemas relacionados ao processamento de pescado compreendem as questões ambientais e as aplicações menos rentáveis de resíduos sólidos, com isso, têm-se destacado a necessidade de valorizar os resíduos de pescado para o processamento e ao mesmo tempo contribuir para a prática de uma atividade mais sustentável (Idea *et al.*, 2020).

### **3.2 A Produção de Resíduos Sólidos de Pescado e o seu Aproveitamento**

É considerado resíduo todo material que não é aproveitado durante a sua produção ou consumo devido a restrições tecnológicas ou mercadológicas, que não apresenta valor de uso ou mercado, causando danos ao meio ambiente quando não manejado de forma correta (Fao, 2019).

Durante o processo de beneficiamento do pescado, os resíduos sólidos são gerados. O material residual é constituído de peixes que não se encaixam nos padrões para a industrialização, escamas, restos de carne, vísceras, cabeça, pele, nadadeiras, cauda e vértebras. Os resíduos sólidos oriundos da indústria de processamento são ricos em compostos orgânicos e inorgânicos, gerando impactos ambientais negativos quando esses resíduos são lançados no ambiente ou oferecidos *in natura* aos peixes cultivados (Feltes *et al.*, 2010).

De acordo com a Fao (2022) o resíduo sólido gerado pelas indústrias durante o beneficiamento pode representar 50% de todo volume em apenas um dia de trabalho. A

Tabela 2 é possível observar as porcentagens relacionadas à geração de resíduos, após o beneficiamento.

**Tabela 2.** Geração de resíduos sólidos após o beneficiamento de peixes.

<b>Resíduos</b>	<b>Fração em relação ao peso total do peixe</b>
Cabeças	9% a 12%
Vísceras	12% a 18%
Pele	1% a 3%
Ossos	9% a 15%
Escamas	5%

Fonte: Adaptado de Fao (2020).

A espécie de peixe utilizada, assim como, a forma de apresentação para a comercialização, irão interferir neste maior ou menor percentual de resíduo sólido gerado. Por exemplo, na filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), 70% são resíduos sólidos que serão descartados e apenas 30% é filé, a parte comestível (Bacelar; Muratori, 2020; Fao, 2020; Kubitzka; Campos, 2006). Nas indústrias de conserva de atum (*Thunnus atlanticus*), o descarte representou 65%, e o rendimento foi de 35% (Fao, 2019; Fao, 2022). Na elaboração de filé de salmão (*Salmo salar*), o rendimento foi de 55% e o descarte correspondeu a 45% (Fao, 2018). Na elaboração de patê de pescada-bicuda (*Sphyraena tome*), o rendimento foi de 55% e o descarte 45%, e para a elaboração de hambúrguer de Ubarana (*Albula vulpes*), o rendimento foi de 48% e o descarte de 52% (Estanech *et al.*, 2020; Pires *et al.*, 2015).

O aproveitamento dos resíduos sólidos de pescado é de grande importância, pois esse material residual é rico em proteína, extrativos nitrogenados não-proteicos, em ácidos graxos insaturados da série ômega-3 e minerais, caracterizando alto valor nutricional (Özyurt *et al.*, 2019). Através do reaproveitamento dos resíduos sólidos é possível o desenvolvimento de produtos direcionados para a alimentação animal, como a silagem, a farinha e o óleo de peixe.

Para a alimentação humana, a indústria alimentícia realiza o aproveitamento, da carne aderida aos ossos e espinhas da carcaça dos peixes após a filetagem viabilizando, a elaboração de um alimento com as mesmas características bromatológicas do filé que será comercializado (Furlan *et al.*, 2020). Alguns estudos mostram que os resíduos sólidos são ricos em compostos bioativos e que podem ser aproveitados e empregados pela indústria química, farmacêutica e de cosméticos gerando empregos e receita (Chambo, 2018; Santos, 2016; Ozogul *et al.*, 2021).

### **3.3 O Processo de Obtenção de Carne Mecanicamente Separada (CMS): produto para a alimentação humana**

Uma parte considerável da população brasileira possui uma alimentação com baixos níveis de proteínas de alta qualidade. Assim, o aproveitamento adequado das espécies de pescado marinho com baixo valor comercial ou descartadas e o aproveitamento do espinhaço obtido da carcaça após o processo de filetagem de espécies de peixes cultivadas, para a obtenção da polpa de peixe ou CMS, se torna uma alternativa viável para a diversificação de produtos de peixe no mercado consumidor, dando um destino nobre a estas espécies, agregando valor a matéria prima e a atividade pesqueira, as tornando sustentável (Cyrino *et al.*, 2019; Estanech *et al.*, 2020; Pinto *et al.*, 2017; Pires *et al.*, 2014).

Os produtos são importantes do ponto de vista nutricional devido ao alto valor biológico das proteínas presentes na carne do pescado; do social devido à geração de empregos e rentabilidade para os empresários do ramo que atuam nos diferentes elos da cadeia aquícola e que terão um destino certo para a sua produção e em relação às empresas que atuam na transformação da matéria prima, devido ao aproveitamento integral do pescado (Rossetto; Signor, 2021).

A carne utilizada no preparo de formatados e embutidos de pescado pode ser oriunda da CMS de tilápia ou das aparas obtidas durante o processamento, na forma de filés ou postas (Costa *et al.*, 2016; Furlan *et al.*, 2020; Guimarães *et al.*, 2017; Pinto *et al.*, 2017), assim como, já se é proposto, em muitos estudos que envolvem as espécies de pescado marinhas, de água doce, subutilizadas e as espécies acessórias (Estanech *et al.*, 2020; Pires *et al.*, 2015).

Inicialmente, é feita a etapa de limpeza que consiste na remoção das escamas, cabeça, vísceras, pele e cauda, lavagem para a remoção do sangue, restos de vísceras e escamas e outras sujidades. Em seguida é feito o corte em filé sem pele, a pesagem para efetuar cálculo de rendimento e sua higienização usando água a baixas temperaturas (Furlan *et al.*, 2020).

Após as etapas iniciais de preparo da matéria prima, a mesma segue para uma máquina separadora de carne e ossos ou despoldadeira, sendo obtido a polpa de pescado, conhecida como CMS. Em seguida, a polpa geralmente é lavada com água, e passa pelo processo de drenagem, onde é removida grande parte da água residual contida no produto, ajustando desta forma sua umidade e por fim, submetida ao congelamento rápido, que pode variar a temperatura de -30 a -40°C e o tempo de conservação de três a seis meses conforme a temperatura de estocagem (Dallabona *et al.*, 2013; Jerômio, 2018).

A CMS pode ser utilizada na elaboração de novos produtos de peixes ou à base de peixes como patê, salames, salsichas, mortadelas, almôndegas, *nuggets*, croquetes, empanados, *fishburguers*, *snack*, surimi, quibes, bolos, sopas, temperos entre outros, pois é uma excelente fonte de nutrientes com níveis adequados de proteínas, ácidos graxos essenciais, minerais e vitaminas A, D e do complexo B, essenciais para a saúde humana (Coardini *et al.*, 2019; Jerômio, 2018; Veit *et al.*, 2012).

Para a elaboração de formatados e embutidos, na polpa, são adicionados aditivos (antioxidantes e estabilizantes), temperos e condimentos necessários para a formulação da massa, como: o sal e o amido vegetal (Rossetto; Signor, 2021). A mistura deverá ser feita até obter uma massa homogênea, com liga adequada. Em seguida, a massa descansa por aproximadamente 2 a 4 horas para que ocorra a liga dos ingredientes, sob refrigeração. Em seguida a moldagem é realizada por meio de um modelador manual ou elétrico e o produto obtido é congelado (Furlan *et al.*, 2020).

Para a produção de embutidos como a linguiça de peixe, os filés poderão ser moídos ou picados em cubos de 1 cm, tomando cuidado para retirar os espinhos. A carne picada é mesclada com os demais ingredientes da formulação (sal, proteína vegetal, temperos, condimentos, aditivos). É necessário um tempo de descanso dessa massa sob refrigeração por um período de 8 horas, aproximadamente, cujo objetivo é obter a reação de cura. Em seguida será feito o embutimento da massa fria em tripa natural por meio de um embutidor manual ou hidráulico. Os gomos serão amarrados com linha específica ou anilhas de alumínio. As linguiças serão embaladas em sacos de polietileno e estocadas em freezer (Machado, 2011; Santos, 2016).

Na produção de patê utiliza-se a CMS (polpa ou pasta de pescado) acrescida de sal e na formulação entrará como ingrediente opcional gordura animal ou vegetal, proteína de origem animal ou vegetal (no máximo 3%), amido, aditivos intencionais, leite em pó, açúcares, condimentos e temperos (Estanech *et al.*, 2020). Patês não são considerados

emulsões verdadeiras, desta forma, sua qualidade estará associada a uma combinação de gordura, água, e proteínas solúveis que irão atuar como agentes emulsificantes. Após a homogeneização de todos os ingredientes a massa será acondicionada em embalagens fechadas hermeticamente para posterior tratamento térmico (pasteurização ou esterilização) (Bacelar; Muratori, 2020; Estanech *et al.*, 2020; Furlan *et al.*, 2015; Machado, 2011).

Na formulação de salsichas, os ingredientes obrigatórios para a elaboração deste produto são carne e o sal (Brasil, 2000). A quantidade de CMS não pode ultrapassar 60% na formulação. Os demais componentes como água, gordura animal ou vegetal, agentes de liga, açúcares, especiarias, amido, antioxidante, proteína animal e/ou vegetal, são opcionais (Morais, 2014; Freitas, 2020).

É importante ressaltar, que a salsicha de pescado não é claramente contemplada no Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) (Brasil, 2020), apesar de ser um embutido emulsionado e elaborado a partir de CMS de pescado, necessita de um Regulamento Técnico que defina as características de identidade e qualidade deste produto. Desta forma, Gonçalves (2011) recomenda consultar os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para os produtos convencionais mortadela, linguiça e salsicha (Brasil, 2000) no desenvolvimento de coprodutos com CMS de peixe.

Diversos estudos relacionados à produção de CMS para a elaboração de produtos de pescado foram desenvolvidos e indicam produtos viáveis e de qualidade nutricional, sensorial e sanitária. A aceitabilidade dos produtos com base em polpa de pescado tem oferecido ao mercado versatilidade e a possibilidade de variados produtos derivados (Guimarães *et al.*, 2017; Pires *et al.*, 2014; Pinto *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2020).

### **3.4 Elaboração da Silagem: processo, composição química e importância nutricional**

A silagem de pescado consiste em um produto liquefeito produzido a partir do pescado inteiro ou partes dele (Yoshioka *et al.*, 2020). O processo de produção de silagens consiste na acidificação do pH da matéria-prima (3,9 a 4,2) à temperatura ambiente de 27 °C a 30 °C, permitindo que a atividade enzimática ocorra, liquefazendo a matéria em 2 ou 3 dias, conservando a silagem por muitos meses (Henriques *et al.*, 2020).

Podem ser utilizadas três metodologias básicas na obtenção da silagem de peixes: através da adição de ácidos minerais ou orgânicos, tais como os ácidos fórmico, clorídrico, sulfúrico, obtendo-se a silagem ácida ou química; utilizando microrganismos produtores de ácido láctico juntamente com uma fonte de carboidratos, resultando na silagem biológica ou microbiana e a silagem enzimática através da adição de enzimas proteolíticas (Henriques *et al.*, 2020; Lima, 2019).

A silagem biológica de peixe, surge a partir da fermentação anaeróbica com o uso de bactérias ácido lácticas como *Lactobacillus spp.*, *Lactococcus spp.* ou leveduras dos gêneros *Hansenula* e *Saccharomyces*, favoráveis à fermentação láctica (Batalha, 2017). Tais microrganismos fazem parte de um grupo morfológicamente heterogêneo, com bacilos e cocos, que podem estar dispostos individualmente ou em cadeia, gram positivos, não esporulados, anaeróbicos facultativos, capazes de realizar a fermentação em anaerobiose e produzem como principal produto da fermentação dos açúcares, o ácido láctico e prevenindo a rancificação do material ensilado (Freire *et al.*, 2023).

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, cujo número inicial de bactérias produtoras do ácido láctico deverá estar próximo de  $2 \times 10^8$  por grama. O inóculo pode ser composto por *Lactobacillus*

*plantarum*, *Streptococcus lactis*, *Pediococcus spp.*, *Saccharomyces platensis* e outros microrganismos. Além disso, deve ser adicionada a biomassa ensilada uma fonte de carboidratos, pois o pescado possui uma pequena quantidade de carboidratos, não sendo fonte de energia suficiente para produzir uma fermentação. Podem ser utilizados como fontes de carboidratos o melaço de cana-de-açúcar, amido de milho e outras fontes de microrganismos como o iogurte vencido e soro de queijo (Amancio *et al.*, 2010; Junior; Sales, 2013; Oetterer, 1994).

Durante o processo fermentativo a produção de ácido láctico pela glicólise anaeróbica, ocorre a partir da conversão dos carboidratos. Inicialmente o amido presente é hidrolisado para malte através das enzimas alfa e beta amilases, em seguida as moléculas de malte são hidrolisadas a glicose, pela enzima maltase e a última etapa é a conversão de glicose a ácido láctico e outras substâncias como ácido acético e etanol (Oetterer, 1994; Morales Ulloa, 1994).

A presença do ácido láctico na massa ensilada reduz o pH para valores inferiores a 4,0 fazendo com que o crescimento de microrganismos dos gêneros *Staphylococcus*, *Escherichia*, *Serratia*, *Enterobacter*, *Achromobacter*, *Pseudomonas*, *Salmonella* e *Clostridium* seja inibido. Acredita-se que algumas bactérias ácido-láticas produzem compostos antibacterianos chamados bacteriocinas como o peróxido de hidrogênio e o diacetil, que inibem o crescimento de microrganismos indesejáveis (Lima, 2019; Rodrigues *et al.*, 2023).

A redução do pH permite a ação das enzimas naturalmente presentes no pescado e/ou adicionadas, geralmente, pepsinas, catepsinas e lipases. Tais enzimas são responsáveis pela hidrólise proteica (Goddard; Perret, 2005; Vidotti *et al.*, 2011). Durante o processo de degradação, as proteínas são hidrolisadas pelas pepsinas em peptídeos e aminoácidos e o nitrogênio se torna mais solúvel, enquanto os lipídeos podem ser hidrolisados à ácidos graxos livres pelas lipases (Junior; Sales, 2013; Lima, 2019).

A composição química da silagem depende de diversos fatores relacionados à espécie do pescado empregada para elaboração, como o tipo de alimentação que esse animal recebeu, a época do ano, o sexo, o grau de maturação gonadal e a composição nutricional assemelha-se ao material que lhe deu origem (Vidotti, 2001). Desta forma, a silagem poderá apresentar alto valor nutricional pela presença de proteína de elevado valor biológico, aminoácidos livres, aminoácidos essenciais, lipídeos, ácidos graxos essenciais, vitaminas, minerais, pigmentos, flavorizantes etc. (Shabani *et al.*, 2018).

A qualidade nutricional da silagem pode ser alterada de acordo com o grau de frescor da matéria-prima, condições de armazenamento e contaminação prévia à ensilagem (Morales Ulloa, 1994). De acordo com Guedes (2012), o valor nutricional da silagem se relaciona com a digestibilidade proteica elevada e pela presença de aminoácidos essenciais, porém, a hidrólise excessiva deve ser evitada para que não seja reduzido o valor nutricional. E para evitar a hidrólise excessiva, que ocorre principalmente durante a estocagem por longos períodos, as enzimas presentes no pescado podem ser inativadas pelo aquecimento da matéria-prima por 5 minutos, a 60°C, antes da elaboração da ensilagem. Outro fator importante que interfere na qualidade das silagens armazenadas em estocagem prolongada é o processo de oxidação lipídica, resultando em alterações de sabor, cor, textura e valor nutricional (Oliveira *et al.*, 2006; Oliveira *et al.*, 2013).

Nascimento *et al.* (2014) realizaram uma pesquisa objetivando avaliar as características físico-química e nutricional da silagem biológica, produzida a partir de resíduos de peixe (nadadeiras, cabeça, vísceras e escamas). Estes autores verificaram que a silagem apresentou: 29,19% de proteína bruta; 29,83% de cinzas; 23% de lipídeos e 2,50% de umidade.

Em avaliação da composição bromatológica das silagens biológicas na matéria original de tilápia do Nilo (*O. niloticus*), Natel *et al.* (2017) observaram os seguintes valores: 29,26% de proteína bruta; 5,04% de cálcio e 2,26% de fósforo. Oliveira *et al.* (2012) ao avaliarem a composição química da silagem biológica de pescado na forma úmida, obtiveram valor de 13,30% proteína bruta; 61,80% de umidade; 3,45% de lipídeos; 6,85% de cinzas; 14,60% de carboidratos e valor calórico 1.015 kcal/100g.

O processo de ensilagem possui vantagens sobre a produção de farinha de peixes, pois a tecnologia empregada é relativamente simples, independe da escala de produção e das condições climatológicas e o investimento é menor (Junior; Sales, 2013), apresentando vantagens nutricionais, pois possibilita melhorias no valor nutricional através do aumento da digestibilidade proteica e pela presença de metionina, lisina, e outros aminoácidos essenciais. A desvantagem é o fato de ser volumoso e se apresentar na forma pastosa e úmida, tendo que ser desidratado, levando a um custo adicional pelo processo de secagem (Van't Land *et al.*, 2017).

A silagem biológica pode ser utilizada na formulação de rações destinadas aos animais domésticos como aves, suínos, bovinos, peixes e ovinos. Para os animais aquáticos, a silagem deve ser utilizada em dietas extrusadas ou peletizadas. Após a bioconversão, a silagem se torna um produto de alto valor nutricional por ser fonte de proteína e de minerais, além de apresentar baixo custo (Sales, 1995; Vidotti; Gonçalves, 2006).

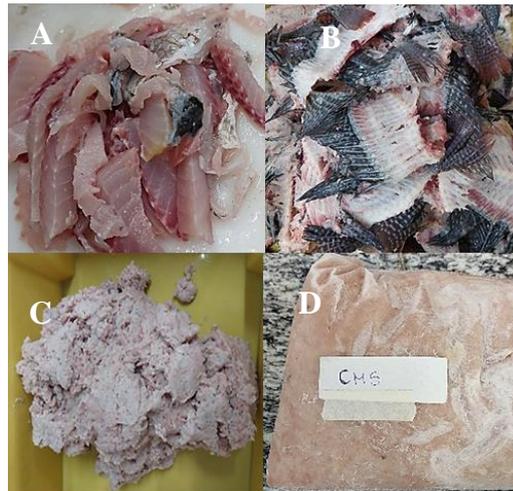
Honorato *et al.* (2014) desenvolveram a silagem biológica utilizando resíduos da filetagem de tilápia do Nilo, sendo incluída na dieta fornecida as tilápias do Nilo. Guimarães (2018) utilizou a silagem biológica de resíduos de tambaqui (*Colossoma macropomum*) na alimentação de poedeiras comerciais, analisando a digestibilidade aparente e metabolização energética. Rodrigues *et al.* (2023) avaliaram o efeito da inclusão da silagem biológica de resíduos de pescado sobre a digestibilidade de dietas para ovinos.

No campo da ciência, a produção de silagem motiva a realização de estudos voltados para os métodos de obtenção, os efeitos do processamento no valor nutricional do produto, os efeitos durante a estocagem a temperatura ambiente, os resultados para os diferentes tipos de animais de produção, assim como, para reduzir os custos de produção com rações na piscicultura (Yoshioka *et al.*, 2020).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Obtenção da Matéria-Prima: CMS de tilápia do Nilo**

A matéria-prima utilizada na elaboração da CMS foi constituída por aparas e espinhaços provenientes da filetagem da tilápia do Nilo. Após a obtenção, os resíduos passaram por uma despolpadeira mecânica modelo Mec Pescado Brasil para a separação mecânica da carne das demais estruturas como espinhas, ossos e pele e a CMS foi acondicionada em sacos plásticos de polietileno de 1 kg, com fechamento a vácuo, pela seladora a vácuo de bancada modelo CCVS 300 BB T e posteriormente levada à câmara de congelamento a -18°C como previsto em legislação (Brasil, 2000). Todo o processo de obtenção da matéria-prima foi realizado nas dependências da Unidade de Produção Tilápias de Mangaratiba, que está situada no Condomínio Aero Rural Km 48,5 da rodovia Rio Santos, no município de Mangaratiba, Rio de Janeiro, RJ. Após o período de 24h de estocagem em câmara fria, os blocos congelados de CMS de tilápia foram transportados em caixas isotérmicas para o Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), sendo acondicionadas em freezer à temperatura de -18 °C, até o momento das análises.



**Figura 1.** (A) Aparas da filetagem; (B) Carcaças após a filetagem; (C) CMS; (D) CMS congelada, embalada e identificada.

#### 4.2 Rendimento do produto CMS de tilápia do Nilo

Para determinar o percentual de rendimento da polpa em relação a carcaça, foi utilizada a fórmula descrita por Melo *et al.* (2011), conforme o cálculo abaixo:

$$RP = PP \times 100 \div PC$$

Onde, RP = rendimento da polpa; PP = peso da polpa; PC = peso da carcaça.

A limpeza e as pesagens foram realizadas na Unidade de Produção Tilápias de Mangaratiba do município de Mangaratiba-RJ.

#### 4.3 Avaliação da composição centesimal do produto CMS de tilápia do Nilo

Foram realizadas as análises de umidade, cinzas, extrato etéreo, proteínas, carboidratos e valor calórico segundo a metodologia descrita pelo Instituto Adolf Lutz (2008) e pela Instrução Normativa nº 25 de 02 de junho de 2011, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2011) que aprova os métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de pescado e seus derivados (Brasil, 2011). A umidade foi determinada pelo método gravimétrico em estufa a 105°C. O teor de cinzas através do método gravimétrico com incineração da matéria orgânica, seguida de calcinação em mufla a 550°C. O extrato etéreo foi obtido através do método *Soxhlet*. A proteína bruta pelo método Kjeldhal (para conversão em proteína foi multiplicado o valor obtido pelo fator 6,25). Para a determinação de carboidratos foi utilizada a fórmula descrita por Triki *et al.* (2013), baseada na diferença entre os componentes quantificados, conforme cálculo abaixo:

$$CHO = 100 - (U + Lip + Ptn + Cnz)$$

Onde: U = Umidade; Lip = Lipídeo; Ptn = Proteína; Cnz = Cinzas

Para a quantificação do valor calórico foi utilizada a fórmula proposta por Triki *et al.* (2013), influenciado pelo teor de lipídeos, proteínas e carboidratos, conforme se segue:

$$VL = 9,1 \times Lip + 4,1 \times Ptn + 4,1 \times CHO$$

Onde: VL = valor calórico em Kcal/g; Lip = Lipídeos; Ptn = Proteína; CHO = Carboidratos

A análise da composição centesimal foi realizada, em triplicata, no Laboratório de Nutrição Animal (LABNUTRI) do Instituto de Zootecnia, da UFRRJ.

#### **4.4 Avaliação física e química do produto CMS de tilápia do Nilo**

A avaliação da qualidade física e química da CMS foi realizada através das determinações do potencial hidrogeniônico (pH) e do nitrogênio das bases voláteis totais (N-BVT), indicadores do grau de frescor do pescado, conforme previsto no Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) (Brasil, 2020). A determinação do pH e de N-BVT seguiram a metodologia analítica do Instituto Adolfo Lutz (2008) e a Instrução Normativa nº 25 de 02 de junho de 2011, do MAPA (Brasil, 2011). As análises física e química foram realizadas, em triplicata, no Laboratório do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA), no Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), da UFRRJ.

#### **4.5 Avaliação microbiológica do produto CMS de tilápia do Nilo**

As análises microbiológicas para a CMS foram realizadas para a detecção de *Estafilococos* coagulase positiva, *Salmonella spp.* e *Escherichia coli*, de acordo com a recomendação da Resolução RDC nº 724, de 1 de julho de 2022, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação (Brasil, 2022). O procedimento das análises foi realizado de acordo com a Instrução Normativa nº161 de 1 de julho de 2022 do MAPA (Brasil, 2022). As análises microbiológicas foram realizadas, em triplicata, no Laboratório de Microbiologia da UFRRJ.

#### **4.6 Obtenção da Matéria-Prima: silagem biológica de tilápia do Nilo**

A matéria-prima utilizada na elaboração da silagem constitui-se de resíduos da filetagem de tilápia do Nilo compostos principalmente por cabeças e vísceras. Os resíduos doados pela Unidade de Produção Tilápias de Mangaratiba, estavam acondicionados em temperatura de refrigeração, por 2 dias até o momento da coleta. Os resíduos adquiridos foram acondicionados em caixas isotérmicas com a presença de gelo e seguiram para o Laboratório de Inovação em Produtos da Pesca e Ciências do Mar, no Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), sendo acondicionadas em freezer à temperatura de -18 °C, para posterior elaboração do produto.

Para o desenvolvimento da silagem foram utilizados os seguintes ingredientes: resíduo sólido moído de tilápia do Nilo, soro de queijo, farelo de milho e o inóculo comercial. As cabeças e vísceras foram moídas em moedor elétrico (PSE-10, Metalúrgica Siemens Ltda., Brusque, SC, Brasil) com disco de 5 mm de diâmetro; o soro de queijo proveniente da produção de queijo minas frescal, foi doado pela Fazenda dos Bichinhos situada no Bairro Guarajuba, município de Paracambi, Rio de Janeiro. Posteriormente, os componentes foram pesados e misturados para a elaboração da silagem.

#### **4.7 Delineamento Experimental**

No presente estudo foi utilizada a metodologia de delineamento de misturas, modelo Simplex-Centróide com axiais, totalizando 10 ensaios. Como componentes de mistura foram utilizadas a percentagem resíduo sólido de tilápia, percentagem de farelo de milho e percentagem de soro de queijo. As variáveis respostas estudadas foram: acidez titulável, pH, umidade e índice de peróxido. Tais variáveis respostas permitiram avaliar a influência dos componentes nas suas respectivas concentrações na obtenção do produto (Cornell, 2002). A relação entre os componentes considerada mais adequada à mistura diante dos resultados apresentados quanto a acidez titulável, pH, umidade e índice de peróxido foi submetida a análises de composição centesimal, física, química e microbiológica. A Tabela 3 apresenta a

matriz do delineamento experimental para os 10 ensaios com os valores na forma de fração dos ingredientes usados na formulação.

**Tabela 3.** Matriz do delineamento experimental de mistura simplex-centróide para os 10 ensaios contendo os valores na forma de fração dos ingredientes usados para a formulação do ensilado de peixe.

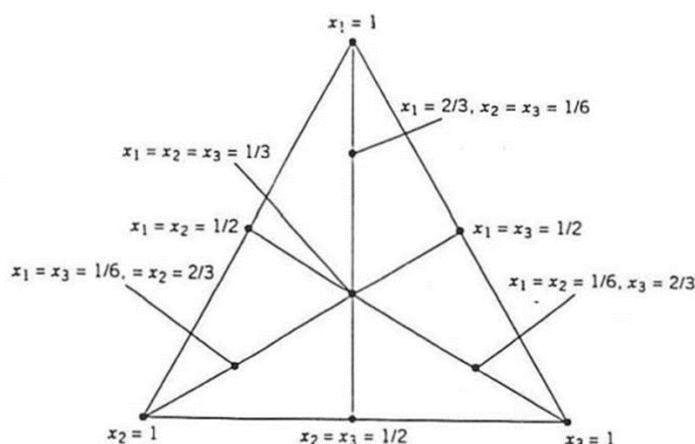
Ensaio	Farelo de milho	Resíduo sólido	Soro de queijo
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1
4	0	1/2	1/2
5	1/2	0	1/2
6	1/2	1/2	0
7	1/6	1/6	2/3
8	1/6	2/3	1/6
9	2/3	1/6	1/6
10	1/3	1/3	1/3

\*Lembrando que o valor se refere à fração do componente na mistura.

