



**Reciclagem de sub-produtos da indústria pesqueira na alimentação animal. Revisão de Literatura<sup>1</sup>**

*Recycling of by-products from the fishing industry in animal feed. Literature review*

**Ronaldo de Oliveira Sales<sup>2</sup>**

Revisão

**Resumo:** A produção mundial de pescados em 1983 foi estimada em 76,5 milhões de toneladas das quais 68,2 milhões foram capturados no mar e 8,3 milhões em águas interiores. Durante o período de 1945 a 1970, foi observado uma expansão da pesca mundial, com uma taxa de crescimento no valor de 7% ao ano. Porém, na década de 70, foi observada uma estabilização da produção, ou seja, a taxa de crescimento diminuiu a níveis de 1 a 2% ao ano. Várias causas influenciaram esta mudança de comportamento, mas a queda acentuada da taxa de crescimento pode ser atribuída a dois principais fatores: aumento de preços dos combustíveis na década de 70 saturação nas áreas de pesca em todos os oceanos. O objetivo deste trabalho foi conhecer o potencial da reciclagem de sub-produtos da indústria pesqueira como ingrediente alternativo na alimentação animal, farinha de peixe, principal fonte protéica, em rações para a alimentação animal com base na literatura nacional e internacional. A revisão abordou os aspectos bioquímicos e nutricionais, as metodologias de produção e o uso da silagem na alimentação animal, bem como os resultados de diversas pesquisas, como também reunir informações disponíveis sobre o valor nutritivo da silagem ácida ou biológica de resíduos de pescados, utilizados na alimentação de suínos (GREEN, S. 1984; GREEN et al., 1988; BATTERHAM et al., 1980), bovinos (JOHNSON, F. 1981; HAARD et al., 1985), peixes (HALL G.M., 1985, 1986; HARDY et al., 1983, 1984; JACKSON et al., 1984) aves (RAA & GILDBERG, 1982) e ovinos (RAA & GILDBERG, 1985). Portanto, é viável a utilização da silagem de pescado como ingrediente (alternativo) potencial em rações para animais domésticos e, portanto, as investigações científicas devem prosseguir neste sentido.

**Palavras-chave:** sub-produtos; silagem de pescado; Recuperação de fragmentos comestíveis: óleos de pescado.

**Abstract:** World fish production in 1983 was estimated at 76.5 million tonnes, of which 68.2 million were caught at sea and 8.3 million in inland waters. During the period from 1945 to 1970, an expansion of world fisheries was observed, with a growth rate of 7% per year. However, in the 70's, a stabilization of production was observed, that is, the growth rate decreases to levels of 1 to 2% per year. Several causes influenced this behavior change, but the sharp drop in growth rate can be attributed to two main factors: fuel price increases in the 70s saturation in the fishing areas in all oceans. The objective of this work was to know the potential of the recycling of by-products of the fishing industry as an alternative ingredient in animal feed, fish meal, the main source of protein, in animal feed rations based on national and international literature. The review addressed the biochemical and nutritional aspects, the production methodologies and the use of silage in animal feed, as well as the results of several researches, as well as to gather available information on the nutritional value of the acid or biological silage of fish waste, used (1985), which is based on the results of a review of the results of the present study. (Harrison et al., 1984), and birds (RAA & GILDBERG, 1982) and sheep (RAA & GILDBERG, 1985). Therefore, the use of fish silage as a potential (alternative) ingredient in petfood is feasible and therefore scientific investigations must continue in this regard

**Kew words:** by-products; fish silage; Recovery of edible fragments: fish oils.

<http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20230005>

Recebido em 21.1.2020 Aceito em 30.1.2023

Autor para correspondência: E.Mail: \* [ronaldo.sales@ufc.br](mailto:ronaldo.sales@ufc.br)

<sup>1</sup> Parte da Dissertação de “Doutorado” do autor apresentada na FEA/UNICAMP - SP.

<sup>2</sup> Prof. Associado/Doutor/DZ/CCA/UFC

## Introdução

No Brasil, o aproveitamento de resíduos no ciclo de produção de pescado é pouco significativo. Apenas nas indústrias de conservas estes resíduos têm sido utilizados para a elaboração da farinha de pescado. Os resíduos da industrialização do pescado representam um sério problema para a planta industrial, por serem poluentes e de difícil descarte, interferindo na eficiência do processo produtivo, podendo ser aproveitados, descartados total ou parcialmente, e ainda modificados previamente, de forma a não se constituírem poluentes. Certamente que esta orientação será embasada por diferentes fatores, inclusive os de ordem econômica.

Uma alternativa viável para a região Nordeste é o aproveitamento das perdas das despescas para elaboração da silagem, forma mais econômica de aproveitamento desta espécie, podendo ser obtida de maneira artesanal nas áreas de abrangências dos açudes, fazendas e até industrialmente nos maiores centros urbanos (SALES, 1995).

No Brasil, há relatos de algumas pesquisas com elaboração e utilização de subprodutos de pescado. Nunes *et al.* (1996), elaborou silagem utilizando ácido acético em substituição a outros ácidos; Vieira *et al.* (1992), avaliaram biologicamente o hidrolisado preparado com subprodutos da lagosta, visando obter peptona; Sales (1995), observou a qualidade protéica e dietética, bem como os efeitos da complementação protéica da dieta comercial com silagem de tilápia; Espíndola Filho (1997), com

aproveitamento do resíduo sólido de peixe, camarão e bivalves como fertilizante marinho e ingrediente de ração para aquicultura; Lustosa Neto (1994) com a bioconversão das aparas do processamento dos Lutjanídeos e Sales (1995), desenvolveu estudos da adequação do processamento de silagens de resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus)): na caracterização química e funcional da fração seca e lipídeos.

Segundo a FAO (1989), a produção mundial de pescado em 1986 alcançou 91,5 milhões de toneladas, estimando-se que cerca de 10% deste total é oriunda da aquicultura, onde esta espécie encontrou condições adequadas para seu desenvolvimento. Segundo Lovshin *et al.* (1974), 20% da despesca do pescado capturado nos açudes do Nordeste brasileiro chega a ser perdido por falta de armazenamento. Não existe na literatura dados que quantifiquem a porcentagem de perdas nos dias atuais, mas estas continuam existindo.

Em termos quantitativos, o volume de resíduos sólidos gerado pelas indústrias processadoras de pescado, à exceção das produtoras de farinha de peixe, oscila entre 30,0 a 80,0% do volume recebido, a depender do sistema de produção. Grande parte das tecnologias conhecidas para utilização destes resíduos não se mostra atrativa, devido à escassez de material e em vista do elevado investimento inicial. Os aterros sanitários e lagoas de tratamento de efluentes também não são alternativas recomendáveis, devido ao impacto ambiental que provocam nas áreas

costeiras ou de águas interiores, além de comprometer o uso destas áreas como pólos de turismo e lazer. Por outro lado, o desenvolvimento da biotecnologia permitiu relativa facilidade na utilização de enzimas e microrganismos adaptados para degradar biomassas, disponibilizando tecnologia e processos que permitem o manejo do resíduo com fluxo contínuo e com menores investimentos.

O descarte dos resíduos da industrialização do pescado pode ser direcionado para vários tipos de aproveitamento e divididos em quatro categorias: alimentos para consumo humano, ração para animais (*pet food*), fertilizantes ou produtos químicos. A farinha de pescado constitui uma boa forma de aproveitamento dos resíduos, porém requer equipamentos e procedimentos de alto custo e, para que seja economicamente viável, a produção mínima teria de alcançar 10 t/dia. Outras opções que se configuram são a silagem de pescado e a compostagem com outros materiais ou resíduos industriais, com produção de subprodutos de alto valor comercial.

Aplicada a pequenas unidades comerciais, a silagem representa uma proposta vantajosa em vista do crescente aumento de resíduos da industrialização do pescado. A produção de silagem em relação a outros produtos, como farinha e óleo de pescado, apresenta uma série de vantagens. A tecnologia é mais simples, mais rápida em climas tropicais, independe da escala de produção e das condições climatológicas, o investimento é menor e além de reduzir os problemas de poluição ambiental (odor e efluentes), possibilita a utilização imediata do produto e não necessita de armazenamento com refrigeração.

Por outro lado, apresenta algumas desvantagens. Trata-se de um produto volumoso, dificultando o armazenamento e transporte. Além do que, muitas espécies tropicais têm alto

teor de gordura, o que afeta no processamento da silagem e o tempo de armazenagem do produto. Em síntese, a silagem não apresenta um diferencial competitivo em relação à farinha de pescado tradicional, mas pode se constituir uma alternativa para completa utilização das fontes de proteínas disponíveis.

### **3.2. Silagem de peixe**

#### **3.2.1. Histórico**

Foram os romanos os primeiros a converterem subprodutos da pesca para algo semelhante ao que hoje é conhecido como silagem de pescado, um molho de peixe espesso, conhecido como *garum*, mencionado por volta de 525 a.C. Era preparado de guelras e vísceras de uma grande variedade de espécies de peixes, onde as sobras eram acondicionadas compactamente em recipientes lacrados hermeticamente e deixados para decompor completamente (MANDELLI, 1972). As vísceras do peixe forneciam uma potente fonte de enzimas proteolíticas para a autólise. A decantação do licor autolisado deixava um resíduo conhecido como *alec*, ao qual eram adicionados mais peixe e salmoura para produzir uma substância semi-sólida chamada *putrilage*. Ambos, *garum* e *putrilage*, tornaram-se iguarias que eram exportadas do sul da Itália para todo o Império Romano.

Alguns povos do Sudeste asiático, notadamente os Indochineses, complementavam a sua ração rizícola com concentrados protéicos obtidos da autólise da carne e vísceras de certos clupeídeos de origem marinha. Os *anamidas*, entre outras tribos da Indochina, preparavam aqueles autolisados que receberam o nome local de *mans* quando de peixes e *nuoc-man* quando de camarões, sendo a mistura sal e pescado mantida por meses e agitada ocasionalmente no período inicial da preparação. Tais *mans* são encontrados tanto na forma líquida quanto semilíquida e pastosa, tendo os líquidos

densidade em torno de 1,1 a 1,2 e pH 5 a 7 (MANDELLI, 1972). Segundo o mesmo autor, os teores de nitrogênio uréico e indólico constituem os principais índices da qualidade do produto.

A silagem de peixe não é um produto novo. O método surgiu nos países escandinavos, sendo a Suécia o primeiro país a produzir silagem de pescado em 1936, em experimentos com a utilização de misturas de ácido sulfúrico, clorídrico, fórmico e na adição de outros ingredientes como melão (DISNEY & JAMES, 1980).

Desde a década de 40, a silagem tem sido produzida em muitos países, incluindo Canadá (FREEMAN & HOOGLAND, 1956), Reino Unido (TATTERSON & WINDSOR, 1974), Austrália (BATTERMAN & GORMAN, 1980), Noruega e Alemanha (STROM & EGGUM, 1981), mas foi somente na Dinamarca, Polônia e Noruega que o processamento da silagem prosseguiu em escala comercial. Na Dinamarca, a produção de silagem de peixe pelo uso de uma mistura de ácido fórmico e ácido sulfúrico aumentou de 16.000 para 25.000 toneladas entre 1969 e 1972 (RAA & GILDBERG, 1982). No mesmo país, atingiu, em 1980, a produção anual de 46.000 toneladas (JOHNSEN, 1981). Na Polônia, onde o ácido sulfúrico e o ácido fórmico são usados em mistura ou separadamente, a produção foi por volta de 7.000 toneladas por ano (RAA & GILDBERG, 1982). Posteriormente, houve um esforço substancial no sentido de se implantar a silagem de peixe nos países do Sudeste asiático, como forma de aproveitamento das perdas de captura e do pescado de baixo valor comercial para elaboração da silagem de pescado, com pequeno investimento, sem causar odores ou problemas de poluição ambiental (POULTER et al., 1980; VAN WYK et al., 1977).

Na silagem, intervém uma série de fatores externos e outros intrínsecos, como o tipo de pré-processamento do peixe, a temperatura ambiente, a quantidade de ácido usada, a época da captura e outros fatores cuja inter-relação resulta em uma degradação controlada das proteínas e lipídios, que é em essência, o significado da silagem (GREEN, 1984).

Este produto é obtido da autólise ácida da proteína do pescado numa forma pastosa quase líquida que pode ser incorporada a rações como fonte de proteína, sendo também de suma importância na utilização para formulação de rações destinadas aos animais domésticos.

O valor nutricional da silagem de pescado está na digestibilidade protéica elevada devida ao fato de a proteína já estar bastante hidrolisada e da presença de lisina e triptofano entre outros aminoácidos essenciais. Após a bioconversão, o produto é uma fonte de proteínas autolisadas de alta qualidade, podendo ser usado na alimentação animal e na elaboração de novos alimentos (OETTERER DE ANDRADE, 1992).

É ainda bastante versátil, podendo também ser usado para complementar rações de várias espécies animais, quando preparado apropriadamente, constituindo-se em uma fonte de aminoácidos livres de alta qualidade, dificilmente obtida por outros processos tecnológicos (GREEN et al., 1988).

As vantagens da produção de silagem em vez de farinha de pescado são as seguintes: o processo é virtualmente independente de escala; a tecnologia é simples; o capital necessário é pequeno, mesmo para produção em larga escala; os efluentes e problemas com odores ou poluição ambiental reduzidos; a produção é independente do clima; o processo da silagem é rápido em

climas tropicais e o produto pode ser utilizado no local (OETTERER DE ANDRADE, 1992).

Assim, os procedimentos para redução dos custos das rações devem ser voltados para a redução do milho ou do farelo de soja por alimentos alternativos, energéticos ou protéicos que estejam disponíveis a preços compensadores, JOHNSEN (1981), como também para o preparo de rações de baixo custo e alto valor nutricional para aves, bovinos, ovinos, peixes e outros animais domésticos (JOHNSEN & SKREDE, 1981).

As formas usuais de recuperação e utilização de resíduos do pescado, conforme Green; Mattick (1977), são destacadas a seguir:

- **Iscas:** O uso mais antigo. Isca de peixes para crustáceos ou outros peixes.
- **Alimentos para animais de estimação:** Resíduos de atum e salmão são usados para elaboração de alimentos enlatados para gatos. Nesta aplicação também se incluem a fauna acompanhante e as espécies de baixo valor comercial.
- **Farinha de pescado:** As indústrias de farinha de pescado são empreendimentos de grande porte, consolidados e com importante participação no mercado internacional, sendo praticamente impossível para uma indústria de pescado produzir, com rentabilidade, a farinha a partir de seus próprios resíduos.
- **Outras farinhas:** Farinhas de crustáceos. Contém 25,0 a 35,0% de proteína, além de quitina e carbonato de cálcio.
- **Quitina e quitosanos:** Quitina é um polissacarídeo composto de poli-N-acetil-D-glucosamina e o quitosano é o derivado desacetilado da quitina. Sua principal aplicação é na indústria farmacêutica e na floculação de resíduos sólidos da indústria de alimentos, a produção requer investimento inicial alto.
- **Silagem de pescado:** Também chamado de pescado liqüefeito, é o produto resultante da autólise de pescado inteiro triturado ou de resíduos mantidos sob determinadas condições de acidez. O processo é relativamente simples, sendo necessária apenas a trituração do material, adição de ácidos (fórmico, propiônico, sulfúrico) ou enzimas e um recipiente para misturar. O investimento de capital é mínimo; podendo ser realizado em pequena ou grande escala, e o produto final é digerido com solubilidade de 60,0 a 80,0 %. A fração lipídica por aquecimento pode ser extraída entre 60,0 e 70,0° C, com posterior decantação ou centrifugação. Pode ser utilizado como alimento líquido para porcos, gado, aves e, e, uma vez seco, resiste a estocagem por tempo prolongado para utilização em rações para animais.
- **Compostagem aeróbica:** Trata-se de um processo de baixo custo, apropriado para grandes e pequenos volumes de material residual. O tempo de processo está na faixa de uma a duas semanas, resultando um produto estável e inodoro. Na presença de carboidratos, acelera-se a degradação. As pilhas devem ser viradas freqüentemente para permitir a oxigenação do material e reduzir odores. Observa-se uma redução de 20,0 a 40,0 % do conteúdo de sólidos na medida em que o carbono é convertido para formação do gás carbônico. O conteúdo de nitrogênio e cinzas cresce com a matéria seca. Adubos de pescado têm alto teor de nitrogênio, sendo adequados para fertilização. A compostagem aeróbica também pode ser usada na alimentação animal.
- **Compostagem para fertilização:** Os resíduos de pescado podem ser

utilizados para compostagem destinada à produção de cogumelos. A adição de nitrogênio orgânico e óleos vegetais polinsaturados à mistura aumentam o rendimento da produção de cogumelos, notadamente com utilização de óleos de pescado e solúveis de pescado.