A seguir, a Tabela 4 apresenta a matriz do delineamento experimental para os 10 ensaios com os valores reais (% resíduo sólido (RS), % farelo de milho (FM) e % soro de queijo (SQ) e na Figura 2, os níveis codificados que foram utilizados no planejamento experimental.

**Tabela 4.** Matriz do delineamento experimental de misturas para os 10 ensaios contendo os valores reais em % dos ingredientes usados para a formulação do ensilado de peixe.

Ensaio	Farelo de milho	Resíduo sólido	Soro de queijo
1	100	0	0
2	0	100	0
3	0	0	100
4	0	50	50
5	50	0	50
6	50	50	0
7	17	17	67
8	17	67	17
9	67	17	17
10	33	33	33



**Figura 2.** Níveis codificados que serão usados no planejamento experimental produto (Cornell, 2002).

#### 4.8 Elaboração do Produto Silagem Biológica de tilápia do Nilo

De acordo com o delineamento experimental, foram elaborados 10 ensaios com os seguintes componentes: resíduo sólido, farelo de milho e soro de queijo. A percentagem de cada componente variava entre os 10 ensaios elaborados. Com isso, cada ensaio apresentou uma formulação única. No Laboratório de Inovação em Produtos da Pesca e Ciências do Mar, os resíduos da filetagem da tilápia do Nilo composto principalmente por vísceras e cabeças, foram descongelados sob temperatura de refrigeração por 24 horas. Após as 24 horas, os resíduos foram cortados em pedaços menores e moídos em moedor elétrico de carnes (PSE-10, Metalúrgica Siemens Ltda., Brusque, SC, Brasil) com disco de 5 mm de diâmetro e posteriormente acondicionados em béqueres que foram submetidos ao tratamento térmico de 110 °C por um período de 15 minutos na autoclave com o objetivo de reduzir a carga microbiana presente no resíduo e, posteriormente, resfriado utilizando a água em temperatura ambiente.

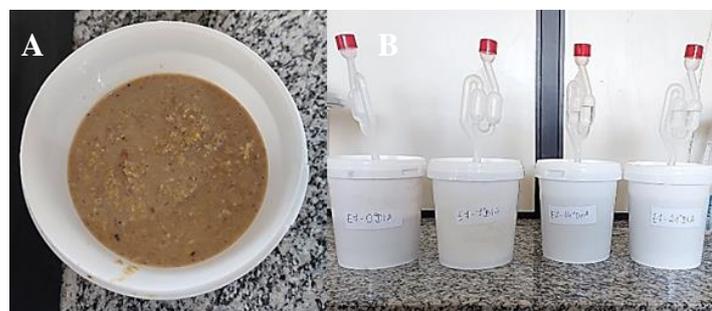
Após o tratamento térmico, o resíduo foi pesado e distribuído em béqueres de 2000 ml. Em seguida, o farelo de milho e o soro de queijo foram pesados e adicionados aos béqueres e então procedeu-se a mistura manual dos resíduos moídos com o farelo de milho (fonte de carboidrato) e o soro de queijo (fonte de microrganismos). Após a mistura, o inóculo comercial (Lactosilo Gold Liofilizado composto por celulase, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus acidilactici* e *Enterococcus faecium* na concentração de  $10^9$  UFC/g) foi pesado e dissolvido em água destilada, em seguida, sendo transferido para um balão volumétrico de 100 ml e com o auxílio de uma pipeta automática, foi pipetado em cada ensaio 500 µl do inóculo (0,5 ml), que corresponde a  $2 \times 10^3$ . O material dentro dos béqueres foi revolvido novamente até a uniformização completa de todos os componentes do ensilado de acordo com cada ensaio.

Após a mistura, 100 g de cada ensaio foram acondicionados em béqueres de 100 ml e 150 ml, sendo identificados e armazenados em dessecadores, mantendo o material em anaerobiose. A metodologia de elaboração da silagem foi adaptada de Lima *et al.* (2020), Silva *et al.* (2016), Vidotti e Gonçalves (2006). A fermentação ocorreu em temperatura ambiente monitorada (aproximadamente 30°C) por um período de 42 dias, sendo coletadas amostras a cada 7 dias, a partir do dia 0º ao final do processo. Assim, as amostras foram submetidas a análises físico-químicas de pH, acidez titulável, umidade e índice de peróxido. As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Análises físico-químicas da Pós-Graduação e as análises de pH foram feitas no Laboratório de Microbiologia. Após os 42

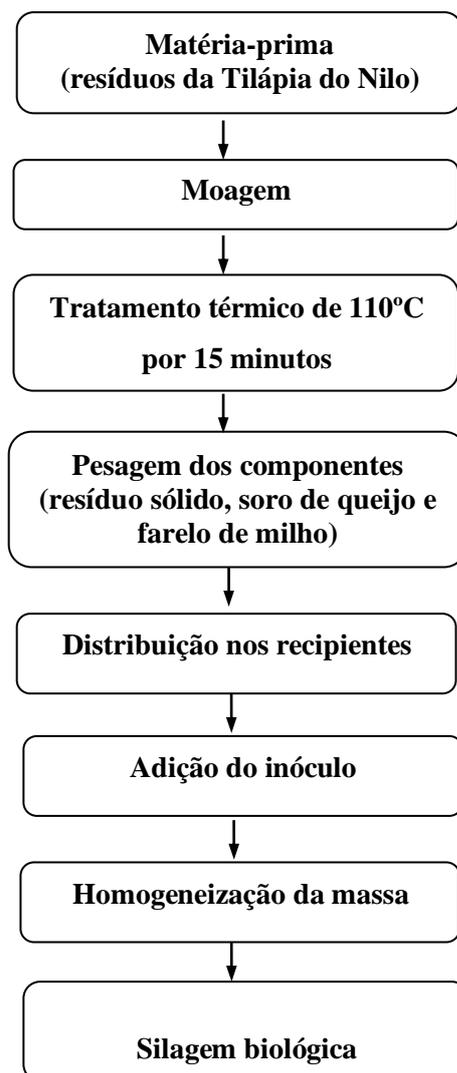
dias de análises, a partir dos resultados obtidos, a avaliação da relação de misturas, através das respostas quanto ao pH, acidez titulável, índice de peróxido e umidade foi utilizada a ferramenta de Superfície de Resposta. A partir da análise, foi possível desenvolver uma formulação proposta pelo modelo estatístico. Nesse novo momento, o material ensilado ficou acondicionado em baldes plásticos fermentadores de 1 litro, produzidos a partir de polipropileno copolímero atóxico e acoplado com airlock, a cada 7 dias, iniciando dia 0º ao 21º dia, as amostras foram coletadas e realizadas análises físico-químicas de pH, acidez titulável, umidade e índice de peróxido. No sétimo dia, a amostra de silagem biológica foi coletada sendo submetida a análises microbiológicas. Posteriormente, a amostra foi submetida ao congelamento e em seguida foram realizadas análises de composição centesimal. As amostras do resíduo *in natura*, resíduo cozido e soro de queijo, foram submetidas a análises de composição centesimal.



**Figura 3.** (A) Resíduos de tilápia do Nilo no gelo; (B) Cabeças de tilápia do Nilo cortadas em pedaços menores; (C) Resíduo moído; (D) Béqueres contendo o resíduo na autoclave; (E) Componente soro de queijo; (F) Componente farelo de milho; (G) Inóculo comercial preparado; (H) Formulações nos béqueres; (I) Béqueres armazenados nos dessecadores.



**Figura 4.** (A) Massa ensilada acondicionada no balde de fermentação; (B) Baldes de plástico fermentadores acondicionando a massa ensilada.



**Figura 5.** Fluxograma operacional para a produção de silagem biológica. Fonte: Adaptado de Lima *et al.* (2020); Silva *et al.* (2016); Vidotti e Gonçalves (2006).

#### **4.9 Avaliação da composição centesimal do resíduo sólido *in natura*, cozido e do soro de queijo**

Para a avaliação da composição centesimal foram realizadas as seguintes análises nos resíduos agroindustriais: umidade, proteína bruta, lipídeos, cinzas e carboidratos. A umidade foi determinada pelo método gravimétrico em estufa a 105°C. O teor de cinzas através do método gravimétrico com incineração da matéria orgânica, seguida de calcinação em mufla a 550°C. Os lipídeos através do método Soxhlet. A proteína bruta pelo método Kjeldhal (para conversão em proteína foi multiplicado o valor obtido pelo fator 6,25). Para a determinação de carboidratos foi utilizada a fórmula descrita por Triki *et al.* (2013), citada no Tópico 4.3 sobre avaliação da composição centesimal da CMS de tilápia do Nilo. As análises seguiram conforme o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (2017) sendo conduzidas em triplicata, no Laboratório de Nutrição Animal (LABNUTRI) do Instituto de Zootecnia da UFRRJ.

#### **4.10 Avaliação da composição centesimal do produto silagem biológica de tilápia do Nilo**

Para a avaliação da composição centesimal foram realizadas as seguintes análises no produto: umidade, proteína bruta, lipídeos, cinzas, carboidratos, fibra bruta, fósforo e valor calórico. A umidade foi determinada pelo método gravimétrico em estufa a 105°C. O teor de cinzas através do método gravimétrico com incineração da matéria orgânica, seguida de calcinação em mufla a 550°C. Os lipídeos através do método Soxhlet. A fibra através do método de detergentes por Van Soest. A proteína bruta pelo método Kjeldhal (para conversão em proteína foi multiplicado o valor obtido pelo fator 6,25). A partir da análise de cinzas, foi determinado o teor de fósforo. Para a determinação de carboidratos e do valor calórico foram utilizadas as fórmulas descritas por Triki *et al.* (2013), citada no Tópico 4.3 sobre avaliação da composição centesimal da CMS de tilápia do Nilo.

As análises seguiram conforme o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (2017) sendo conduzidas em triplicata, no Laboratório de Nutrição Animal (LABNUTRI) do Instituto de Zootecnia da UFRRJ.

#### **4.11 Avaliação microbiológica do produto silagem biológica de tilápia do Nilo**

Para a avaliação da qualidade microbiológica da silagem biológica de Tilápia do Nilo foram realizadas análises para a detecção de *Escherichia Coli* e contagem de bolores e leveduras, de acordo com a recomendação da Resolução RDC nº 724, de 1 de julho de 2022, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação (Brasil, 2022) e da Instrução Normativa nº161 de 1 de julho de 2022 do MAPA (Brasil, 2022). O procedimento das análises foi realizado com base em Silva *et al.* (1997). As análises microbiológicas foram realizadas, em triplicata, no Laboratório de Microbiologia da UFRRJ.

#### **4.12 Avaliação das variáveis respostas do produto silagem biológica de tilápia do Nilo**

As variáveis respostas avaliadas foram o pH, acidez, umidade e índice de peróxido. As análises foram realizadas nos dias 0°, 7°, 14°, 21°, 28°, 35°, 42° sendo coletadas amostras representativas do material em fermentação.

##### **4.12.1 pH**

Foi mensurado em peagâmetro de bancada, através da coleta de uma amostra de aproximadamente 5g da biomassa ensilada, diluída em 50 ml de água destilada. Esta aferição foi realizada para verificação da redução do pH e estabilização deste. Seguindo o descrito nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

##### **4.12.2 Acidez titulável**

Foi pesada uma amostra de aproximadamente 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 fenolftaleína. Seguindo o descrito nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

##### **4.12.3 Umidade**

Foi determinada pelo método gravimétrico por secagem em estufa, onde foram pesados aproximadamente 3g da amostra em cápsula de porcelana previamente tarada, e aquecidas em estufa a 105°C, seguida de resfriamento em dessecador, logo após foram

pesadas e repetidas as operações de aquecimento e resfriamento até peso constante. Seguindo o descrito nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

#### 4.12.4 Índice de peróxido

A extração do óleo das amostras foi realizada a frio, utilizando o reagente clorofórmio. Em seguida, pesou-se aproximadamente 5g de amostra em erlenmeyer de 125 ml, adicionou a solução de ácido acético e clorofórmio (3:1). Agitou-se até a dissolução da amostra. Em seguida, acrescentou 0,5 ml de solução saturada de iodeto de potássio, mantendo-se ao abrigo da luz por 1 minuto. Adicionou 30 ml de água destilada e 1 ml de amido, e titulou-se com tiosulfato de sódio 0,01N, sob agitação. Seguindo o descrito nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

#### 4.13 Análises estatísticas

Os dados obtidos sob o respectivo delineamento de Mistura, foram analisados utilizando Análise Multivariada (ANOVA) e aplicando a ferramenta gráfica de Superfície de Resposta e de Contorno. O software utilizado foi o STATISTICA® versão 14.0.0.15 (Tibco Software Inc., 1984-2020).

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.1 Avaliação do Rendimento, Composição Centesimal, Físico-Química e Microbiológica da CMS de Tilápia do Nilo

##### 5.1.1 Avaliação do rendimento

A Tabela 5 apresenta o percentual de rendimento do produto CMS de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) obtido no presente estudo.

**Tabela 5.** Percentual de rendimento da CMS de tilápia do Nilo (*O. niloticus*).

Matéria-prima	Peso da polpa (kg)	Peso da carcaça (kg) (espinhaços e aparas)	Rendimento da polpa em %
Tilápia do Nilo	5,5	9,70	56,70

Melo *et al.* (2011) em um estudo sobre o aproveitamento do resíduo a partir do beneficiamento de pescado, utilizaram as seguintes espécies: pargo (*Lutjanus purpureus*), uritinga (*Arius proops*), gurijuba (*Arius parkeri*) e pescada amarela (*Cynoscion acoupa*). O rendimento da polpa foi de 30,12% (pargo), 15,42% (uritinga), 14,10% (gurijuba) e 7,76 (pescada amarela). O aproveitamento das carcaças de peixes varia conforme espécie, formato, tamanho e forma de processamento (Rossato *et al.*, 2018).

Durante o processamento, o presente estudo apresentou um rendimento de polpa de 56,70%. Mello *et al.* (2010) avaliando o rendimento da polpa obtida da filetagem de tilápia, obteve o rendimento de 17,96% em relação ao espinhaço e de 59,68% em relação à polpa sem lavar. O valor encontrado por Mello *et al.* (2010) em relação ao rendimento da polpa sem lavar é similar ao encontrado no presente estudo.

Segundo Bernardino Filho e Xavier (2019) o rendimento de CMS de tilápia do Nilo obtido foi de 76,25%. Kirschnik (2007) na produção de CMS do espinhaço (carne aderida entre as espinhas da carcaça do peixe após retirada dos filés) de tilápia e de tilápia inteira (descabeçada e eviscerada) obteve rendimentos de 57,7% e 46,9%, respectivamente.

Grysheke *et al.* (2003) sobre a CMS de tilápia vermelha (*Oreochromis spp.*) e tilápia do Nilo (*O. niloticus*) obteve, respectivamente, rendimentos de 42,56 e 33,57% em relação ao peixe inteiro e 65,96 e 51,73%, em relação ao peixe descabeçado e eviscerado. Cabral *et al.* (2012) relataram que o rendimento da extração da CMS de tilápia foi de 37,10% em relação ao peixe inteiro.

O método de filetagem é um fator importante relacionado com o índice de rendimento. Existem muitas divergências quanto ao procedimento mais eficiente que proporcione maiores taxas de rendimento, maior facilidade operacional e menor tempo de processo, justamente por não existir um padrão de processamento estabelecido (Santos *et al.*, 2016).

Em um estudo realizado por Furlan *et al.* (2020) a partir da CMS elaborada com uma mistura de peixes marinhos, o rendimento foi de 51,31% em relação ao peso do peixe inteiro. Sendo esse resultado próximo ao encontrado por Guimarães *et al.* (2018) que obteve para o peixe pargo (*Pagrus pagrus*) e o tira-vira (*Percophis brasiliensis*) rendimentos de 57,7% e 55,2%, respectivamente. Segundo Kirschnik *et al.* (2013) o rendimento da extração da CMS de carcaças de tilápia do Nilo foi de 57,7%. Minozo (2010) obteve os seguintes percentuais em relação aos rendimentos de CMS encontrados para as espécies flaminguinha (*Paralonchurus brasiliensis*), armado (*Pterodoras granulosus*) e tilápia do Nilo (*O. niloticus*) que foram de 84,42%, 93,28% e 72,06%, respectivamente. Sá Júnior *et al.* (2020) avaliando o rendimento da carne mecanicamente separada (CMS) de saramunetes (*Pseudupeneus maculatus*) o valor encontrado foi de 53,5% de rendimento em relação ao espinhaço e de 8,2% em relação ao saramunete inteiro.

O rendimento da carne de pescado pode ser influenciado por vários fatores como a espécie, tamanho do peixe e método de filetagem utilizado para a obtenção da carne. Além disso, o rendimento final da CMS pode ser influenciado pela quantidade de músculos restantes nas sobras para a extração, o modelo da despulpadeira, o pré-tratamento empregado nas sobras antes do processamento, a regulagem e o modo de operação da despulpadeira (Bernardino Filho; Xavier, 2019; Rossato *et al.*, 2018).

### 5.1.2 Avaliação da composição centesimal

A Tabela 6 apresenta a composição centesimal da CMS elaborada com os espinhaços e aparas da toilette dos filés de Tilápia do Nilo.

**Tabela 6.** Composição centesimal da carne mecanicamente separada de tilápia do Nilo (*O. niloticus*).

Análise (g/100)	Média
Umidade (%)	77,88 ± 0,32
Cinzas (%)	0,84 ± 0,20
Lipídeos (%)	6,58 ± 0,34
Proteína (%)	18,13 ± 0,50
Carboidratos (%)	0,22 ± 0,42
VL**	146,60 ± 0,25

\*Médias ± desvio padrão; \*\*VL=Valor calórico – kcal/g

Através da avaliação da composição centesimal, ocorre a caracterização da matéria-prima possibilitando avaliar constituintes químicos, como proteínas, cinzas, lipídeos, umidade, carboidratos, entre outros. O conhecimento acerca da composição química, é de grande importância tecnológica para a elaboração dos produtos derivados e do ponto de vista

nutricional, possibilitando a adequação e balanceamento de dietas (Estanech, 2018; Silva *et al.*, 2019).

De acordo com Ogawa e Maia (1999) e Gonçalves (2011) o teor de umidade no músculo do pescado pode variar de 60 a 85 % e o presente estudo encontrou o valor médio de 77,88% de umidade da CMS de tilápia e encontrando-se na faixa relatada por estes autores. Este resultado também é similar ao relatado por Lustosa-Neto *et al.* (2016), Freitas (2020), Fogaça (2021) e Pinto (2017), relataram os seguintes valores sobre o teor de umidade da CMS de tilápia do Nilo sendo de 76%, 85,78%, 84,95%, 73,87% e 82,53%, respectivamente.

O valor encontrado para proteína foi de 18,13% e embora não exista uma legislação fixando os padrões de identidade e qualidade do produto para CMS de peixe, o teor de proteína encontrado para a CMS está de acordo com a legislação para CMS de aves, bovinos e suínos (Brasil, 2000), que estabelece proteína mínima de 12%, e de acordo com outros estudos que mostram que o teor de proteína da CMS é próximo ao teor de proteína dos filés (Gonçalves, 2011; Ogawa; Maia *et al.*, 1999; Sales, 1995; Simões *et al.*, 2007). Esse valor é superior ao encontrado por Pinto (2017), que obteve 15,49% de proteína para a CMS do espinhaço de tilápia. Costa (2017) e Mello *et al.* (2010) relataram que os valores sobre o constituinte proteína encontrados foram de 12,5% e 16,5%, respectivamente.

O teor de lipídeos encontrado no presente estudo foi de 6,58%. Comparando-se os valores lipídicos da CMS de tilápia (Tabela 6) com a legislação para CMS de aves, bovinos e suínos (Brasil, 2000), a CMS está de acordo com a mesma, visto que a legislação estabelece que o teor de gordura máxima seja de 30%.

Cabral *et al.* (2012) relataram que o teor de lipídeos foi de 4,66% para a CMS de tilápia do Nilo não lavada e sem antioxidante. Pinto (2017) relatou que a quantidade de lipídeos na CMS de espinhaço de tilápia do Nilo foi de 2,17% para a CMS 1 e 0,84% para a CMS 2. Os valores baixos obtidos no estudo de Pinto (2017) ocorrem devido ao uso da matéria-prima, que foram os espinhaços de tilápia, cuja quantidade de músculo abdominal é menor, apresentando uma baixa quantidade de lipídeos, quando comparado ao uso das aparas da filetagem utilizados no presente estudo para o desenvolvimento da CMS de tilápia, que apresentam uma quantidade de lipídeos maior.

A fração cinza é uma importante variável de qualidade, pois expressa a presença dos minerais no produto, por tanto, quanto maior o conteúdo encontrado, maior será o valor nutritivo do alimento (Silva, 2016). A presente pesquisa encontrou o valor de 0,84% de cinzas. O teor de cinzas da CMS de tilápia do Nilo segundo Bernardino Filho e Xavier (2019) foi de 1,75%. Lustosa-Neto *et al.* (2016) em estudo cujo objetivo foi desenvolver almôndegas elaboradas a partir da CMS de tilápia nilótica (*O. niloticus*) e pirarucu (*Arapaima gigas*), avaliaram o teor de cinza, que foi de 0,7% (CMS de tilápia) e 0,5% (CMS de pirarucu).

O presente estudo encontrou o valor de 0,22% do constituinte carboidrato para a CMS de tilápia. Minozzo (2010) relatou o valor de 0,48% de carboidrato para a CMS de tilápia, 0,09% para a CMS de armado (*P. granulosus*) e 0,38% para a CMS de flaminginha (*P. brasiliensis*). Signor *et al.* (2020) para a carne mecanicamente separada de tilápia encontraram o valor de 0,24% para a CMS *in natura*. Costa (2017), estudando a qualidade da CMS de pescado, relatou que os teores de carboidratos variaram de 1,19% a 1,85% durante o período de estocagem de 1 a 6 meses a -18°C. Os valores de carboidratos citados são superiores aos encontrados no presente estudo.

A CMS de tilápia do Nilo, apresentou um valor calórico de 146,60 kcal/g e segundo Mélo *et al.* (2011) a CMS não lavada de tilápia do Nilo, utilizada para a elaboração de um produto tipo mortadela, apresentou um valor calórico de 174,62 kcal/g. Minozzo (2010)

relatou os seguintes resultados relacionados aos valores calóricos da CMS de armado (78 kcal/g) e sobre a CMS de flaminguinha (77 kcal/g).

Através da avaliação da composição centesimal ocorre a caracterização da matéria-prima possibilitando avaliar constituintes químicos, como proteínas, cinzas, lipídeos, umidade, carboidratos, entre outros. No entanto, pode ocorrer a variação desses constituintes no músculo do pescado, e na CMS, que estão relacionados a fatores como alimentação, época do ano, habitat, sexo, tamanho, espécie (Gonçalves, 2011, Ogawa; Maia, 1999; Yarnpakdee *et al.*, 2014).

O conhecimento acerca da composição química da CMS, assim como, conhecer as características que fixem seu padrão de identidade e qualidade permitirá a indústria melhorar o potencial nutritivo dos produtos processados a partir da CMS (Estanech, 2018; Pinto, 2017; Silva *et al.*, 2019; Silva, 2023).

### 5.1.3 Avaliação da qualidade físico-química

A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos sobre a avaliação da qualidade físico-química da carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia do Nilo.

**Tabela 7.** Valor de pH e N-BVT da CMS de tilápia do Nilo (*O. niloticus*).

Análises	CMS*	Parâmetros da Legislação**
pH	6,74	<7,0
N-BVT	0,16	<30 mg de nitrogênio/100g

\*Valores obtidos a partir das médias. \*\* Estabelecidos por Brasil (2020).

O RIISPOA em seu artigo 211 define que pescado fresco é aquele que atende aos parâmetros físico-químicos complementares, sem prejuízo da avaliação das características sensoriais e estabelece uma faixa para valores de pH para a carne de pescado, o qual deve ser inferior a 7,0 e para a determinação do nitrogênio das bases voláteis totais (N-BVT) os quais devem ser inferiores a 30 mg de nitrogênio/100g de tecido muscular. De acordo com o artigo 211, as características físico-químicas são aplicáveis ao pescado fresco, resfriado ou congelado, no que couber. Comparando-se os resultados obtidos com os estabelecidos pelo RIISPOA, as amostras de CMS encontravam-se de acordo com o estabelecido pela legislação vigente (Brasil, 2020).

No artigo 332 do RIISPOA, define Produtos Comestíveis de Pescado como aqueles elaborados a partir de pescado inteiro ou de parte dele, aptos para o consumo humano e no artigo 338 a CMS é o produto congelado obtido de pescado, envolvendo o descabeçamento, a evisceração, a limpeza destes e a separação mecânica (despolpadeira) da carne das demais estruturas inerentes à espécie, como espinhas, ossos e pele (Brasil, 2020; Neto; Gonçalves, 2011). Porém, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (RTIQ) voltado para matérias-primas da pesca e aquicultura ainda não foi desenvolvido, como o existente para animais de abate (aves, suínos e bovinos). A criação do regulamento técnico é de grande importância para que seja atendido parâmetros relacionados as características físico-químicas e microbiológicas e a partir disso, obter produtos derivados com padrão de identidade e qualidade destinados a alimentação humana (Bacelar, 2021; Freitas, 2020).

No presente estudo, o valor de pH identificado foi de 6,74 para a CMS de tilápia do Nilo. O resultado obtido indica que as condições de frescor foram mantidas após o processamento. Em um estudo realizado por Bernardino Filho e Xavier (2019) o valor de pH encontrado para a CMS de tilápia do Nilo foi de 6,54. Enquanto Lustosa-Neto *et al.* (2016)

relatarem valores médios de pH de 6,4 e 6,3 para as CMS de tilápia nilótica e pirarucu. Bacelar (2021) obteve valores de pH que variaram de 6,0 a 6,2 para a CMS de tilápia do Nilo.

Estanech (2018) analisando a determinação do nitrogênio das bases voláteis totais (N-BVT) de duas amostras de CMS de pescada-bicuda (*S. tome*) obtidas em estações do ano diferentes, observou que CMS adquirida no inverno apresentou o valor de 10,47 mg de nitrogênio/100g, enquanto a CMS obtida na primavera apresentou o resultado de 10,87 mg de nitrogênio/100g de pescado. Furlan *et al.* (2020) investigou a qualidade físico-química da CMS de mistura de peixes da família *Scianedae*, composta pelas seguintes espécies: corvina (*Micropogonias Furnieri*), castanha-riscada (*Umbrina coroides*) e betara (*Menticirrhus americanos*) sob diferentes temperaturas de estocagem (-20 e -83°C), aos 4, 7 e 10 meses de armazenamento sob congelamento e obteve valores que variaram entre 5,94 mg de nitrogênio/100g de pescado a 8,90 mg de nitrogênio/100g de pescado durante o período de estudo. Fogaça (2021) obteve valores para CMS de tilápia in natura de 10,50 mg de nitrogênio/100g e para a CMS lavada de 1,28 mg de nitrogênio/100g.

Observa-se que o valor encontrado de N-BVT no presente estudo foi de 0,16 mg de nitrogênio/100g de pescado, indicando que os valores de N-BVT relatados nos estudos citados e da presente pesquisa estão de acordo com o que preconiza a legislação vigente. A determinação do nitrogênio das bases voláteis totais (N-BVT), é um parâmetro que indica o processo de deterioração da carne do pescado, por isso a legislação recomenda que o valor de N-BVT seja inferior a 30 mg de nitrogênio/100g, para que seja permitido o consumo da carne do pescado.

#### 5.1.4 Avaliação microbiológica

A avaliação da qualidade sanitária da matéria-prima permitiu verificar a qualidade bacteriológica da CMS, além de possibilitar avaliar as condições higiênicas sanitárias do processo de obtenção do produto (Gazal *et al.*, 2018). A Tabela 8 apresenta os resultados para as análises microbiológicas realizadas para a CMS de tilápia do Nilo.

**Tabela 8.** Avaliação microbiológica da CMS de tilápia do Nilo (*O. niloticus*).

Análises	Resultados	Parâmetros da Legislação*
<i>Salmonella spp.</i>	Ausência	Ausência em 25g
<i>Escherichia coli</i>	<3,0 NMP/g	5x10 <sup>2</sup> NMP/g
<b>Estafilococos coagulase positiva</b>	<1,0x10 <sup>2</sup> UFC/g	10 <sup>3</sup> UFC/g

\*Instrução Normativa nº161 de 1 de julho de 2022 da ANVISA (Brasil, 2022).

Os resultados obtidos indicam que a matéria-prima se encontrava de acordo com os parâmetros estabelecidos pela ANVISA, através da Instrução Normativa nº161 de 1 de julho de 2022 (Brasil, 2022), indicando que a CMS elaborada estava segura do ponto de vista microbiológico e que o processamento foi conduzido dentro dos padrões higiênico-sanitários adequados. Observou-se que através dos resultados obtidos as baixas contagens de estafilococos coagulase positiva e *Escherichia coli*, e a ausência de *Salmonella spp.*, atesta a conformidade da matéria-prima.

A *Salmonella spp.* é um microrganismo em que o seu habitat natural é o trato intestinal. A ocorrência desse patógeno em peixes está relacionada a criação e no ambiente industrial com práticas de higiene que são ineficientes e a manipulação inadequada no alimento. Por ser um microrganismo de caráter qualitativo, não pode haver a presença do mesmo no alimento. A presença de *E. coli* nos alimentos indica que ocorreu a contaminação durante o processo de elaboração do produto ou no pós-processamento. Fornecendo

informações sobre as condições sanitárias inadequadas durante o processamento, produção ou armazenamento. Dentre os estafilococos coagulase positiva, o *Staphylococcus aureus* possui grande relevância, pois causa infecções principalmente no trato gastrointestinal levando a um quadro de infecção. A detecção de *S. aureus* indica um manuseio incorreto e contaminação através de fontes de animais ou humanas (Barroncas, 2013; Gazal *et al.*, 2018; Geus; Lima, 2006; Minozzo, 2010).

Os resultados obtidos neste estudo para a CMS de tilápia do Nilo foram semelhantes ao encontrado por Pinto (2017) para a CMS de espinhaço de tilápia, sendo verificado ausência para *Salmonella spp.*, <3,0 UFC/g para coliformes a 45°C e <1,0x10<sup>2</sup> UFC/g para estafilococos coagulase positiva. Silva *et al.* (2019) avaliou qualidade microbiológica da (CMS) e derivados de pescado (*fishburguer*, *nugget* de peixe e linguiça de peixe) que apresentaram contaminação por coliformes termotolerantes e *Staphylococcus* coagulase positiva, encontrando-se em condições higiênico-sanitárias inadequadas, causando riscos à saúde pública. Estanech (2018) obteve resultados com baixas contagens de coliformes a 45°C (<3,0 NMP/g), de estafilococos coagulase positiva (<100 UFC/g) e ausência de *Salmonella spp.* para CMS de pescada-bicuda, indicando qualidade microbiológica satisfatória da matéria-prima.

## 5.2. Avaliação das variáveis respostas do produto silagem biológica de tilápia do Nilo

### 5.2.1 pH

O potencial hidrogeniônico (pH) é um parâmetro importante, que precisa ser monitorado durante todo o período em que a biomassa permanecer ensilada. Pois, para que a silagem possua um tempo maior de preservação, o pH durante o processo fermentativo precisa ser reduzido. A redução do pH em torno de 4,0 - 4,5, por conta da produção de ácido láctico pelas bactérias ácido lácticas, contribui com a inibição do crescimento de patógenos e de microrganismos indesejáveis que levam a decomposição, garantindo a qualidade da silagem durante o período experimental (Guimarães, 2018; Vasconcelos *et al.*, 2011).

As Tabelas 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 mostram os resultados do Delineamento de Misturas para a influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na resposta pH da silagem de peixe nos 42º dias de experimento e os resultados dos coeficientes de regressão e desvio padrão com 5% de significância.

**Tabela 9.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável pH no 0º dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho*	4,3190	0,217638	19,84492	0,032053
(B) Resíduo Sólido*	6,6190	0,217638	30,41291	0,020925
(C) Soro de Queijo*	4,3690	0,217638	20,07466	0,031686
AB	-4,4336	2,468164	-1,79633	0,323381
AC	8,8264	2,468164	3,57609	0,173587
BC	-10,9736	2,468164	-4,44607	0,140843

\*Fatores significativos a 95% de confiança; R<sup>2</sup>=0,98; (MQ): Modelo Quadrático.

A Tabela 9 mostra que, no dia 0º, os componentes farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo, na faixa estudada, influenciaram significativamente (p<0,05) a variável resposta pH, enquanto a interação entre os componentes não apresentou influência significativa (p>0,05). Os componentes farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo

apresentaram efeito positivo, ou seja, quanto maior a concentração dos componentes, maior será o valor do pH da ensilagem.

Abaixo, A Tabela 10 mostra que os componentes farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo, na faixa estudada, influenciaram significativamente ( $p < 0,05$ ) o pH no 7º dia. A interação entre os componentes não apresentou influência significativa ( $p < 0,05$ ). Os componentes farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo apresentaram um efeito positivo, indicando uma influência no aumento do pH em função do aumento da concentração dos componentes. Verificou-se um coeficiente de regressão ( $R^2$ ) igual a 0,99, sinalizando um ajuste satisfatório do modelo.

**Tabela 10.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável pH no dia 7º dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho*	6,0267	0,151740	39,71759	0,016025
(B) Resíduo Sólido*	6,2867	0,151740	41,43105	0,015363
(C) Soro de Queijo*	3,7367	0,151740	24,62597	0,025837
AB	-14,2682	1,720831	-8,29145	0,076461
AC	1,2718	1,720831	0,73907	0,594810
BC	0,3118	1,720831	0,18120	0,885881

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,99$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

A seguir, observou-se na Tabela 11, que os componentes farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo e a interação farelo de milho e resíduo sólido e a interação resíduo sólido e soro de queijo, na faixa estudada, tiveram influência significativa ( $p < 0,05$ ) na variável resposta pH no 14º dia.

**Tabela 11.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável pH no 14º dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho*	6,8076	0,027747	245,3470	0,002595
(B) Resíduo Sólido*	6,2876	0,027747	226,6061	0,002809
(C) Soro de Queijo*	3,3176	0,027747	119,5664	0,005324
AB*	-22,5382	0,314666	-71,6257	0,008888
AC	1,8818	0,314666	5,9804	0,105476
BC*	5,2418	0,314666	16,6583	0,038170

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,99$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

Os componentes farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo tiveram um efeito positivo, ou seja, maiores valores de pH tendem a ser obtidos com maiores concentrações dos componentes. Do mesmo modo, a interação entre os componentes resíduo sólido e soro de queijo apresentou efeito positivo, com isso, tende a aumentar o pH à medida que ocorre o aumento das concentrações e combinação entre estes componentes. A interação entre os componentes farelo de milho e resíduo sólido, apresentou efeito negativo, indicando uma influência na diminuição do pH em função do aumento da concentração de farelo de milho e resíduo sólido. Verificou-se um coeficiente de regressão ( $R^2$ ) igual a 0,99, sinalizando um ajuste satisfatório do modelo.

Nas tabelas 12 e 13 apresentam a influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável pH no 21° dia e 28 dias, respectivamente.

**Tabela 12.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável pH no 21° dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho*	5,4605	0,223708	24,40885	0,026067
(B) Resíduo Sólido*	6,4305	0,223708	28,74486	0,022138
(C) Soro de Queijo*	3,3505	0,223708	14,97691	0,042444
AB	-12,4691	2,536997	-4,91490	0,127784
AC	2,0509	2,536997	0,80840	0,567199
BC	-3,0491	2,536997	-1,20185	0,441802

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,99$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

**Tabela 13.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável pH no 28° dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho*	6,1025	0,200297	30,46731	0,020888
(B) Resíduo Sólido*	5,3225	0,200297	26,57308	0,023946
(C) Soro de Queijo*	3,6825	0,200297	18,38523	0,034593
AB	-14,3300	2,271497	-6,30861	0,100080
AC	-4,0100	2,271497	-1,76536	0,328108
BC	2,8300	2,271497	1,24587	0,430580

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,99$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

Observou-se que tanto na Tabela 12, no 21° dia, quanto na Tabela 13, no 28° dia, os componentes farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo, na faixa estudada, influenciaram significativamente ( $p<0,05$ ) a variável resposta pH e apresentaram efeito positivo, ou seja, o aumento da concentração dos componentes tende a aumentar o valor do pH. A interação entre os componentes não apresentou influência significativa ( $p<0,05$ ).

Verificou-se um coeficiente de regressão ( $R^2$ ) igual a 0,99, sinalizando um ajuste satisfatório do modelo. As Tabelas 14 e 15 a seguir mostram os resultados do Delineamento de Misturas para a influência dos componentes farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo no pH nos dias 35° e 42°, respectivamente.

**Tabela 14.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável pH no 35° dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho*	6,5326	0,428340	15,25091	0,41683
(B) Resíduo Sólido*	6,8926	0,428340	16,09136	0,039512
(C) Soro de Queijo	4,1326	0,428340	9,64789	0,065751
AB	-11,4782	4,857661	-2,36290	0,254872
AC	-2,2382	4,857661	-0,46075	0,725133
BC	-3,1982	4,857661	-0,65838	0,629333

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,97$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

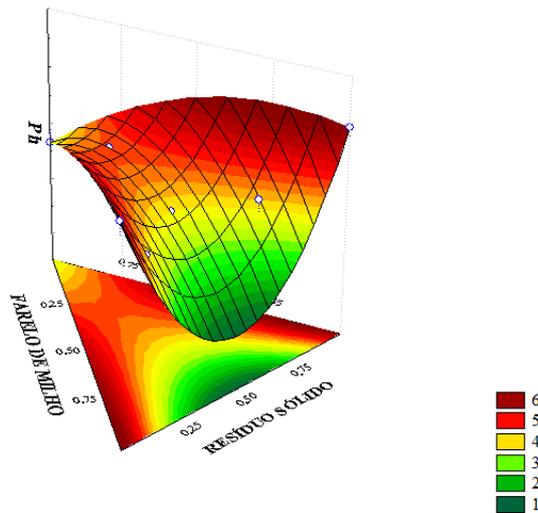
**Tabela 15.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável pH no 42º dia.

<b>Componentes</b>	<b>Efeito</b>	<b>Erro Padrão /Erro puro</b>	<b>t (4)</b>	<b>P</b>
(A) Farelo de Milho*	5,9702	0,111854	53,3752	0,011926
(B) Resíduo Sólido*	5,9502	0,111854	53,1964	0,011966
(C) Soro de Queijo*	4,5502	0,111854	40,6801	0,0015646
AB	-14,2445	1,268498	-11,2295	0,056543
AC	-1,6445	1,268498	-1,2965	0,418270
BC	-0,2045	1,268498	-0,1613	0,899221

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,99$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

A Tabela 14 indica que somente os componentes farelo de milho e resíduo sólido, na faixa estudada, apresentaram influência significativa ( $p<0,05$ ) na variável resposta pH no 35º dia. O componente soro de queijo e a interação entre os demais componentes, não foi verificado a influência significativa ( $p<0,05$ ). O farelo de milho e o resíduo sólido, apresentaram efeito positivo, deste modo, maiores concentrações de farelo e resíduo tendem a aumentar o valor do pH. Verificou-se um coeficiente de regressão ( $R^2$ ) igual a 0,97, sinalizando um ajuste satisfatório do modelo. E na Tabela 15 observou-se que os componentes farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo, na faixa estudada, influenciaram significativamente ( $p<0,05$ ) o pH no 42º dia. A interação entre os componentes não apresentou influência significativa ( $p<0,05$ ). Os componentes farelo, resíduo e soro apresentaram efeito positivo, ou seja, quanto maior a concentração desses componentes, faz com que aumente o valor da variável resposta pH. Verificou-se um coeficiente de regressão ( $R^2$ ) igual a 0,99, sinalizando um ajuste satisfatório do modelo.

A seguir, a Figura 6 apresenta o gráfico de superfície resposta para a influência do farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo sobre o pH da silagem de peixe no 14º dia. Observou-se que valores de pH mais altos são obtidos com maiores concentrações dos componentes farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo. Da mesma maneira, a resposta pH, aumenta em função do aumento das concentrações e combinações entre o resíduo sólido e soro de queijo, então, as concentrações mais baixas de pH (o desejável para adequado processo fermentativo) tendem a serem obtidos nas menores concentrações de resíduo sólido de peixe e soro de queijo. E a interação entre os componentes farelo de milho e resíduo sólido apresentou efeito negativo indicando uma tendência a diminuir a variável resposta pH em função do aumento da concentração de farelo de milho e resíduo sólido. Assim, as concentrações mais baixas de pH tendem a serem obtidos nas maiores concentrações de farelo de milho e resíduo sólido de peixe.



**Figura 6.** Superfície de resposta do pH (%) no 14º dia em função da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo e da interação entre o farelo de milho e o resíduo sólido e a interação entre o resíduo sólido e soro de queijo.

A seguir, a Tabela 16 apresenta os resultados para o percentual de pH nos diferentes ensaios, em função das concentrações de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo.

**Tabela 16.** Valores médios de pH dos ensaios de silagem biológica em diferentes tempos de amostragem.

Ensaio	pH						
	0º	7º	14º	21º	28º	35º	42º
1	6,3±0,14	6,1±0,06	6,81±0,62	5,48±0,02	6,12±0,35	6,57±0,04	5,98±0,04
2	6,6±0,14	6,3±0,03	6,29±0,5	6,45±0,06	5,34±0,15	6,93±0,12	5,96±0,32
3	4,3±0,00	3,7±0,07	3,32±0,6	3,37±0,08	3,7±0,13	4,17±0,21	4,56±0,07
4	5,4±0,32	5,3±0,12	5,57±0,16	5,77±0,11	6,0±0,03	6,43±0,06	5,48±0,04
5	4,1±0,04	4,28±0,15	4,10±0,17	3,98±0,00	4,02±0,04	4,15±0,13	4,76±0,07
6	4,8±0,03	4,48±0,02	4,40±1,76	3,9±0,05	4,04±0,00	4,1±0,09	4,61±0,02
7	4,4±0,07	4,27±0,04	4,55±0,9	3,68±0,07	3,76±0,04	3,92±0,08	4,38±0,07
8	4,4±0,04	5,25±0,4	5,30±0,5	6,01±0,07	6,10±0,12	6,53±0,08	6,60±0,03
9	4,9±0,25	4,2±0,01	3,98±0,3	3,95±0,03	3,54±0,05	4,43±0,05	3,92±0,04
10	4,2±0,07	4,06±0,01	3,78±0,2	3,76±0,01	3,47±0,02	4,31±0,02	3,79±0,05

Notação: os valores a direita da média referem-se aos respectivos desvios padrão.

Os valores de pH dos ensaios 1, 2, 4 e 8 durante os 42 dias se mantiveram elevados, acima de 4,5, com isso, a estabilidade do ensilado não foi mantida, pois a estabilidade depende da manutenção do pH abaixo de 4,5. Em relação a esses ensaios, exceto o ensaio 1, os demais ensaios em suas formulações possuíam em maior quantidade o resíduo sólido. A partir disso, durante o processo fermentativo, a concentração de ácido lático produzido pelas bactérias ácido lácticas não foi suficiente para que ocorresse a inibição do processo de decomposição, causado pelos microrganismos deteriorantes e pelas enzimas presentes, principalmente no componente resíduo de peixe, sendo esperado valores de pH elevados. Os percentuais de cada componente que compõem os ensaios estão descritos na Tabela 4.

Vidotti e Gonçalves (2006) analisando o pH de silagens biológicas elaboradas a partir de resíduos da filetagem de tilápia, compostos por cabeça, carcaça e vísceras, relataram que a silagem que utilizou soro de queijo como fonte de microrganismos, apresentou o pH de 4,88; a silagem que utilizou o EM (composto por microrganismos não modificados geneticamente),

apresentou o pH de 5,32 e a silagem que utilizou o yogurt vencido, apresentou o pH de 5,02. Valores estes próximos aos encontrados nos ensaios 1, 2, 4 e 8 do presente estudo.

Os ensaios 3, 5, 6, 7, 9 e 10 apresentaram pH em torno de 3,7 a 4,48 no sétimo dia. Nesses ensaios a quantidade de cada componente presente nas formulações, fez com que o processo fermentativo, por meio das bactérias lácticas, ocorresse a produção de ácido láctico fazendo com que o pH diminuísse, mantendo a estabilidade do ensilado. Guimarães (2018) observou que a silagem biológica de resíduos de tabaqui (*C. macropomum*) no primeiro dia, os tratamentos com 2,5, 5,0 e 7,5% de inóculo culturas puras da bactéria *Lactobacillus plantarum*, apresentaram pH de 5,95, 5,96 e 6,00 respectivamente, e os valores diminuíram para 4,58, 4,47 e 4,47 no terceiro dia de inoculação. Herrero *et al.* (2011) relatou que as formulações de silagem biológica de resíduos de carpa (*Cyprinus carpio*) em 5 dias o pH era de 5,0, chegando a 4,5 em 30 dias sob temperatura de 35°C. No presente estudo o ensilado foi mantido sob temperatura ambiente, que se manteve em torno de 29 °C durante os 42° dias de experimento.

Lima (2019) relatou que as silagens biológicas de pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) apresentaram em média pH de 4,40, 4,52 e 4,34 com temperatura média de 27,93°C, 27,71°C e 27,83°C, respectivamente. E os valores de pH das silagens de pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) foram de aproximadamente 4,41, 4,48 e 4,40 e a temperatura média de 29,65°C, 29,32°C e 29,21°, respectivamente. O mesmo pode-se verificar neste estudo, em relação aos ensaios 3, 5, 6, 7, 9 e 10, que apresentaram valores de pH menores e próximos de 4,5 durante os 35 dias, sob temperatura estável de 29°C.

A estabilidade do ensilado depende da manutenção do pH abaixo de 4,5 e a uma temperatura máxima de 30°C e mínima de 20°C, pois abaixo desse nível a hidrólise da proteína em compostos como peptídeos e aminoácidos, acontece lentamente. Além disso, a temperatura é um fator determinante para a realização do processo fermentativo, pois a mesma contribui para crescimento das bactérias lácticas, tendo a elaboração de um produto estável. O pH estável alcançando valores entre 3,5 e 4,0 e a temperatura de até 30°C durante o processo, permite manter a qualidade da silagem por mais de um ano em temperatura ambiente (Vasconcelos *et al.*, 2011; Vidotti; Gonçalves, 2006).

Borghesi (2004) analisando o pH da silagem biológica de resíduos de tilápias do Nilo, relatou os valores de 4,08; 4,34; 4,31; 4,29 e 4,30 durante os dias 3°, 5°, 10°, 14° e 21° dia, respectivamente. Nascimento *et al.* (2014) durante 30 dias verificaram os valores de pH da silagem biológica de resíduos de peixes marinhos e de água doce, e o valor final de pH de foi de 4,48. Santos *et al.* (2022) em um estudo sobre silagens biológicas de resíduos de pescado armazenadas por 30 e 90 dias em temperatura ambiente, avaliaram e constataram que o pH ficou em torno de 4,5 após 6 dias de fermentação.

Em um outro estudo Oliveira *et al.* (2013) avaliaram durante 180 dias os valores de pH da silagem biológica de resíduos da filetagem de tilápias do Nilo. Os autores relataram que o ensilado se manteve estável durante esse período de armazenamento, apresentando o pH na faixa de 3,8 e 4,0. Rodrigues *et al.* (2023) constataram que a silagem biológica de resíduos de pescado a partir do quarto dia de processo fermentativo o pH se estabilizou em torno de 4,0. Quando o pH se mantém estável, não ocorre o crescimento de microrganismos indesejáveis tais como coliformes, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella spp.*, *Clostridium spp.* que podem conduzir à putrefação da silagem, conservando a sua qualidade inicial durante meses.

### 5.2.2 Acidez titulável

O acompanhamento do parâmetro de acidez é de fundamental importância, pois através dele é possível observar o estado de deterioração de produtos que contenham lipídeos

em sua composição. Durante o processo fermentativo, as bactérias produtoras de ácido láctico promovem o abaixamento do pH e o aumento do teor de acidez do meio (Guimarães, 2018; Silva, 2016).

As Tabelas 17, 18, 19, 20, 21, 22 e 23 mostram os resultados do Delineamento de Misturas para a influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na resposta acidez da silagem de peixe nos 42º dias de experimento dos ensaios e os resultados dos coeficientes de regressão e desvio padrão com 5% de significância.

**Tabela 17.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável acidez no 0º dia.

<b>Componentes</b>	<b>Efeito</b>	<b>Erro Padrão /Erro puro</b>	<b>t (4)</b>	<b>P</b>
(A) Farelo de Milho	18,8721	9,79281	1,92714	0,126231
(B) Resíduo Sólido*	40,0712	9,79282	4,09189	0,014952
(C) Soro de Queijo	2,5812	9,79282	0,26358	0,805126
AB	-59,8572	45,13377	-1,32622	0,255425
AC	30,9228	45,13377	0,68514	0,530899
BC	9,7210	45,13377	0,21538	0,840006

\*Fatores significativos a 95% de confiança; R<sup>2</sup>=0,66; (MQ): Modelo Quadrático.

A Tabela 17 indica que somente o componente resíduo sólido, na faixa estudada, apresentou influência significativa (p<0,05) na resposta acidez no 0º dia. O componente resíduo sólido obteve um efeito linear positivo, indicando uma tendência de aumentar a acidez em função do aumento da concentração de resíduo. Os demais componentes e a interação entre eles, não apresentaram influência significativa. Verificou-se um coeficiente de regressão (R<sup>2</sup>) igual a 0,66, sinalizando um ajuste satisfatório do modelo.

Na Tabela 18 observou-se que os componentes farelo de milho, resíduo sólido, soro de queijo e a interação entre farelo de milho com o resíduo sólido e farelo de milho com o soro de queijo não influenciaram significativamente (p>0,05) a resposta acidez no 7º dia.

**Tabela 18.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável acidez no 7º dia.

<b>Componentes</b>	<b>Efeito</b>	<b>Erro Padrão /Erro puro</b>	<b>t (4)</b>	<b>P</b>
(A) Farelo de Milho	5,9703	4,94697	1,206854	0,293977
(B) Resíduo Sólido	7,4266	4,94697	1,501249	0,2007693
(C) Soro de Queijo	9,2475	4,94697	1,869335	0,134935
AB	18,9501	22,79991	0,831148	0,452624
AC	25,9919	22,79991	1,1400001	0,317913
BC*	118,5446	22,79991	5,199347	0,006519

\*Fatores significativos a 95% de confiança; R<sup>2</sup>=0,89; (MQ): Modelo Quadrático.

Observou-se que somente a interação entre os componentes resíduo sólido e soro de queijo, na faixa estudada, influenciaram significativamente (p<0,05) a variável resposta acidez no 7º dia. O efeito dessa interação foi positivo e indica que a acidez pode aumentar em função do aumento das concentrações de resíduo e soro. Verificou-se um coeficiente de regressão (R<sup>2</sup>) igual a 0,89, sinalizando um ajuste satisfatório do modelo.

Na Tabela 19 observou-se que os componentes farelo de milho, soro de queijo e a interação entre estes não apresentaram influência significativa (p>0,05) no 14º dia.

**Tabela 19.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável acidez no 14º dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho	2,3871	5,17222	0,46153	0,668400
(B) Resíduo Sólido*	73,3908	5,17222	14,18943	0,000143
(C) Soro de Queijo	8,0999	5,17222	1,56603	0,192400
AB	-56,1723	23,83804	-235642	0,77967
AC*	77,0059	23,83804	3,23038	0,031964
BC	-0,5469	23,83804	-0,02294	0,982796

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,97$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

O componente resíduo sólido e a interação entre os componentes farelo de milho e soro de queijo, na faixa estudada, apresentaram influência significativa ( $p<0,05$ ) na resposta acidez. O efeito positivo do resíduo sólido na mistura indica que as maiores concentrações deste componente na mistura tendem a aumentar a acidez, assim como, a interação do farelo de milho e do soro de queijo. Observou-se um coeficiente de regressão ( $R^2$ ) igual a 0,97, sinalizando um ajuste satisfatório do modelo.

As Tabelas 20, 21, 22 e 23 apresentam a influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável acidez nos 21º, 28, 35 e 42º dias, respectivamente.

**Tabela 20.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável acidez no 21º dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho	3,0904	8,20986	0,725715	0,725715
(B) Resíduo Sólido*	96,5004	8,20986	0,0003000	0,000300
(C) Soro de Queijo	8,9222	8,20986	0,338244	0,338244
AB	-86,0346	37,83812	0,085373	0,085373
AC	79,0090	37,83812	0,105059	0,105059
BC	-0,0110	37,83812	0,999782	0,999782

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,95$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

Na Tabela 20 somente o componente resíduo sólido, na faixa estudada, apresentou influência significativa ( $p<0,05$ ) e efeito positivo na resposta acidez aos 21º dias. O efeito positivo indica que maiores concentrações de resíduo sólido fazem com que aumente a acidez.

Verificou-se um coeficiente de regressão ( $R^2$ ) igual a 0,95, sinalizando um ajuste satisfatório do modelo.

Na Tabela 21 o mesmo efeito positivo foi observado aos 28º dias indicando que as maiores concentrações de resíduo fazem com que aumente a acidez.

**Tabela 21.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo de peixe e soro de queijo na variável acidez no 28º dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho	3,453	11,02718	0,31317	0,769803
(B) Resíduo Sólido*	121,696	11,02718	11,03601	0,000383
(C) Soro de Queijo	4,463	11,02718	0,40476	0,706365

**Tabela 21.** Continuação

AB*	-156,396	50,82276	-3,07728	0,037029
AC	82,699	50,82276	1,62720	0,179025
BC	15,864	50,82276	0,31214	0,770525

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,95$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

A interação entre os componentes farelo de milho e resíduo sólido, na faixa estudada, influenciaram significativamente ( $p<0,05$ ) a acidez no 28º dia. No entanto, o efeito desta interação entre o farelo de milho e o resíduo sólido foi negativo diminuindo a acidez em função do aumento destes componentes na mistura. Verificou-se um coeficiente de regressão ( $R^2$ ) igual a 0,95, sinalizando um ajuste satisfatório do modelo. Para os componentes farelo de milho, soro de queijo e a interação entre estes componentes não houve influência significativa ( $p>0,05$ ).