- **Compostagem anaeróbica:** Digestão sem oxigênio. Destinado à produção de metano (CH<sub>4</sub>) combustível e alimento de uso animal.
- **Proteína de unicelulares:** A produção de proteína de organismos unicelulares alimentados com óleos ou resíduos do pescado, testada experimentalmente, apresenta baixa qualidade da proteína da biomassa produzida.
- **Hidrolisados de pescado:** Usados como peptonas em microbiologia. O processo é tecnologicamente complexo e de alto custo.
- **Recuperação de fragmentos comestíveis:** Utiliza desossadores

mecânicos para recuperação de tecidos musculares aproveitáveis do pescado. Estas máquinas recuperam 55,0 a 65,0 % do tecido muscular, contra os 40,0 a 42,0 % da filetagem. Utilizado em embutidos e *surimi*, e outros produtos a a base de triturados. As águas de lavagens de ostras e outros bivalves podem ser recuperadas para produção de sabores e extratos.

- **Fertilizantes:** O pescado liqüefeito pode ser usado como fertilizante de baixo custo.

**Óleos de pescado:** Têm seu uso na fabricação de margarinas e óleos de cozinha, atuando como fonte vitamínica e de ácidos graxos polinsaturados da série ômega 3, com propriedades terapêuticas e profiláticas.

A nomenclatura apresentada por Bertullo (1989b), para as silagens de pescado, conforme o método adotado é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Nomenclatura das silagens de pescado.

DENOMINAÇÃO	CARACTERÍSTICAS DA TÉCNICA	AUTOR
SILAGEM	Ação enzimática natural ou por agregação de um fermento microbiano, sobre substrato de melação.	Edin, H. (1940); Bertullo, V. H. (1953)
SILAGEM	Ação enzimática natural controlada por redução de pH ao se agregar ácidos orgânicos ou inorgânicos	Petersen, H. (1943) Tatterson; Windsor (1974); Windsor; Barlow (1981)
SILAGEM ÁCIDA	Ação enzimática natural controlada pela redução de pH ao se agregar ácidos orgânicos ou inorgânicos.	Petersen (1943) Tatterson; Windsor (1974) Windsor; Barlow (1981)
SILAGEM BIOLÓGICA	Ação de enzimas exógenas de origem animal, vegetal ou microbiana.	Quee Lan (1973)
HIDROLISADO QUÍMICO	Ação estrita de ácidos ou substâncias alcalinas	Sainglivier, M. (1985)
HIDROLISADO BIOLÓGICO	Ação de microrganismos proteolíticos ou enzimas	Bertullo, V. H. (1970)
HIDROLISADO MISTO	Ação enzimática natural controlada por redução de pH ao se agregar ácidos orgânicos ou inorgânicos.	Sainglivier, M. (1985)
AUTOLISADO	Ação de enzimas tissulares ou digestivas do pescado.	Sainglivier, M. (1985)
HETEROLISADO	Ação de microrganismos proteolíticos ou enzimas	Sainglivier, M. (1985)

**Fonte:** BERTULLO, (1989B ).

São conhecidos dois métodos básicos para obtenção de silagem de pescado, e independente da metodologia empregada, a silagem pode ser obtida a partir de resíduos de diferentes espécies de pescado (LESSI *et al.*, 1989; LINDGREN; PLEJE, 1983). A silagem química é produzida a partir da adição de ácidos minerais e/ou orgânicos, como ácido sulfúrico, clorídrico, fórmico, propiônico acético (DISNEY; JAMES, 1980; WIGNALL; TATTERSON, 1976). Outro método inocula microrganismos produtores de ácido láctico, utilizando-se uma fonte de carboidratos, resultando em silagem biológica ou microbiológica. Diz-se silagem enzimática quando a liquefação da massa é conduzida pela atividade de enzimas proteolíticas, naturalmente presentes nos peixes, ou adicionadas, com a finalidade de acelerar o processo.

## **2. 2. Princípios e Métodos de Elaboração da Silagem de Pescado**

Dentro do conceito de industrialização, diversos autores têm mostrado que o sucesso na produção de silagem de peixe requer certos cuidados. O material para silagem deve ser picado ou moído resultando em partículas de 3 a 4 mm de diâmetro; o ácido deve ser bem misturado com o peixe picado para evitar acúmulo de material sem tratamento onde as bactérias deterioradoras possam permanecer. A agitação periódica é necessária para facilitar a rápida liquefação e a temperatura da silagem deve ser no mínimo 20°C pois abaixo deste nível, a liquefação acontece lentamente (Disney *et al.*, 1978), visto no Fluxograma a seguir. Muitos estudos sobre a estabilidade das silagens de peixe têm se concentrado em silagens feitas a partir de peixe com baixo conteúdo de óleo ou de silagens desengorduradas (BACKHOFF, 1976; GILDBERG & RAA, 1977). Além disso, a maioria dos testes de crescimento em suínos e aves utilizando silagem de peixe tem-se

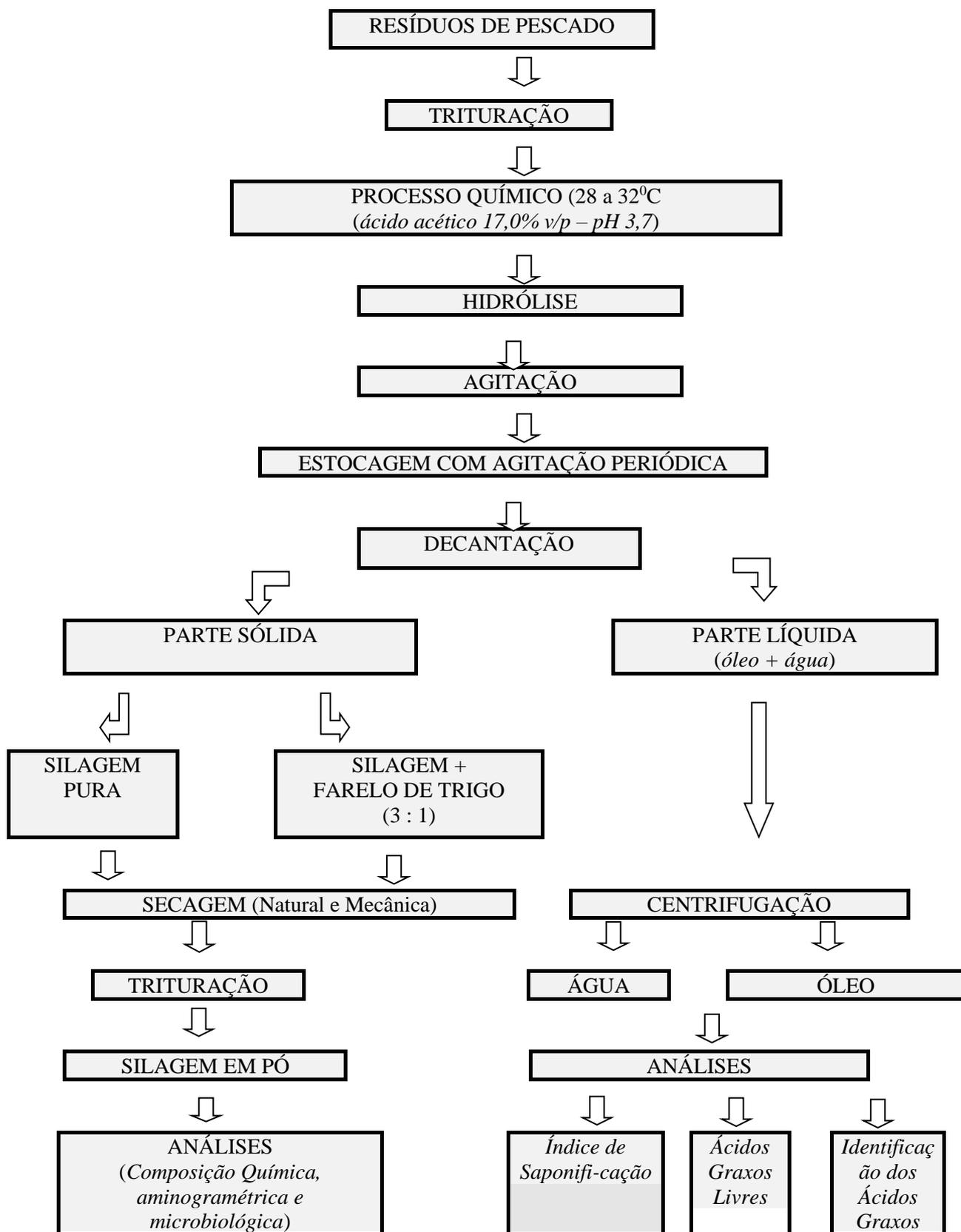
concentrado apenas nas silagens com baixo teor de lipídios (TIBBETTS *et al.*, 1981).

Dentre os principais métodos utilizados na produção de silagem de pescado, um faz uso da adição de ácidos minerais ou orgânicos (silagem química), tais como fórmico, sulfúrico, clorídrico, propiônico e acético ao pescado inteiro triturado (WIGNALL & TATTERSON, 1976); (DISNEY & JAMES, 1980), e o outro é obtido pela utilização de microrganismos produtores de ácido láctico adicionados ao pescado.

Este último produto é conhecido como silagem biológica de pescado que pode ser obtido com resíduos de diferentes espécies, fontes de carboidratos e microrganismos produtores de ácido láctico (LINDGREN & PLEJE, 1983; STROM & EGGUM, 1981; RAA *et al.*, 1982; LESSI *et al.*, 1989), sendo a liquefação conduzida pela atividade de enzimas proteolíticas naturalmente presentes nos peixes e/ou adicionadas (silagem enzimática) (KOMPIANG, 1981).

A autólise é o resultado da ação de enzimas endógenas, uma vez que o peixe homogeneizado sendo submetido a um tratamento a alta temperatura se liquefaz totalmente (TATTERSON & WINDSOR, 1974, SALES *et al.*, 1998a).

O material autolisado se caracteriza por uma degradação do material protéico original do produto da pesca, a estado de peptídios, oligopeptídios e aminoácidos, em maior ou menor grau, dependendo da técnica empregada na sua elaboração (MEINKE & MATIL, 1973), degradação essa que resulta num aumento no nível dos componentes nitrogenados não-protéicos (tais como, aminoácidos livres, amônia, mono e dimetilaminas), como indicado no estudo da silagem ácida de peixe de vísceras de bacalhau (BACKHOFF, 1976, SALES *et al.*, 2002).



-Fluxograma do processo de obtenção de silagens em pó e óleo de resíduos de pescado.

Em geral, os resultados de alguns trabalhos mostraram que a autólise em silagens feitas a partir do peixe inteiro seja principalmente devido às enzimas do intestino que são espalhadas pela massa do peixe após a trituração (BACKHOFF, 1976; HAARD et al., 1985, SALES et al., 1998d). Isto é suportado pelo fato de que, na silagem feita apenas com filés, a liquefação é pequena (TATTERSON & WINDSOR, 1974), sendo que o uso do ácido fórmico promove o abaixamento do pH a níveis entre 3,8 a 4,0, o que se constitui numa vantagem, uma vez que o uso de ácidos minerais baixa o pH para cerca de 2,0, necessitando, porém, de uma neutralização posterior à hidrólise (WIGNALL & TATTERSON, 1976, SALES, 1992).

Vários autores, na tentativa de minimizar os custos de produção com a silagem ácida de pescado, trabalharam com a mistura de ácidos minerais e orgânicos, por períodos longos de armazenagem e melhores condições de aceitação do produto final. No caso específico da combinação dos ácidos, DISNEY et al (1978) utilizaram alguns ácidos, tais como, fórmico e sulfúrico, para baixar o pH e aumentar a ação bacteriostática das silagens na faixa dos 160 dias de armazenagem (SOUZA et al., 2009).

BERAQUET & GALACHO (1983), trabalhando com a adição de 3% em peso de ácido fórmico a 90%, concluíram ser suficiente para preservar a silagem de peixe inteiro e resíduos de camarões durante o período de 30 dias de armazenagem (SANTOS & SALES, 2011).

É também extremamente importante no preparo da silagem de pescado a preparação inicial da matéria prima, triturada e misturada com ácido (sulfúrico, fórmico ou acético), sendo obtida, dessa forma, um produto líquido

estável, com aroma maltado, com boas características de armazenamento. Sendo assim, STROM & EGGUM (1981), trabalhando com vísceras de peixe trituradas e misturadas com ácido fórmico e ácido propiônico (1:1, p/p), concluíram que as mesmas sofreram autólise entre 2 a 3 dias à temperatura de 30°C. A formação de amins biogênicas pode também ser um problema se a silagem de peixe for produzida de matéria prima parcialmente deteriorada (DISNEY et al., 1978, SALES et al., 1998).

Mesmo assim, GILDBERG & RAA (1977) citam que o princípio envolvido na manufatura da silagem é a de que vários ácidos ou misturas de ácidos possam ser usados. Entretanto, quando silagens são produzidas utilizando-se ácidos inorgânicos, o pH do produto final dever ser ao redor de 2,0 para evitar o crescimento bacteriano (SALES, 1998c) sendo necessário neutralizar o produto antes que seja usado com propósitos alimentares.

LINDGREN & PLEJE (1983) demonstraram existir uma relação entre o pH e teor de nitrogênio não-protéico, sendo que, à medida que diminui o pH, a atividade proteolítica de certas enzimas é favorecida. Tais enzimas atuam sobre as proteínas do tecido muscular do pescado produzindo a autólise que conduz ao aumento do conteúdo de amônia, amins, aminoácidos e peptídios dificultando a capacidade de armazenagem do material. Por outro lado, incrementando-se o pH, favorece-se a produção de ácido por parte das bactérias lácticas.

De acordo com TATTERSON & WINDSOR (1974), as células do tecido muscular do pescado contêm pequenas organelas denominadas de lisossomas que possuem no seu interior um grande número de enzimas hidrolíticas, tais como catepsinas, fosfatases, nucleases,

lípsases, proteases e collagenases que se caracterizam por apresentar um pH ótimo de atividade na faixa ácida.

Tais condições criadas pelo abaixamento do pH, devido à glicólise durante o "rigor-mortis", acabam por causar o rompimento das paredes do lisossoma, liberando as enzimas contidas, iniciando-se a hidrólise de proteínas e a ação de aminoácidos e peptídeos, ocorrendo também a formação de pequenas quantidades de pirimidinas e bases purínicas, provenientes da desintegração dos ácidos nucléicos e lipídios, constituindo-se no fenômeno da autólise (RAA & GILDBERG, 1976).

Esta conclusão é sustentada pelos trabalhos de BACKHOFF (1976) que mediu a extensão da autólise (porcentagem de nitrogênio não-protéico) de diferentes partes de bacalhau a pH 3,9 e 30°C, representados nas Figuras 1 e 2 onde se observa que a silagem feita de vísceras e pele autolisadas, mais precisamente nas áreas de carne onde apresentam um menor índice de autólise, fato comprovado por outros autores que relataram resultados similares WIGNAL & TATTERSON (1976). Entretanto, algumas enzimas proteolíticas estão presentes na carne (FUJJI et al., 1951; SIEBERT, 1961).

No Brasil, trabalhos nesse sentido foram realizados com pescado rejeitado (Mandelli, 1972), silagens de resíduos de peixe e de camarão (Beraquet & Galacho, 1983) que, pela curva de digestão, relata que em 30 dias o processo autolítico cessa e, já nas primeiras horas e uma semana após o início do processo de autólise o grau de digestão, atinge 60% e 80% aproximadamente. Dada esta diversidade, o grau de degradação do músculo não é determinado simplesmente pelo nível de enzimas proteolíticas no peixe, mas pela ação conjunta de inibidores enzimáticos na faixa de pH alcalino e de enzimas

específicas solubilizantes mais ativas em pH mais baixo (GILDBERG & RAA, 1977). Após a morte do pescado, as enzimas proteolíticas das vísceras continuam ativas sendo responsáveis, juntamente com as enzimas bacterianas, pela deterioração do pescado. Esse processo é lento, mas a ação proteolítica pode ser acelerada se o crescimento de microrganismos for contido (pela mudança de pH, por exemplo), sendo que estas enzimas podem continuar ativas produzindo alterações no flavor e na textura (SIEBERT, 1961).