Nas Tabelas 22 e 23 é possível observar que aos 35º e 42º dias, respectivamente, somente o componente resíduo sólido, na faixa estudada, influenciou significativamente ( $p<0,05$ ) a acidez. O efeito positivo indicou que as maiores concentrações de resíduos na mistura fazem com que aumente a acidez.

**Tabela 22.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável acidez no 35º dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho	2,3943	9,46820	0,25288	0,8112826
(B) Resíduo Sólido*	103,3998	9,46820	10,92074	0,000399
(C) Soro de Queijo	8,70007	9,46820	0,91894	0,410129
AB	-92,2304	43,63766	-2,11355	0,102081
AC	95,1714	43,63766	2,18095	0,094644
BC	5,0623	43,63766	0,11601	0,913237

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,95$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

**Tabela 23.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável acidez no 42º dia.

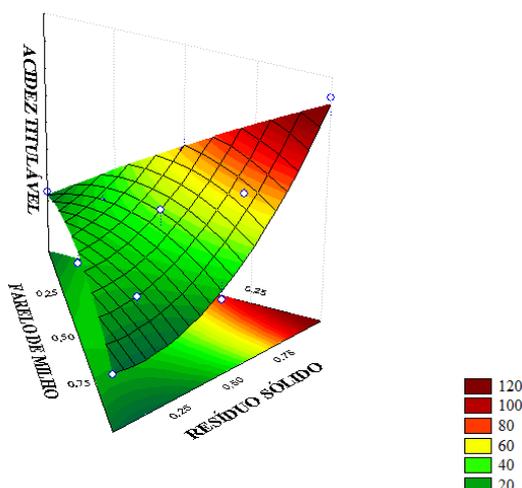
Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho	6,203	13,82961	0,44851	0,677010
(B) Resíduo Sólido*	117,796	13,82961	8,51769	0,001042
(C) Soro de Queijo	10,339	13,82961	0,74760	0,496255
AB	-121,498	63,73881	-1,90619	0,129313
AC	89,587	63,73881	1,40554	0,232574
BC	48,694	63,73881	0,76397	0,487463

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,92$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

Verificou-se um coeficiente de regressão ( $R^2$ ) igual a 0,95 e 0,92, aos 35º e 42º dias, respectivamente, sinalizando um ajuste satisfatório do modelo.

É importante destacar que aos 28º dias a relação entre o farelo de milho e o resíduo sólido na mistura do ensilado apresentou efeito negativo e somente o componente resíduo sólido apresentou efeito positivo, ambos efeitos influenciaram significativamente ( $p<0,05$ ). Na Figura 7, o gráfico de superfície de resposta demonstra que, na faixa estudada, valores mais baixos de acidez tendem a serem obtidos aumentando a concentração do farelo de milho

e do resíduo sólido. E o aumento da acidez ocorrendo somente quando se aumenta a concentração do componente resíduo sólido.



**Figura 7.** Superfície de resposta da acidez titulável (%) no 28º dia em função da concentração de resíduo sólido e da interação entre o farelo de milho e o resíduo sólido.

A seguir, a Tabela 24 apresenta os resultados para o percentual de acidez titulável ( $\text{mgNaOH.g}^{-1}$ ) nos diferentes ensaios, em função das concentrações de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo.

**Tabela 24.** Valores médios de acidez titulável dos ensaios de silagem biológica em diferentes tempos de amostragem.

Ensaio	Acidez titulável ( $\text{mgNaOH.g}^{-1}$ )						
	0º	7º	14º	21º	28º	35º	42º
1	22,93±1,00	5,37±2,75	3,14±0,31	2,86±0,22	2,5±0,35	3,59±0,37	8,97±1,18
2	8,93±3,15	9,21±0,34	9,78±3,0	10,89±2,31	11,94±2,15	12,40±1,52	20,36±3,06
3	7,64±0,24	8,05±1,53	9,46±0,53	9,76±1,51	10,45±0,25	11,63±0,24	12,16±0,23
4	9,33±1,95	10,48±3,65	11,27±0,80	11,69±3,9	14,63±3,77	15,53±2,84	17,27±3,80
5	21,23±3,1	22,23±0,63	23,72±0,53	24,12±1,10	24,70±0,25	24,90±1,31	25,9±0,57
6	12,08±0,65	15,54±1,41	19,9±2,80	24,2±3,06	25,17±0,28	26,32±2,89	26,6±4,25
7	8,59±0,46	25,67±3,62	27,47±2,04	29,67±0,07	29,8±3,28	35,81±2,90	42,29±4,09
8	8,37±3,07	9,23±0,63	10,53±2,16	12,05±0,51	16,72±2,59	18,2±2,26	20,2±4,23
9	4,94±0,41	13,94±0,12	18,8±2,5	22,79±2,82	22,80±1,89	23,75±0,88	23,80±3,50
10	27,3±1,5	28,67±3,62	37,12±1,66	47,38±0,6	52,61±0,92	53,56±1,85	68,1±3,06

Notação: os valores a direita da média referem-se aos respectivos desvios padrão.

Nos ensaios 3, 5, 6, 7, 9 e 10 observou-se que a acidez titulável aumentou entre o dia zero e o sétimo dia. O aumento da acidez no período inicial durante a elaboração da silagem de pescado com fermentação microbiana corrobora com os trabalhos de Guimarães (2018), Nascimento *et al.* (2014), Rodrigues *et al.* (2023), Vidotti (2001) e Vidotti e Gonçalves (2006) que encontraram o mesmo comportamento nos níveis da acidez. De acordo com Cândido (2016) 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 aminoácidos no meio. No presente estudo uma fonte de bactérias

láticas (composta por celulase, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus acidilactici* e *Enterococcus faecium*) a  $2 \times 10^3$  foi inoculada a mistura contendo o resíduo de peixe cozido e a uma fonte de carboidrato, o farelo de milho, promovendo nos sete primeiros dias a fermentação microbiana, e o aumento nos níveis de acidez devido a produção de ácido lático.

Durante os 42 dias de análises em relação a acidez titulável, foi possível observar no presente estudo que os ensaios 1, 2, 4 e 8, após os primeiros dias de fermentação, apresentaram valores de acidez baixos. Possivelmente, os valores de acidez se mantiveram reduzidos, pois a quantidade de inóculo utilizada não foi suficiente para promover o crescimento das bactérias ácido láticas e a produção de ácido lático durante o processo fermentativo, antes do processo de decomposição do resíduo pelas bactérias deteriorantes. A quantidade de inóculo utilizada no estudo foi de  $2 \times 10^3$ . Segundo Oetterer (1994) e Vidotti e Gonçalves (2006) o número inicial de bactérias ácido lático deve estar próximo de  $2 \times 10^8/g$  para se obter um processo fermentativo eficaz.

O ensaio 1 inicialmente apresentou acidez titulável elevada e ao longo dos 42 dias de experimento ocorreu a queda da acidez. De acordo com Carmo (2009), essa queda da acidez é devido ao aumento da hidrólise proteica que libera substâncias alcalinas ocasionando a instabilidade da capacidade tamponante das silagens. Estas substâncias alcalinas podem agir neutralizando os ácidos e consequentemente aumentando o pH da massa ensilada e reduzindo o índice de acidez.

A partir do 7º dia até o 42º dia de experimento, os ensaios 2, 4 e 8 apresentaram odor pútrido e coloração escura (marrom escuro). O odor forte, lembrando odor "amoniacoal" surge a partir do processo de decomposição do ensilado, principalmente do resíduo pelos microrganismos indesejáveis que levam a formação de compostos tóxicos e odor desagradável. No preparo do ensilado o resíduo de peixe foi moído e submetido ao tratamento térmico para inativar as enzimas endógenas (pepsinas, catepsinas e lipases) e reduzir a carga microbiana do resíduo e desta forma favorecer a fermentação lática no início.

Segundo Valério (1994) a silagem de pescado envolve sistemas que não só hidrolisam as proteínas do pescado, mas também causam a degradação dos aminoácidos e de outros metabólitos. A descarboxilação dos aminoácidos faz com que a amônia seja formada. Gilbert e Raa (1977) também discutiram a presença do odor de amônia na silagem e o atribuíram às reações de desanimação catalisadas pelas enzimas endógenas do material utilizado.

### 5.2.3 Índice de peróxido

O lipídeo presente no músculo e resíduos sólidos de pescado contém ácidos graxos que participam do óleo de pescado, são altamente insaturados sendo susceptíveis ao processo oxidativo e a determinação do índice de peróxido é um parâmetro que indica o estágio inicial da oxidação. A oxidação lipídica, leva a formação de peróxidos, que se complexam a proteínas através de ligações covalentes, com consequente destruição dos aminoácidos, diminuindo o valor nutricional da silagem (Batalha, 2017; Carmo, 2009).

A autooxidação de lipídeos em silagens de pescado envolve a peroxidação de ácidos graxos insaturados e os produtos primários da autooxidação lipídica são os hidroperóxidos (peróxidos), os quais não causam problemas de sabor e ranço. Porém, a decomposição dos hidroperóxidos em produtos secundários como hidrocarbonetos, cetonas, aldeídos e álcoois influenciam de forma significativa o valor nutritivo das silagens de pescado, pois causam a rancidez oxidativa (Sales, 2023).

As Tabelas 25, 26, 27, 28, 29, 30 e 31 mostram os resultados do Delineamento de Misturas para a influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo

na resposta ao parâmetro índice de peróxido dos ensaios e os resultados dos coeficientes de regressão e desvio padrão com 5% de significância.

**Tabela 25.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável índice de peróxido no 0º dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho	15,4539	41,4934	0,372442	0,728457
(B) Resíduo Sólido	58,9939	41,4934	1,421765	0,228154
(C) Soro de Queijo	-11,2797	41,4934	-0,271844	0,799196
AB	19,5526	191,2376	0,102243	0,923485
AC	131,4854	191,2376	0,687550	0,529529
BC	37,7654	191,2376	0,197479	0,853082

\*Fatores significativos a 95% de confiança; R<sup>2</sup>=0,32; (MQ): Modelo Quadrático.

**Tabela 26.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável índice de peróxido no 7º dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho	55,542	31,6677	1,75389	0,154313
(B) Resíduo Sólido	74,626	31,6677	2,35653	0,077957
(C) Soro de Queijo	51,565	31,6677	1,62831	0,178791
AB	-198,251	145,9519	-1,35833	0,245919
AC	15,355	145,9519	0,10520	0,921279
BC	175,043	145,9519	1,19932	0,296588

\*Fatores significativos a 95% de confiança; R<sup>2</sup>=0,53; (MQ): Modelo Quadrático.

**Tabela 27.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável índice de peróxido no 14º dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho	63,926	50,9995	1,253466	0,278302
(B) Resíduo Sólido	73,675	50,9995	1,444621	0,222071
(C) Soro de Queijo	56,317	50,9995	1,104265	0,331435
AB	-224,732	235,0498	-0,956104	0,393163
AC	122,872	235,0498	0,522748	0,628767
BC	356,046	235,0498	1,514766	0,204403

\*Fatores significativos a 95% de confiança; R<sup>2</sup>=0,52; (MQ): Modelo Quadrático.

**Tabela 28.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável índice de peróxido no 21º dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho	77,9081	54,3229	1,434165	0,224833
(B) Resíduo Sólido	44,1490	54,3229	0,812713	0,461984
(C) Soro de Queijo	85,2119	54,3229	1,568617	0,191815
AB	65,6037	250,3671	0,262030	0,806239
AC	66,9816	250,3671	0,267533	0,802287
BC	192,0554	250,3671	0,767095	0,485797

\*Fatores significativos a 95% de confiança; R<sup>2</sup>=0,21; (MQ): Modelo Quadrático.

**Tabela 29.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável índice de peróxido no 28º dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho	67,477	41,0801	1,64257	0,175818
(B) Resíduo Sólido	12,301	41,0801	0,29944	0,779515
(C) Soro de Queijo	84,994	41,0801	2,06899	0,107353
AB	179,419	189,3324	0,94764	0,396973
AC	-140,883	189,3324	-0,74411	0,498148
BC	-260,810	189,3324	-1,37753	0,240403

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,57$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

**Tabela 30.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável índice de peróxido no 35º dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho	17,7307	7,47462	2,37213	0,076643
(B) Resíduo Sólido	8,4994	7,47462	1,13710	0,318993
(C) Soro de Queijo	7,8551	7,47462	1,05090	0,352599
AB	26,7738	34,44949	0,77719	0,480447
AC	-39,9227	34,44949	-1,15888	0,310978
BC	-6,8054	34,44949	-0,19755	0,853031

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,52$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

A Tabelas 25, 26, 27, 28, 29 e 30 evidenciaram que não houve efeito significativo ( $p>0,05$ ) dos componentes farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo e das suas interações na variável índice de peróxido nos dias 0º, 7º, 14º, 21º, 28º, 35º e 42º. Isto significa que, neste experimento, o índice de peróxido não foi afetado pelas variações das concentrações, na faixa estudada, de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo. A influência da concentração dos componentes farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo. Verificou-se um coeficiente de regressão ( $R^2$ ) igual a 0,32, 0,53, 0,52, 0,21, 0,57 e 0,52, respectivamente, sinalizando um ajuste satisfatório do modelo.

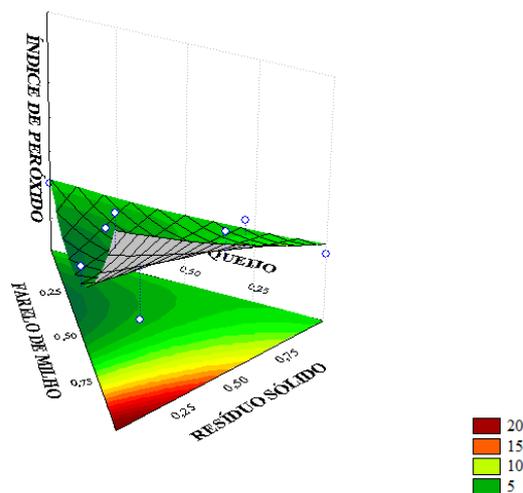
Na Tabela 31 observou-se que somente o componente farelo de milho, na faixa estudada, influenciou significativamente ( $p<0,05$ ) o índice de peróxido no 42º dia. Observou-se um coeficiente de regressão ( $R^2$ ) igual a 0,78, sinalizando um ajuste satisfatório do modelo. Os componentes resíduo sólido e farelo de milho e as interações entre os componentes, não influenciaram significativamente ( $p>0,05$ ).

**Tabela 31.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável índice de peróxido no 42º dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho*	23,1977	4,72443	4,91017	0,007975
(B) Resíduo Sólido	6,3519	4,72443	1,34448	0,249975
(C) Soro de Queijo	5,8707	4,72443	1,24263	0,281873
AB	-3,7307	21,77424	-0,17133	0,872280
AC	-46,9770	21,77424	-2,15746	0,097165
BC	-2,5967	21,77424	-0,11925	0,910824

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,78$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

O componente farelo de milho influenciou significativamente e apresentou efeito positivo, indicando que as maiores concentrações de farelo de milho levarão a um aumento do índice de peróxido. O efeito da interação entre os componentes durante os dias não foi significativo ( $p>0,05$ ), ou seja, a interação não apresentou efeito sobre o índice de peróxido. A seguir, a Figura 8 aponta que valores mais altos de índice de peróxido tendem a serem obtidos aumentando a concentração de farelo de milho. A elevação do índice de peróxido em silagens não é favorável pois irá causar a rancidez oxidativa, afetando a qualidade nutricional e a vida útil do produto durante o armazenamento (Guimarães, 2018).



**Figura 8.** Superfície de resposta do índice de peróxido (%) no 42º dia em função da concentração de farelo de milho.

A seguir, a Tabela 32 apresenta os resultados para o percentual de índice de peróxido (meq/kg) nos diferentes ensaios, em função das concentrações de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo.

**Tabela 32.** Valores médios de índice de peróxido dos ensaios de silagem biológica em diferentes tempos de amostragem.

Ensaio	Índice de Peróxido (meq/kg)						
	0°	7°	14°	21°	28°	35°	42°
1	3,9±0,20	3,90±1,29	80,29±0,00	89,10±0,00	76,06±0,00	20,40±0,00	25,5±0,00
2	67,39±5,32	67,89±0,0	50,00±1,05	46,09±1,1	3,66±0,22	4,85±0,00	4,85±0,00
3	2,43±0,29	2,43±3,28	68,35±4,51	67,86±3,2	77,61±2,51	7,52±0,18	5,16±0,14
4	22,34±4,06	22,34±2,80	143,06±3,06	138,98±4,33	4,93±0,91	4,19±1,46	4,19±1,46
5	4,05±0,28	4,05±0,88	119,93±2,35	133,84±4,98	79,71±3,97	6,85±0,09	5,32±0,13
6	5,89±1,57	5,89±0,86	6,00±0,58	132,2±0,44	122,19±2,2	20,53±1,6	15,59±0,16
7	5,62±2,01	5,62±2,13	65,91±3,09	122,31±1,17	22,36±3,78	5,76±0,87	4,30±0,40
8	47,37±2,06	47,37±2,35	152,76±0,0	43,78±4,44	16,48±1,74	21,58±3,65	10,52±0,64
9	93,26±3,08	93,26±0,36	8,34±0,55	22,49±1,53	2,41±0,62	4,47±0,63	3,82±0,00
10	73,69±1,66	73,69±4,52	107,06±1,97	92,53±0,45	7,95±0,57	5,24±1,63	6,20±3,37

Notação: os valores a direita da média referem-se aos respectivos desvios padrão.

Os ensaios 2, 4, 8, 9 e 10 iniciaram apresentando valores de índice de peróxido elevados e a partir do 28º dia os valores diminuíram. Durante o processo de oxidação lipídica, ocorre a formação dos peróxidos que inicialmente fazem com que o parâmetro índice de peróxido seja elevado, por causa da oxidação intensa. Lundberg e Jarvi (1968) e Labuza

(1971) observaram valores de peróxido elevados entre 16,80 meq O<sub>2</sub>/kg e 25,6 meq O<sub>2</sub>/kg no 1º dia de armazenamento em silagens biológicas de pescado. Fato este semelhante ao relato no presente estudo.

Vidotti e Gonçalves (2006) avaliando o índice de peróxido da silagem de peixe elaborada pelo método biológico, o valor encontrado foi de 0,8 meq/kg após 40 dias da produção da silagem fermentada. No entanto, cabe ressaltar que na formulação do ensilado proposto por esses autores foi utilizado um antioxidante. No presente estudo não foi adicionado antioxidante na mistura dos diferentes ensaios, ocorrendo o processo de oxidação inicialmente nos ensaios 2, 4, 8, 9 e 10 e entre o 14º e 21º dia nos ensaios 1, 3, 5, 6 e 7. Apesar de, vários autores relatarem que o emprego de antioxidantes na formulação de ensilados de peixes minimiza autooxidação lipídica mantendo o valor nutritivo do produto por um período prolongado de 6 meses (Araújo, 2004; Carmo, 2009; Junior; Sales, 2013; Ramalho e Jorge, 2006), no presente estudo, optou-se pelo não uso desse conservante para poder reduzir os custos com a produção do ensilado e propor o desenvolvimento deste produto pelos estabelecimentos que estão beneficiando a Tilápia do Nilo na forma de filés.

Os ensaios 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 e 10 a partir do 35º dia de análise, apresentaram uma queda nos valores de índice de peróxido. A decomposição dos peróxidos em produtos secundários fez com que os percentuais de índice de peróxido diminuíssem até atingir uma decomposição constante. Segundo Sales (1995) na silagem de peixe, a autooxidação de peróxidos decresce linearmente e significativamente até atingir uma decomposição regular e constante, tendendo a uma estabilidade.

Sales (1995) durante 180 dias de armazenamento de silagem elaborada com resíduos de pescado pelo método biológico, constatou que, os valores do índice de peróxido na silagem decresceram de 25,22 meq/kg até 5,40 meq/kg. Resultados obtidos por Green (1984), confirmam que os valores de peróxidos diminuem com o tempo de armazenagem de 16,3 meq O<sub>2</sub>/kg de óleo no 1º dia a um nível estável de aproximadamente 5,3 meq O<sub>2</sub>/kg de óleo dos 40º dias a 111º dia de armazenagem.

Outro fator que pode ser atribuído ao decréscimo do índice de peróxido está relacionado com o inóculo adicionado durante a elaboração do ensilado. O inóculo comercial Lactosilo Gold Liofilizado possui em sua composição a presença de diversas espécies do gênero *Lactobacillus* e uma espécie do gênero *Enterococcus* que são: *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus buchmeri*, *Lactobacillus acidilactici* e uma espécie do gênero *Enterococcus*, o *Enterococcus faecium*. As culturas puras de bactérias lácticas ou em associação com outras espécies bacterianas, possuem propriedades antioxidantes. Durante o processo de fermentação, a partir do metabolismo, as bactérias formam além de ácidos orgânicos, diversos compostos bioativos com atividade antioxidante que possuem a finalidade de inibir o processo de rancificação e manter a qualidade nutricional (Antunes, 2017; Ferreira, 2021). Assim como as bactérias do gênero *Lactobacillus*, o *Enterococcus faecium* que pertence ao gênero *Enterococcus* possui atividade antioxidante (Ge *et al.*, 2021). Ferreira (2021) em um estudo sobre a atividade antioxidante do leite fermentado por *Enterococcus faecium* durante o período de 28 dias de armazenagem, constatou a presença de atividade antioxidante. Düz *et al.* (2020) observaram atividade antioxidante do *L. plantarum* em suco turco fermentado. Ge *et al.* (2021) em um estudo sobre a capacidade antioxidante do *Lactobacillus plantarum* em um modelo de envelhecimento animal, utilizando camundongos, os resultados mostraram que o *L. plantarum* apresentou capacidade antioxidante. Shokryazdan *et al.* (2018) avaliaram duas cepas de *Lactobacillus* previamente isoladas da silagem de amora e constataram atividade antioxidante e efeitos antiproliferativos contra células cancerígenas.

As espécies do gênero *Lactobacillus* e do gênero *Enterococcus* relatadas nos estudos e que foram identificadas propriedades antioxidantes, são as mesmas bactérias que compõem o inóculo comercial utilizado para a elaboração da silagem biológica no presente estudo. Possivelmente a partir dos 21 dias houve a produção de compostos antioxidantes a partir das bactérias ácido lácticas, diminuindo o índice de peróxido durante o período final. Porém, é necessário a realização de estudos voltados para a produção de compostos antioxidantes por bactérias ácido lácticas no produto desenvolvido.

#### 5.2.4 Umidade

O teor de umidade está relacionado com a taxa de liquefação na massa ensilada, o tipo de resíduo utilizado, atividade enzimática, frescor, estado fisiológico do peixe, as características do inóculo bacteriano. Sendo assim, a umidade da silagem de pescado é variável. A obtenção de silagem com teor baixo de umidade é importante para a formulação de rações, visando melhor estabilidade microbiológica do material (Guimarães *et al.*, 2020; Jatobá; Oliveira Filho, 2017).

As Tabelas 33, 34 e 35 mostram os resultados do Delineamento de Misturas para a influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na resposta umidade dos ensaios e os resultados dos coeficientes de regressão e desvio padrão com 5% de significância.

**Tabela 33.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável umidade no 0º dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho*	14,0198	2,52735	5,54722	0,005166
(B) Resíduo Sólido*	59,8827	2,52735	23,69387	0,000019
(C) Soro de Queijo*	94,9946	2,52735	37,58666	0,000003
AB	6,1722	11,64820	0,52988	0,6224241
AC	-20,4640	11,64820	-1,75684	0,153783
BC	5,4178	11,64820	0,46512	0,666038

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,99$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

**Tabela 34.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável umidade no 7º dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho*	34,1711	6,57436	5,19763	0,006527
(B) Resíduo Sólido*	62,5217	6,57436	9,50992	0,000682
(C) Soro de Queijo*	58,6752	6,57436	8,92485	0,000871
AB	-38,9411	30,30035	-1,28517	0,268099
AC	72,2340	30,30035	2,38393	0,075665
BC	61,3031	30,30035	2,02318	0,113087

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,89$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

**Tabela 35.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável umidade no 14º dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho*	17,1459	3,67086	4,67082	0,09513

**Tabela 35.** Continuação

(B) Resíduo Sólido*	64,9728	3,67086	17,69963	0,000060
(C) Soro de Queijo*	94,5270	3,67086	25,75066	0,000014
AB	0,2104	16,91848	0,01243	0,990674
AC	-6,4693	16,91848	-0,38238	0,721629
BC	-16,6354	16,91848	0,381144	0,381144

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,98$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

Os componentes farelo, resíduo e soro apresentaram efeito significativo ( $p<0,05$ ) e positivo, nos dias 0°, 7° e 14° dias, ou seja, quanto maior a concentração desses componentes, maior será o teor de umidade. Verificou-se um coeficiente de regressão ( $R^2$ ) igual a 0,99, 0,89 e 0,98, nos dias 0°, 14° e 21°, sinalizando um ajuste satisfatório do modelo.

A Tabela 36 mostra que os componentes farelo de milho, resíduo sólido, soro de queijo e a interação entre os componentes resíduo sólido e soro de queijo, na faixa estudada, apresentaram influência significativa ( $p<0,05$ ) no teor de umidade no 21° dia.

**Tabela 36.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável umidade no 21° dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho*	12,6849	3,09988	4,09206	0,014950
(B) Resíduo Sólido*	66,4371	3,09988	21,43213	0,000028
(C) Soro de Queijo*	95,7613	3,09988	30,89191	0,000007
AB	2,9266	14,28694	0,20485	0,847693
AC	30,2670	14,28694	2,11851	0,101512
BC*	-44,3686	14,28694	-3,10554	0,036027

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,99$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

O farelo de milho, resíduo sólido e o soro de queijo apresentaram efeito positivo, ou seja, o teor de umidade aumenta, a partir do aumento das concentrações de farelo, resíduo e soro. A interação entre o resíduo e o soro apresentou efeito negativo, com isso, o teor de umidade aumenta a partir do aumento das concentrações da interação entre o resíduo sólido e o soro de queijo. Observou-se um coeficiente de regressão ( $R^2$ ) igual a 0,99, sinalizando um ajuste satisfatório do modelo. A Tabela 37 mostra a influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável resposta umidade no 28° dia.

**Tabela 37.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável umidade no 28° dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho*	14,5587	4,22122	3,44892	0,026080
(B) Resíduo Sólido*	67,7727	4,22122	16,05522	0,000088
(C) Soro de Queijo*	94,3493	4,22122	22,35117	0,000024
AB	-6,4961	19,45505	-0,33390	0,755225
AC	30,8332	19,45505	1,58484	0,188180
BC	-39,7868	19,45505	-2,04506	0,110307

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,98$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

Os componentes farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo, na faixa estudada, influenciaram significativamente ( $p < 0,05$ ) o teor de umidade. A interação entre os componentes, não apresentou influência significativa ( $p > 0,05$ ). O farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo apresentaram efeito positivo, indicando que o aumento das concentrações de farelo, resíduo e soro faz com que o teor de umidade aumente. Verificou-se um coeficiente de regressão ( $R^2$ ) igual a 0,98, sinalizando um ajuste satisfatório do modelo.