Segundo Oetterer de Andrade (1991), as enzimas proteolíticas envolvidas na digestão de peixes podem prontamente ser classificadas em quatro grupos: a) enzimas das vísceras e do trato digestivo (tripsina, quimi tripsina e pepsina); b) enzimas do tecido do muscular (catepsinas); c) enzimas das plantas (papaína, ficina e bromelina) e d) enzimas dos microrganismos.

Em casos específicos com relação aos microrganismos, Lindgren & Pleje (1983) observaram que, durante o armazenamento da silagem de pescado, só se observa a presença de bactérias ácido lácticas, indicando que os microrganismos patogênicos como, coliformes, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella ssp.* encontram-se restringidos pelo baixo pH e pelas condições de anaerobiose nas quais se observa a presença de certas substâncias antibacterianas produzidas pelas bactérias lácticas, que também são responsáveis pela produção do sabor (MACKIE et al., 1971).

### 2.3. Composição química do pescado

O conhecimento da composição química do pescado "in natura", além do aspecto nutricional, é também ponto importante no aspecto tecnológico como um indicativo para a piscicultura intensiva no que se refere ao aproveitamento dessas espécies.

O teor de proteína bruta em peixes de água doce varia de 12 a 28%, tendo

como principal constituinte a água (66% a 84%), os lipídios, de 0,1% a 22%, e as substâncias minerais, de 0,8% a 2,9% (GURGEL & FREITAS, 1972). Diferentes espécies de pescado e o tipo de músculo, branco ou escuro, podem ser os fatores responsáveis pelos valores de proteínas desses peixes (LANTZ, 1966; MAI et al., 1980; SHARDA et al., 1976).

Dado que a composição química do pescado varia de espécie para espécie e também de peixe para peixe de uma mesma espécie, diversas causas podem ser responsáveis, como, tamanho, sexo, área geográfica, ciclo metabólico, mobilidade, época do ano, parte do pescado do qual se obteve a amostra, e a alimentação, sendo a variação da composição química da tilápia bastante acentuada, principalmente no tocante à matéria seca e gordura (GURGEL & FREITAS,

1972). Segundo os mesmos autores, a composição do híbrido de Tilápia nilótica com Tilápia hornorum foi de 17,52% de proteínas, 74,32% de umidade, 2,75% de cinzas e 5,41% de lipídios totais.

Freitas et al (1979), estudando a composição química da tilápia do Nilo, verificaram variações menos acentuadas nos teores de cinzas (0,7 - 3,1%), estando as maiores variações entre os teores de proteína, onde quase todas as espécies apresentam valores diferenciados (14,3% - 21,1%), podendo a tilápia do Nilo ser enquadrada como peixe magro de alto teor protéico.

Junk (1985), relatou flutuações sazonais pronunciadas nos teores de lipídios (2-12%) e de umidade (72-80%) para o híbrido de tilápia (n=56 peixes), embora não tenha havido controle da procedência e as variações no mesmo mes foram amplas. O conteúdo de proteína variou de 17 a 19%, sem qualquer sazonalidade. Os peixes foram adquiridos em diferentes pontos comerciais e de pescadores em Manaus, Amazonas.

Para Freitas & Gurgel (1982), a composição centesimal do filé de tilápia (n=43 peixes) criado em cativeiro (Pentecoste, Ceará), variou pouco durante o ano. As percentagens médias para peso, umidade, gordura e proteína foram de 1.318 g (1.310 - 1.325 g), 76,8% (71,5-79,2%), 1,4% (0,5-3,5%) e 21,0% (19,0-23,0%), respectivamente. Os mesmos autores trabalhando com o híbrido de tilápia nilótica com tilápia hornorum verificaram que, a composição foi de 17,52% para proteína, 74,32% para umidade, 0,73% para cinzas e 5,41% de lipídios totais, valor que variou de 3,75 - 7,48% de acordo com o lote analisado. Esta variação era devida à presença de gordura cavitária em diferentes proporções nas amostras analisadas.

#### **2.4. Composição química da silagem de peixe**

Diferentes tipos de pescado como também a parte constituinte a ser utilizada para silagem (peixe inteiro, cabeça, resíduos etc) podem ser os fatores responsáveis pela amplitude observada nos valores de teor protéico dessas silagens.

De acordo com Disney & Hoffman (1978), a silagem de pescado apresenta um teor de proteína bruta (N x 6,25) da ordem de 10,2 a 19,8%, para dois ácidos usados, a diferentes pHs conforme a Tabela 2. Entretanto, diversos autores, trabalhando com ácido fórmico em extratos protéicos de bacalhau (*Gadus morhua*), a pH 4,0, encontraram os seguintes resultados: umidade 77,8% (77,8 - 78,2), proteínas 15,8% (15,8 - 16,2), lipídios 3,78% (3,78 - 3,82) e cinzas 3,45% (3,45 - 3,48) (TATTERSON & WINDSOR, 1974).

Para March et al (1963), a composição centesimal da silagem de peixe para alimentação animal com adição de aproximadamente 3% de ácido fórmico e diferentes tipos de pescados apresentou para as vísceras de peixe branco, umidade 78,9%, proteína 15,0%,

lipídios 0,5% e cinzas 4,2%. Para as vísceras de arenque, os resultados foram: umidade 75,4%, proteína 13,5%, lipídios 8,7% e cinzas 2,6%. Para vísceras de arenque sem óleo a 2% de ácido fórmico os dados foram: umidade 80,0%, proteína 14,5%, lipídios 2,0% e cinzas 2,8%. Com arenques novos e pequenos os resultados foram: umidade 69,4%, proteína 15,4%, lipídios 13,0% e cinzas

2,2%. Para enguias de praia, os resultados foram: umidade 77,7%, proteína 15,4%, lipídios 3,4% e cinzas 2,4% respectivamente. Entretanto, se a silagem for processada com resíduos de peixes, é bem provável que ocorra alguma variação na composição aproximada dos tecidos com a localização anatômica destes (TATTERSON & WINDSOR, 1974).

**Tabela 2. Composição Percentual de Silagens de Vários Peixes com o Uso de Diferentes Ácidos.**

Material usado	Tratamento c/ ácido	Umidade %	Proteína (Nx6,25)	Lipídio %	Cinzas %
Arenque (Inteiro)	3% HCOOH	10,3	12,4	9,1	4,0
Arenque (Inteiro)	pH 2,0(HCl)+ 1% HCOOH	10,2	11,3	8,6	3,9
Cavala (Inteira)	pH 3,0(HCl)+ 1% HCOOH	9,8	19,8	1,1	-
Peixe (Inteiro)	pH 3,0(HCl)+ 1% HCOOH	9,9	18,8	2,6	6,9
Cabeça e vísceras	pH 3,0(HCl)+ 1% HCOOH	10,1	15,4	3,7	8,4
Esqueleto (Inc.cabeças)	pH 3,0(HCl)+ 1% HCOOH	11,3	14,1	4,0	12,1
Somente cabeças	pH 3,0(HCl)+ 1% HCOOH	8,5	17,5	4,8	9,3
Vísceras	pH 2,0(HCl)+ 1% HCOOH	8,3	10,2	8,3	2,4
Músculos	pH 2,0(HCl)+ 1% HCOOH	8,8	17,3	0,4	2,7
Camarão	pH 3,0(HCl)+ 0,5% HCOOH	8,6	15,6	11,0	7,5

Fonte: DISNEY & HOFFMAN (1978).

Alguns autores, em estudo do valor nutricional do músculo do pescado, relataram que a parte comestível contém de 15 a 24% de proteínas e que o teor de lipídios é extremamente variável, podendo variar de 0,1 a 22%, influenciado pela espécie, estado de maturação, estação do ano e pela alimentação no caso dos peixes pelágicos (ALLEN et al., 1981). Essa variação se reflete principalmente nos lipídios, onde geralmente há aumento progressivo do teor de gordura

da carne a partir da cauda para a cabeça, sendo que o teor de lipídios do fígado mostra grandes flutuações sazonais influenciadas pela variação na alimentação e mudanças metabólicas no peixe durante o ciclo reprodutivo (STONE & HARDY, 1986).

A composição centesimal da silagem de peixe utilizando as vísceras de peixe de músculo branco, com finalidade de uso para alimentação animal processada com adição de aproximadamente 3,0 % de ácido

fórmico apresentou para umidade 78,9 %, proteína 15,0 %, lipídeos 0,5 % e cinzas 4,2 %. Para as vísceras de arenque, os resultados foram: umidade 75,4 %, proteína 13,5 %, lipídeos 8,7 % e cinzas 2,6 %. Para as vísceras de arenque sem óleo a 2,0 % de ácido fórmico os dados foram: umidade 80,0 %, proteína 14,5 %, lipídeos 2,0 % e cinzas 2,8 %. Com arenques novos e pequenos: umidade 69,4 %, proteína 15,4 %, lipídeos 13,0 % e cinzas 2,2 %. (MARCH *et al.*,1963). Os resultados encontrados por Simnhuber; Law (1974), para o pescado inteiro, em média, foram 74,8 % para umidade, 19,0 % para proteína, 5,0 % para lipídeos e 1,2 % para cinzas.

Utilizando 3,0 % de ácido fórmico a 98,0 %, Tatterson; Windsor (1974), obtiveram seis fórmulas de silagem com diferentes tipos de pescado, e observaram que o pH se mantinha próximo de 4,0 para todas estas formulações, que o teor de proteína foi de 14,9 %, o teor de gordura variou de 0,5 a 16,3 % e os minerais, em torno de 2,5 %.

Observando a composição da silagem de uma semana, após a retirada do óleo Martin; Patel (1991), constataram que a mesma apresentava, aproximadamente 80,0 % de água, 15,0 % de proteína e 4,5 % de cinzas, com estabilidade de dois anos à temperatura ambiente.

## **2.5. Composição em aminoácidos de peixes e produtos da pesca**

Foi estabelecido, há muitos anos, que o peixe e os produtos da pesca, fornecem proteína de excelente qualidade nutritiva quando avaliada com base em seu teor de aminoácidos essenciais (NEILENDS *et al.*, 1949; DUPONT, 1958; WEE *et al.*, 1986). A composição do conteúdo de aminoácidos livres no peixe "in-natura" tem se mostrado variar com a estação do ano particularmente no caso da glicina, do

ácido glutâmico e do teor de taurina (JONES, 1959).

O conhecimento em si dos conteúdos de aminoácidos essenciais (AAES) não é conclusivo para caracterizar a qualidade de uma determinada proteína, pois segundo SGARBIERI (1987), alguns índices baseados em métodos químicos, microbiológicos e biológicos, melhor estabelecem certas correlações entre a composição da proteína e sua qualidade nutricional. Para o mesmo autor, entre outros, vale a pena destacar os seguintes índices: Escore Químico (EQ), Digestibilidade e valor biológico da Proteína, Quociente de Eficiência Protéica (NPR) ou Quociente de Eficiência Protéica Líquida (RNPR), estudados no presente trabalho.

Entretanto, entre as espécies de água doce, a tilápia tem sido o peixe mais pesquisado nos trabalhos já realizados sobre a composição em aminoácidos (DUPONT, 1958; MAIA *et al.*, 1980) e efeitos de dietas sobre o crescimento e conversão alimentar, utilização de proteína e o efeito do processamento e armazenagem sobre os teores de aminoácidos (LAJOLO *et al.*, 1975).

Ainda segundo Connell & Howgate (1959), o músculo do peixe tem ocasionalmente maiores teores de lisina e histidina e mais baixos teores de metionina, triptofano, fenilalanina e isoleucina do que outros tecidos musculares. Geralmente, os teores dos aminoácidos de diferentes espécies de peixe variam não significativamente e em algumas espécies foi relatado que a lisina se acumula durante a desova dos peixes, fato observado em maior parcela nos machos do que nas fêmeas.

Duas espécies de tilápias de águas tropicais da Índia foram investigadas por LAJOLO *et al.* (1975): "Tilapia esculenta" e "Tilapia lidole". Algumas diferenças na ordem quantitativos aminoácidos foram encontradas, embora

suas concentrações estivessem muito próximas. Em comum, essas duas espécies apresentaram apenas o primeiro (Glu) e o último (Ala) AAs com 13,5g Glu/16gN para "Tilapia esculenta" e 15,0g Glu/16gN para "Tilapia lidole" e de 6,0g Ala/16gN para "Tilapia esculenta" e 5,9g Ala/16gN para "Tilapia lidole". A ordem de outros AAs foram: Tilapia esculenta, Asp, 9,2; Lys, 8,5; Leu, 6,9 e Gly, 6,3. O teor de Arg foi de 5,2g/16gN, "Tilapia lidole", Lys, 10,2; Leu, 9,9; Asp, 9,6 e Arg, 6,9. O teor de Gly foi de 5,1g/16gN. Os teores de sulfurados, de aromáticos e dos outros AAes nas duas espécies foram muito equivalentes. Os teores de AAes de "Tilapia nilotica" (*Oreochromis niloticus*) também foram muito próximos dos valores descritos acima (KHALIL et al., 1980).

Lajolo et al (1975), usando cromatografia de troca iônica, analisaram os AAes em músculo de Tilapia melanopleura, encontrando os seguintes valores, em g/100g de proteína: Lys (8,8), Leu (7,3), Ile (4,7), Thr (4,5), Val (4,4), Phe (4,0), Met (2,3) e Trp (1,6). Os totais de AAs sulfurados e aromáticos foram, respectivamente de 3,3 e 7,3g/100g de proteína. O teor de histidina não foi relatado.

MAIA et al (1983), relataram os principais aminoácidos (AA) de músculo desengordurado de tilápia proveniente do CEPTA (Pirassununga, São Paulo) foram (g AA/16g N) (entre parentese o EQ): ácido glutâmico, 19 + 1,7; ácido aspártico, 11 + 1,0; lisina 10,2 + 1,6 (2,00); leucina, 9,8 + 0,2 (1,40). arginina, 7,2 + 0,5 e alanina, 7,1 + 0,5. Além da lisina, leucina e arginina, os demais AAes apresentaram os seguintes conteúdos: valina, 6,3 + 0,4 (1,31); isoleucina, 5,8 + 0,5 (1,38), treonina, 3,9 + 1,8 (1,11), histidina, 3,1 + 0,4 (1,82), aromáticos totais, 9,0 (1,23) e sulfurados totais, 1,8 (0,69).

Com um EQ=0,69, os aminoácidos sulfurados totais foram os

limitantes no músculo da "Tilapia nilotica". Em "Tilapia mossambica" (DUPONT, 1958), "Tilapia melanopleura" (LAJOLO et al., 1975) e "Tilapia esculenta" e "Tilapia lidole" (DUPONT, 1958), não foi encontrado nenhum AAE limitante. Nestas espécies, os sulfurados totais foram, respectivamente, de 4,1g/16gN (2,8 Met + 1,3 Cys), 3,3g/16gN (2,3 Met + 1,0 Cys), 3,7g/16gN (2,7 Met + 1,0 Cys) e 4,1g/16gN (3,0 Met + 1,1 Cys), sendo superiores a 1,8g/16gN (1,3 Met + 0,5 Cys) em *Oreochromis niloticus*. Esta limitação em aminoácidos sulfurados pode ser uma característica da Tilapia nilotica, pois embora sem ter fornecido o total desses aminoácidos, o baixo valor para metionina (1,1g/16gN) encontrado por KHALIL et al (1980), para "Tilapia nilotica" poder ser um indicativo dessa deficiência.

Em 11 espécies de peixes da Indonésia, Dupont (1958) encontrou os seguintes teores médios, em gAA/16gN, foram obtidos para os seis aminoácidos presentes em maiores concentrações: Glu, 17,5 (6,8-20,2); Leu, 8,1 (6,9-9,1); Arg, 7,4 (5,7-9,3); Lys, 7,1 (6,1-8,1); Ile, 6,0 (5,3-6,7) e Ala, 5,9 (5,2-6,7). O teor de ácido aspártico não foi relatado e apenas no "*Cyprinus carpio*" o ácido glutâmico, com um teor de 6,8g/16gN (bastante baixo em relação a faixa deste AA), não apareceu como o primeiro em quantidade, sendo substituído pela leucina com 7,7g/16gN (valor normal dentro da faixa deste AA). Nas outras espécies analisadas, entre elas a Tilapia mossambica, os totais de sulfurados e aromáticos foram de 4,2g/16gN e 8,3g/16gN, respectivamente, e, completando a relação dos aminoácidos essenciais (AAEs), apareceram Val, 5,3; Thr, 4,8; Phe, 4,5; Met, 3,0; His, 1,8 e Trp, 1,2g/16gN.

## 2.6. Aminoácidos na silagem de tilápia do Nilo.

Segundo (SGARBIERI (1987), o (EQ) indicará em relação a proteína de

referência ou padrão, a ordem dos aminoácidos limitantes na proteína em estudo, sendo o valor encontrado para o aminoácido mais limitante uma estimativa do valor biológico ou nutritivo da proteína em estudo.

A proteína padrão foi definida pela National Research Council - NCR (1980) como tendo as seguintes concentrações para os AAes (g/100gN) (Tabelas 3 e 4). Em termos de aminoácidos essenciais, considerando o triptofano que foi determinado segundo SPIES (1967), os seguintes valores médios (g /16g N), em ordem crescente, foram encontrados na silagem nova (entre parenteses, o EQ) (Tabela 13): triptofano, 1,06 (0,96); histidina, 2,20 (1,29); metionina, 3,05; treonina, 4,35 (1,24); fenilalanina, 4,36; valina, 5,25; isoleucina, 5,64 (1,34); arginina, 8,35; leucina, 9,27 (1,32) e lisina 9,9 (1,44). O total de aminoácidos sulfurados (Met + Cys) e aromáticos (Phe e Tyr) foram, respectivamente, de 4,27/16g N (EQ 1,64), e 7,56/16g N contra 3,82 /16g N (EQ 1,61) e 6,92 /16g N encontrados por (GREEN, 1984).

Na silagem antiga (entre parenteses, o EQ) (Tabela 13): triptofano, 0,60 (0,54); histidina, 2,10 (1,23); metionina, 2,70; isoleucina, 3,80 (0,90); treonina, 3,90 (1,11); fenilalanina, 4,10; valina, 5,12 (1,06); leucina, 6,00 (0,85), lisina 6,80 (1,23) e arginina, 7,10. O total de aminoácidos sulfurados (Met + Cys) e aromáticos (Phe + Tyr) foram, respectivamente, 3,90/16g N (EQ 1,50) e 7,70/16g N contra 3,72/16g N (EQ 1,43) e 6,74/16g N encontrados por GREEN, 1984).

Pela composição dos aminoácidos, com exceção do triptofano com (escore químico EQ 0,96) a silagem nova revelou-se como boa fonte de aminoácidos essenciais (AAEs). Constatou-se também pelo escore químico (EQ) (Tabela 13), que os aminoácidos, triptofano (EQ 0,54), leucina (EQ 0,85), ácido aspártico (EQ

0,89) e isoleucina (EQ 0,90) foram limitantes na silagem antiga, sendo equivalentes ao trabalho de (GREEN, 1984), quando o autor obteve para os mesmos aminoácidos escores químicos semelhantes.

Cole (1978), sugeriu também que os três primeiros aminoácidos mais comumente limitantes em dietas para suínos são pela ordem lisina, treonina e metionina + cistina. Entretanto, alguns autores demonstraram que a suplementação de rações para suínos com lisina, metionina e triptofano, predispõe a um aumento significativo do ganho de peso, assim como na eficiência da conversão alimentar. Esta maior eficiência foi observada nas primeiras etapas de desenvolvimento dos suínos (12 - 35 kg de peso vivo) nas fases de (crescimento e terminação) observando-se aumento significativo no ganho de peso, ingestão de dieta e quociente de eficiência alimentar (Batterham & Gorman, 1980), fato observado nos ensaios biológicos no presente trabalho com ratos. Easter & Baker (1980), verificaram que as silagens de pescado após a autólise ácida, tem suas proteínas solubilizadas, conseqüentemente possuindo maiores teores de aminoácidos disponíveis apresentando, sobre as farinhas de pescado, a vantagem de não sofrerem processamento pelo calor, provocando alterações nos aminoácidos disponíveis.

Segundo o mesmo autor, em diversos experimentos ficou demonstrado que, nas farinhas de arenque os aminoácidos metionina, lisina e triptofano são afetados pelo aquecimento, diminuindo significativamente o valor nutricional, além de concorrerem para a variação da sua composição, podendo afetar também a disponibilidade de seus nutrientes. Nas Tabelas 1 e 2 estão apresentados os resultados da determinação da composição aminoacídica da silagem nova, antiga, farelo de soja, caseína e

milho, assim como os valores do escore químico para obtenção da qualidade de tais fontes protéicas, obtidos em relação

ao padrão teórico de referência da National Academy of Sciences (1980).

**Tabela 3. Conteúdo de aminoácidos (g /16 g N) e escore químico das fontes protéicas utilizadas para a elaboração das dietas, cuja determinação foi feita por troca iônica.**

Aminoácido	Silagem nova	Silagem antiga	Farelo de soja	Caseína	Milho	Padrão I
Isoleucina	5,64	3,80	1,81	5,4	2,5	4,2
Leucina	9,27	6,00	3,69	10,2	10,3	7,0
Lisina	9,90	6,80	2,65	7,8	2,2	5,1
Metionina	3,05	2,70	0,64	2,8	1,9	-
½ Cistina	1,22	0,98	-	0,2	-	-
Sulfurados totais	4,27	3,90	0,64	3,0	1,9	2,6
Tirosina	3,20	3,12	-	6,1	-	-
Fenilalanina	4,36	4,10	2,11	5,6	3,6	-
Aromáticos totais	7,56	7,22	2,11	11,7	3,6	7,3
Treonina	4,35	3,90	1,80	4,9	2,9	3,5
Valina	5,25	5,12	2,05	6,9	3,9	4,8
Serina	3,80	3,60	2,42	6,8	3,7	-
Alanina	8,10	4,23	2,12	3,2	6,3	-
Triptofano	1,06	0,60	-	-	-	1,1
Histidina	2,20	2,10	-	2,9	-	1,7
Arginina	8,35	7,10	3,17	4,1	3,2	-
AC. Glutâmico	18,27	12,30	8,82	27,4	17,2	-
AC. Aspártico	12,30	7,00	5,13	8,6	5,4	7,8
Glicina	8,12	6,05	1,98	1,9	3,0	-
Prolina	4,25	3,90	2,33	10,0	7,2	-
Escore Químico	96,30	54,5	24,6	10,25	43,1	

I. Padrão teórico (National Academy of Sciences, 1980).

Obs: O Conteúdo de triptofano foi determinado pelo método de SPIES (1967).

**Tabela 4. Conteúdo de aminoácidos (g /16g N) e escore químico das fontes protéicas utilizadas para a elaboração das dietas, cuja determinação foi feita por cromatografia gasosa**

Aminoácido	Silagem nova	Silagem antiga	Farelo de soja	Caseína	Milho	Padrão I
Isoleucina	5,28	3,35	1,80	5,2	2,4	4,2
Leucina	8,97	5,85	3,65	10,2	10,1	7,0
Lisina	10,98	6,80	2,63	7,6	2,1	5,1
Metionina	2,82	3,04	0,62	2,6	1,8	-
½ Cistina	1,20	0,98	-	0,2	-	-
Sulfurados totais	4,02	4,02	0,63	2,8	1,9	2,6
Tirosina	3,15	3,00	-	6,1	-	-
Fenilalanina	4,36	4,10	2,10	5,4	3,5	-
Aromáticos totais	7,51	7,10	2,10	11,5	3,4	7,3
Treonina	4,05	3,85	1,80	4,6	2,8	3,5
Valina	5,20	5,07	2,03	6,7	3,7	4,8
Serina	3,78	2,12	2,40	6,7	3,6	-
Alanina	8,10	4,23	2,11	3,1	6,1	-
Triptofano	1,00	0,30	-	-	-	1,1
Histidina	2,10	2,03	-	2,7	-	1,7
Arginina	7,95	7,05	3,15	4,0	3,1	-
Ac. Glutâmico	17,95	11,97	8,80	27,3	17,2	-
Ac. Aspártico	10,10	6,80	5,10	8,4	5,2	7,8
Glicina	8,10	6,01	1,97	1,7	3,0	-
Prolina	4,05	3,85	2,29	10,0	7,1	-
Escore Químico	90,9	27,2	24,2	107,69	43,1	

I. Padrão teórico (National Academy of Sciences, 1980)

Obs: O conteúdo de triptofano foi determinado pelo método de SPIES (1967).

Ainda com relação aos resultados apresentados nas Tabelas 3 e 4 observa-se que, comparando-se as silagens de tilápia (nova e antiga) com o farelo de soja, esta última apresenta quantidades baixas em relação a cada aminoácido particularmente em relação aos sulfurados como metionina e cistina, havendo também, níveis muitos baixos de ácido aspártico e glutâmico no farelo de soja em comparação com as silagens SALES, et al., 1999a).

Entretanto, a composição dos aminoácidos nas silagens nova e antiga (Sales, 1995) apresentam também muita semelhança com as farinhas de peixe (Anexo 5), quando são feitos da mesma matéria-prima, porém, deve ser lembrado que esses produtos não são produzidos a partir de uma mesma matéria-prima, o que demonstra que as silagens proporcionam uma resposta ótima em termos de taxa de crescimento e eficiência alimenta (SALES et al., 1996c; SALES et al., 1996d; GRENN, 1984). Muito embora, o preço da farinha de pescado no mercado mundial esteja atualmente fixado no seu conteúdo bruto em proteínas, este por si só, não reflete o real valor da farinha. O valor nutritivo real das proteínas está na capacidade de fornecerem os aminoácidos essenciais aos animais alimentados nas quantidades necessárias para suas necessidades metabólicas.

Alguns trabalhos, no entanto, demonstram que uma suplementação excessiva de lisina, metionina e triptofano tem efeitos negativos sobre o consumo de alimento e sobre o crescimento. Por outro lado, a deficiência de lisina metionina e triptofano leva a um desequilíbrio de aminoácidos, assim como a uma menor ingestão de alimentos. Os efeitos negativos refletem-se sobre o ganho médio diário de peso, eficiência de conversão alimentar e na qualidade da

carcaça (HALL, 1985; JURGENS *et al.*, 1967).

Dessa forma, em função desses resultados, conclui-se que a magnitude da decomposição dos aminoácidos, foi maior na silagem armazenada durante 90 dias do que nas amostras realizadas durante os primeiros 30 dias nos quais apresentam uma quantidade menor de produtos decompostos particularmente dos aminoácidos essenciais leucina, isoleucina, lisina e triptofano não afetando significativamente o ganho de peso dos animais em relação as silagens armazenadas por longos períodos de tempo.

Backhoff (1976) relata que após armazenagem por 40 dias à 30°C, cerca de 30% do triptofano era perdido na silagem de bacalhau e arenque preservados com ácido fórmico a pH ligeiramente abaixo de 4,0, que comumente se encontra, dada sua instabilidade sob condições ácidas. O mesmo ocorreu com o trabalho atual, que mostrou decréscimo nos valores de triptofano da silagem nova 30 dias em relação a silagem antiga com 90 dias de armazenagem.

Dessa forma, em função desses resultados, conclui-se que a magnitude da decomposição dos aminoácidos, foi maior na silagem armazenada durante 90 dias do que nas amostras realizadas durante os primeiros 30 dias nos quais apresentam uma quantidade menor de produtos decompostos particularmente dos aminoácidos essenciais leucina, isoleucina, lisina e triptofano não afetando significativamente o ganho de peso dos animais em relação as silagens armazenadas por longos períodos de tempo.

## **2.7. Disponibilidade de minerais na silagem de peixe**

A biodisponibilidade de minerais na silagem de peixe para engorda de suínos é um critério importante a ser

considerado quando se avalia a contribuição da silagem na dieta em relação ao animal.

Os minerais, geralmente, estão menos biodisponíveis nas fontes vegetais do que nas fontes animais (SATHE et al., 1984). Fatores que afetam a utilização biológica dos minerais provenientes dos alimentos incluem, a digestibilidade do alimento que contém o mineral, as formas químicas do mineral, os níveis dietéticos de outros nutrientes, a presença de quelatos para os animais, o tamanho da partícula do alimento e as condições de processamento do alimento. Muitas operações no processamento de alimentos podem alterar, direta ou indiretamente, o nível ou a forma química de minerais ou a associação de minerais com outros componentes do alimento.

O teor de cálcio e fósforo no processo de silagem é devido principalmente à porção óssea do pescado sendo que estes elementos estão na forma de fosfato-tricálcico e carbonato de cálcio, em

teores relativamente altos. Além disso, durante o processamento das farinhas de grãos oleaginosos, os complexos de minerais de proteínas, fitatos, tendem a se formar, reduzindo a biodisponibilidade de cálcio, zinco, cobre, manganês, molibdênio e possivelmente, ferro (SMITH, 1977). Como alimento animal, a silagem de tilápia é considerada boa fonte de vários minerais, incluindo, cálcio, fósforo, magnésio, ferro, manganês, potássio, zinco e cobre (TIBBETTS et al., 1981).

### 2.8. Cálcio

O teor de cálcio na silagem de peixe feita de várias fontes de sub-produtos de pesca aparecem na Tabela 2. O teor de cálcio é requerido por muitas enzimas, sendo também requerido para o normal funcionamento das membranas, e essencialmente na coagulação sanguínea e para transmissão nervosa e contração muscular. Deficiências severas de cálcio resultam em retardo do crescimento, incremento na taxa do metabolismo basal, osteoporose, paralisia e hemorragia (CHANEY, 1986).

**Tabela 5. Conteúdo de Cálcio na Silagem de Peixe Feita de Vários Resíduos de Peixe**

Silagem de peixe	Cálcio (%)	Referência
Capturado na Tailândia	7,0	STONE & HARDY (1986)
Capturado na Costa Oeste USA	5,0	TIBBETTS et al (1981)
Branco (principalmente bacalhau)	3,8	SMITH (1977)
Arenque (Inteiro)	2,1	SMITH (1977)
Resíduos de Sardinha (Cabeça, caudas e vísceras)	8,5	KOMPIANG et al (1980)
Atum (in natura e vísceras)	0,7	DISNEY et al (1978)

Stone & Hardy (1986), avaliaram o teor de cálcio de algumas espécies de peixes e concluíram que é extremamente

variável entre as espécies. A variação entre as espécies do teor de cálcio também foi detectada para o músculo de

peixe, e que entre as espécies, a variação no teor de cálcio na carne e vísceras do peixe foi também demonstrada por STONE & HARDY (1986). O peixe inteiro tem um teor muito mais alto de cálcio do que na carne ou vísceras de peixe, porque a riqueza de cálcio é associada com o esqueleto e as escamas, os quais contém, ambos, fosfato tricálcico e carbonato de cálcio (KOMPIANG et al., 1981).

Kompiang et al (1980), confirmaram a importância das escamas como fonte de cálcio descobrindo que a sardinha continha 4,6% de cálcio no peixe inteiro, e somente 2,5% de cálcio quando as escamas eram removidas. Foi recomendado que a concentração de cálcio em dietas para suínos em crescimento (20 -55 kg peso vivo) deveria ser de 0,91%

(AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL, 1981).

#### 2.9. Fósforo

O fósforo é o constituinte dos ácidos nucleicos, proteínas, lipídios, carboidratos e compostos de alta energia, sendo o seu teor extremamente variável entre as espécies. Stone & Hardy (1986), citam quantidades de fósforo no pescado fresco variando aproximadamente entre 1,1 a 2,5% na carne de cavala e 0,8 - 1,4% na carne de linguado fresco. Essas flutuações estão associadas com numerosos fatores incluindo idade e sexo do peixe, como também o teor de cálcio na água SMITH (1977). O mesmo autor, relata que as vísceras do pescado contém entre 0,17 e 0,32% de fósforo na matéria seca, sendo que no peixe inteiro contém mais fósforo do que a carne ou nas vísceras, em razão da presença de ossos, ricos nesse elemento (Tabela 6).

**Tabela 6. Conteúdo de fósforo em silagens elaboradas com resíduos de peixe**

Silagem de peixe	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Referência
Capturado na (Tailândia)	1.1	STONE & HARDY (1986)
Capturado na (Costa Oeste, USA)	1.5	TIBBETTS et al (1981)
Branco (principalmente bacalhau)	1.9	SMITH (1977)
Arenque (inteiro)	1.6	SMITH (1977)
Resíduos de sardinha (cabeça, cauda e vísceras)	2,0	KOMPIANG et al (1980)
Atum (fresco e vísceras)	0,5	DISNEY et al (1978)

A "AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL" (1981), recomenda que o nível apropriado de fósforo nas dietas para suínos entre 20 e 50 kg de peso vivo seja 0,69% de matéria seca na dieta.