A Tabela 38 mostra que somente os componentes sólidos e soro de queijo, dentro da faixa estudada, influenciaram significativamente ( $p < 0,05$ ) a variável resposta umidade no 35º dia.

**Tabela 38.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável umidade no 35º dia.

Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho	15,1706	6,14385	2,46924	0,069003
(B) Resíduo Sólido*	67,3569	6,14384	10,96330	0,000393
(C) Soro de Queijo*	93,3218	6,14385	15,18947	0,000110
AB	-8,0516	28,31618	-0,28435	0,790257
AC	27,1782	28,31618	0,95981	0,391503
BC	-28,6333	28,31618	-1,01120	0,369120

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,96$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

O componente farelo de milho e a interação dos componentes não apresentaram influência significativa ( $p > 0,05$ ). O resíduo sólido e o soro de queijo apresentaram efeito positivo indicando que o teor de umidade tende a aumentar em função do aumento da concentração de resíduo sólido e soro de queijo. Verificou-se um coeficiente de regressão ( $R^2$ ) igual a 0,96, sinalizando um ajuste satisfatório do modelo.

A Tabela 39 mostra que somente os componentes resíduo sólido e soro de queijo, na faixa estudada, apresentaram influência significativa ( $p < 0,05$ ) no teor de umidade no 42º dia.

**Tabela 39.** Influência da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável umidade no 42º dia.

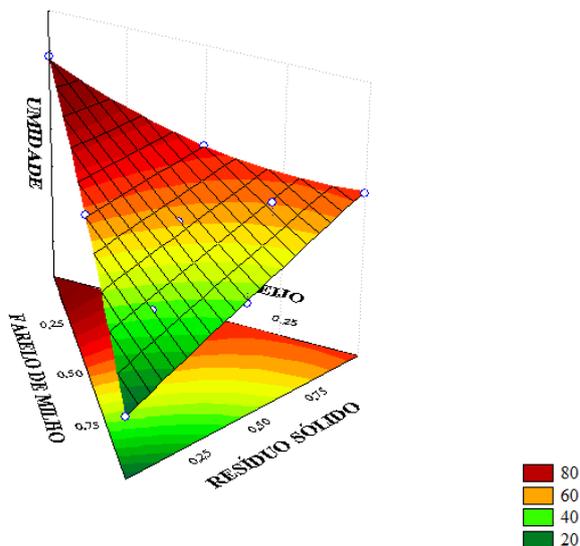
Componentes	Efeito	Erro Padrão /Erro puro	t (4)	P
(A) Farelo de Milho	14,3607	5,86527	2,44844	0,070564
(B) Resíduo Sólido*	67,0712	5,86527	11,43532	0,000334
(C) Soro de Queijo*	93,3936	5,85527	15,92316	0,000091
AB	-6,5995	27,03221	-0,24413	0,819139
AC	33,6453	27,03221	1,24464	0,181209
BC	-57,0218	27,03221	-2,10940	0,102560

\*Fatores significativos a 95% de confiança;  $R^2=0,96$ ; (MQ): Modelo Quadrático.

O componente farelo de milho e a interação entre os componentes não apresentou influência significativa ( $p > 0,05$ ). O resíduo sólido e o soro de queijo apresentaram efeito positivo, ou seja, aumentando a concentração dos componentes, a umidade será aumentada. Verificou-se um coeficiente de regressão ( $R^2$ ) igual a 0,96, sinalizando um ajuste satisfatório do modelo.

A Tabela 36 de influência de concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo na variável resposta umidade no 21º dia, os componentes farelo de milho, resíduo

sólido e o soro de queijo influenciaram significativamente e apresentaram efeito positivo, enquanto a interação entre os componentes resíduo sólido e soro de queijo apresentaram efeito negativo e influenciaram significativamente. A Figura 9 apresenta a superfície de resposta da resposta umidade (%) e indicando que valores mais baixos de teor de umidade tendem a serem obtidos diminuindo a concentração dos componentes resíduo sólido e soro de queijo e aumentando as concentrações de farelo de milho.



**Figura 9.** Superfície de resposta da umidade (%) no 21º dia em função da concentração de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo e da interação entre o resíduo sólido e soro de queijo.

A seguir, a Tabela 40 apresenta os resultados para o percentual de umidade nos diferentes ensaios, em função das concentrações de farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo.

**Tabela 40.** Valores médios de umidade dos ensaios de silagem biológica em diferentes tempos de amostragem.

Ensaio	Umidade (%)						
	0°	7°	14°	21°	28°	35°	42°
1	14,1±5,3	14,68±0,04	15,94±3,78	12,68±0,35	13,21±0,17	13,04±0,28	13,02±4,67
2	64,70±50,48	64,24±4,74	65,18±0,83	64,99±0,22	67,5±0,74	66,67±1,15	65,82±2,58
3	93,68±4,60	94,78±4,19	95,6±0,05	97,02±1,01	95,98±0,08	95,93±0,01	95,93±4,65
4	78,63±4,72	77,70±3,24	78,94±3,35	69,78±3,97	74,55±3,87	77,67±1,35	69,92±1,39
5	63,01±0,18	64,04±4,12	56,16±5,62	63,01±0,71	64,52±2,08	64,08±1,51	66,14±4,62
6	39,7±1,57	39,79±3,5	42,18±3,08	38,8±1,76	39,00±3,38	39,05±1,38	39,13±2,86
7	68,1±1,11	67,37±1,92	68,74±3,50	71,96±4,41	68,44±1,03	65,37±2,32	62,82±1,07
8	57,91±1,23	55,17±0,47	57,1±0,45	63,15±2,51	57,76±0,44	59,33±2,49	57,66±2,08
9	39,48±1,42	38,5±5,1	38,3±0,22	38,16±0,63	40,26±0,69	42,24±1,09	39,12±5,97
10	57,64±0,72	56,70±24,06	56,61±0,44	56,51±0,75	57,24±0,83	56,97 ±0,27	54,82±4,45

Notação: os valores a direita da média referem-se aos respectivos desvios padrão.

O ensaio 1 apresentou valores de umidade entre 12,68% a 15,94% e os ensaios 6 e 9 apresentaram teores de umidade entre 38,3% a 42,24%. Sendo estes os menores valores de umidade, em relação aos outros ensaios. Estes resultados eram esperados pois, os dois ensaios possuem na formulação do ensilado uma maior quantidade de farelo de milho, obtendo

valores de umidade menores. Exceto o ensaio 6 que possui a mesma quantidade de farelo de milho e resíduo sólido. Os percentuais de cada componente que compõem os ensaios estão descritos na Tabela 4.

No presente estudo, para o ensaio 1, o valor de umidade ficou próximo do estudo de Souza *et al.* (2009) que relataram o valor de 14,54% de umidade para a silagem biológica composta por resíduos de pescado, mamão, farinha de trigo, vinagre de vinho tinto e sal de cozinha. Rodrigues *et al.* (2023) relataram que o teor de umidade da silagem biológica semi-seca de resíduos de pescado, com farinha de trigo, vinagre de vinho tinto e sal de cozinha, foi de 14,34%. Esse teor de umidade baixo apresentados nos estudos de Souza *et al.* (2009) e Rodrigues *et al.* (2023), pode ser explicado pela utilização da farinha de trigo na elaboração das silagens biológicas, o que diminuiu a matéria seca.

A produção de silagem com valor de umidade mais baixa apresenta importância para a formulação de rações, sob o ponto de vista microbiológico, porém, silagens com umidade elevada, no momento da elaboração das rações, não ocorre a necessidade de adicionar água na massa antes da confecção do pelete, sendo importante avaliar a necessidade de uso do alimento, imediato ou não, e estimar prazos de vida útil para o armazenamento mantendo a qualidade nutricional e sanitária do produto (Jatobá; Oliveira Filho, 2017; Silva, 2016).

Observa-se que os ensaios 2, 3, 4, 5, 7 e 8 inicialmente apresentaram teores de umidade elevados. Estes resultados eram esperados pois em suas formulações contêm maiores concentrações de soro de queijo e resíduo sólido, que são componentes com alto teor de água. Os percentuais de cada componente que compõem os ensaios estão descritos na Tabela 4. Vidotti e Gonçalves (2006) avaliaram o teor de umidade da silagem biológica de resíduos do processamento de tilápias, sendo utilizado o soro de queijo e melão para a elaboração e encontraram o valor de 60,12%. A presença do soro de queijo na composição da silagem biológica da presente pesquisa e no estudo de Vidotti e Gonçalves (2006), faz com que as silagens apresentem elevados teores de umidade.

Guimarães (2018) estudou os valores médios de umidade em três tipos de silagens biológicas úmidas, elaboradas com resíduos de tambaqui e aparas da mandioca trituradas ao longo de 35 dias. O inóculo adicionado era composto por culturas puras da bactéria *Lactobacillus plantarum*, como microrganismos proteolíticos. O tratamento 1 recebeu 2,5% de inóculo; tratamento 2: 5,0% de inóculo; tratamento 3: 7,5% de inóculo. O tratamento 1 apresentou 75,46% de umidade, o tratamento 2 obteve 74,15% de umidade e o tratamento 3 apresentou 78,23% de umidade. O resultado sobre o teor de umidade em relação aos três tratamentos é similar ao resultado encontrado no presente estudo. Os ensaios 2, 4, 5 e 7 ao longo dos 42 dias, apresentaram valores de umidade próximos a 74,15% a 78,23%. Os ensaios 2 e 4 ao longo dos dias, apresentaram sinais de decomposição, com isso, surgiu o odor pútrido.

O inóculo utilizado nas silagens elaboradas por Guimarães (2018) é composto pela cepa da bactéria *L. plantarum*, e essa mesma espécie de bactéria faz parte da composição do inóculo comercial utilizado na elaboração da silagem biológica do presente estudo. O tipo de inóculo bacteriano, o tipo de resíduo e o substrato podem fazer com que a umidade da silagem de pescado seja variável (Jatobá; Oliveira Filho, 2017).

Rodrigues *et al.* (2023) relataram que o teor de umidade da silagem de resíduos de pescado úmida foi de 61,80%. Yoshioka *et al.* (2020) verificaram que o teor de umidade foi de 76,85% em silagem biológica de resíduos de peixes. Jatobá e Oliveira Filho (2017) a silagem elaborada a partir de resíduos da filetagem do sarumunete (*P. maculatus*), apresentou o teor de umidade de 70,04%. O valor de umidade da silagem deve ser considerado quando for utilizá-la no preparo de rações (Banze *et al.*, 2017). A presença da alta umidade é uma

característica que pode influenciar nos aspectos tecnológicos da produção de ração, não sendo preciso a adição de água ao preparar o produto e este parâmetro pode ser controlado através do processamento de extrusão/peletização, aumentando o tempo de preservação das rações (Jatobá; Oliveira Filho, 2017; Rodrigues *et al.*, 2023; Yoshioka *et al.*, 2020).

O aumento da umidade com o passar dos dias ocorre por conta da hidrólise durante o processo fermentativo. No decorrer da hidrólise proteica da biomassa ensilada, são formados ácidos graxos, aminoácidos, peptídeos, quando solúveis, contribuem com o aumento da umidade (Banze *et al.*, 2017).

### 5.3 Formulação Proposta pelo Modelo Estatístico

A partir do modelo estatístico e levando em consideração as características sensoriais e as condições de deterioração da ensilagem durante o período experimental, foi possível obter uma nova formulação, composta por 25% de farelo de milho, 25% de resíduo sólido e 50% de soro de queijo. A nova formulação, considerada mais adequada para o desenvolvimento da silagem biológica de tilápia do Nilo, foi submetida a análises físico-químicas de umidade, pH, acidez titulável e índice de peróxido, avaliação da composição centesimal e microbiológica.

A Tabela 41 apresenta a variação da umidade (%) para a nova formulação usando a faixa indicada pelo modelo matemático.

**Tabela 41.** Variação do teor de umidade ao longo dos 21° dias de análises.

Umidade (%)*			
0° dia	7° dia	14° dia	21° dia
70,43±0,79	67,33±0,18	67,21±1,05	68,96±0,32

\*Médias ± desvio padrão.

Observou-se o que teor de umidade se manteve alto no material ensilado ao longo dos dias. Isso ocorreu por conta da hidrólise de proteínas da massa ensilada porque durante a fermentação são formados ácidos graxos, aminoácidos e peptídeos, que quando estão solúveis, fazem com que o teor de umidade aumente. Segundo Banze *et al.* (2017) a alta umidade é um parâmetro a ser considerado ao preparar grandes quantidades de ração para os peixes, não sendo preciso a adição de água. E o produto desenvolvido no presente estudo apresentou teores elevados de umidade.

A seguir, a Tabela 42 apresenta o comportamento da resposta acidez titulável para a silagem de tilápia do Nilo elaborada com a nova formulação usando a faixa indicada pelo modelo matemático.

**Tabela 42.** Variação da acidez titulável ao longo dos 21° dias de análises.

Acidez titulável (mgNaOH.g <sup>-1</sup> )*			
0° dia	7° dia	14° dia	21° dia
14,74±0,65	51,78±0,76	66,58±1,12	70,24±0,71

\*Médias ± desvio padrão.

Sobre a acidez titulável no dia 0, o valor se inicia elevado pois o começo do processo fermentativo ocorre de maneira intensa, aumentando os níveis de acidez por causa da formação do ácido lático. E com o passar dos dias, a acidez vai se elevando progressivamente, pois com a produção de ácido lático na fermentação pelas bactérias ácido lácticas, o pH se mantém baixo e estável, mantendo o nível de acidez desejável que é o pH em torno de 4,0. Nesta nova formulação, o alto teor de acidez inibiu o crescimento das bactérias putrefativas,

mantendo o ensilado com o odor bom e agradável, odor ácido.

A Tabela 43 apresenta o comportamento da resposta pH para a silagem de tilápia do Nilo elaborada com a nova formulação usando a faixa indicada pelo modelo matemático.

**Tabela 43.** Variação do pH ao longo dos 21° dias de análises.

pH*			
0° dia	7° dia	14° dia	21° dia
4,65±0,66	3,62±0,08	3,68±0,13	3,67±0,03

\*Médias ± desvio padrão.

A Tabela 43 mostra que no início do processo fermentativo, o pH estava em torno de 4,65 e durante o passar dos dias o pH foi diminuindo e se mantendo estável em torno de 3,67 no 21° dia. A estabilidade do pH assegura durante a fermentação e posteriormente no armazenamento do produto a qualidade nutricional e sanitária da silagem. Ou seja, o baixo pH contribuiu para a inibição do crescimento de microrganismos indesejáveis que causam a deterioração do material ensilado. Após 24 horas, o material já se apresentou totalmente liquefeito, com coloração marrom e odor ácido e agradável de produto fermentado.

De acordo com Lima *et al.* (2020), Oliveira *et al.* (2013) e Rodrigues (2023) as silagens biológicas desenvolvidas por esses autores apresentaram uma boa fermentação na faixa de pH em torno de 4,0.

A Tabela 44 apresenta o comportamento da resposta índice de peróxido para a silagem de tilápia do Nilo elaborada com a nova formulação usando a faixa indicada pelo modelo matemático.

**Tabela 44.** Variação do índice de peróxido ao longo dos 21° dias de análises.

Índice de peróxido (meq/kg)*			
0° dia	7° dia	14° dia	21° dia
4,51±0,39	6,51±1,12	6,71±0,59	10,23±0,11

\*Médias ± desvio padrão.

O índice de peróxido a partir do óleo obtido do ensilado iniciou com o valor de 4,51 meq/kg e até o 21° dia o valor aumentou para 10,23 meq/kg. Esse aumento se relaciona com o aumento da acidez relatada na Tabela 42. Indicando que o processo de oxidação teve início, porém, não causou alterações na ensilagem. Em produtos marinhos, valores de peróxidos de 25 a 30 meq O<sub>2</sub>/kg da gordura são considerados aceitáveis (Sales, 1995). Segundo Ribeiro *et al.* (2015) o aumento da acidez influencia diretamente na oxidação de lipídeos presentes no ensilado ocorrendo a formação dos compostos primários da oxidação, chamados de peróxidos, que são quantificados através da análise de índice de peróxido, com isso o índice de acidez e peróxido se correlacionam.

No presente estudo o experimento foi conduzido em escala de bancada em laboratórios, envolvendo a pesquisa básica e aplicada. Mas, a validação do processo será conduzida em outro projeto contemplado no Edital 12/2022 – PROGRAMA DE APOIO A PROJETOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS RJ – 2022. A produção da silagem irá envolver o uso de resíduos sólidos de tilápia do Nilo, farelo de milho e soro de queijo, dentre outros resíduos da agroindústria que apresentem potencial de produção à demanda agrícola do Estado do Rio de Janeiro, para que seja possível avaliar o processo fermentativo no protótipo de biorreator, padronizando a identidade e qualidade do

produto garantindo estabilidade física, química e microbiológica. Viabilizar industrialmente o processo envolvido para os empreendedores de diferentes níveis, do familiar até os grandes empresários, e desta forma trazer-se-á à luz dos trabalhos, elementos de Engenharia de Processos e Sistemas Baseados em Conhecimento, para monitoramento e controle inteligente, no processo de produção a fim de resultar em custos relativamente baixos quando comparados aos já existentes no mercado.

#### 5.4 Características Sensoriais da Silagem Biológica de tilápia do Nilo

As observações dos parâmetros cor e odor foram realizadas nos dez ensaios desenvolvidos, durante o período de experimento, ou seja, de 0 a 42 dias. Tais informações sobre alterações ocorridas nos ensilados serviram como balizadores de qualidade. As formulações elaboradas constituíam concentrações diferentes dos componentes farelo de milho, soro de queijo e resíduo sólido, sendo assim, cada ensaio possuía uma formulação única. Os ensaios 2, 4 e 8 apresentaram odor pútrido a partir do 7º dia ao 42º dia. Estes ensaios entraram em processo de decomposição porque a quantidade de inóculo utilizada de  $2 \times 10^3$ , não foi o suficiente para que as bactérias lácticas presentes conseguissem inibir o crescimento das bactérias putrefativas no resíduo sólido presente em grande quantidade nos ensaios. Segundo Oetterer (2001) no processo de silagem, o número inicial de bactérias ácido láctico deve estar próximo de  $2 \times 10^8/g$ .

O ensaio 11 indicado pelo modelo estatístico durante os 21 dias de análises apresentou odor ácido láctico suave, coloração castanho claro e consistência cremosa quase líquida. Rodrigues *et al.* (2023) relataram que a silagem biológica de resíduos de pescado aos 5 dias apresentou odor suave de ácido, textura pastosa quase líquida e cor castanho escuro, característico da silagem biológica que utiliza a farinha de trigo como fonte de carboidrato. No presente estudo foi utilizado o farelo de milho como fonte de carboidrato, ocorrendo essa mudança na coloração. Segundo Bertulo (1982), as características da qualidade organoléptica da silagem de pescado se baseiam no aroma, cor, consistência e eventualmente o sabor.

#### 5.5 Avaliação da Composição Centesimal dos Resíduos Agroindustriais

A Tabela 45 apresenta a composição centesimal do resíduo sólido *in natura* de tilápia do Nilo, do resíduo sólido submetido ao tratamento térmico e do soro de queijo Minas frescal.

**Tabela 45.** Composição centesimal do resíduo sólido de tilápia do Nilo e do soro de queijo.

Constituintes (%)*	Resíduo <i>in natura</i>	Resíduo cozido	Soro de queijo
Umidade	24,63±0,06	27,21±0,1	8,23±0,23
Proteína bruta	42,19±1,25	41,48±0,01	1,18±0,03
Cinzas	0,22±1,0	0,25±1,3	0,37±0,71
Lipídeos	37,46±1,01	34,41±0,74	10,63±0,44
Carboidratos	4,50±0,33	3,35±0,45	5,86±0,30

\*Determinação dos constituintes em matéria seca total.

Notação: os valores a direita da média referem-se aos respectivos desvios padrões.

O resíduo *in natura* do presente estudo foi composto por vísceras e cabeças de tilápia do Nilo. Apresentou 0,22% de cinzas. Gonçalves e Vidotti (2006), analisando a composição da matéria-prima de resíduos da filetagem de tilápia, compostos por cabeça, carcaça e vísceras, utilizados na elaboração da silagem ácida relatou que o teor de cinzas encontrado foi de 5,09%. Guimarães *et al.* (2020) relatou que o valor de cinzas encontrado foi de 3,81% do

resíduo *in natura* de tambaqui utilizado para a produção de silagem biológica, composto por vísceras, nadadeiras, poucas escamas e brânquias.

O teor de umidade em base seca do resíduo *in natura* no presente estudo foi de 24,63%. Borghesi (2004) avaliando a composição químico-bromatológica da matéria-prima formada a partir de resíduos de tilápias do Nilo, contendo cabeças, vísceras, escamas, nadadeiras, coluna vertebral, pele e tecidos aderidos, utilizada para a elaboração de silagem biológica, ácida e enzimática, obteve o resultado de 36,89% de umidade em matéria seca. Oliveira *et al.* (2020) analisaram a composição centesimal dos resíduos provenientes do processamento de tilápia, compostos por carcaça, cabeça, pele, escamas, nadadeiras e vísceras, utilizados na produção de silagem ácida e obteve o resultado de 39,46% de umidade em matéria seca.

O valor de proteína do resíduo *in natura* encontrado no presente estudo foi de 42,19%. Oliveira *et al.* (2020) avaliando a composição centesimal das matérias-primas tilápia e salmão, contendo restos de músculo e vísceras, que foram utilizados para a elaboração de silagem ácida, relataram que o teor de proteína foi de 45,06% (tilápia) e 37,46% (salmão). Fagbenro e Jauncey (1993) estudando a composição centesimal do resíduo cru composto por resíduos de tilápia utilizados no desenvolvimento da silagem fermentada, encontraram o valor 42,4% de proteína bruta.

O resíduo *in natura* do presente estudo apresentou 37,46% de lipídeos. Oliveira *et al.* (2020) nas matérias-primas compostas por resíduos tilápia e salmão, apresentaram valores de extrato etéreo de 49,52% e 58,48%, respectivamente. Vasconcelos *et al.* (2011) desenvolvendo a silagem ácida relataram que o teor de lipídeos (em base seca) do resíduo de tilápia composto por cabeças, peles, nadadeiras, vísceras, carcaça sem carne e escamas, foi de 9,48%. O valor de carboidrato encontrado no presente estudo foi de 4,50%, sendo este valor próximo ao relatado Guimarães (2018) e Yoshioka *et al.* (2020) que encontraram teores de carboidrato de 4,61% e 1,63% para o resíduo *in natura* de tambaqui.

A variação na composição química do resíduo depende de diversos fatores relacionados a espécie de pescado utilizada, época do ano, estágio reprodutivo, sexo, o tipo de alimentação que o animal recebeu (Rodrigues *et al.*, 2023; Vidotti, 2001).

O resíduo submetido ao tratamento térmico (cozido) composto por cabeças e vísceras de tilápia do Nilo, utilizado na elaboração da silagem biológica do presente estudo, apresentou 0,25% de cinzas, 27,21% de umidade (em base seca), 41,48% de proteína, 34,41% de lipídeo e 3,35% de carboidratos. Este resíduo cozido foi usado como um dos componentes (ingredientes) para a elaboração da silagem biológica no presente estudo. Nascimento (2023) analisou a composição química dos resíduos de peixes composto por nadadeiras, cabeça, vísceras e escamas para a elaboração da silagem ácida. Os resíduos foram submetidos a um cozimento sob temperatura de 100 °C, por um período de 45 minutos. Sendo obtido 6,08% de cinzas, 18,43% de proteína e 24,31% de lipídeos. Na literatura existem poucos trabalhos que submeteram os resíduos utilizados no desenvolvimento da silagem, a um tratamento térmico e em seguida realizaram análises de composição centesimal do resíduo cozido.

O soro de queijo é um subproduto da fabricação do queijo, resultante da coagulação do leite. Possui em sua composição proteínas, pouca quantidade de gordura, minerais, lactose e vitaminas (Imamura; Madrona, 2008; Ricarte, 2018). O soro de queijo proveniente da produção de queijo Minas frescal do presente estudo apresentou 0,37% de cinzas. Teixeira e Fonseca (2008) determinaram o perfil físico-químico do soro de queijo Minas padrão produzido em várias regiões do estado de Minas Gerais e encontraram o valor de 0,49% de cinzas. Barbosa *et al.* (2017) relataram que o teor de cinzas no soro de queijo Minas foi de 0,43%.

O teor de proteína do soro de queijo encontrado no presente estudo foi de 1,18%. Ricarte (2018), realizou a caracterização do soro de queijo Minas frescal e relatou que o teor de proteína encontrado foi de 1,28%. Barbosa *et al.* (2017) relataram o valor de proteína de 0,76% no soro de queijo Minas.

Martins *et al.* (2008) analisaram a composição centesimal do soro de queijo Minas encontraram 6,24% de umidade (em base seca) e 0,73% de extrato etéreo. O presente estudo encontrou 8,23% de umidade e 10,63% de lipídeos do soro de queijo. Leite (2013) relatou os seguintes valores de 7,34% (matéria seca) e 0,99% de lipídeos sobre o soro de queijo *in natura*.

O presente estudo encontrou o valor de 5,86% de carboidratos em relação ao soro de queijo. Morais (2015) analisando a composição centesimal do soro de queijo Minas frescal *in natura* relatou que o resultado do teor de carboidratos foi de 4,72. Teixeira e Fonseca (2008) relataram o valor de 4,12 de carboidratos do soro de queijo Minas padrão.

A composição dos soros de queijo se modifica devido às variações sazonais sendo dependente das espécies produtoras de leite e da sua alimentação, dos processos tecnológicos empregados, do leite utilizado e do tipo de queijo produzido (Cavalcanti, 2010; Durães, 2017; Teixeira; Fonseca, 2008).

No presente estudo os dados referentes a composição química do farelo de milho foram levantados na literatura. Os estudos a seguir mostraram a boa qualidade nutricional desse subproduto, que pode ser utilizado como ingrediente para o desenvolvimento de produtos e processos alimentícios.

O farelo de milho é um subproduto do processamento do milho e pode ser utilizado para a extração de óleo, para a composição de produtos de rações animais. Junto com outros ingredientes, o farelo de milho suplementa a formulação de rações específicas para uma dieta balanceada de acordo com o tipo e a destinação dos animais (Bezerra, 2015; Prado; Prado, 2012). Beserra (2015) avaliando a composição centesimal do farelo de milho, relatou os seguintes resultados sobre o teor de umidade, cinzas, proteína e lipídeos sendo de 12,2%, 4,42%, 12,98% e 15,58%, respectivamente. Valadares (2014) analisando a composição química do farelo residual de milho, relatou os seguintes valores de 4,33% (cinzas), proteína (10,23%) e lipídeos (15,44%). Arnaud *et al.* (2005) relataram que o farelo de milho apresentou 2,92% de cinzas, 9,05% de proteína e 5,16% de lipídeos.