#### 2.10. Magnésio

O magnésio ativa a fosfatase alcalina e outras enzimas, incluindo as que utilizam

ATP ou catalisam a transferência de fosfato, sendo também um ativador do sistema que usa pirofosfato de tiamina como coenzima. Todas as funções do ATP, como transporte através de membranas, ativação de aminoácidos, síntese de proteínas, ácidos nucleicos, gorduras, coenzimas, geração e transmissão dos impulsos nervosos,

contração muscular e fosforilação oxidativa, são dependentes do magnésio. A síntese do DNA necessita de magnésio (De Angelis, 1979), sendo que a concentração recomendada na dieta de suínos é de 100 mg/kg para crescimento normal e de 400 mg/kg para a manutenção das concentrações sanguíneas normais (McALESSSE & FORBES, 1961).

Deficiências de magnésio resultam em morte embrionária e malformação, redução da ingesta durante a gravidez e baixa lactação, afetando severamente tanto a mãe quanto aos filhotes, tendo também o ganho de peso reduzido e a sobrevivência diminuída (WANG et al., 1971; HURLEY et al., 1976).

### **2.11. Ferro**

O ferro tem grande número de funções no organismo, como componente da hemoglobina e mioglobina e é requerido para o transporte de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>. Também está envolvido com enzimas como oxidases, hidroxilases, desidrogenases e citocromos. Além da sua participação na biossíntese da hemoglobina, tem outras funções como, por exemplo, a estimulação no desenvolvimento do sistema nervoso (CHANEY, 1986).

### **2.12. Manganês**

O manganês atua na fosforilação oxidativa, sendo necessária para a formação dos mucopolissacarídeos, utilização da glicose, síntese e metabolismo dos lipídios, incluindo o colesterol e para o desenvolvimento normal do pâncreas, contração muscular, prevenção de defeitos ósseos e da esterilidade (DE ANGELIS, 1979) em algumas espécies o manganês acumula-se no fígado.

### **2.13. Outros Minerais**

Existe pouca literatura disponível sobre o teor de outros minerais tanto na silagem, quanto no

peixe inteiro ou resíduos. O teor da maioria dos minerais no peixe integral ou nas sobras de peixes (cabeça, cauda e vísceras), ser maior do que o da carne ou nas vísceras por causa da alta concentração desses minerais nos ossos, muito embora alguns elementos também se concentrem em partes nas vísceras, como por exemplo, as ovas do badejo que são ricas em ferro e cobre (MEDINA et al., 1956) e zinco (KOMPIANG et al., 1980).

### **3. Oxidação Lipídica na Silagem de Pescado**

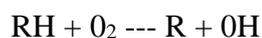
O processo de oxidação lipídica constitui-se num dos principais fatores de deterioração da qualidade das silagens armazenadas por longo período de tempo, resultando em alterações de flavor, cor, textura, valor nutritivo e produção de componentes tóxicos (ALLEN & FOEGEDING, 1981). Muitos estudos tem sido conduzidos com o objetivo de esclarecer o mecanismo de peroxidação lipídica e encontrar formas de evitar ou minimizar tais problemas.

A autooxidação de lipídios em silagens de pescado envolve a peroxidação de ácidos graxos insaturados, em particular daqueles associados com fosfolipídios localizados nas membranas celulares. Desenvolve-se através de três etapas: iniciação, propagação e terminação (Figura 1).

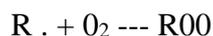
A susceptibilidade ao processo de oxidação depende da capacidade (habilidade) dos ácidos graxos doarem um tomo de hidrogênio, com produção de um radical livre de lipídio o qual, por sua vez, reage com oxigênio molecular para formar um radical peróxido. Assim, os tomos de carbono adjacentes às duplas ligações tendem a doar um tomo de hidrogênio, levando à formação de radicais estabilizados por ressonância (HALLIWELL & GUTTERIDGE, 1990).

### **Figura 1. Etapas de Iniciação, Propagação e Terminação no Processo de Oxidação de Lipídios.**

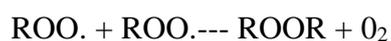
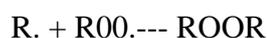
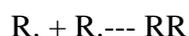
a) Iniciação:



b) Propagação:



c) Terminação:



onde,

RH = ácido graxo insaturado

H = tomo de H adjacente a uma dupla ligação

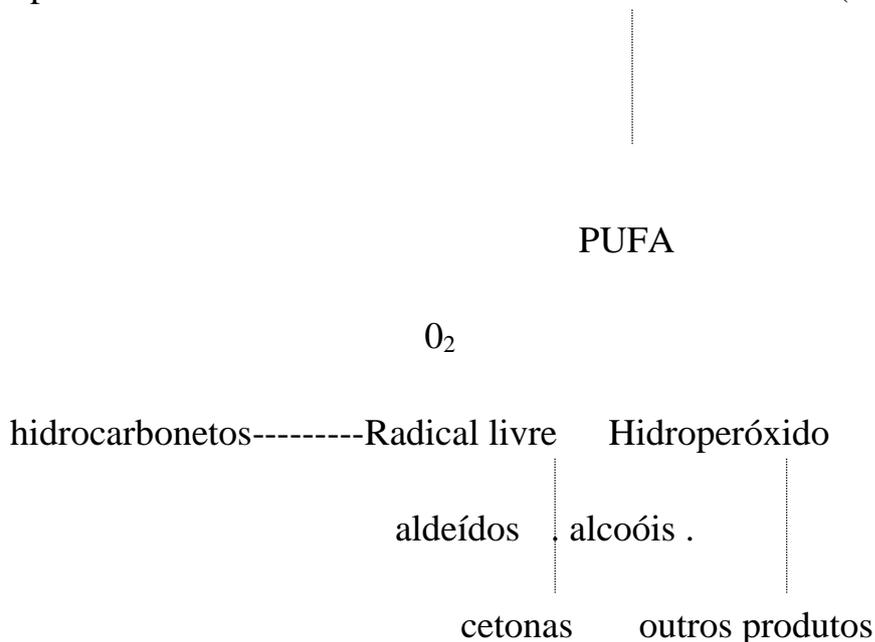
ROOH = hidroperóxidos

Os produtos primários da autooxidação lipídica são hidroperóxidos, os quais não causam problemas de flavor e ranço. Entretanto, a decomposição de tais hidroperóxidos em produtos secundários como hidrocarbonetos, alcoóis, cetonas e aldeídos, influenciam significativamente o valor nutritivo das silagens de pescado. Dependendo da composição dos ácidos graxos nos lipídios, a proporção desses produtos de oxidação vai variar extensivamente (GRAY, 1978). (Figura 2).

Oxigênio, luz, calor, metais, pigmentos e grau de insaturação dos ácidos graxos influenciam as reações acima descritas, tendo como principal característica a rancidez oxidativa, como sendo uma das principais causas da deterioração da silagem de pescado quando expostas ao oxigênio atmosférico, devido ao seu alto conteúdo de ácidos graxos polinsaturados, como o eicosapentaenóico C20:5 e o docosahexaenóico C22:6, específicos do pescado (GRAY, 1978).

#### Figura 4. Mecanismos de oxidação lipídica e formação de produtos.

ácidos graxos poli insaturados-----Radical livre----Peróxido ativado (PUFA)



Quando a concentração de hidroperóxidos é baixa, sua decomposição dá-se segundo a reação monomolecular seguinte: ROOH - RO + OH. Entretanto, se a concentração é elevada a reação é do tipo bimolecular: 2ROOH - RO. + ROO. + H2O. Os radicais podem também participar na fase de propagação, apesar de que predominam os radicais ROO. de maior energia. Os hidroperóxidos têm tendência a unir-se entre si mediante pontes de hidrogênio, quando a temperatura é baixa ou sua concentração elevada.

A decomposição dos hidroperóxidos lipídicos envolve um conjunto complexo de reações. Produtos voláteis são formados pela clivagem homolítica, havendo separação de radicais hidroxilas e formação de

radicais alcóxi (FRANKEL, 1983).

A natureza do produto volátil, formado a partir de um hidroperóxido particular, depende da composição da cadeia alquila e a posição onde a cisão da cadeia acontece (MOTTRAM, 1987).

Os hidroperóxidos lipídicos podem também condensar em dímeros e polímeros. Esses materiais de alto peso molecular, podem, no entanto, oxidar-se e decompor-se em produtos voláteis de quebra. Produtos secundários posteriores consistem de materiais monoméricos oxigenados, incluindo epoxiidroperóxidos, cetoidroperóxidos, diidroperóxidos, peróxidos cíclicos e endoperóxidos bicíclicos, os quais podem também sofrer nova quebra, produzindo materiais voláteis e dialdeídos que contribuem para a degradação do flavor dos alimentos

(FRANKEL, 1983).

Segundo HARPER (1977), a oxidação lipídica é uma alteração química que redunde em sabor e odor desagradáveis da gordura dos alimentos. Acredita-se que o oxigênio do ar ataca a ligação dupla dos ácidos graxos insaturados para formar uma ligação peróxido. Certos metais como o cobre e o chumbo catalisam a oxidação. A exclusão do oxigênio ou a adição de um antioxidante retarda o processo. A peroxidação lipídica é catalisada *in vivo*, por compostos heme, com a hemoglobina e mioglobina.

De acordo com PEARSON et al (1983), a deterioração oxidativa dos lipídios dos alimentos envolve primariamente reações de autooxidação que são acompanhadas por várias reações secundárias tendo características oxidativas e não oxidativas. Os lipídios importantes envolvidos na oxidação são as porções dos ácidos graxos insaturados, tais como as do oléico, linoléico e linolênico. A velocidade de oxidação desses ácidos graxos aumenta geometricamente com o grau de insaturação.

A silagem de pescado apresenta, portanto, sérios problemas, e entre eles está o armazenamento, pois possui área superficial muito maior e portanto, mais exposta ao ar, sendo que a grande maioria das silagens de pescado são armazenadas por longo período de tempo e em condições normais de temperatura ambiente.

Além disso o próprio processo incorpora oxigênio ao produto, muitas vezes a um nível de 100% de oxigenação (GRAY & PEARSON, 1987), acelerando intensamente a peroxidação de lipídios e o inconveniente de apresentar níveis relativamente altos de ácidos graxos insaturados e baixas concentrações de antioxidantes naturais (tocoferóis), tornando-as relativamente instável

(EINSET et al., 1957).

CHEFTEL et al (1986) discutiram as possíveis reações entre malonaldeído e amino grupos livres de proteínas as quais levaram à formação de ligações covalentes irreversíveis resultando em intensa perda do valor nutricional do produto. Reações de proteínas com lipídios peroxidados tem sido extensivamente estudada em sistemas modelos (BUTTUKUS, 1967; JARENBACK & LILJEMARK, 1975).

De acordo com vários autores (KANNER & KAREL, 1976; FUNNS et al., 1982) lipídios peroxidados podem causar polimerização e insolubilização da proteína, cisão da cadeia polipeptídica, destruição de aminoácidos e formação de produtos de adição com proteínas. Essas interações influenciam as propriedades nutricionais e funcionais do material utilizado, e quanto maior a instabilidade dos ácidos graxos, maior a oxidação lipídica, como é o caso da silagem de pescado, e, portanto, maiores serão os efeitos sobre o produto a ser utilizado.

Quando proteínas são expostas a lipídios peroxidados, uma considerável proporção de lipídios complexa-se com proteínas através de associação hidrofóbica e/ou ligações hidrogênio, conforme estabelecido por NARAYAN & KUMMEROW (1963).

Em sistemas com alta atividade de água ou solução aquosa, como é o caso das silagens de pescado, proteínas formam ligações cruzadas entre si na presença de lipídios peroxidados com simultânea perda de solubilidade (GARDNER, 1979).

Tais lipídios peroxidados podem também ligar-se covalentemente à proteína (NIELSEN, 1978) tornando vários grupamentos amino ou sulfidrilas indisponíveis. Cisão de proteínas também podem ocorrer com prejuízo aos aminoácidos, sendo os mais susceptíveis a reação: histidina, cisteína/cistina, metionina, lisina e tirosina (OBRIEN,

1966).

Em relação à reação de proteínas com produtos secundários de oxidação lipídica, a interação entre malonaldeído e miosina está entre as mais estudadas. O malonaldeído origina-se de endoperóxidos formados via autooxidação de ácidos graxos polinsaturados e sua detecção é a base do método utilizado no presente trabalho para o desenvolvimento de rancidez na silagem através do teste do ácido 2 - tiobarbitúrico (SINNHUBER & YU, 1958).

#### **4. Composição em ácidos graxos do óleo extraído da silagem de pescado armazenado à temperatura ambiente.**

Com relação à composição dos ácidos graxos encontrados na silagem de pescado, armazenada à temperatura ambiente (Tabela 6), embora os resultados encontrados sejam compatíveis com outros estudos citados na literatura HALL & LEDWAR (1986), também observou-se muita semelhança com a silagem de peixes da costa brasileira XIMENES CARNEIRO (1991), devido não só a semelhança nos métodos de coleta e análise da silagem, mas principalmente devido ao teor de gordura encontrados nesses peixes (SALES et al., 1998b).

A composição lipídica da silagem e de grande importância e desempenha importantes funções metabólicas nos organismos monogástricos, como por exemplo: fornecem a maior parte das calorias necessárias ao crescimento e desenvolvimento dos animais, veiculam vitaminas lipossolúveis GRENN (1988) e fornecem ácidos graxos essenciais (AGE) e polinsaturados (AGPI) (SALES et al. 1996b; CASTER et al., 1962).

Neste trabalho foram identificados aproximadamente 98% dos ácidos graxos (AG) na silagem, correspondendo a 22 AG diferentes, todos contendo de 10 a 22 carbonos, sendo que 12 desses AG foram encontrados em concentrações inferiores

a 1%, entretanto JOHNSEN & SKREDE (1981), utilizando diferente metodologia de análise identificaram 99,5% dos AG da silagem (30 AG), dos quais apenas 8 se apresentaram em concentrações superiores a 1% do total de ácidos graxos da silagem analisada.

Observamos principalmente que, os ácidos graxos 16:0, 16:1, 16:2, 17:0, 18:1, 18:2, 18:3 (n - 3) e 20:5 (n - 3), que juntos, somam 85,19% dos ácidos graxos na silagem de tilápia do Nilo, são responsáveis por grande parte das alterações provocadas pelos os ácidos graxos nos alimentos, produzindo efeitos indesejáveis como rancidez, descoloração e perda direta de nutrientes, podendo provocar lesões na parede intestinal dos animais, diminuindo o ganho de peso e a conversão alimentar, além disso, a ingestão de hidroperóxidos produtos iniciais da oxidação lipídica, são pontos importantes envolvidos na oxidação lipídica do ponto de vista nutricional.

O ácido oléico (18:1) foi o AG encontrado em maior quantidade na silagem de tilápia do Nilo (Tabela 15), corroborando com os resultados apresentados na literatura (BACKHOFF, 1976; GRENN, 1988), sendo que a maior quantidade deste, seja devido a sua presença nos lipídios de peixe (OLCOTT, 1962).

Na análise dos valores encontrados para a silagem de tilápia do Nilo, em comparação com o perfil de ácidos graxos estudados por HALL & LEDWARD (1966) observou-se que, as quantidades foram semelhantes nos ácidos graxos 14:0 e 20:5; maiores nos ácidos graxos 16:0, 18:0 e 18:1, menores nos ácidos graxos 16:1, 18:1, 18:3, 20:4, 22:5 e 22:6. JOHNSEN & SKREDE (1981) verificaram que a composição em ácidos graxos do óleo da silagem ácida de peixes elaborada de bacalhau tem as seguintes porcentagens (p/p): 14:0 (3,5%), 16:0 (13,2%), 18:0 (4,1%), 16:1 (9,2%), 18:1 (25,0%), 20:1

(12,3%), 22:1 (5,7%), n - 6 (2,6%) e n - 3 (18,8%). Entretanto, por outro lado, por apresentar ácidos graxos altamente insaturados, mais numerosos do que os lipídios de outros alimentos, a fração lipídica da silagem de pescado e de seus produtos é mais rapidamente oxidada, e as reações são mais complexas do que em outros tipos de alimentos (OLCOTT, 1962). O óleo da silagem de pescado tem a propriedade bastante útil de fornecer ácidos graxos essenciais para engorda de suínos. Porém a necessidade de certos ácidos graxos em dietas de suínos ainda está sendo debatida. Os AGPI 18:2 w 6 e

18:3 w 3 não são sintetizados pelo organismo animal, sendo fornecidos pela dieta e através do mecanismo de dessaturação e alongação da cadeia carbônica, dando origem aos AGPI de cadeia longa, como o 20:4 w 6 (ácido araquidônico) eicosapentaenoico (20:5 w 3) e docosahexanoico (22: 3 w 6) (CASTERR et al., 1962).