## **5.6 Avaliação da Composição Centesimal e Microbiológica da Silagem de tilápia do Nilo proposta pelo Modelo Estatístico**

### **5.6.1 Avaliação da Composição Centesimal**

Os alimentos são substâncias que fornecem energia, propriedades nutritivas e materiais fundamentais para a formação e manutenção dos tecidos. Por isso, é importante conhecer a composição centesimal que tem como objetivo exprimir o valor nutritivo dos alimentos, correspondendo à proporção dos grupos homogêneos de substâncias que estão contidos em 100g dos alimentos analisados. São considerados os grupos homogêneos aqueles que são encontrados em todos os alimentos, tais como: proteínas, umidade, cinzas, lipídeos (Santos, 2014; Silva, 2016). A composição centesimal da silagem biológica de tilápia do Nilo, referente a nova formulação (indicada pelo modelo estatístico como a faixa para a melhor formulação) está descrito na Tabela 46.

**Tabela 46.** Composição centesimal da silagem de tilápia do Nilo (*O. niloticus*).

Constituintes (%)*	Silagem Biológica de tilápia do Nilo*
Umidade	68,49±0,22
Proteína bruta	6,59±0,29
Cinzas	3,16±0,26
Carboidratos	17,03±0,23
Fibra bruta	3,05±0,57
Fósforo	0,36±0,34
Lipídeos	5,42±0,26
VL**	193,98±2,71

\*Determinação dos constituintes em matéria seca total.

\*Médias ± desvio padrão; \*\*VL=Valor calórico – kcal/g

A nova formulação indicada pelo modelo estatístico, possui em sua formulação 25% de farelo de milho, 25% de resíduo sólido e 50% de soro de queijo. Em relação a composição centesimal, a silagem biológica de tilápia do Nilo elaborada no presente estudo apresentou 68,49% de umidade (matéria úmida). Resultado este superior ao relatado por Rodrigues *et al.* (2023) de 61,80% para a silagem biológica úmida desenvolvida a partir de resíduos de pescado. Este resultado pode ser explicado pela utilização do soro de leite, que possui em sua composição um alto percentual de teor de água, enquanto Rodrigues *et al.* (2023) na elaboração da silagem biológica, utilizou como ingredientes os resíduos de pescado e farinha de trigo, sendo estes, componentes com o teor de água menor em relação ao soro de leite.

O valor de umidade da silagem deve ser levado em consideração quando este produto for utilizado no preparo de rações. Essa característica pode influenciar nos aspectos tecnológicos de produção da ração (Banze *et al.*, 2017; Yoshioka *et al.*, 2020).

As proteínas constituem o nutriente da dieta de maior importância para o desenvolvimento dos peixes, além de ser o componente de maior custo nas rações (Rodrigues *et al.*, 2013). O teor de proteína bruta encontrado no presente estudo foi de 6,59%. A composição da silagem apresenta proximidade com a composição da matéria-prima, porém o teor de proteína pode variar dependendo do material da quantidade de resíduo utilizado na elaboração do ensilado (Borghesi, 2004; Hasan, 2003). A partir disso, entende-se que o menor percentual de proteína da silagem biológica de tilápia elaborada no presente estudo, se relaciona com a baixa quantidade de resíduo sólido utilizado na formulação, sendo de 25% de resíduo.

Guimarães (2018) relatou os seguintes resultados em relação a proteína bruta para três tipos de tratamentos voltados para a produção de ensilado biológico úmido, que se diferenciaram quanto a quantidade de inóculo, os valores de proteína são de 9,77% (tratamento 1), 10,07% (tratamento 2) e 8,14% (tratamento 3). Rodrigues *et al.* (2023) em silagem biológica úmida, o teor de proteína foi de 13,30%. A silagem biológica de pintado e de pirapitinga apresentaram respectivamente valores para proteína de 42,13% e 42,92% (Lima *et al.*, 2020).

A determinação de cinzas é um indicador que fornece sobre os elementos minerais existentes nas silagens. A silagem biológica de tilápia do Nilo obteve o seguinte valor de 3,16% de cinzas, sendo este resultado inferior ao observado em silagens de saramunete, que apresentou 4,6% de cinzas (Jatobá; Oliveira Filho, 2017). A silagem biológica com

coprodutos de peixes, desenvolvida por Yoshioka *et al.* (2020) apresentou 4,24% de minerais. A baixa quantidade de matéria mineral é considerada um ponto positivo, pois não deve haver excesso de minerais na produção de dietas para peixes, já que a exigência desse constituinte não é grande. Entretanto, o teor de cinzas adequado faz com que a silagem forneça qualidade nutricional, sendo adequada para a utilização como ingrediente na alimentação animal (Banze *et al.*, 2017; Ribeiro *et al.*, 2020; Silva, 2013).

A silagem biológica de tilápia do Nilo obteve o valor de carboidrato de 14,4%, sendo este resultado próximo ao relatado por Rodrigues *et al.* (2023) que encontrou o teor carboidrato de 14,60% para silagem biológica úmida de resíduos de pescado. Santos *et al.* (2022) constataram que a silagem biológica úmida apresentou 24,44% de carboidrato.

Lima *et al.* (2020) ao trabalhar com a produção de silagem biológica, os resultados foram de 19,77% (silagem de pintado) e 17,44% (silagem de pirapitinga) em relação ao teor de lipídeos. O resultado encontrado no presente estudo sobre o teor de lipídeos foi de 5,42%, sendo este valor é inferior aos valores encontrados por Lima *et al.* (2020) no que se refere ao teor de lipídeos das silagens biológicas. Herrero *et al.* (2011) realizaram um estudo com o objetivo de elaborar dois tipos de silagens biológicas a partir de resíduos de carpa. A silagem EBI com 10% de mel e 10% de inóculo (iogurte) e a silagem EBII com 15% de mel e 10% de inóculo (iogurte). A silagem EBI apresentou extrato etéreo entre 4,59 a 6,93% e 5,05 a 4,48% para EBII. Oliveira *et al.* (2006) estudaram o teor de extrato etéreo da silagem elaborada a partir de resíduos da tilápia do Nilo, e observaram que o resultado diminuiu do 1º dia (39,8% de extrato etéreo) até o 30º dia de ensilagem (22,32% de extrato etéreo). O conteúdo de extrato etéreo na silagem é um importante parâmetro de qualidade a ser considerado no produto porque se relaciona com a conservação da silagem (Junior; Sales, 2013).

Santos *et al.* (2022) obteve os seguintes resultados sobre a determinação de valor calórico para a silagem A (úmida) de 189,18 kcal/g e para a silagem B (úmida) de 198,30 kcal/g. O valor calórico encontrado na silagem biológica de tilápia do Nilo desenvolvida na presente pesquisa, foi de 193,98 kcal/g, sendo este resultado similar ao obtido por Santos *et al.* (2022). Rodrigues *et al.* (2023) encontrou o valor calórico de 1.479,70 kcal/100g, para a silagem biológica elaborada com resíduos de pescado, farinha de trigo, sal e fermento biológico (restos de repolho, mamão e vinagre).

A silagem de tilápia é considerada uma boa fonte de minerais como cálcio, fósforo, potássio, manganês, zinco e cobre. O fósforo faz parte da constituição das proteínas, lipídeos, ácidos nucleicos, carboidratos e compostos de alta energia (Junior; Sales, 2013). Hisano *et al.* (2012) relataram que a silagem de vísceras de surubim possui 0,27% de teor de fósforo em matéria seca. Sendo este valor próximo ao encontrado no presente estudo, que foi de 0,36%. Lima (2019) a partir do estudo sobre a composição nutricional das silagens biológicas de pintado (*P. corruscans*) e pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) encontrou os seguintes valores de fósforo, 3,22% (silagem biológica de pintado) e 3,06% (silagem biológica de pirapitinga).

Guimarães (2018) relatou que o teor de fibra encontrado foi de 2,31% para a silagem biológica de resíduos de tambaqui. No presente estudo, o valor de fibra encontrado foi de 3,05%, sendo este valor um pouco superior ao relatado por Guimarães (2018). O valor de fibra encontrado no presente estudo, é superior ao valor encontrado no estudo citado anteriormente, pois no presente estudo foi utilizado como substrato o farelo de milho, que possui menos de 18% de fibras, enquanto no estudo de Guimarães (2018), as aparas de mandioca trituradas foram utilizadas como substrato, e a mandioca possui em média 0,3% de fibras, fazendo com que a silagem apresente um teor de fibras menor, em comparação com a silagem do presente estudo (Leonel; Cerada, 2002; Santos, 2014).

### 5.6.2 Avaliação Microbiológica

A conversão do resíduo na forma de silagem e a sua utilização como ingrediente proteico em rações para aquicultura e outras espécies de interesse comercial agregam valor ao material residual e proporciona vantagens econômicas para as indústrias processadoras de pescado e de ração, além de diminuir o impacto ambiental. Portanto, a qualidade microbiológica da silagem é de fundamental importância para sua preservação e posterior utilização em rações para animais (Hisano; Borghesi, 2015). A Tabela 47 apresenta os resultados para as análises microbiológicas realizadas para a silagem de tilápia do Nilo.

**Tabela 47.** Avaliação microbiológica da silagem de tilápia do Nilo (*O. niloticus*).

Análises	Resultados	Parâmetros da Legislação*
<i>Escherichia coli</i>	<3,0 NMP/g	5x10 <sup>2</sup> NMP/g
Bolores e leveduras	<1,0x10 <sup>2</sup> UFC/g	10 <sup>3</sup> UFC/g

As análises microbiológicas para a silagem biológica de tilápia do Nilo não apontaram a presença de *E. coli*, fungos e leveduras. Esses resultados corroboram com os resultados obtidos por Özyurt *et al.* (2017) que verificaram a ausência de *E. coli*, fungos e leveduras em amostras de silagem biológica elaboradas a partir de resíduos de processamento do robalo (*Dicentrarchus labrax*). Lima *et al.* (2020) em um estudo sobre silagens biológicas e ácidas de pintado (*P. corruscans*) e pirapitinga (*P. brachypomus*) não encontraram a presença de fungos, leveduras e coliformes.

Banze *et al.* (2017) relataram a ausência coliformes termotolerantes a 45°C em silagem ácida produzida a partir de vísceras de atum. Carmo (2009) não detectou a presença de bolores e leveduras em silagem ácidas produzidas a partir do resíduo de tilápia do Nilo, após 20 dias de armazenamento. Boscolo *et al.* (2010) em outro estudo sobre análises microbiológicas em silagem ácida de tilápia do Nilo, não foram constatadas a presença de *E. coli*.

O funcionamento da atividade microbiana, pode ser dividido em: microrganismos desejáveis, que são benéficos ao processo de conservação das características nutricionais da silagem, como as bactérias ácido lácticas. E os microrganismos indesejáveis, como os mofo e leveduras. O crescimento dos microrganismos é restringido por causa da diminuição do pH, pelas condições de anaerobiose e pela presença de certas substâncias antibacterianas produzidas pelas bactérias lácticas. Um pH desfavorável afeta a célula microbiana em relação ao funcionamento de suas enzimas e o transporte de nutrientes para o interior da célula (Guimarães *et al.*, 2018; Lima *et al.*, 2020).

## 6. CONCLUSÃO

A CMS de tilápia do Nilo apresentou um percentual de rendimento cárneo adequado, sendo processada sob condições higiênico-sanitárias e de acordo com os resultados das análises de composição centesimal, foi possível demonstrar que a CMS de tilápia possui um bom valor nutricional, com destaque para o teor de proteínas e baixo teor de lipídeos. E apresentou características físico-químicas e microbiológicas adequadas, evidenciando sua qualidade sanitária. Sendo assim, é possível propor o uso da CMS de tilápia para a sua comercialização na forma de polpa congelada e ou a aplicação dessa polpa para a elaboração de formatados e embutidos, voltados para a diversificação de produtos derivados de peixe na alimentação humana e sua comercialização na forma congelada.

A metodologia de superfície resposta foi uma ferramenta importante na obtenção das respostas apropriadas para a elaboração da silagem contendo resíduos agroindustriais. Apesar

de não ter indicado uma relação ótima entre os componentes farelo de milho, resíduo sólido e soro de queijo, na faixa estudada, o modelo apontou uma faixa razoável das respectivas concentrações a serem utilizadas para se alcançar valores de umidade, pH, acidez titulável e índice de peróxido, buscando chegar a um padrão de identidade e qualidade, e um valor nutricional do produto durante o período investigado.

A silagem de resíduos agroindustriais apresentou qualidade sensorial, um alimento de coloração castanho claro e consistência cremosa quase líquida e estável. A fermentação foi bem conduzida, o ácido láctico produzido manteve o pH baixo (3,67) e permaneceu estável durante os 21 dias de armazenamento impedindo a decomposição do resíduo de peixe, ou seja, inibindo o crescimento de bactérias deteriorantes e patogênicas. Nenhum odor de deterioração foi detectado durante o período observado, assim como, o odor de ranço no produto.

A silagem produzida com os resíduos agroindustriais pode ser desenvolvida a partir de técnicas simples e ser uma alternativa para as unidades de beneficiamento, promovendo um destino sustentável e lucrativo aos resíduos gerados durante o processamento, e constituem uma opção de alimento alternativo de qualidade, com valor nutricional e com potencial para utilização na alimentação de animal.

Mais estudos precisam ser realizados para investigar e estimar o tempo de conservação do produto elaborado, estratégias para reduzir a carga microbiana no resíduo sólido de peixe sem a necessidade do emprego do tratamento térmico, além de avaliar os efeitos da inclusão desse produto na ração fornecida durante o cultivo de peixes, camarões e outros animais aquáticos, como as respostas nutricionais e fisiológicas dos animais alimentados.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, A. R. **Avaliação do potencial antioxidante de bebidas fermentadas de origem láctea preparadas com *Lactobacillus acidophilus*: uma revisão sistemática**. 2017. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, 2017. Disponível em:<<https://tede.unioeste.br/handle/tede/2967?mode=full>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

AMANCIO, A. L. de L.; SILVA, J. H. V.; LIMA, C. B.; ARAÚJO, A.; COELHO, M. de S.; OLIVEIRA, E. R. A.; LIMA, M. R.; SILVA, N. V.; RODRIGUES, M. L. Valor nutricional da silagem de pescado e utilização na alimentação animal. **Bol. Téc. Cient. Cepnor**, v. 10, n. 1, p. 79 - 93, 2010. Disponível em:<<https://www.researchgate.net/publication/280288945> Valor Nutricional da Silagem de Pescado e Utilizacao na Alimentacao Animal>. Acesso em: 11 abr. 2023.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 478p.

ARNAUD, B. de L.; VÉRAS, A. S. C.; FERREIRA, M. de A.; SILVA, F. M. da.; OLIVEIRA, V.; BRASIL, L. H. de A.; AZEVEDO, M. de. Efeitos da substituição do feno de capim- Efeitos da substituição do feno de capim-tifton e do farelo de milho tifton e do farelo de milho pela palma forrageira e pelo farelo de soja sobre a ingestão de alimentos e parâmetros fisiológicos alimentos e parâmetros fisiológicos. **Acta Sci. Anim. Sci**, v. 27, n. 4, p. 475-482, 2005. Disponível em:<<https://www.redalyc.org/pdf/3031/303126477005.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2023.

Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. Washington: AOAC, 2000.

BACELAR, R. G. A. **Carne mecanicamente separada de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): alternativa de tecnologia disruptiva na indústria de pescado**. 2021. p.92. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciência Animal). Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2021. Disponível em: <[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=11298024](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=11298024)>. Acesso em: 11 abr. 2023.

BACELAR, R. G. A.; MURATORI, M. C. S. Utilização de resíduos de filetagem de tilápia na tecnologia de alimentos: uma revisão. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 22, n. 2, p. 263–278, nov. 2020. Disponível em:<<http://revista.urcamp.tche.br/index.php/RCR/article/view/3278>>. Acesso em: 2 jun. 2021.

BANDEIRA, M. G. A.; NASCIMENTO, J. S. Estudo prospectivo relativo à atividade da tilápia para a indústria de alimentos no período de 2006 a 2016. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 10, n. 3 p. 552-562, nov. 2017. Disponível em:<<https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/23029>>. Acesso em: 20 mai. 2021.

BANZE, J. F.; OLIVEIRA, M. F.; ENK, D. B. S.; FRACALOSSO, D. M Acid silage of tuna viscera: Production, composition, quality and digestibility. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 43, p. 24-34. 2017, Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/176268>>. Acesso em: 11 abr. 2023.

BARBOSA, M. P.; ROCHA, L. A. C.; SANTOS, E. M. S dos.; ANTUNES, Y. C. dos A.; SOUZA, D. B.; JESUS, D. L. S. de.; SANTOS, E. L. F. dos. Características físico-químicas do soro de queijo. In **FEPEG 2018**. Montes Claros, MG. Anais (on-line). Montes Claros: Unimontes, 2017. Disponível em <<http://www.fepeg2018.unimontes.br/anais/ver/39842beaece8-447b-afe4-10d7bb0cedb8>>. Acesso em: 28 jul. 2023

BARRONCAS, J. R. **Staphylococcus coagulase positiva em alimentos de origem animal (uma revisão)**. 2013. p.34. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Medicina Veterinária), Universidade de Brasília, Brasília, 2013. Disponível em:<[https://bdm.unb.br/bitstream/10483/7624/6/2013\\_JussaraRibeiroBarroncas.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/7624/6/2013_JussaraRibeiroBarroncas.pdf)>. Acesso em: 19 jun. 2021.

BARROSO, R. M.; PINCINATO, R. B. M.; MUNOZ, A. E. P. O mercado da tilápia – 2º trimestre de 2017 e Análise da estrutura do preço da tilápia no varejo. **Embrapa Pesca Aquicultura**, Newsletter, p. 1-19, jun. 2017. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1072746/o-mercado-da-tilapia---2-trimestre-de-2017-e-analise-da-estrutura-do-preco-da-tilapia-no-varejo>>. Acesso em: 14 mai. 2021.

BATALHA, O. de SOUZA. **Silagem ácida de resíduos de pirarucu (*Arapaima Gigas*, SCHINZ 1822), na alimentação de poedeiras comerciais leves**. 2017. p.78. Dissertação de Mestrado (Ciências Agrárias). Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. Manaus, 2017. Disponível em:<

<https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/5280/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Oscarina%20Batalha.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2023.

BEM LUIZ, D.; SANTOS, V. R. V.; LIMA, L. K. F.; FRITZ, A. R. M.; BRÍGIDA, A. I. S.; SOUZA, A. L. M.; MUNÕZ, A. E. P.; FURTADO, A. A. L.; MESQUITA, E. F. M.; PONSANO, E. H. G.; GUIMARÃES, J. T.; NAVAL, L. P.; RODRIGUES, L. G. G.; IWASHITA, M. K. P.; CHICRALA, P. C. M. S.; MOREIRA, R. F. P. M.; BORGHESI, R.; ALVES, R. R.; MARTO, V. C. O. Manual para gestão da água e de resíduos do processamento de peixes. **Embrapa**, p. 77, 2020. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1127919/manual-para-gestao-da-agua-e-de-residuos-do-processamento-de-peixes>>. Acesso em: 25 jan. 2023.

BERNARDINO FILHO, R.; XAVIER, L. C. A. Obtenção, rendimento e caracterização de CMS produzida com resíduos de filetagem da Tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 9, n.2, p.01-04, dez. 2019. Disponível em:<<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/REBAGRO/article/view/7534>>. Acesso em: 11 de mar. 2022.

BERTULO, E. Ensilado de pescado en la pesqueria artesanal. In: FAO. **Consulta de expertos sobre tecnologia de produtos pesqueros en America Latina**. 2. Montevideo. Roma, FAO. 49p. 1989.

BESERRA, Y. A. S. **Caracterização físico-química do farelo de milho (*Zea mays L.*) como subproduto visando seu aproveitamento na alimentação animal**. 2015. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Química Industrial), Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015. Disponível em:<<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/8243/1/PDF%20-%20Yolanda%20Albertina%20Silva%20Beserra.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2023.

BOSCOLO, R. W.; DOS SANTOS, A. M.; BUZANELLO MARTINS, C. V.; FEIDEN, A.; BITTENCOURT, F.; SIGNOR, A. A. Avaliação microbiológica e bromatológica da silagem ácida obtida de resíduos da indústria de filetagem de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Semina: Ciências Agrárias**, vol. 31, n. 2, 2010, p. 515-521, Brasil. Disponível em:<[https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/semina-ciencias-agrarias/31-\(2010\)-2/avaliacao-microbiologica-e-bromatologica-da-silagem-acida-obtida-de-re/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/semina-ciencias-agrarias/31-(2010)-2/avaliacao-microbiologica-e-bromatologica-da-silagem-acida-obtida-de-re/)>. Acesso em: 11 ago. 2021.

BRASIL. MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 25, de 2 de junho de 2011. Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos para Controle de Pescado e seus derivados. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 03 de junho de 2011. Disponível em:<<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=78926#:~:text=Aprova%20os%20M%C3%A9todos%20Anal%C3%ADticos%20Oficiais,que%20lhe%20confere%20o%20art.>>. Acesso em: 12 ago. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020**. Altera o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, que regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que

dispõem sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Brasília, 2020. Disponível em:<[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/decreto/d9013.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9013.htm)>. Acesso: 15 mai. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria nº 185, de 13 de maio de 1997. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Peixe Fresco (Inteiro Eviscerado). **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 19 maio. 1997. Disponível em:<<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=19/05/1997&jornal=1&pagina=46&totalArquivos=96>>. Acesso em: 30 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº161 de 1 de julho de 2022. Dispõe sobre os padrões microbiológicos para os alimentos e sua aplicação. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 6 de julho de 2022. Disponível em:<[http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/IN\\_161\\_2022\\_.pdf/b08d70cb-add6-47e3-a5d3-fa317c2d54b2](http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/IN_161_2022_.pdf/b08d70cb-add6-47e3-a5d3-fa317c2d54b2)>. Acesso em: 10 fev. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Instrução Normativa Nº 4, de 31 de março de 2000a. **Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada (CMS) de Aves, Bovinos e Suínos**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 02 mai. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada (CMS) de Aves, Bovinos e Suínos. Instrução Normativa nº 4, de 31 março de 2000. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 5 abr. 2001. Disponível em:<<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=05/04/2000&jornal=1&pagina=54&totalArquivos=73>>. Acesso em: 29 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura**. 2011. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download>

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura**. 2014. Disponível em:<[https://issuu.com/revistas\\_nd/docs/anu\\_\\_rio\\_pesca\\_e\\_aquicultura\\_2014\\_i](https://issuu.com/revistas_nd/docs/anu__rio_pesca_e_aquicultura_2014_i)>. Acesso em: 10 jun. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Instrução normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**, Brasília (DF), 9 de outubro de 2020. Disponível em:<<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-75-de-8-de-outubro-de-2020-282071143>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020. Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**, Brasília (DF), 9 de outubro de 2020. Disponível em:<

<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-de-diretoria-colegiada-rdc-n-429-de-8-de-outubro-de-2020-282070599>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 724, de 1 de julho de 2022. Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. **Diário Oficial da União**, Brasília (DF), 6 de julho de 2022. Disponível em:<[http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC\\_724\\_2022\\_.pdf/33c61081-4f32-43c2-9105-c318fa6069ce](http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_724_2022_.pdf/33c61081-4f32-43c2-9105-c318fa6069ce)>. Acesso em: 4 fev. 2023.

BRASIL. Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Linguiça e de Salsicha**. 2000. Disponível em:< <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/servlet/VisualizarAnexo?id=1638>>. Acesso em: 03 ago. 2023.

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. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004. Disponível em:<<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-09112004-170730/pt-br.php>>. Acesso em: 4 fev. 2022.

CABRAL, I. S. R.; ANGELINI, M. F. C.; SHIRAHIGUEI, L. D.; SUCASAS, L. F. A.; OETTERER, M. Estabilidade de carne mecanicamente separada de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em função do uso de diferentes aditivos químicos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v.3, n.1, p.44-49, 2012. Disponível em:<[https://www.researchgate.net/publication/268522505\\_Estabilidade\\_de\\_Carne\\_Mecanicament\\_e\\_Separada\\_de\\_tilapia\\_Oreochromis\\_niloticus\\_em\\_funcao\\_do\\_uso\\_de\\_diferentes\\_aditivos\\_q\\_uimicos](https://www.researchgate.net/publication/268522505_Estabilidade_de_Carne_Mecanicament_e_Separada_de_tilapia_Oreochromis_niloticus_em_funcao_do_uso_de_diferentes_aditivos_q_uimicos)>. Acesso em: 11 ago. 2021.

CACCIOPPOLI, J.; CUSTÓDIO, F.B.; VIEIRA, S. M.; GLÓRIA, M. B. A. Aminas bioativas e características físico-químicas de salames tipo italiano. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.58, n.4, p.648-657, 2006. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/abmvz/a/DFSRHjpZHDKVgTM7DdCk6MC/?lang=pt#:~:text=Amost ras%20de%20seis%20lotes%20de,a%2053%2C27mg%2F100g.>>. Acesso em: 24 de mai. 2023.

CÂNDIDO, R. S. **Farinha de silagem de pescado em rações para suínos nas fases de crescimento e terminação**. 2016. 44 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em:<[https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/18892/1/2016\\_dis\\_rscandido.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/18892/1/2016_dis_rscandido.pdf)>. Acesso em: 29 de mai. 2023.

CARMO, J. R. do. **Qualidade de silagens ácidas de resíduos da filetagem de tilápia (*Oreochromis niloticus*) elaboradas com ácidos orgânicos**. 2009. p.157. Dissertação de Mestrado (Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2009. Disponível em:<[http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/3061/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_Qualidade%20de%20silagens%20%C3%A1cidas%20de%20res%C3%ADduos%20da%20filetage](http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/3061/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Qualidade%20de%20silagens%20%C3%A1cidas%20de%20res%C3%ADduos%20da%20filetage)>

[m%20de%20til%20C3%A1pia%20%28Oreochromis%20niloticus%29%20elaboradas%20com%20%20C3%A1cidos%20org%20C3%A2nicos.pdf](#)>. Acesso em: 15 abr. 2023.

CAVALCANTI, J. S. **Recuperação e purificação de proteínas do soro de queijo “tipo coalho” usando cromatografia de troca iônica e interação hidrofóbica em leite na forma expandida**. 2010. 129 f. Tese (Doutorado, Centro de Tecnologia), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. Disponível em:<[http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/15897/1/JorgeSC\\_TESE.pdf](http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/15897/1/JorgeSC_TESE.pdf)>. Acesso em: 4 ago. 2023.

CHAMBO, A. P. S. **Aproveitamento do resíduo de filetagem da tilápia do Nilo para produção de farinhas com potencial aplicação na alimentação humana**. 2018. p.97. Tese de Doutorado (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/4699>>. Acesso em: 14 set. 2021.

CIRÍACO, N. M. **Aminas bioativas e aminoácidos como índice de qualidade dos leites fermentados**. 2018. 45 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Escola de Veterinária, da UFMG. Disponível em:<[https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SMOC-B6PNXF/1/naiara\\_meireles\\_cir\\_aco.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SMOC-B6PNXF/1/naiara_meireles_cir_aco.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2021.

COORDINI, M. F.; MAIA, K.; PINAFFI, D. L. P.; TESTI, I.; NUNES, M. L.; M. SOUZA, M. L. R. Blocos salgados desidratados de CMS de Tilápia do Nilo com adições de casca de ovos e diferentes espécies de peixes marinhos. **XI EPCC - Encontro Internacional de Produção Científica**, p. 1-11, out. 2019. Disponível em:<<http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/3282>>. Acesso em: 23 jul. 2021

CONTE, M. A.; GAMMARDINGER, W. J.; BARTIE, K. L.; PENMAM, D. J.; KOCHER, T. D. A high-quality assembly of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) genome reveals the structure of two sex determination regions. *Journal: BMC Genomics, USA*, v. 18, n.1, p. 341, 2017. Disponível em:<[https://www.researchgate.net/publication/316640860\\_A\\_high\\_quality\\_assembly\\_of\\_the\\_Nile\\_Tilapia\\_Oreochromis\\_niloticus\\_genome\\_reveals\\_the\\_structure\\_of\\_two\\_sex\\_determination\\_regions](https://www.researchgate.net/publication/316640860_A_high_quality_assembly_of_the_Nile_Tilapia_Oreochromis_niloticus_genome_reveals_the_structure_of_two_sex_determination_regions)>. Acesso em: 25 jul. 2021.