Portanto, a alta insaturação destes AGPI pode resultar em reações de oxidação, cujos produtos interagem com as proteínas da silagem diminuindo seu valor nutricional (DE OLIVEIRA, 1977).

**Tabela 6. Composição dos ácidos graxos (%) na silagem de tilápia do Nilo.**

Ácido graxo	%
10:0	0,13 ± 0,05
12:0	0,07 ± 0,05
13:0	0,14 ± 0,16
14:0	4,44 ± 0,44
14:1	0,34 ± 0,03
14:2	0,84 ± 0,09
15:0	0,87 ± 0,20
16:0	20,70 ± 0,03
16:1	12,91 ± 0,20
16:2	7,97 ± 1,91
17:0	3,27 ± 0,67
18:1	22,14 ± 0,56
18:2 (n -6)	8,45 ± 1,30
18:3 (n - 3)	4,53 ± 0,90
19:0	0,68 ± 0,39
20:0	0,51 ± 0,25
20:1	1,50 ± 0,39
20:2	0,24 ± 0,01
20:3 (n - 3)	0,14 ± 0,14
20:4 (n -6)	1,46 ± 0,49
20:5 (n - 3)	3,69 ± 0,37
22:1	1,53 ± 0,13

(\*) Cada valor é a média e o desvio-padrão de amostras.

### 5. Valores de pH da silagem de tilápia do Nilo durante a armazenagem.

A Figura 3 apresenta os valores de pH na silagem de resíduos de

filetagem durante 60 dias de armazenagem. O material se liquefaz já na primeira semana sob efeito do ácido fórmico, mostrando-se praticamente

inalterado até os 60 dias de armazenagem, quando apresentou em média pH de 3,80.

Em estudo conduzido com silagens de peixe, ESPE et al., (1989) verificaram que, o processo de liquefação pode acontecer com o ácido fórmico dentro de uma variação de pH entre 4,0 a 4,5, devido às propriedades

antissépticas deste ácido, em relação aos ácidos inorgânicos com pH igual a 2,0.

O ácido fórmico tem como vantagem de que a preservação é conseguida num pH mais alto e o alimento não necessita de neutralização, liquefazendo-se mais rapidamente, de modo que os lipídios se separem mais facilmente das proteínas (HARDY et al., 1983).

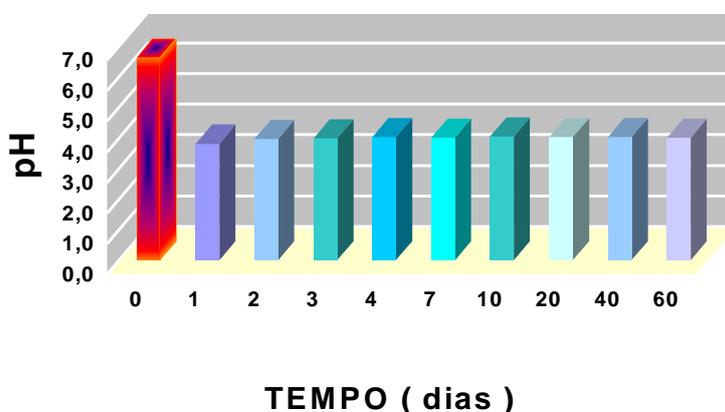


Figura 3. Valores de pH da silagem de resíduos do fileteamento de tilápia

BACKHOFF (1976) relata que a silagem convencional é acidificada a um pH de 3,9 - 4,2, liquefazendo-se em três dias, à temperatura de 27 à 30°C, separando-se da camada lipídica, haja vista que, nestas condições, não haverá crescimento de certos microrganismos que podem conduzir à putrefação da silagem conservando a sua qualidade inicial por muitos meses.

Diversos autores, GILDBERG & RAA (1977); BACHOFF (1976), analisando o pH de diferentes silagens de pescado encontraram resultados semelhantes, na faixa de 3,8 a 4,2 enquanto BERAQUET & GALACHO (1983) obtiveram na faixa de 3,2 a 3,9 para sardinha (*Sardinella brasiliensis*)

inteira.

Outros autores mostraram que a liquefação completa das silagens de peixe é favorecida por valores ácidos de pH 3,8 a 4,0 e temperatura acima de 27°C, sendo que as transformações mais óbvias que ocorrem durante a armazenagem da silagem de peixe são a autólise dos tecidos e liberação de amônia (DISNEY et al., 1979).

TATTEERSON & WINNDSOR (1974) fazem referências à produção de ácido láctico, que é importante na diminuição do pH, que fica em torno de 4,2 diminuindo o crescimento de bactérias dos gêneros *Staphylococcus*, *Escherichia coli*, *Serratia Enterobacter*, *Schromobacter*, *Pseudomonas*, etc.

## 6. Silagem de peixe na alimentação de suínos

Na suinocultura, um dos maiores entraves está nos gastos com alimentação que pode chegar a 70 a 75% do custo total de produção sendo o milho o componente mais oneroso empregado no preparo das rações, e responsável por 42% desse custo, SALES (1995), seguido do farelo de soja com baixo nível de lisina, GREEN (1984) entre outros aminoácidos essenciais.

A formulação de rações é de fundamental importância, pois além de fornecerem os nutrientes e calorías indispensáveis aos animais numa taxa de conversão alimentar aceitável, não podem dispor de uma composição inadequada em aminoácidos, o que sem dúvida, iria interferir negativamente na formulação final das rações destinadas aos animais. No caso específico da silagem de peixe, quando adicionada às rações, alguns autores consideram-na nutricionalmente adequada (GILDBERG et al., 1977; RAA et al., 1976; STROM et al., 1981, SALES et al., 1998c, 1998d).

Outro fator a ser observado quando se estuda alimentos alternativos altamente protéicos para animais monogástricos é o conhecimento das exigências de lisina, metionina, cistina e triptofano na alimentação dos suínos (GREEN, 1984; HALL, 1985; VAN WYK et al., 1977; TIBBETS et al., 1981; LUCAS et al., 1970; KOMPIANG et al., 1980; HALE et al., 1967; SALES et al., 1993c). Os efeitos negativos de altos níveis de silagem na ração sobre o desempenho de suínos em crescimento têm sido demonstrado por vários pesquisadores (TIBBETS et al., 1981). Esse efeito é variável em função da fonte protéica utilizada na ração (GREEN et al., 1988) e do período de fornecimento desta ração, pois, tanto os suínos quanto as aves apresentam certa dificuldade de adaptação a rações com elevado teor de proteína e consequentemente com menor

densidade devido à hipertrofia de seu aparelho digestivo e ao aumento da própria capacidade de digestão da proteína (SALES et al., 1996a; ITOH et al., 1973; CASTER et al., 1962).

De um modo geral, a silagem de peixe pode ser utilizada nas rações de engorda de suínos, proporcionando uma grande ingestão de lisina, assim como de quantidades adequadas de outros aminoácidos essenciais, sendo que a composição em aminoácidos nos diversos tipos de silagem tem se mostrado variar particularmente com o tipo de material utilizado na sua elaboração, ou seja, se com o peixe inteiro ou em partes (ITOH et al., 1973).

Durante a preparação da silagem, os aminoácidos são relativamente estáveis, mas, na hidrólise ácida, se observa uma diminuição do triptofano e uma elevada estabilidade da histidina. A tirosina se separa progressivamente da fase aquosa por cristalização e a metionina é estável em meio ácido (JACKSON et al., 1984). Por exemplo, somente 8% de nitrogênio amínico se transforma em amônia, em silagem de vísceras de bacalhau armazenadas por 220 dias a 27°C, o que é muito importante. O triptofano tende a se decompor nas silagens ácidas mas a metionina e histidina são mais estáveis (BACKHOFF, 1976, RAA & GILDBERG, 1982).

Diversos trabalhos concordam que a lisina é um dos aminoácidos limitantes para suínos em rações a base de milho e farelo de soja (SHARDA et al., 1976; EASTER & BAKER, 1980). Porém, há indicações de que o aumento dos níveis de proteína das rações resulta em maiores exigências de aminoácidos, como demonstram vários trabalhos (McWARD et al., 1959; KLAY, 1964; BAKER et al., 1975), sendo que as exigências de lisina (% na ração) para suínos em crescimento e terminação requeriram uma redução de 0,02% para cada 1% de diminuição no nível total da

proteína da ração (SHARDA et al., 1976). Alguns trabalhos mostram que o aumento no teor protéico nas rações melhora o desempenho ou resulta em carcaças mais magras (HALE & SOUTHWELL, 1967; LEE et al., 1967; STANHLY & WAHLSTROM, 1973).

Diante disto, o conhecimento das exigências de lisina para os suínos é particularmente importante, por ser este o primeiro amino ácido limitante em rações a base de milho e farelo de soja. No entanto, alguns trabalhos demonstram que uma suplementação excessiva de alguns aminoácidos e em especial a lisina e a metionina tem efeitos negativos sobre o consumo de alimentos e sobre o crescimento do animal (DISNEY et al., 1978; BAKER et al., 1975). Por outro lado, a deficiência de metionina leva a um desequilíbrio em aminoácidos, assim como a uma menor ingestão de alimentos GILDBERG & RAA (1977), sendo que seus efeitos negativos se refletem na eficiência da conversão alimentar e na qualidade da carcaça.

BAKER et al., (1975) observou que o total de lisina disponível na silagem de bacalhau era similar aos encontrados no peixe integral e que, durante o período de 8 dias de armazenagem, os teores de metionina, cistina e lisina aumentaram para em seguida decrescerem com mais de 60 dias de armazenagem. O mesmo autor, estudando a possibilidade de substituição do milho e farelo de soja pela silagem de peixe nas rações de suínos nas fases de crescimento e terminação, verificaram que os animais apresentavam aumento de ganho de peso significativamente maior que o obtido com rações contendo somente milho e farelo de soja, proporcionando um aumento aproximado de 18% no ganho de peso dos animais.

COLE (1978) sugeriu também que os três primeiros aminoácidos mais comumente limitantes em dietas para

suínos são, em ordem, a lisina, treonina e metionina + cistina. Em todas as silagens de peixe, nenhum desses aminoácidos foi o primeiro limitante.

Outros autores constataram pequenas mudanças nos níveis de aminoácidos essenciais durante a autólise e armazenagem da silagem de peixe num período de 150 dias a uma temperatura de 18 a 22°C, e que, suplementações de aminoácidos em rações para suínos como forma de redução de parte do componente protéico têm merecido especial atenção de vários pesquisadores (SALES et al., 1998a; SHARDA et al., 1976; GATLIN III, 1987; GILDBERG & RAA, 1979), com a constatação de que o ganho de peso e o índice de conversão alimentar dos animais eram maiores quando se empregava silagem de peixe como fonte protéica, comparado com outras fontes como farinha de peixe.

GREEN (1984), realizando trabalho com suínos com o propósito de determinar o nível de silagem de peixe mais adequado para rações contendo 13% de proteína bruta para a fase de terminação de suínos, verificou que não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos, suplementação com 5 e 10% de silagem de peixe, para o ganho de peso médio e nível de uréia no soro sanguíneo dos animais. Porém, para a conversão alimentar foi verificada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos, indicando uma melhora nutricional quando os animais eram tratados com rações com adição de 5% de silagem na base protéica. O mesmo autor constatou que a suplementação de silagem de peixe com níveis acima de 10% nas rações a base de milho e farelo de soja contendo 14% de proteína bruta, utilizadas em leitões, não ofereceram melhoria nos resultados de desempenho dos animais no que concerne ao ganho de peso e conversão alimentar.

LUCAS & MILES (1970), trabalhando com suínos de 20 a 55 kg de

peso vivo utilizando rações a base de milho e farelo de soja com 16% de proteína bruta suplementada com silagem de peixe, verificaram que o ganho de peso dos animais decresceu linearmente ( $p < 0,05$ ), com o aumento dos níveis de silagem de peixe na ração entre 10 e 12%. Os mesmos autores relatam que, do ponto de vista nutricional, em trabalho com 72 suínos com peso inicial de 56 kg, alimentados com ração suplementada com cinco níveis diferentes de silagens de pescado, verificaram que os melhores resultados de ganho de peso e de conversão alimentar ocorreram nos níveis entre 5 e 8% de silagem na peixe na ração.

BATTERHAM et al., (1980), com o propósito de determinar as exigências da silagem de peixe em leitões de 8 a 12 kg de peso vivo, utilizaram ração a base de milho, farelo de soja, com seis níveis de silagem, 0, 3, 6, 9, 12 e 15% em substituição ao milho e ao farelo de soja e verificaram que o ganho de peso diário e a conversão alimentar melhoraram linearmente ( $P < 0,01$ ) com o aumento do nível de silagem na ração, tendo observado uma exigência estimada de 6% para ganho de peso diário e conversão alimentar respectivamente, através, do modelo descontínuo (LRP), não tendo se verificado efeito ( $p > 0,05$ ) nos níveis de silagem sobre o consumo de ração.

COELHO et al., (1986), estudando o efeito da suplementação de lisina em rações de suínos de 10 a 20 kg de peso vivo, verificaram que não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ), para ganho de peso e consumo de ração entre os tratamentos, mas quanto à conversão alimentar, esta melhorou com a adição de lisina e os resultados obtidos indicaram que é possível a redução de duas unidades percentuais de proteína nas rações de suínos com 18% de proteína bruta, com a suplementação de lisina.

Alguns trabalhos citam que o triptofano decompõe-se na silagem acida (KOMPIANG et al., 1980; BACKHOFF, 1976), sendo que a metionina e a histidina também podem se decompor pois são instáveis durante a armazenagem (DISNEY et al., 1978). Outros autores determinaram a composição em aminoácidos na silagem de peixe inteiro e na silagem de vísceras de bacalhau armazenadas por 220 dias à temperatura de 27°C e concluíram que somente 8% dos aminoácidos nitrogenados eram eliminados como amônia na silagem de vísceras de bacalhau, implicando em uma insignificante redução do valor nutricional (GILDBERG & RAA, 1977),

Tabelas desenvolvidas em condições de clima temperado como a do (AGRICULTURE RESEARCH COUNCIL, 1981) recomendam que a exigência de lisina para suínos na fase de crescimento pesando de 15 a 50 kg de peso é de 1,10%, enquanto que o (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1988) recomenda para suínos em fase de 20 a 50 kg de peso vivo uma exigência de lisina de 0,75% em relação a dieta total.

### **Conclusões**

O conhecimento das exigências nutricionais e maiores informações da pesquisa sobre a utilização de alimentos alternativos, como substitutos do milho e farelo de soja, sem dúvida poder contribuir para a redução dos custos de produção das rações que representam o maior dispêndio na exploração de suínos (GREEN, 1984). Estudos com ruminantes têm sido conduzidos para avaliar uma variedade de recursos alimentares potenciais derivados dos resíduos do processamento da indústria pesqueira, tais como a proteína de peixe liquefeita enzimaticamente (Geerken, 1978), silagem de pescado (Wignall & Tetterson, 1977), proteína de peixe concentrada (Guilloteau et. al., 1974) e

solúveis de pescado (Veloso et. al., 1971), adição de silagem ácida da despesca Sales, et al., 2014), avaliação da Qualidade Nutritiva das Silagens Biológicas de Resíduos de Pescado Santos, et al., 2011, avaliação do ganho de biomassa de alevinos de tilápia SOUZA, et al., 2009).

### Referências bibliográficas

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (A.R.C.). **The nutrient requirements of pigs**. Farnham Royal, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1981. p. 307-310.

BACKHOFF, H.P. Some chemical changes in fish silage. **J. Food Technol.**, v. **11**, p. 353-63, 1976.

BAKER, D.H.; KATZ, R.S.; EASTER, R.A. Lysinere queriment of growing pigs at two dietary proteins. **J. Anim. Sci.** v. **40**, n. 5, p. 851-6, 1975.

BATTERHAM, E.S.; GORMAN, T.B.S. Fish silage for growing pigs. In: FARRELL, D.J. ed. **Recents advanced in animal nutrition**. Armidale, University of New England, 1980, p. 111-5.

BERAQUET, N.J.; GALACHO, S.A.A. Composição, estabilidade e alterações na fração protéica e no óleo de ensilados de resíduos de peixe e de camarão. **Col. ITAL.** v. **13**, p. 149-74, 1983.

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.

BUTTUKUS, A. The reaction of miosin with malonaldehyde. **J. Food Sci.** v. **32**, n. 4, p. 432-35, 1967.

BRUNO, F.H.S.; SALES, R. O.; OLIVEIRA, A.L.T.; FREITAS, J.B.S. Avaliação de diferentes concentrações de adubo orgânico produzido a partir de resíduos de pescados e vegetais no desenvolvimento da cultura da cebolinha

(*Allium schoenoprasum*. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal** (v.7, n.2) p. 86 -105 (2013). <http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20130012>.

BRUNO, F.H.S.; SALES, R.O.; OLIVEIRA, A.L.T.; FREITAS, J.B.S. Avaliação da composição mineral do adubo orgânico produzido a partir de resíduos de pescados e vegetais no desenvolvimento da cultura da cebolinha (*Allium schoenoprasum*) **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 07, n. 2, p. 106-125, jul-dez, 2013. <http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20130013>.

CASTER, W.O.; AHN, P.; HILL, E.G.; MOHRHAUER, H.; HOLMS, R.T. Determination of linoleate requirement of swine by a new method of estimating nutritional requirement. **J. Nutr.** v. **78**, p. 147-52, 1962. doi: 10.1093/jn/78.2.147.

CHANEY, S.G. Principles of nutrition. II: Micronutrients. In: DELVIN, T. ed, **Textbook of biochemistry with clinical correlations**. New York, Hobart, 1986. p. 964-78.

CHEFTEL, J.C.; CUQ, J.L.; LORIENT, D. Aminoacids peptides and proteins. In: FENNEMA, O.R. ed. **Food Chemistry**, 2.ed., New York, Mancel Dekker, 1986. 245p.

COELHO, L.S.S.; COSTA, P.M.A.; PEREIRA, J.A.A.; ROSTAGNO, H.S.; BARBOSA, H.P. Exigências de lisina para suínos de 15 a 30kg de peso vivo em rações de baixo nível protéico. **Rev. dá Socie. Brasil. de Zootec**, v. **16**, n. 1, p. 60-71, 1986.

COLE, D.J.A. Amino acid nutrition of the pig. In: HARESIGN, W. LEWIS, D. ed. **Recent advances in animal nutrition**. London, Butterworths, 1978. p. 59-62.

CONNELL, J.L.; HOWGATE, P.F. The amino acid composition of some British food fishes. **J. Sci. Food Agric.** v. **10**, p. 241-248, 1959. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100407>.

- DE ANGELIS, R.C. **Fisiologia da nutrição**. 2. ed. São Paulo, EDART, 1979. 209p.
- DISNEY, J.G.; HOFFMAN, A. Development of a fish silage/ carbohydrate animal feed for use in the tropics. **Tropical Sci.** v. **20**, n. 2, p. 129-35, 1978.
- DISNEY, J.G.; JAMES, D. (ed) Fish silage production and its use. Rome, FAO, 1980. 105p. (FAO Fish Rep. No. 230).
- DISNEY, J.G.; TATTERSON, I.N.; OLLEY, J.; CLUCAS, I.J.; BARRANCO, A.; FRANCIS, B.J. Development of a fish silage/carbohydrate animal feed for use in the tropics. **Tropical Sci.** v. **20**, n. 2, p. 129-44, 1979.
- DUPONT, A. Amino acid content of Indonesian fresh water fish. **Biochem. Z.** v. **330**, p. 174-6, 1958.
- EASTER, R.A.; BAKER, D.H. Lysine and protein levels in corn soybean meal diets for growing - finishing swine. **J. Anim. Sci.** v. **50**, n. 3, p. 467-71, 1980.
- EINSET, E.; OLCOTT, H.; STANSBY, M.E. Oxidation deterioration in fish and fishery products. IV. Progress in studies concerning oxidation of extracted oils. **Comm. Fish. Rev.** v. **19**, n. 5a. p. 35-42, 1957.
- ESPE, M.; RAA, J.; NJAA, L.R. Nutritional value of stored fish silage as a protein source for young rats. **J. Sci. Food Agric.** v. **49**, n.2. p. 259-70, 1989.
- FAO **Relatório de tecnologia e controle de qualidade de produtos de pesca**. Praia, Rep. de Cabo Verde, 27/11 a 11/12 de 1984. Roma 24 p.1989.
- FRANKEL, E.N. Recent advances in the chemistry of rancidity of fats. In: OLCOTT, H. (ed). **Recent advances in the chemistry of meat**. London, Royal Society Chemistry, 1983. Cap. 6, p. 86-118.
- FREEMAN, H.C.; HOOGLAND, P.L. Processing of cod and haddock viscera. I. Laboratory experiments. **J. Fish. Res. Bd. Can.** v. **13**, n. 6. p. 869-877, 1956.
- FREITAS, J.V.F.; GURGEL, J.J.S.; SALES, R.O. Experimentos sobre salga e secagem do híbrido das tilápias (*Sarotherodon hornorum* X *Sarotherodon niloticus*). **Bol. Tecn. DNOCS**, v. **40**, n. 2, p. 109-23, 1982.
- FUNNS, J.A.; WEISS, V.; KARELL, M. Effects of reaction conditions and reactant concentrations on polymerization of lysozyme reacted with peroxidizing lipids. **J. Agric. Food Chem.** v. **30**, n. 10, p. 1204-8, 1982.
- GARDNER, H.W.; Lipid hydroperoxide reactivity with proteins and aminoacids: a review. **J. Agric. Food. Chem.** v. **27**, n. 2, p. 220-9, 1979.
- GATLIN III, D.M. Whole-body amino acid composition and comparative aspects of amino acid nutrition of the goldfish, golden shiner and fathead minnow. **Aquaculture**, v. **60**, n. 2, p. 223-9, 1987.
- GILDBERG, A.; RAA, J. Properties of propionic acid/formic acid preserved silage of cod viscera. **J. Sci. Food Agric.** v. **28**, n. 3, p. 647-53, 1977.
- GRAY, J.I. Measurement of lipid oxidation. A review. **J. Am. Oil. Chem. Soc.** v. **55**, n. 7 p. 539-46, 1978.
- GRAY, J.I. & PEARSON, A.M. Rancidity and warmed-over-flavor, In: PEARSON, A.M. & DUTSON, T.R. ed. New York, AVI, **Advances in meat research: restructured meat and poultry products**. 1987. v.3.
- GREEN, S. **The use of fish silage in pig nutrition**. Nottingham, 1984. 230p. Thesis (Ph.D.) UNiversity of Nottingham.
- GREEN, S.; WISEMAN, J.; COLE, D.J.A. Examination of stability, and its effect on nutritive value, of fish silage in diets for growing pigs. **Animal Feed Sci. Technol.** v. **21**, n. 1, p. 43-56, 1988.
- HALE, O.M.; SOUTHWELL, B.L. Differences in swine performance and carcass characteristics because of dietary protein level, sex and breed. **J. Anim. Sci.** v. **26**, p. 341-6, 1967.

- HALL, G.M. **Silage from tropical fish. Norttingham**, 1985. 278p. Thesis (Ph.D.) - University of Norttingham.
- HALL, G.M.; LEDWARD, D.A. Silage from tropical fish 3. Lipid behaviour. **J. Food Technol.** v.21, p. 45-54, 1986.
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J.M.C. Role of free radicals and catalytic metals ions in human diseases: an overview. **Methods Enzymol.** v. 186, n. 1 p. 1-85, 1990.
- HARDY, R.W.; SHEARER, K. D.; SPINELLI, J. The nutritional properties of co-dried fish silage in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) dry diets. **Aquaculture.** v. 38, p. 35-44, 1984.
- HARPER, H.A. **Manual de química fisiológica.** 4. ed. São Paulo, Atheneu, 1977.400p.
- HURLEY, L.S.; COSENS, G.; THERIAULT, L.L. Teratogenic effect of magnesium deficiency in rats. **J. Nutrit.** v. 106, p. 1254-60, 1976.
- ITOH, H.; KISHI, T.; CHIBATA, I. Comparative effects of casein and amino acid mixture simulating casein on growth and food intake in rats. **J. Nutr.** v. 103, p. 1709-15, 1973.
- JACKSON, A.J.; KERR, A.K.; COWEY, C.B. Fish silage as a dietary ingredient for salmon. I. Nutritional and storage characteristics. **Aquaculture.** v. 38, p. 211-20, 1984.
- JARENBACK, L.; LILJEMARK, A. Ultrastructural changes during frozen storage of cod. III. Effects of linoleic acid and linoleic acid hydroperoxides on myofibrillar proteins. **J. Food Technol.** v. 10, n. 3, p. 437-41, 1975.
- JOHNSEN, F. **Fish viscera silage as a feed for ruminants.** Norway, 1981. Thesis (Ph.D). Agriculture University of Norway,
- JOHNSEN, F.; SKREDE, A. Evaluation of fish viscera silage as a feed resource. **Acta. Agric. Scand.** v. 31, p. 21-8, 1981.
- JONES, N.R. The free amino acid of fish. II. Fresh skeletal muscle from lemon sole (*Pleuronectes microcephalus*). **J. Sci. Food Agric.** v. 10, p. 282-8, 1959.
- JUNK, W.J. Temporary fat storage, an adaptation of some fish species to the water level fluctuations and related environmental changes of the Amazon River. **Amazoniana.** v.9, p. 315-51, 1985.
- JUNIOR, M.M.; SALES, R.O. Propriedades Funcionais da Obtenção da Silagem Ácida Biológica de Resíduos de Pescado. Uma Revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal** (v.7, n.2) p.126-156 (2013). <http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20130014>
- JURGENS, M.H.; HUDMAN, D.B.; ADAMS, C.H.; PEO, Jr., E.R. Influence of a dietary supplement of lysine fed at two levels of protein on growth, feed efficiency and carcass characteristics of swine. **J. Anim. Sci.** v. 26, n. 2 p. 323-7, 1967.
- KANNER, J.; KAREL, M. Changes in lysozyme due to reactions with peroxidizing methyl linoleate in a dehydrated model system. **J. Agric. Food Chem.** v. 24, n. 3, p. 468-72, 1976.
- KLAY, R.F. Lysine and nitrogen utilization by pigs at four protein levels. **J. Anim. Sci.** 23(3):881-4, 1964.
- KOMPIANG, I.P.; ARIFUDIN, R.; RAA, J. Nutritional value of ensilaged by-catch fish from Indonesianskrimp trawlers. In: CONNELL, J.J. ed. **Advances in fish Science and technology** Farnham, Fishing News Books, 1981. p. 52-9.
- KOMPIANG, I.P.; YUSHADI, S.; CRESSWELL, D.C. Microbial fish silage: chemical composition, fermentation characteristics and nutritional value. In: DISNEY, J.G.; JAMES, D. ed. **Fish silage production and its use.** Rome, FAO, 1980. p. 38-43 (FAO Fish Rep. 230).

- LAJOLO, F.M.; ZUCAS, S.M.; DOMINGUES, J.B. Estudo bromatológico de concentrados protéicos obtidos a partir da *Sardinella aurita* e da Tilápia melanopleura I. Ensaio das proteínas. **Arch. Latinoam. Nutrit.** v.25, p. 67-78, 1975.
- LANTZ, A.W. Special products from freshwater fish. **Bull. Fish. Res. Bd. Can.** v. 151, p. 45-8, 1966.
- LESSI, E.; XIMENES CARNEIRO, A.R.; LUPIN, H.M. Obtencion de ensilado biologico de pescado. In: HARDY, D.E. ed. Consulta de expertos sobre tecnologia de productos pesqueros en America Latina, 2. Montevideo. Roma, FAO, 1989. 8pp.
- LOVSHIN, L.L.; SILVA, A.B.; FERNANDES, J.A. **The intensive culture of the all-male hybrid of "Tilapia hornorum (male) x T. nilotica (female) in northeast Brazil.** s.1.p. F.A.O. 1974. (CARPAS/6/74 SE(22)).
- LUCAS, I.A.M.; MILES, K.L. Comparison of protein concentrations in diets given unchanged to pigs from 18 to 93 kg live weight. **Animal Product.** v. 12, p. 403-12, 1970.
- MAI, J.; SHETTY, J.K.; KAN, T.M.; KINSELLA, J.E. Protein and amino acid composition of select freshwater fish. **J. Agric. Food Chem.** v. 28, p. 884-5, 1980.
- MAIA, E.L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; AMAYA-FARFAN, J. Proximate, fatty acid and amino acid composition of the Brazilian freshwater fish *Prochilodus scrofa*. **Food Chem.** v. 12, p. 275-86, 1983.
- MANDELLI, M.Q. A preservação ácida no aproveitamento econômico do pescado e dos resíduos de sua industrialização. **Equipescas J.** v. 44, p. 47-52, 1972.
- MARCH, B.E.; BIELY, J.; TARR, H.L.A. Nutrient composition and evolution of British Columbia whole herring meal. **J. Fish. Res. Bd. Can.** v. 20, p. 229-33, 1963.
- McALESSE, D.; FORBES, R.M. The requirement and tissue distribution of magnesium in the rat as influenced by environmental temperature and dietary calcium. **The J. Nutrit.** v. 73, p. 94-106, 1961.
- McWARD, G.W.; BECKER, D.E.; NORTON, H.W.; TERRIL, S.W.; JENSEN, A.H. The lysine requirement of weanling swine at two levels of dietary protein. **J. Anim. Sci.** v. 18, n. 3, p. 1059-66, 1959.
- MEDINA, S.; BLANCO, M.; NIND, A.; LARRU, F.; LOBILLO, E. Determination espectrofotometrica de hierro, manganes, cobre, molibdeno, cobalto y fosforo total en la hueva de la merluza (*Merluccius merluccius* L.) **Anales bromatol.** v. 8, n. 2, p. 313-5, 1956.
- MEINKE, W.M.; MATTIL, K.F. Autolysis as a factor in the production of protein isolates from whole fish. **J. Food Sci.** v. 38, p. 864-7, 1973.
- MOTTRAM, D. Lipid oxidation and flavor in meat and meat products. **Food Sc. Technol. Today** v.1, n. 3, p. 159-62, 1987.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. National Research Council. Institute of Laboratory Animal Resources. ILAR. Laboratory Animal Management: Rodents. Separata do **ILAR News**, Washington, 20(3): L1-L5, 1980.
- NARAYAN, K.A.; KUMMEROW, F.A. Factors influencing the formation of complexes between oxidized lipids and proteins. **J. Am. Oil Chem. Soc.** v. 40, n. 8, p. 339-42, 1963.
- NEILENDS, J.B.; SIRNY, R.J.; SOHLJELL, I.; STROM, F.M.; ELVEHJEM, C.A. The nutritive value of canned foods, II. Amino acid content of fish and meat products. **J. Nutr.** v. 39, p. 187-94, 1949.
- OETTERER DE ANDRADE, M. **Produção de silagem a partir da biomassa de pescado:** levantamento bibliográfico sobre os diferentes tipos de silagem que podem ser obtidos com pescado; silagem química, enzimática e microbiana. Piracicaba, Depto. Ciênc. Tecnol. Agroind. da ESALQ/USP, 1992.25p.

OLCOTT, H.S. Marine products. In: SCHULTZ, H.W.ed. Symposium of foods: lipids and their oxidation. Westport, AVI 1962.p. 354-59.

OLIVEIRA, A.L.T SALES. R.O.; BRUNO, F.H.S.; FREITAS, J.B.S Avaliação química 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. 45 - 67 (2013). <http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20130010>.

OLIVEIRA, A.L.T.; SALES, R.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). <http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20130011>.

PEARSON, A.M.; GRAY, J.I.; ARLENE, M.; HORENSTEIN, N.A. Safety implication of oxidized lipids in muscle foods. *Food Technol.* v. **37**, n. 7, p. 121-5, 1983.

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

PROTAS, J.F. Custo médio de produção de suínos para abate, Concórdia, EMBRAPA - CNPSA, 1984, 9 p. (Comunicado Técnico, 82).

RAA, J.; GILDBERG, A. Autolysis and proteolytic activity of cod viscera. *J. Food Technol.* v. **11**, p. 619-28, 1976.

RAA, J.; GILDBERG, A. Fish Silage; a review. *CRC. Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* v. **16**, n. 4, p. 383-419, 1982.

SALES, R.O.; RODRIGUES, A.C.O.; AZEVEDO, A.R.; BISERRA, F.J.; ALVES, A.A. Utilização do nitrogênio de dietas para ovinos com diferentes níveis de silagem biológica de resíduos de pescado. In: 39º Congresso Brasileiro de Zootecnia. Anais... 2002. Recife – PE.