CORNELL, J. A. (2002). **Experiments with Mixtures Designs, Models and Analysis of Mixture Data**. John Willey & Sons, New York, 2002, 680p. Disponível em:<<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118204221>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

COSTA, D. P. S. **Desenvolvimento de hambúrguer com carne mecanicamente separada de carcaça e de refile de tilápia: caracterização microbiológica, físico-química e sensorial**. 2017. p.95. Tese de Doutorado (Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. São José do Rio Preto, 2017. Disponível em:<[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/150621/costa\\_dps\\_dr\\_sjrp.pdf;jsessionid=25CDC66A2B621B630CB70D42B8705A6D?sequence=3](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/150621/costa_dps_dr_sjrp.pdf;jsessionid=25CDC66A2B621B630CB70D42B8705A6D?sequence=3)>. Acesso em 15 abr. 2023.

COSTA, I. S. **Silagem ácida com resíduos do processamento de pescada gó (*Macrodon ancylodon*), Pará, Brasil**. 2019. p.34. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia

de Pesca), Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019. Disponível em:<<http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1666>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

COSTA, J. F.; NOGUEIRA, R. I.; FREITAS-SÁ, D. de G. C.; FREITAS, S.P Utilização de carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia na elaboração de farinha com alto valor nutricional. **Bol. Inst. Pesca**, v. 42, n. 3, p. 548–565, 2016. Disponível em:<[https://www.pesca.agricultura.sp.gov.br/42\\_3\\_6BIP548-565\\_6BIP-019artigo.pdf](https://www.pesca.agricultura.sp.gov.br/42_3_6BIP548-565_6BIP-019artigo.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2021.

COSTA, M. O. Qualidade da carne mecanicamente separada (CMS) de pescado ofertada na alimentação escolar do município de Itanhaém-sp. 17º **Conic-Semesp**, p. 1-11, 2017. Disponível em:<<https://conic-semesp.org.br/anais/files/2017/trabalho-1000025299.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2022.

CYRINO, J. E.; GALVÃO, J. A.; SONODA, D. Y.; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D. Aquicultura, Segurança Alimentar e Qualidade do Pescado: Esclarecendo mitos e insinuações. **Aquaculture Brazil**, p. 10-16, 2019. Disponível em:<<https://www.aquaculturebrasil.com/artigo/105/aquicultura,-seguranca-alimentar-e-qualidade-do-pescado:-esclarecendo-mitos-e-insinuacoes>>. Acesso em: 12 ago. 2021.

DALLABONA, B. R.; KARAM, L. B.; WAGNER, R.; BARTOLOMEU, D. A. F.; MIKOS, J. D.; FRANCISCO, J. G. P.; MACEDO, R. E. F.; KIRSCHNIK, P. G. Effect of heat treatment and packaging systems on the stability of fish sausage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, n. 12, p. 835–843, sept. 2013. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rbz/a/9Z7qkgK7wbmdST7pBqj7rjc/?lang=en>>. Acesso em: 18 set. 2021.

DANQUAH, A. O.; BENJAKUL, S.; SIMPSON, B. K.; SIMPSON, B. K.; NOLLET, L. M. L.; TOLDRÁ, F.; BENJAKUL, S.; PALIYATH, G.; HUI, Y. H. Biogenic Amines in Foods. **Food Biochemistry and Food Processing: Wiley-Blackwell**, p.820-832, 2012. Disponível em:<<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118308035.ch43>>. Acesso em: 23 de mai. 2023.

DURÃES, L. C. L. **Qualidade microbiológica, físico-química e perfil eletroforético de amostras de soro de queijo produzidos no norte de Minas Gerais**. 2018. 67 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal), Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, Minas Gerais, 2018. Disponível em:< [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/NCAP-B3WHH2/1/livia\\_dur\\_es\\_disserta\\_o\\_1\\_via\\_dur\\_es\\_2.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/NCAP-B3WHH2/1/livia_dur_es_disserta_o_1_via_dur_es_2.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2022.

DÜZ, M.; DOĞ, Y. N.; DOĞAN, A. Antioxidant activity of *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus sake* and *Lactobacillus curvatus* strains isolated from fermented Turkish Sucuk. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, n. 4, p. 1-13, 2020. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/aabc/a/8WmQhYqFCsCYcKZmw46jQpk/abstract/?lang=en>>. Acesso em: 5 jun. 2021.

ESTANECH, A. F. da C. **Desenvolvimento de patê da pescada-bicuda (*Sphyræna tome*, Fowler, 1903) com propriedades funcionais para diversificação e agregação de valor**. 2018. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade

Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2018. Disponível em:<<https://tede.ufrj.br/jspui/handle/jspui/4515>>. Acesso em: 12 abr. 2023.

ESTANECH, A.; OLIVEIRA, N.; AMORIM, E.; VALADÃO, R.; TORREZAN, R.; OLIVEIRA, G. Effect of the addition of maniocstarch, water and inulin on the technological characteristics of bicuda pâté (*Sphyraena tome*, Fowler, 1903). **Revista Chilena de Nutricion**, v. 47, n. 3, p. 359–365, 2020. Disponível em:<<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1126132>>. Acesso em: 12 mai. 2021. doi: 10.4067/S0717-75182020000300359.

FAO. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. **Sustainability in action**. Rome, FAO. Disponível em:<<http://www.fao.org/3/ca9229en/ca9229en.pdf>>. Acesso em: 13 mai. 2021. doi: 10.4060.

FAO. 2019. The State of World Fisheries and Aquaculture 2019. **Securing sustainable small-scale fisheries: sharing good practices from around the world**. Rome, FAO. Disponível em:<<http://www.fao.org/3/CA3041EN/ca3041en.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2021.

FAO. 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. **Contributing To Food Security and Nutrition For all**. Rome, FAO. Disponível em:<<http://www.fao.org/3/d1eaa9a1-5a714e42-86c0-f2111f07de16/i3720e.pdf>> Acesso em: 15 jan. 2022.

FAO. 2014. The state of world fisheries and aquaculture 2014. **Strengthening the enabling environment for food security and nutrition**. Rome, FAO. Disponível em:<<http://www.fao.org/3/i3720e/i3720e.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2021.

FAO. 2018. The state of world fisheries and aquaculture 2018. **Meeting the sustainable development goals**. Rome, FAO. Disponível em:<<http://www.fao.org/documents/card/es/c/I9540EN/>>. Acesso em: 10 mai 2021.

FAO. 2022. The state of world fisheries and aquaculture 2022. **Towards Blue Transformation**. Rome, FAO. Disponível em:<<https://www.fao.org/3/cc0461en/cc0461en.pdf>>. Acesso em: 15 mai 2021.

FAO/WHO. Food and Agriculture Organization / World Health Organization. Public Health. **Risks of Histamine and other Biogenic Amines from Fish and Fishery Products**. Meeting Report. 2013. 126 p. Disponível em:<<file:///C:/Users/Note/Desktop/119-Texto%20do%20artigo-272-1-10-20180928.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2023.

FAGBENRO, O.A.; JAUNCEY, K. Chemical and nutritional quality of stored fermented fish (tilapia) silage. **Bioresource Technology**, v. 46, p. 207-211, 1993. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/096085249390121Q>>. Acesso em: 15 mai. 2023.

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. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 6, p. 669–677,

dez. 2010. Disponível em:<  
<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/fCnfwcVFbVZFnpTRWTKMM3z/?format=pdf&lang=pt>>.  
Acesso em: 10 mar. 2021.

FERREIRA, D. P. **Viabilidade celular e atividade antioxidante de leite fermentado por *Lactobacillus helveticus* e *Enterococcus faecium***. 2021. p.36. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Tecnologia em Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021. Disponível em:<<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/26510>>.18 jun. 2021.

FREIRE, T. T.; SILVA, A. L. T.; FERREIRA, B. K. O.; SANTOS, T. M. Bactérias ácido lácticas suas características e importância: revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. 1-19, 2023. Disponível em:<<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/19964>>. Acesso em: 10 de dez. 2022.

FREITAS, S. J. **Embutido tipo salsicha de carne mecanicamente separada de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) com adição de farinha do resíduo do processamento de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill)**. 2020. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica, 2020. Disponível em:<[https://cursos.ufrj.br/posgraduacao/ppgcta/files/2021/02/Dissertao\\_-\\_Selmir\\_Freitas\\_FINAL-1.pdf](https://cursos.ufrj.br/posgraduacao/ppgcta/files/2021/02/Dissertao_-_Selmir_Freitas_FINAL-1.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2022.

FOGAÇA, F. H. dos S. Conservação de Carne Mecanicamente Separada (CMS) de Tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Embrapa Agroindústria de Alimentos. Comunicado Técnico**, 244, p.6, 2021. Disponível em:<[https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1131358/conservacao-de-carne-mecanicamente-separada-cms-de-tilapia-oreochromisniloticus#:~:text=Publica%C3%A7%C3%B5es,Conserva%C3%A7%C3%A3o%20de%20Carne%20Mecanicamente%20Separada%20\(CMS\)%20de%20Til%C3%A1pia%20\(Oreochromis,res%C3%ADduos%20e%20produtos%20de%20peixe](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1131358/conservacao-de-carne-mecanicamente-separada-cms-de-tilapia-oreochromisniloticus#:~:text=Publica%C3%A7%C3%B5es,Conserva%C3%A7%C3%A3o%20de%20Carne%20Mecanicamente%20Separada%20(CMS)%20de%20Til%C3%A1pia%20(Oreochromis,res%C3%ADduos%20e%20produtos%20de%20peixe)>. Acesso em: 10 de dez. 2022.

FURLAN, E. F.; VAZ, F. S.; FERRARI, F.; NEIVA, C. R. P. **Tecnologia de Alimentos Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos: desenvolvimento de carne mecanicamente separada de peixes a partir de mistura de espécies marinhas uma abordagem física e química**. 2. ed. São Paulo: Editora Científica, cap. 8. p. 131-146, 2020.

FURLAN, E., GALVÃO, J., MATTHIENSEN, A., OETTERER, M., SILVA, L., SUCASAS, L. **Qualidade e Processamento de Pescado**. Elsevier Brasil, 256 p., 2015.

GAZAL, L. E. de S.; BRITO, K. C. T.; CAVALLI, L. S.; KOBAYASHI, R. K. T.; NAKAZATO, G.; OTUTUMI, L. K.; CUNHA, A. C. da C.; NETO, J. A. P. N.; BRITO, B. G. Salmonella sp. em peixes—qual a importância para sanidade em pescado?. **Pesq. Agrop. Gaúcha**, Porto Alegre, v.24, ns.1/2, p. 55-64, 2018. Disponível em:<<http://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/47/38>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

GE, Q.; YANG, B.; LIU, R.; JIANG, D.; YU, H.; WU, M.; ZHANG, W. Antioxidant activity of *Lactobacillus plantarum* NJAU-01 in an animal model of aging. **BMC Microbiology**, v.91, p. 2-9, 2021. Disponível em:<<https://bmcmicrobiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12866-021-02248-5>>. Acesso em: 20 mai. 2021.

GUEDES, R. de O. **Produção de silagem biológica a partir de coprodutos do processamento de pescado e fontes de carbono de baixo custo**. 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2012. Disponível em:<<https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOCTORADO-CIENCIA-TECNOLOGIAAMBIENTAL/47.%20E%80%9CSilagem%20Biol%C3%B3gica%20a%20partir%20de%20coprodutos%20do%20processamento%20de%20pescado%20e%20fontes%20de%20carbono%20de%20baixo%20custo%20E%80%9D.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2021.

GEUS, J. A. M.; LIMA, I. A. Análise de coliformes totais e fecais: Um Comparativo entre técnicas oficiais VRBA e Petrifilm EC aplicados em uma indústria de carnes. **Anais do II Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais**, p.6, 2006. Disponível em:<<https://docplayer.com.br/19900991-Analise-de-coliformes-totais-efecaisumcomparativoentre-tecnicas-oficiais-vrba-e-petrefilm-ec-aplicados-em-uma-industria-de-carnes.html>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

GILBERT, A.; RAA, J. Properties of a propionic acid/formic acid preserved silage of cod viscera. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.28, p.647-53, 1977. Disponível em:<<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.2740280713>>. Acesso em: 10 mar. 2023.

GJERDE, B.; MENGISTU, S. B.; ØDEGÅRD, J.; JOHANSEN, H.; ALTAMIRANO, D.S. Quantitative genetics of body weight, fillet weight and fillet yield in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.342-343, p.117-124, 2012. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848612001056>>. Acesso em: 18 set. 2021.

GODDARD, J.S.; PERRET, J.S.M. Co-drying fish silage for use in aquafeeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.118, p. 337-342, 2005. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840104002731>>. Acesso em: 2

GREEN, S. **The use of fish silage in pig nutrition**. Nottingham, 1984. 230p. Thesis (Ph.D.) UNiversity of Nottingham.

GOUVEIA, I. M. **Avaliação da produção de aminos biogénicas por *Lactobacillus*, *Staphylococcus* e *Enterococcus* isolados de produtos cárneos fermentados/fumados portugueses**. 2013. 84 f. Dissertação (Mestrado em Segurança Alimentar), Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2013. Disponível em:<<https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/5717/3/Avalia%C3%A7%C3%A3o%20da%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20aminas%20biog%C3%A9nicas%20por%20Lactobacillus,%20Staphylococcus%20e%20Enterococcus%20isolados%20de%20produtos%20c%C3%A1rneos%20fermentados-fumados%20portugueses.pdf>>. Acesso em: 23 de mai. 2023.

GONÇALVES, A. A. **Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação**. São Paulo, SP: Atheneu, 2011.

GRAF, E.; SAGUY, I. **Food product development** – From concept to the marketplace, New York, AVI, 1991, 441p.

GUIMARÃES, C. C. **Processamento, caracterização físico-química e digestibilidade da silagem biológica de resíduos de tambaqui na alimentação de poedeiras comerciais**. 2018. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018. Disponível em:<<https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/6634/4/Disserta%20Cristiane%20Cunha%20Guimar%20es>>. Acesso em: 23 de mai. 2023.

GUIMARÃES, C. C.; MACIEL, I. V.; SILVA, A. F.; LOPES, A. F.; CARPIO, K. C. R.; DA SILVA, J. I. Aspectos biotecnológicos da silagem biológica de resíduos do Tambaqui. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n.1, p. 205-215, 2020. Disponível em:<<https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/6861/6519>>. Acesso em 11 ago. 2021.

GUIMARÃES, J. de L. B.; CALIXTO, F. A. A.; KELLER, L. A. de M.; TORREZAN, R.; FURTADO, A. A. L.; MESQUITA, E. de F. M. Quality of mechanically separated meat (msm) and surimi obtained from low commercial value fish. **Bol. Inst. Pesca**, v.44, p.1-6, 2018. Disponível em:<[https://intranet.institutodepesca.org/QUALITY-OF-MECHANICALLY-SEPARATED-MEAT\\_MSM\\_AND-SURIMI-OBTAINED-FROM-LOW-COMMERCIAL-VALUE-FISH.pdf](https://intranet.institutodepesca.org/QUALITY-OF-MECHANICALLY-SEPARATED-MEAT_MSM_AND-SURIMI-OBTAINED-FROM-LOW-COMMERCIAL-VALUE-FISH.pdf)>. Acesso em: 14 mar. 2021.

GUIMARÃES, J. DE L. B.; CALIXTO, F. A. A.; MESQUITA, E. DE F. M. DE. Produção e utilização da carne mecanicamente separada de pescado: uma revisão. **Higiene Alimentar**, v. 31, p. 31–35, maio/jun. 2017. Disponível em:<<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-837454>>. Acesso em: 14 mar. 2021.

GRYSCHKEK, S. F. B.; OETTERER, M.; GALLO, C. R. Characterization and frozen storage stability of minced Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and red tilapia (*Oreochromis spp.*). **Journal os Aquatic Food Product Techology**, v. 12, n. 3, p. 57-69, 2003. Disponível em:<[https://www.researchgate.net/publication/233002274\\_Characterization\\_and\\_Frozen\\_Storage\\_Stability\\_of\\_Minced\\_Nile\\_Tilapia\\_Oreochromis\\_niloticus\\_and\\_Red\\_Tilapia\\_Oreochromis\\_spp](https://www.researchgate.net/publication/233002274_Characterization_and_Frozen_Storage_Stability_of_Minced_Nile_Tilapia_Oreochromis_niloticus_and_Red_Tilapia_Oreochromis_spp)>. Acesso em: 14 mar. 2021.

HASAN, B. Fermentation of fish silage using *Lactobacillus Pentosus*. **Jurnal Natur Indonesia**, v. 6, n.1, p. 11-15, 2003. Disponível em:<[https://www.researchgate.net/publication/292365932\\_Fermentation\\_of\\_fish\\_silage\\_using\\_Lactobacillus\\_pentosus](https://www.researchgate.net/publication/292365932_Fermentation_of_fish_silage_using_Lactobacillus_pentosus)>. Acesso em: 14 mar. 2021.

HERRERO, F.; ADRIANA, L.; TABERA, A.; AGUERIA, D.; SANZANO, P.; GROSMAN, F.; MANCA, E. Obtención, caracterización microbiológica y físicoquímica de ensilado biológico de carpa (*Cyprinus carpio*). **Revista electrónica de Veterinaria**, v.12, n. 8, p. 1-16,

2011. Disponível em:< <https://www.redalyc.org/pdf/636/63621920002.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

HISANO, H.; BORGHESI, R. Elaboração de Silagem Ácida de Vísceras de Surubim (*Pseudoplatystoma sp.*). **Circular Técnica 18**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. Dourados – Mato Grosso do Sul, p. 4, 2015. Disponível em:< <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/929778/1/CT2011181.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2021.

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. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v.13, n.3, p.872-879, 2012. Disponível em:< <https://www.scielo.br/j/rbspa/a/xbcsR8zSKnQDrSBFPxDv63N/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 10 ago. 2021.

HONORATO, C. A.; STECH, M. R.; TESSER, M. B.; PORTELLA, M. C.; CARNEIRO, D. J. Dietas micro encapsuladas para reversão sexual de tilápia do Nilo – Revisão. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.11, n.2, p. 2300-2313, 2013. Disponível em:<[https://www.researchgate.net/publication/235999846\\_DIETAS\\_MICRO\\_ENCAPSULADAS\\_PARA\\_REVERSAO\\_SEXUAL\\_DE\\_TILAPIAS\\_DO\\_NILO\\_-REVISAO](https://www.researchgate.net/publication/235999846_DIETAS_MICRO_ENCAPSULADAS_PARA_REVERSAO_SEXUAL_DE_TILAPIAS_DO_NILO_-REVISAO)>. Acesso em: 20 out. 2021. <https://periodicos.ufersa.edu.br/acta/article/download/5412/6125/26637>>. Acesso em: 20 fev. 2022.

IMAMURA, J. N.; MADRONA, G. S. Reaproveitamento de soro de queijo na fabricação de pão de queijo. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Nd., v. 1, n. 3, p.381-390, set. 2008. Disponível em:<<https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/753/661>>. Acesso em: 28 jul. 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Edição IV. I Edição Digital. São Paulo, 2008.

IDEA, P.; PINTO, J.; FERREIRA, R.; FIGUEIREDO, L.; SPÍNOLA, V.; CASTILHO, P. C. 2020. Fish processing industry residues: A review of valuable products extraction and characterization methods. **Waste and Biomass Valorization**, 11(7), 3223-3246. Disponível em:< [https://www.researchgate.net/publication/334226108\\_Fish\\_Processing\\_Industry\\_Residues\\_A\\_Review\\_of\\_Valuable\\_Products\\_Extraction\\_and\\_Characterization\\_Methods](https://www.researchgate.net/publication/334226108_Fish_Processing_Industry_Residues_A_Review_of_Valuable_Products_Extraction_and_Characterization_Methods)>. Acesso em: 10 jan. 2021.

JATOBÁ, R. F.; OLIVEIRA FILHO, P. R. C. Silagem biológica elaborada com resíduos de filetagem de Saramunete (*Pseudopeneus maculatus*). **Rev. Bras. Eng. Pesca**, v.10, p.58-68, 2017. Disponível em:< <https://ppg.revistas.uema.br/index.php/REPESCA/article/view/1170/1079>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

JERÔMIO, H. M. A. **Elaboração de embutido emulsionado tipo mortadela de carne mecanicamente separada de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) adicionado de teores reduzidos de gordura suína**. 2018. p.207. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciências dos Alimentos). Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco, 2018. Disponível em:<<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/30318>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

JUNIOR, W. M. M.; SALES, R. de O. Propriedades funcionais da obtenção da silagem ácida e biológica de resíduos de pescado. Uma revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 07, n. 2, p. 126-156, 2013. Disponível em:<<http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/106/3032>>. Acesso em: 17 fev. 2022.

KIRCHNER, R. M.; CHAVES, M. A.; SILINSKE, J.; ESSI, L.; SCHERER, M. E.; DURIGON, E. G. Análise da produção e comercialização do pescado no Brasil. **Revista Agro@Mambiente on-Line**, Boa Vista, v. 10, n. 2, p. 168, abr/jun. 2016. Disponível em:<<https://revista.ufrn.br/agroambiente/article/view/2783>>. Acesso em: 13 mar. 2021. doi:10.18227/1982-8470ragro.v10i2.2783.

KIRSCHNIK, P. G.; TRINDADE, M. A.; GOMIDE, C. A.; MORO, M. E. G.; VIEGAS, E. M. M. V. Estabilidade em armazenamento da carne de tilápia-do-nilo mecanicamente separada, lavada, adicionada de conservantes e congelada. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.48, n.8, p.935-942, ago. 2013. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/pab/a/sLDVrvjySpWnVDvcj9Gd36J/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

KIRSCHNIK, P. G. **Avaliação da estabilidade de produtos obtidos de carne mecanicamente separada de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*)**. 2007. 92 f. Tese (Doutorado em Aquicultura). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP. Disponível em:<<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/100195>>. Acesso em: 10 abr. 2022.

KUBITZA, F.; CAMPOS, J. L. Aproveitamento dos produtos do processamento de pescados. **Panorama da Aqüicultura**, v.16, p.23-29, 2006. Disponível em:<<https://panoramadaaquicultura.com.br/o-aproveitamento-dos-produtos-do-processamento-do-pescado>>. Acesso em: 16 ago. 2021.

LABUZA, T.P Kinetics of lipid oxidation in foods. Crit. Rev. **Food Technol.** v. 2, p. 355-8, 1971. Disponível em:<<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408397109527127?journalCode=bfsn18>>. Acesso em: 20 ago. 2021.

LEITE, L. M. de S. **Substituição parcial do leite integral por soro de queijo *in natura* no aleitamento artificial de cabritos**. 2013. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, Rio Grande do Norte, 2013. Disponível em:<[https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/tede/348/1/HeliaMSL\\_DISSERT.pdf](https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/tede/348/1/HeliaMSL_DISSERT.pdf)>. Acesso em: 20 ago. 2023.

LEONARDO, A. F.; BACCARIN, A. E.; SCORVO FILHO, J. D.; SCORVO, C. M. D. F. Custo de produção da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e do pacu (*Piaractus*

*mesopotamicus*) no Vale do Ribeira, estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 48, n. 1, p. 21-33, jan/mar. 2018. Disponível em:<<http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/ie/2018/tec2-1.pdf>>. Acesso em: 11 mai. 2021.

LIMA, J. L. de.; GOMES, F. A.; BARRETO, L. V.; ROSA, B. L.; SOUZA, L. P. de.; FERREIRA, J. B.; FREITAS, H. J. de. Silagem ácida e biológica de resíduos de peixes produzidos na Amazônia ocidental – Acre / Acid and biological silage of fish residues produced in the western Amazon - Acre. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 36677–36693.2020.Disponível em:<<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/11520>>.Acesso em: 10 jun. 2021.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Food Sci. Technol**, v.22, p. 65-69, 2002. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/cta/a/FWhFhxVYjcZkxMGDQgjXZkB/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

LIMA, J. L. **Silagem ácida e biológica de resíduos de peixes produzidos na Amazônia ocidental – acre**. 2019. 40 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Inovação Tecnológica), Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2019. Disponível em:<<http://www2.ufac.br/cita/dissertacoes/2019/julyane-lobes-de-lima.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2022.

LUSTOSA-NETO, A. D.; NUNES, M. L.; MAIA, L. P.; BARBOSA, J. M.; LIRA, P. P.; FURTADO-NETO, M. A. D. Almôndegas de Pirarucu e Tilápia Nilótica: caracterização e aplicação na merenda escolar. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, p. 1-12, 2016. Disponível em:<<https://www.seer.ufs.br/index.php/ActaFish/article/view/10727>>. Acesso em: 7 abr. 2023.

LUNDBERG, W.O.; JARVI, P. Peroxidation of polyunsaturated fatty compounds. In: HOMAN, R.T. ed. **Progress in the chemistry of fats and other lipids**. Oxford; Pergamon Press, 1968.v. 9, pt.3, p. 35-52.

MACHADO, T. M. Embutidos de Pescado. In: GONÇALVES, A. A. **Tecnologia do Pescado: Ciência, Tecnologia, Inovação e Legislação**. São Paulo: Editora Atheneu, 2011. p.262-272.

MARTINS, T. D. D.; FILHO, E. C. P.; COSTA, R. G.; SOUZA, J. H. M. Soro de queijo líquido na alimentação de suínos em crescimento. **Rev. Ciên. Agron.**, v. 39, n. 02, p. 301-307, 2008. Disponível em:<<https://www.sossuinos.com.br/soroqueijo/Soro%20leite%201%C3%ADquido,%20para%20su%C3%ADnos%20engorda.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2023.

MELLO, S. C. R. P.; de FREITAS, M. Q.; SÃO CLEMENTE, S. C.; FRANCO, R. M.; NOGUEIRA, E. B.; PINTO, M. D. S. R. Caracterização química e bacteriológica de polpa e surimi obtidos do espinhaço residual da filetagem de tilápia. **Ciência Rural**, v.40, n.3, p.648-653, 2010. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/cr/a/WTW5pP86Ln34scg75y5CTGF/>>. Acesso em: 11 abr. 2023.

MELO, F. de O.; ALVES, M. M.; GUIMARÃES, M. D. F.; HOLANDA, F. C. A. F. Aproveitamento do resíduo a partir do beneficiamento de pescado de uma indústria pesqueira no Norte do Brasil. **Arq. Ciên. Mar**, v. 44, n. 3, p. 5 – 11, 2011. Disponível em:< [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/7719/1/2011\\_art\\_fdeomelo.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/7719/1/2011_art_fdeomelo.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2023.

MÉLO, H. M. G.; MOREIRA, R. T.; DÁLMAS, P. S.; MACIEL, M. I. S.; BARBOSA, J. M.; MENDES, E. S. Viabilidade da utilização da carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia do Nilo na elaboração de um produto tipo "mortadela". **Ars Veterinaria**, v.27, n.1, p.022-029, 2011. Disponível em:< <https://arsveterinaria.org.br/index.php/ars/article/view/367>>. Acesso em: 21 abr. 2023.