SALES, R.O. Processamento, **caracterização química e avaliação nutricional da silagem da despesca da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus) em dietas experimentais com ratos**. 1995. 174p. Tese (Doutorado) Tese de Doutorado - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

SALES, R.O.; OLIVEIRA, A.C.; GUIMARÃES, J.G L. Elaboração de autolizado ácido (silagem) de tilápia (*Sarotherodon niloticus*) e acompanhamento do processo de autólise. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 13. São Paulo. **Resumos...** p 130, 1992.

SALES, R.O.; OLIVEIRA, A.C.; GUIMARÃES, J.L. Avaliação nutricional da silagem Ácida da Tilápia. I - Determinação da relação da eficiência protéica líquida e coeficiente de eficiência alimentar. In: III MOSTRA INTERNA DE TRABALHOS CIENTIFICOS EM ANDAMENTO NA FEA/UNICAMP, 1993, Campinas - SP. III Mostra interna de trabalhos científicos na FEA/UNICAMP - SP. Campinas - SP: Faculdade de Engenharia de Alimentos, 1993c. v. 02. p. 707-711.

SALES, R.O. Complementação Protéica da Ração de Crescimento para Suínos com Silagem de Tilápia. Modelo Experimental com Ratos. In: **1ª Conferência internacional sobre ciência e tecnologia de produção e industrialização de suínos**, 1995, Campinas - SP. 1 CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE CIENCIA E TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DE SUÍNOS. Campinas - SP: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1995. v. 1.

SALES, R.O.; OLIVEIRA, A.C. Nutritional Evaluation of Nile Tilapia Silage (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) in Experimental Diets. In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1996, Poços de Caldas - MG. XV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1996a. v. 01.

SALES, R.O.; OLIVEIRA, A.C. Perfil em Ácidos Graxos do Óleo Extraído da Silagem da Despesca da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) Armazenados à Temperatura Ambiente. **In:** XV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1996, Poços de Caldas - MG. XV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1996b. v. 01.

SALES, R.O.; OLIVEIRA, A.C. Comparação entre Cromatografia Gasosa e de Troca Iônica para Avaliação da Qualidade Nutricional da Proteína da Silagem da Despesca da Tilápia do Nilo. **In:** XV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1996, Poços de Caldas - MG. XV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Poços de Caldas - MG: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1996c. v. 1.

SALES, R.O.; OLIVEIRA, A.C. Perfil em Aminoácidos e Avaliação da Qualidade Nutricional da Proteína da Silagem da Despesca da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) **In:** XV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 1996, Poços de Caldas - MG. XV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. Poços de Caldas - MG: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1996 d. v. 1.

SALES, R.O.; SOUZA, J.M.L.; AZEVEDO, A.R.; FREITAS, J.W.C. Elaboração e Caracterização química, funcional e nutricional da silagem biológica de resíduos de pescado para alimentação de alevinos de Tilápia (*Oreochromis niloticus*). **In:** I Congresso Nordestino de Produção Animal, 1998, Fortaleza-CE. 1 CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL. Fortaleza-CE: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 1998a. v. 2. p. 212-212.

SALES, R. O.; OLIVEIRA, A.C.; SALES, A.M. Efeito da Temperatura Ambiente na Composição em Ácidos Graxos do Óleo Extraído da Silagem Ácida da Despesca da Tilápia de Nilo (*Oreochromis niloticus*). **In:** 1 CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 1998, Fortaleza-Ce.

1 CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL. Fortaleza-Ce: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 1998b. v. 2. p. 213-213.

SALES, R.O.; AZEVEDO, A.R.; BASTOS, F.J.S.; CASTRO, A.B. Complementação Protéica da Ração de Crescimento para Suínos com Silagem da Despesca da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Modelo Experimental com Ratos. **In:** I CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 1998, Fortaleza - CE. Volume II RESUMOS. Fortaleza - CE: Editora Gráfica do Banco do Nordeste, 1998c. v. 02. p. 217.

SALES, R.O.; AZEVEDO, A.R.; BASTOS, F.J.S.; CASTRO, A.B. Complementação Protéica da Ração de Terminação para Suínos com Silagem da Despesca da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Modelo Experimental com Ratos. **In:** I CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 1998, Fortaleza - CE. Volume II RESUMOS. Fortaleza - CE: Editora Gráfica do Banco do Nordeste, 1998d. v. 02. p. 218.

SALES, R.O.; MENEZES, M.A.S. Conteúdo de Nitrogênio Alfa Amínico na Elaboração e Acompanhamento do Processo de Autólise da Silagem Ácida da Despesca da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **In:** XVII ENCONTRO UNIVERSITÁRIO DE INICIAÇÃO À PESQUISA, 1998, Fortaleza - CE. XVII ENCONTRO UNIVERSITARIO DE INICIAÇÃO A PESQUISA. Fortaleza - CE: Editora da Universidade Federal do Ceará, 1998 a. v. 01. p. 976.

SALES, R.O.; HOLANDA, L.A. Elaboração e Determinação das Bases Voláteis Totais da Silagem Ácida da Despesca da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **In:** XVII ENCONTRO UNIVERSITÁRIO DE INICIAÇÃO À PESQUISA, 1998, Fortaleza - CE. XVII ENCONTRO UNIVERSITÁRIO DE INICIAÇÃO À PESQUISA. Fortaleza - CE: Editora da Universidade Federal do Ceará, 1998b. v. 01. p. 977.

SALES, R.O.; FREITAS, J.W.C. Elaboração e Contagem Total de Mesófilos na Silagem Ácida da Despesca da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Acompanhamento do Processo de Autólise. **In:** XVII

ENCONTRO UNIVERSITÁRIO DE INICIAÇÃO À PESQUISA, 1998, Fortaleza - CE. XVII ENCONTRO UNIVERSITÁRIO DE INICIAÇÃO À PESQUISA. Fortaleza - CE: Editora da Universidade Federal do Ceará, 1998c. v. 01. p. 978.

SALES, R.O.; FERREIRA, O.S. Elaboração e Determinação da Viscosidade da Silagem Ácida da Despesca da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e Acompanhamento do Processo de Autólise. **In:** XVII ENCONTRO UNIVERSITÁRIO DE INICIAÇÃO À PESQUISA, 1998, Fortaleza - CE. XVII Encontro Universitário de Iniciação a Pesquisa. Fortaleza - CE: Editora da Universidade Federal do Ceará, 1998d. v. 01. p. 978.

SALES, R.O.; OLIVEIRA, A.C.; ANDRADE, M.O. Comparação Entre Cromatografia Gasosa e de Troca Iônica para a Avaliação da Qualidade Nutricional da Proteína da Silagem Biológica de Resíduos de Pescado. **In:** XI Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca CONBEP e I Congresso latino-americano de engenharia de pesca CONLAEP, 1999, Recife-PE. XI Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca CONBEP e I Congresso latino-americano de engenharia de pesca CONLAEP. Recife-PE: Associação dos Engenheiros de Pesca de Pernambuco AEP/PE, 1999a. v. I. p. 331-337.

SALES, R.O.; AZEVEDO, A.R.A.; FREITAS, J.W.C.; OLIVEIRA, A.C.; ANDRADE, M.O.; SOUZA, J.M.L. Avaliação do ganho de crescimento de alevinos de Tilápia (*Oreochromis niloticus*), Alimentados com silagem biológica de resíduos de pescado. **In:** XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, 1999, Recife - PE. Anais do XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA. Recife: Associação dos Engenheiros de Pesca de Pernambuco AEP/PE, 1999b. v. 01. p. 51-55.

SALES, R.O.; AZEVEDO, A.R.; FREITAS, J.W.C.; OLIVEIRA, A.C.; ANDRADE, M.O.; SOUZA, J.M.L. Avaliação do Ganho de Crescimento de Alevinos de Tilápia (*Oreochromis niloticus*), alimentos com silagem biológica de resíduos de Pescado. **In:** XI Congresso Brasileiro de Engenharia de

Pesca, 1999, Recife, Anais... Recife-PE, 1999, Resumo. 0979. 1999, Recife. XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA. Recife-PE: Associação dos Engenheiros de Pesca de Pernambuco - AEP/PE, 1999c. v. 1. p. 51-55.

SALES, R.O.; AZEVEDO, A.R.; FREITAS, J.W.C.; OLIVEIRA, A.C.; ANDRADE, M. O.; SOUZA, J.M.L. Avaliação do Ganho de Crescimento de Alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) Alimentados com Silagem Biológica de Resíduos de Pescado. **In:** XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, 1998, Recife - PE. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA - CONBEP E I Congresso Latino Americano de Engenharia de Pesca I CONLAEP, 1999d. v. 02.

SALES, R.O.; RODRIGUES, A.C.O.; AZEVEDO, A.R.; BISERRA, F.J.; ALVES, A. A. Utilização do nitrogênio de dietas para ovinos com diferentes níveis de silagem biológica de resíduos de pescado. **In:** 39º CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA. Anais.... 2002. Recife – PE.

SALES, R.O.; SOUZA, J.M.L.; AZEVEDO, A.R. de; FREITAS, J.W.C. Efeito de Dietas contendo silagem biológica de resíduos de pescado no desempenho de alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **In:** 39º REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2002, Recife - PE. Anais... da Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Recife - PE: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002a. v. 01. p. 1-3.

SALES, R.O.; RODRIGUES, A.C.O.; AZEVEDO, A.R.; BESERRA, F.J. Efeito da Inclusão de Silagem Biológica de Resíduos de Pescado sobre a Digestibilidade de Dietas para Ovinos. **In:** 39º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002, Recife - PE. Anais... da 39º REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Recife - PE: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002b. v. 01. p. 1-3.

SALES, R.O.; RODRIGUES, A.C.O.; AZEVEDO, A.R. DE; BESERRA, F.J.; ALVES, A.A. Utilização do Nitrogênio de Dietas para Ovinos com Diferentes Níveis de

Silagem Biológica de Resíduos de Pescado. **In:** 39º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002, Recife - PE. Anais... da 39º REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECCIA. Recife - PE: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. v. 01. p. 1-3.

SALES, R.O. Evolução do Ganho de Biomassa de Alevinos de Tilápia (*Oreochromis niloticus*) alimentados com silagem biológica de resíduos de pescado. **In:** IV CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 2006, Petrolina - PE. Sociedade Nordestina de Produção Animal - SNPA. Petrolina \_ PE: Banco do Nordeste, 2006. v. 01.

SALES, R.O.; OLIVEIRA, A.C.; PARK, K.J. Evolução Ponderal, Quociente de Eficiência Alimentar e Quociente de Eficiência Líquida da Proteína, Determinados em Ratos da Linhagem Wistar Mantidos em Dietas com Diferentes Fontes Protéicas. **In:** 45º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2012, Campinas - SP. 45º Congresso sociedade brasileiro de ciência e tecnologia de alimentos. Campinas - SP: Unicamp, 2012a. v. 01.

SALES, R.O.; OLIVEIRA, A.C.; PARK, K.J. Avaliação Química e Microbiológica da Silagem Ácida de Despesca da Tiláfia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.) Originária de Indaituba S.P. Durante Armazenamento. **In:** 45º Congresso brasileiro de ciência e tecnologia de alimentos, 2012, Campinas - SP. 45º Congresso brasileiro de ciência e tecnologia de alimentos. Campinas - SP: Unicamp - SP, 2012b. v. 01.

SALES, R.O.; OLIVEIRA, A.C.; PARK, K.J. Avaliação química e microbiológica da silagem ácida de despesca da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.) originária de Indaiatuba – S.P. durante armazenamento (22 – 25°C). **In:** XXIII CBCTA - Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas – SP, no período de 01 a 04 de maio de 2012c.

SALES, R.O.; OLIVEIRA, A.C.; KIL J.P. Physical, chemical and microbiological parameters of acid silage of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) residues from Indaiatuba sp during storage (22 - 25°C). **In:** 16th World Congress of Food Science and Technology - IUFoST, 2012, Foz do Iguaçu - PR. 16th World Congress of Food Science and Technology - IUFoST. Foz do Iguaçu - PR: Congress of Food Science and Technology, 2012a. v. 01.

SALES, R.O.; MAIA, E.L. Chemical composition and lipids classes of the freshwater fish tilapia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **In:** 16th World Congress of Food Science and Technology - IUFoST -, 2012, Foz do Iguaçu - PR. 16th World Congress of Food Science and Technology - IUFoST -. Foz do Iguaçu - PR: Congress of Food Science and Technology, 2012b. v. 01.

SALES, R. O.; OLIVEIRA, A.C. Ponderal evolution, food efficiency ratio and protein net efficiency ratio, determined in wistar rats fed diets with different protein sources. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal* (v.7, n.2) p.1–15, agos-dez (2013) <http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20130007>.

SALES, R.O.; OLIVEIRA, A.C. Influência da adição de silagem ácida de despesca da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.), integral e desengordurada, no valor nutritivo da caseína. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal* (v.8, n.1) p.1–18, jan -març (2014). <http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20140001>.

SALES, R.O.; OLIVEIRA, A.C. Evaluation nutritional of acid silage of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), whole fish discarded, farmed in Indaiatuba –SP. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal** (v.7, n.2) p. 16 –30, ago –Dez (2013). <http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20130008>.

- SANTOS, N.F. & SALES, R.O. Avaliação da Qualidade Nutritiva das Silagens Biológicas de Resíduos de Pescado Armazenada por 30 dias e 90 dias em Temperatura Ambiente. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**. v.5, n.1) p. 1 –12, jan –jun (2011), 16p. <http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20110001>.
- 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, jan – jun (2009), 19p. <http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20090001>.
- SHARDA, D.P.; MAHAN, D, C.; WILSON, R.F. Limiting amino acid in low protein corn soybean meal diets for growing-finishing swine. **J. Anim. Sci.** v. **42**, n. 5, p. 1175-81, 1976.
- SIEBERT, G. Enzymes of marine fish muscle and their role in fish spoilage. In: HEEN, E.; KREUZER, R. ed. **Fish in nutrition**. London, Fishing News Books, 1961. p 80-7.
- SINNHUBER, R.O.; YU, T.C., 2-Thiobarbituric acid method for the measurement of rancidity in fishery products. II. The quantitative determination of malonaldehyde. **Food Technol.** v. **12**, p. 9-12, 1958.
- SMITH, K.J. Soybean meal: production, composition and utilization. **Feedstuffs Jan**. 17th, 22, 1977.
- SPIES, J.R. Determination of triptophan in proteins. **Anali. Chem.** v. **39**, p. 1412-6, 1967.
- STONE, F.E.; HARDY, R.W. Nutritional value of acid stabilised silage and liquified fish protein. **J. Sci. Food Agric.** v. **37**. p. 797-802, 1986.
- STROM, T.; EGGUM, B.O. Nutritional value of fish viscera silage. **J. Sci. Food Agric.** v. **32**, p. 115-7, 1981.
- TATTERSON, I.N.; WINDSOR, M.L. Fish Silage. **J. Sci. Food Agric.** v. **25**, p. 369-79, 1974.
- TIBBETS, G.W.; SEERLEY, R.W.; McCAMPBELL, H.C.; VEZEY, S.A. An evaluation of an ensiled waste fish product in swine diets. **J. Animal Sc.** v. **52**, p. 93-100, 1981.
- VAN WYK, G.N.; FRANCK, F.; POTGIETER, B.J.; WESSELS, J.P.H.; ATKINSON, A. Utilization of fish silage. A study of its intake by porkers. **Agroanimalia**. v. **9**, p. 13, 1977.
- XIMENES CARNEIRO, A.R.X. Elaboração e uso de ensilado biológico de pescado na alimentação de alevinos de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). Manaus, 1991.81 p. Tese (Mestrado) - INPA. FUA.
- WANG F.L.; WANG, R.; KHAIRALLAH, E.A.; SCHWARTZ, R. A magnesium depletion during gestation and lactation in rats. **J. Nutrit.** v. **101**, p. 1201-10, 1971.
- WAGNER, G.R.; CLARK, A.J.; HAYS, V.W.; SPEER, V.C. Effect of protein energy relationshipson the performance and carcass quality of growing swine. **J. Anim. Sci.** v. **22**, n. 1, p. 202-8, 1963.
- WEE, K.L. KERDCHUEN, N.; EDWARDS, P. Use of wate grown tilapia silage as feed for *Clairias batrachus* L. **J. Aquacult. Trop.** v. **1**, p. 127-37, 1986.
- WIGNALL, J.; TATTERSON, I.N. Fish silage. **Process. Biochem.** v. **11**, p. 17-22, 1976.