MINOZZO, M. G. **Patê de pescado: alternativa para incremento da produção nas indústrias pesqueiras**. 2010. p.228. Tese de Doutorado (Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010. Disponível em:< <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/23010/TeseMarceloMinozzo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 11 abr. 2023.

MORAIS, T. K. B. **Elaboração de surimi e salsichas de tilápia da espécie *oreochromis niloticus***. 2014. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2014. Disponível em:< <https://tede.ufrjr.br/handle/jspui/3002>>. Acesso em: 14 abr. 2023.

MORAIS, A. C. N. **Processamento de bebida à base de soro de queijo Minas frescal e uva por alta pressão hidrostática**. 2015. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2015. Disponível em:< <https://tede.ufrjr.br/jspui/bitstream/jspui/4235/2/2015%20-%20Ana%20Carolina%20Nunes%20de%20Morais.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2023.

NATEL, J. C. C.; PORTES, J. V.; PILCH, M. R. Avaliação de diferentes inoculantes na produção de silagem de peixe. **Enciclopédia biosfera**, p. 1-11, 2017. Disponível em:< <https://gia.org.br/portal/wp-content/uploads/2017/11/Silagem.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2021.

NASCIMENTO, M. dos 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**, Centro Científico Conhecer, v.10, n.18, p. 2450-2458, 2014. Disponível em:< <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/producao%20e%20caracterizacao.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2021.

NASCIMENTO, M. dos S. Produção de compostagem e silagem como gestão sustentável dos resíduos de peixes. **Revista Eletrônica Multidisciplinar de Investigação Científica**, v. 2, n. 2, 2023. Disponível em: <https://remici.com.br/index.php/revista/article/view/101>. Acesso em: 1 ago. 2023.

NETO, A. D. L.; GONÇALVES, A. A. Formatados e reestruturados (hambúrguer, nuggets etc.) In: Gonçalves, A. A. **Tecnologia do Pescado: Ciência, Tecnologia, Inovação e Legislação**. São Paulo: Atheneu, cap.2, p.235-245. 2011

OETTERER, M. Estabilidade de carne mecanicamente separada de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em função do uso de diferentes aditivos químicos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v.3, n.1, p.44, 2013. Disponível em:<[https://www.researchgate.net/publication/268522505\\_Estabilidade\\_de\\_Carne\\_Mecanicamente\\_Separada\\_de\\_tilapia\\_Oreochromis\\_niloticus\\_em\\_funcao\\_do\\_uso\\_de\\_diferentes\\_aditivos\\_q uimicos](https://www.researchgate.net/publication/268522505_Estabilidade_de_Carne_Mecanicamente_Separada_de_tilapia_Oreochromis_niloticus_em_funcao_do_uso_de_diferentes_aditivos_quimicos)>. Acesso em 15 abr. 2023.

OETTERER, M. **Pescado fermentado**. In: Eugênio Aquarone; Walter Borzani; Willibaldo Schmidell; Urgel de Almeida Lima. (Org.). *Biotecnologia Industrial*. 1ed.São Paulo: Editora Afiliada, 2001, v. 4, p. 305-346.

OETTERER, M. Produção de silagem a partir da biomassa residual de pescado. **Alimentação e Nutrição**, São Paulo, 5: 119-34, 1993/94. Disponível em:<[https://www.researchgate.net/publication/49600001\\_Producao\\_de\\_silagem\\_a\\_partir\\_da\\_biomassa\\_residual\\_de\\_pescado](https://www.researchgate.net/publication/49600001_Producao_de_silagem_a_partir_da_biomassa_residual_de_pescado)>. Acesso em: 11 mai. 2023.

OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de pesca**.São Paulo: Livraria Varela, 1999

OLIVEIRA, A. L. T.; SALES, L. de O.; BRUNO, F. H. S.; FREITAS, J. B. S. 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, 2013. Disponível em:<<http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/103>>. Acesso em: 11 mai. 2021.

OLIVEIRA, M. M.; PIMENTA, M. E de S. G.; CAMARGO, A. C. da S.; FIORINI, J. E.; PIMENTA, C. J. Silagem de resíduos da filetagem de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com ácido fórmico - análise bromatológica, físico-química e microbiológica. **Ciênc. agrotec.**, v. 30, n. 6, p. 1218-1223, 2006. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/cagro/a/JnGdjFsbcbTm7S9pFnb63Hb/?lang=pt>>. Acesso em: 11 ago. 2021.

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**, v.6, n.2, p.1–16, 2012. Disponível em:<<http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/62/3009>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

OLIVEIRA, T. da S.; NETO, P. Z.; ENKE, D. B. S. Produção e caracterização de diferentes produtos obtidos a partir de silagem ácida de resíduos de tilápia nilótica, salmão do atlântico e camarão sete barbas. **Braz. J. Anim. Environ. Res.**, v. 3, n. 3, p. 1314-1328, 2020. Disponível em:<<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/14391/11965>>. Acesso em: 11 abr. 2023.

OZOGUL, F.; CAGALJ, M.; SIMAT, V.; OZOGUL, Y.; TKACZEWSKA, J.; HASSOUN, A.; KADDOUR, A. A.; KULEY, E.; RATHOD, N. B.; PHADKE, G. G. Recent

developments in valorisation of bioactive ingredients in discard seafood processing by-products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 116, p. 559-582, 2021. Disponível em:< <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03474650>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

ÖZYURT, G.; OZKUTUK, A. S.; UCAR, Y.; DURMUS, M. Evaluation of the potential use of discard species for fish silage and assessment of its oils for human consumption. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 4, p. 1081–1088, 2019. Disponível em:< [https://www.researchgate.net/publication/328832012\\_Evaluation\\_of\\_the\\_potential\\_use\\_of\\_discard\\_species\\_for\\_fish\\_silage\\_and\\_assessment\\_of\\_its\\_oils\\_for\\_human\\_consumption](https://www.researchgate.net/publication/328832012_Evaluation_of_the_potential_use_of_discard_species_for_fish_silage_and_assessment_of_its_oils_for_human_consumption)>. Acesso em: 13 jun. 2021. doi: 10.1111/ijfs.13954

ÖZYURT1, G.; ÖZKÜTÜK, A. S.; BOGA, M.; DURMUŞ, M.; BOĞA, E. K. Biotransformation of Seafood Processing Wastes Fermented with Natural Lactic Acid Bacteria; The Quality of Fermented Products and Their Use in Animal Feeding. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, p. 543-555, 2017. Disponível em:< [https://www.trjfas.org/uploads/pdf\\_1025.pdf](https://www.trjfas.org/uploads/pdf_1025.pdf)>. Acesso em: 13 jun. 2021.

PEIXE BR. **Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixes BR 2020**. Associação Brasileira da Piscicultura, 2020. Disponível em:< <https://www.peixebr.com.br/anuario-2020/>>. Acesso em: 5 jan. 2021.

PEIXE BR. **Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixes BR 2022**. Associação Brasileira da Piscicultura, 2022. Disponível em:<<https://www.peixebr.com.br/anuario2022/>>. Acesso em: 12 fev. 2022.

PEIXE BR. **Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixes BR 2023**. Associação Brasileira da Piscicultura, 2023. Disponível em:< [:https://www.peixebr.com.br/anuario2023/](https://www.peixebr.com.br/anuario2023/)>. Acesso em: 28 fev. 2023.

PINTO, B. V. V. **Elaboração de Fishburger com Resíduos da Filetagem da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758) adicionado de Transglutaminase**. 2017. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2017. Disponível em:< <https://tede.ufrjr.br/jspui/handle/jspui/2200#preview-link0>>. Acesso em: 12 abr. 2023.

PINTO, B. V. V. P. V. P.; BEZERRA, A. E.; AMORIM, E.; VALADÃO, R. C.; OLIVEIRA, M. de O. O resíduo de pescado e o uso sustentável na elaboração de coprodutos. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias** (ISSN: 2525-4790), v. 2, n. 2, jul/dez. 2017. Disponível em:<<https://periodicos.ifpr.edu.br/index.php?journal=MundiMAA&page=article&op=view&path%5B%5D=223>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

PIRES, D. R. SILVA, P. P. O., AMORIM, E. & OLIVEIRA, G. M. Espécies de pescado subexploradas e seu potencial para elaboração de produtos com valor agregado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 148–157, 2014. Disponível em:< <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2956>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

PIRES, D. R.; MORAIS, A. C. N.; COSTA, J. F.; GOÉS, L. C. D. S.; OLIVEIRA, M. de O. Aproveitamento do resíduo comestível do pescado: Aplicação e viabilidade. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 5, p. 34 - 46, mar. 2015. Disponível em:< <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2956/0>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

Report. 2013. 126 p. Disponível em:< [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/89216/9789240691919\\_eng.pdf;jsessionid=ECEE303D5863AB5EDBC2F6D2F430E82C?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/89216/9789240691919_eng.pdf;jsessionid=ECEE303D5863AB5EDBC2F6D2F430E82C?sequence=1)>. Acesso em: 11 abr. 2023.

PRADO, E. V. do.; PRADO, F. M. T. Viabilidade econômica da secagem do farelo de milho degerminado usando glp. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v.21, n.1, p.38-45, jul, 2012. Disponível em:< [http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/GhbeqENLwdHeG9Y\\_2013-5-17-17-59-39.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/GhbeqENLwdHeG9Y_2013-5-17-17-59-39.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2023.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 755-760, jul./ago. 2006. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/qn/a/7QPFMBDGVjFgdBGNsCCvhpm/?lang=en&format=pdf#:~:text=Os%20antioxidantes%20principais%20e%20mais,e%20tocofer%20C3%B3is%20e%20s%20A3o%20naturais18.>>>. Acesso em: 15 ago. 2023.

RICARTE, S. C. L. **Efeito da adição de biomassa de banana verde e soro de queijo na composição e nos valores de perda de peso em apresuntado caprino**. 2018. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Salgueiro, Salgueiro, PE, 2018. Disponível em:< <https://releia.ifsertao-pe.edu.br/jspui/bitstream/123456789/222/1/TCC%20-%20EFEITO%20DA%20ADI%20c3%87%20c3%83O%20DE%20BIOMASSA%20DE%20BANANA%20VERDE%20E%20SORO%20DE%20QUEIJO%20NA%20COMPOSI%20c3%87%20c3%83O%20E%20NOS%20VALORES%20DE%20PERDA%20DE%20PESO%20EM%20APRESUNTADO%20CAPRINO.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2023.

RIBEIRO, I. A.; RIBEIRO, S. de C. A.; CASTRO, O. J. S.; MEDEIROS, G. K. C. Q.; SILVA, A. C. Aproveitamento do óleo bruto obtido por silagem ácida de resíduo de pescado. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.11, n.21, p.203-211, 2015. Disponível em:<<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/agrarias/aproveitamento%20de%20oleo.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2021.

RIBEIRO, S. C. A.; PAULA, M. T.; CASTRO, J. S. O. Silagem ácida de resíduos de filetagem de duas espécies de peixes amazônicos para utilização em ração animal. **Rev. Virtual Quim**, vol. 12, n. 4, p. 930-937, 2020. Disponível em:<<https://s3.sa-east-1.amazonaws.com/static.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v12n4a19.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2021.

RODRIGUES, A. C. de O.; SALES, R. de O.; AZEVEDO, A. R.; ALVES, A. A. Efeito da inclusão de silagem biológica de resíduos de pescado sobre a digestibilidade de dietas para ovinos. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.17, n. 1, p. 1 – 22, 2023. Disponível em:< <http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/700>>. Acesso em: 20 out. 2021.

RODRIGUES, A. P. O.; LIMA, A. F.; ALVES, A. L.; ROSA, D. K.; TORATI, L. S.; SANTOS, V. R. V. dos (Ed.). **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1083549>>. Acesso em: 11 abr. 2023.

ROSSATO, S.; MASCHIO, D.; MARTINELLI, S. G.; NUNES, L. M. C.; RADÜNZ NETO, N.; LAZZARI, R. Fish meal obtained from the processing of *Rhamdia quelen*: an alternative protein source. **Boletim do Instituto de Pesca**. v. 44(4), p.1-9. 2018. Disponível em:<<https://institutedepesca.org/index.php/bip/article/view/1321/1296>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

ROSSETTO, J. F.; SIGNOR, A. Inovações tecnológicas empregadas em coprodutos gerados pelo processamento do pescado. **Pubvet**, v. 15, n. 4, p. 1–11, abr. 2021. Disponível em:<<https://www.pubvet.com.br/artigo/7735/inovaccedilotildees-tecnoloacutegicas-empregadas-em-coprodutos-gerados-pelo-processamento-do-pescado>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

SALES, R. de O. Reciclagem de sub-produtos da indústria pesqueira na alimentação animal. Revisão de Literatura. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.17, n. 1, p. 01 – 38, 2023. Disponível em: <<http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/614>>. Acesso em: 11 ago. 2021.

SALES, R. O. **Processamento, caracterização química e avaliação nutricional da silagem da despesca da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em dietas experimentais com ratos**. 1995. p.174. Tese de Doutorado (Doutorado em Zootecnia). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995. Disponível em:<[http://www.nutricaoanimal.ufc.br/anais/anaisb/aa24\\_3.pdf](http://www.nutricaoanimal.ufc.br/anais/anaisb/aa24_3.pdf)>. Acesso em: 19 jun. 2021.

SANTOS, C. S.; SHINOHARA, N. K. S.; MACEDO, I. M. E.; OLIVEIRA FILHO, P. R. C.; SOUZA, M. D. L. C. **Uso da carne mecanicamente separada (CMS) em produtos cárneos. Resiliência, sustentabilidade e desenvolvimento social sob a ótica da engenharia e agronomia** [livro eletrônico], Campina Grande, Editora Amplla, p. 104-121, 2020. Disponível em:<<https://ampllaeditora.com.br/books/2020/08/eBook-Resiliencia-Sustentabilidade-e-DS.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2021.

SANTOS, N. F.; SALES, R. O.; AZEVEDO, A. R. Avaliação da composição centesimal das silagens biológicas de resíduos de pescado armazenada por 30 dias e 90 dias em temperatura ambiente. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.16, n.3, p. 01-16, 2022. Disponível em:<<https://institutedepesca.org/index.php/bip/article/view/1258/1232>>. Acesso em: 20 dez. 2021.

SANTOS, W. M. DOS. **Aproveitamento de produtos de resíduos de pesca para a produção de farinha**. 2016. p. 52. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016. Disponível em:<<https://wp.ufpel.edu.br/esa/files/2017/01/TCC-Weslei-Santos-1.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

SANTOS, F.W.B. Nutrição de peixes de água doce: definições, perspectivas e avanços científicos. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**. [online]. 2014. Disponível em:<[http://www.higieneanimal.ufc.br/anais/anaisb/aa24\\_2.pdf](http://www.higieneanimal.ufc.br/anais/anaisb/aa24_2.pdf)>. Acesso em: 19 jul. 2021.

SANTOS, F. K.; VASCONCELOS FILHO, M. B.; de SÁ VIEIRA, P. H.; MALHEIROS, L. S.; de OLIVEIRA FILHO, P. R. C. Rendimento corporal do saramunete, *pseudupeneus maculatus* (Bloch, 1793) submetido a diferentes métodos de filetagem. **Arq. Ciên. Mar**, v. 49, n. 2, p. 15-22, 2016. Disponível em:<[https://www.researchgate.net/publication/327145379\\_RENDIMENTO\\_CORPORAL\\_DO\\_SARAMUNETE\\_Pseudupeneus\\_maculatus\\_BLOCH\\_1793\\_SUBMETIDO\\_A\\_DIFERENTES\\_METODOS\\_DE\\_FILETAGEM](https://www.researchgate.net/publication/327145379_RENDIMENTO_CORPORAL_DO_SARAMUNETE_Pseudupeneus_maculatus_BLOCH_1793_SUBMETIDO_A_DIFERENTES_METODOS_DE_FILETAGEM)>. Acesso em: 19 jun. 2023.

SILVA, L. de M.; JESUS, G. dos S.; SOEIRO, F. de C. S.; CARVALHO, I. A.; COSTA, F. N. Avaliação da qualidade microbiológica de carne mecanicamente separada (CMS) e de derivados do pescado provenientes de cinco Municípios da baixada maranhense. **Higiene Alimentar**, v.33, n. 288/289, pág. 2307-2310, abr/mai. 2019. Disponível em:<[https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/higiene-alimentar/33-\(2019\)-288-289/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/higiene-alimentar/33-(2019)-288-289/)>. Acesso em: 5 de abr. 2023.

SILVA, M. F. **Elaboração e caracterização de silagem ácida de resíduos de tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. 2016. p. 62. Dissertação de Mestrado (Ciência de Alimentos). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016. Disponível em:<<https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5168>>. Acesso em: 11 abr. 2023.

SILVA, E. B. B. **Elaboração de salsicha de tilápia do Nilo (*Oreochromis Niloticus*, Linnaeus 1758) enriquecida com fibras da casca da uva**. 2023. 78 p. Dissertação de Mestrado (Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2023. Acesso em: 11 abr. 2023.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Livraria Valera, 1997.

SIMÕES, M. C.; RIBEIRO, C. F. A.; RIBEIRO, S. C. A.; PARK, K. J.; MURR, F. E. X. Composição físico química, microbiológica e rendimento do filé de tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 608-613, jul-set, 2007. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/cta/a/M4K7968WpH5Qz3qfvnsvyFC/?format=pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2022

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Desenvolvimento e potencial da tilapicultura no Brasil. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 16, n. 2, p. 178-201, mar. 2018. Disponível em:<<https://periodicos.ufv.br/rea/article/view/7830/pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2022

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Evolução da piscicultura no Brasil: Diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia, Texto para Discussão. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)**, Brasília, 2017. Disponível

em:<[https://www.econstor.eu/bitstream/10419/177544/1/td\\_2328.pdf](https://www.econstor.eu/bitstream/10419/177544/1/td_2328.pdf)>. Acesso em: 9 jan. 2022.

SHABANI, A.; BOLDAJI, F.; DASTAR, B.; GHOORCHI, T.; ZEREHDARAN, S. Preparation of fish wastesilage and its effecton the growth performance and meatquality of broilerchickens. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 11, p. 4097–4103, 2018. Disponível em:< [https://www.researchgate.net/publication/322868857\\_Preparation\\_of\\_fish\\_waste\\_silage\\_and\\_its\\_effect\\_on\\_the\\_growth\\_performance\\_and\\_meat\\_quality\\_of\\_broiler\\_chickens](https://www.researchgate.net/publication/322868857_Preparation_of_fish_waste_silage_and_its_effect_on_the_growth_performance_and_meat_quality_of_broiler_chickens)>. Acesso em: 21 jun. 2021. doi:10.1002/jsfa.8926.

SHOKRYAZDAN, P.; JAHROMI, M. F.; BASHOKOUH, F.; IDRUS, Z.; LIANG, J. B. Antiproliferation effects and antioxidant activity of two new *Lactobacillus* strains. **Braz. J. Food Technol.**, v. 21, 2018. Disponível em:< <https://www.scielo.br/j/bjft/a/wNKLzKzL7QGTmhsvnYs76Lp/?lang=en>>. Acesso em: 30 mai. 2023.

SIGNOR, F. R. P.; SIGNOR, A. A.; COLDEBELLA, P. F.; SIMÕES, G. S.; BOSCOLO, W. R. Aumento da qualidade nutricional da carne mecanicamente separada de tilápia e aplicação em empanados de peixes. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 47047-47061, jul. 2020. Disponível em:< <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/13233/11124>>. Acesso em: 20 dez. 2021.

SILVA, F. F. G.; FIGUEIREDO, A. B. de.; COSTA, D. C.; FAUSTINO, T. F.; MELO, C. L. de.; ANANNIAS, I. de M.; SAMPAIO, P. A. N. Silagem biológica de resíduo de tilápia com milho ou sorgo como fonte de carboidrato fermentável. **Anais da 10ª Jornada Científica e Tecnológica e 7º Simpósio da Pós-Graduação do IFSULDEMINAS**, 2018. Disponível em:<<https://jornada.ifsuldeminas.edu.br/index.php/jcmuz2/jcmuz2/paper/viewFile/4486/3422>>. Acesso em: 20 dez. 2021.

SILVA, L. de M.; JESUS, G. dos S.; SOEIRO, F. de C. S.; CARVALHO, I. A.; COSTA, F. N. Avaliação da qualidade microbiológica de carne mecanicamente separada (CMS) e de derivados do pescado provenientes de cinco Municípios da baixada maranhense. **Higiene Alimentar**, v.33, n. 288/289, pág. 2307-2310, abr/mai. 2019. Disponível em:<[https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/higiene-alimentar/33-\(2019\)-288-289/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/higiene-alimentar/33-(2019)-288-289/)>. Acesso em: 5 de abr. 2023.

SILVA, M. F. **Elaboração e caracterização de silagem ácida de resíduos de tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. 2016. p.62. Dissertação de Mestrado (Ciência de Alimentos). Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2016. Disponível em:< <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5168>>. Acesso em: 11 abr. 2023.

SILVA, M. F. O. **Produção e caracterização da silagem ácida elaborada em duas condições térmicas com resíduo do enlatamento de sardinha**. 2013. 64 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em:<

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/122594/324041.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 fev. 2022.

SILVA, N. D.; JUNQUEIRA, VALÉRIA C. A.; SILVEIRA, N. F. A. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos. In: **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. Varela, 2001.

SILVA, V. L. de M.; TORRE, C. A. L.; MÁRSICO, E. T.; MANO, S. B.; JÚNIOR, C. A. C. Aminas biogênicas como indicadores de qualidade de salames e produtos cárneos fermentados. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.9, n.16, p. 69-84, 2013. Disponível em:<<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/aminas%20biogenicas.pdf>>. Acesso em: 24 de mai. 2023.

Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal, Caputi, B. (Coord.). **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal**. São Paulo, 2017.

SIQUEIRA, R. P.; MELLO, S. C. R. P.; JORGE, T. B. F.; SEIXAS FILHO, J. T.; PEREIRA, M. M. Viabilidade econômica da produção de tilápia do Nilo como atividade secundária em propriedades rurais do Estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 10, n. 2, pág. 1-17, fev. 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i2. 12502. Disponível em:<[https://www.researchgate.net/publication/349489346\\_Viabilidade\\_economica\\_da\\_producao\\_da\\_tilapia\\_do\\_Nilo\\_como\\_atividade\\_secundaria\\_em\\_propriedades\\_rurais\\_no\\_Estado\\_do\\_Rio\\_de\\_Janeiro](https://www.researchgate.net/publication/349489346_Viabilidade_economica_da_producao_da_tilapia_do_Nilo_como_atividade_secundaria_em_propriedades_rurais_no_Estado_do_Rio_de_Janeiro)>. Acesso em: 28 out. 2021.

SOUZA, J. M. L.; SALES, R. O.; AZEVEDO, A. R. Avaliação do ganho de biomassa de alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) alimentados com silagem biológica de resíduos de pescado. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**. v.3, n.1, p.1 –14, 2009. <http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20090001>. Disponível em:<<http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/300>>. Acesso em: 29 out. 2021.

TEIXEIRA, V.L.; FONSECA, L.M. Perfil físico-químico do soro de queijos mozzarella e minas-padrão produzidos em várias regiões do estado de Minas Gerais. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.60, p.243-250, 2008. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/abmvz/a/xpZq99s4CzmyR7my5W4s6Qd/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 15 fev. 2023.

TIBCO, Software Inc., versão 1984-2020.

THOMPSON, D. R. Designing mixture experiments – A review. **Transactions of the Assae**, St. Joseph, v. 24, n.4, p. 1077-1086, 1981.

TRIKI, M.; HERRERO, A. M.; JIMÉNEZ. C, F.; RUIZ, C. C. Storage stability of low-fat sodium reduced fresh merguez sausage prepared with olive oil in konjac gel matrix. **Meat Science**, v. 94, p. 438–44, 2013.

MORALES ULLOA, D. F. **Bioconversão de resíduos da indústria pesqueira**. 1994. 127 f.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 1994. Disponível em:<<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-20191218113138/publico/MoralesUlloaDorisFloralidma.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2021.

VALADARES, C. G. **Farelo residual de milho com e sem enzima em dietas para frangos de corte**. 2014. 50 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2014. Disponível em:<<http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede/bitstream/tede2/6993/2/Camila%20Guedes%20Valadares.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2023.

VALÉRIO, A. C. R. **Elaboração de silagem enzimática de pescado como alternativa ao processo tradicional**. 1994. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 1994. Disponível em:<<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-20191218105419/publico/ValerioAnaClaudiaRuhnke.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2023.

VAN ’T LAND, M.; VANDERPERREN, E.; RAES, K. The effect of raw material combination on the nutritional composition and stability of four types of autolyzed fish silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 234, p. 284–294, 2017. Disponível em:<<https://biblio.ugent.be/publication/8562385>>. Acesso em: 22 jun. 2021. doi:10.1016/j.anifeedsci. 2017.10.009.

VASCONCELOS, M. M. M.; MESQUITA, M. do S. C.; ALBUQUERQUE, S. P. Padrões físico-químicos e rendimento de silagem ácida de tilápia. **Rev. Bras. Eng. Pesca**, v.6, n°1, p. 27-37, 2011. Disponível em:<<https://ppg.revistas.uema.br/index.php/REPESCA/article/view/315>>. Acesso em: 13 jun. 2021.

VEIT, J. C.; FREITAS, M. B.; REIS, E. S.; MOORE, O. Q.; FINKLER, J. K.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. Desenvolvimento e caracterização de bolos de chocolate e de cenoura com filé de tilápia do nilo (*Oreochromis Niloticus*). **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 23, n. 3, p. 427-433, jul./set. 2012. Disponível em:<<https://docplayer.com.br/19503981-Desenvolvimento-e-caracterizacao-de-bolos-de-chocolate-e-de-cenoura-com-file-de-tilapia-do-nilo-oreochromis-niloticus.html>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

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:<[www.pesca.sp.gov.br](http://www.pesca.sp.gov.br)>. Acesso em: 17 out. 2021.

VIDOTTI, R. M.; PACHECO, M. T. B.; GONÇALVES, G. S. Characterization of the oils present in acid and fermented silages produced from Tilapia filleting residue. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n 2, p.240-244, 2011. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rbz/a/p5McjQt9pTCZKQFhS6HqdHD/?format=pdf&lang=en>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

VIDOTTI, R. M. **Produção e utilização da silagem de peixe na nutrição do pacu (*Piaractus mesopotamicus*)**. 2001, 74 f. Tese (Doutorado em Aqüicultura), Faculdade de

Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001. Disponível em:<<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/144165>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

YARNAKDEE, S.; BENJAKUL, S.; PENJAMRAS, P.; KRISTINSSON, G. H. Chemical compositions and muddy flavour/odour of protein hydrolysate from Nile tilapia and broadhead catfish mince and protein isolate. **Rev. Food Chemistry**, vol. 142, 2014. 210p. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814613009710>>. Acesso em: 15 fev. 2023.

YOSHIOKA, E. T. O.; DAMASCENO, L. F.; MARINHO, R. G. B.; ROCHA, J. D. M. Elaboração de silagem biológica com coprodutos de peixes. **Circular Técnica**, p. 4-11, nov. 2020. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218915/1/CPAF-AP-2020-COT-160-Silagem-biologica.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2021.