

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MARISA MARIA PLETSCH SCHNEIDER VIVIAN

**CARACTERIZAÇÃO E PERSPECTIVAS DE UTILIZAÇÃO DE ESCAMAS DA
TILÁPIA DO NILO**

Marechal Cândido Rondon

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MARISA MARIA PLETSCH SCHNEIDER VIVIAN

**CARACTERIZAÇÃO E PERSPECTIVAS DE UTILIZAÇÃO DE ESCAMAS DA
TILÁPIA DO NILO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição Animal, para a obtenção do título de “Mestra em Zootecnia”.

Orientador: Prof. Ph.D. Nilton Garcia Marengoni
Coorientador: Newton Tavares Escocard de Oliveira

Marechal Cândido Rondon

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MARISA MARIA PLETSCH SCHNEIDER VIVIAN

CARACTERIZAÇÃO E PERSPECTIVAS DE UTILIZAÇÃO DE ESCAMAS DA
TILÁPIA DO NILO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *strictu sensu* em Zootecnia, Área de Concentração “Produção e Nutrição Animal”, para a obtenção do título de “Mestra em Zootecnia”.

Marechal Cândido Rondon, 12 de dezembro de 2013.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ph.D. Nilton Garcia Marengoni

Prof. Dr. Nelson Massaru Fukumoto

Profa. Dra. Yolanda Lopes da Silva

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e coragem para concluir este trabalho.

Ao meu esposo, Leandro Ricardo Vivian, por me amar. Pelo apoio e incentivo, confiança, companheirismo e sua enorme paciência que foram essenciais para a conclusão deste trabalho.

Aos meus filhos, Gabriel Ricardo Schneider Vivian e Isabela Luisa Schneider Vivian, que são a razão do meu viver.

À minha mãe, Delci Pletsch Schneider, por cuidar dos meus filhos para que eu pudesse estudar.

Aos meus irmãos, Sidinei e Fabricio, cunhadas, Luciane e Rosilei, e sobrinhos, Emili e Augusto, pelo carinho e incentivo. Minha família, meu tudo.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), como entidade difusora do conhecimento científico, por possibilitar a realização deste trabalho.

Ao professor orientador, Nilton Garcia Marengoni pela paciência, orientação e dedicação.

Ao professor coorientador, Newton Tavares Escocard de Oliveira, pela paciência e auxílio na realização da análise estatística.

Aos professores, Dra. Yolanda Lopes da Silva e Dr. Nelson Massaru Fukumoto, pelas sugestões e considerações na banca examinadora.

A todos os professores pela dedicação e ensinamentos adquiridos durante o mestrado.

À Copacol pela disponibilidade do material para realização da pesquisa.

Aos colegas de pós-graduação em Zootecnia, em especial à colega Monique Bayer Wild, pela ajuda e companheirismo.

Muito obrigada a todos, que direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

RESUMO

VIVIAN, MARISA MARIA PLETSCH SCHNEIDER. Mestrado em Zootecnia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, dezembro, 2013. **Caracterização e perspectivas de utilização de escamas da tilápia do Nilo.** Orientador: Ph.D. Nilton Garcia Marengoni.

O setor aquícola deve estar engajado em propostas que reduzam a emissão de resíduos buscando alternativas para o gerenciamento dos resíduos que venham a ser gerados, garantindo seu crescimento e sustentabilidade. Objetivou-se realizar a caracterização microbiana e determinar a composição centesimal, aminoacídica, macro e micronutrientes, metais pesados, e apontar alternativas tecnológicas para o aproveitamento de escamas da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, coletadas em uma indústria de filetagem da região oeste do Paraná. As amostras de escamas foram encaminhadas ao laboratório para determinação de coliformes termotolerantes, coliformes totais, *Staphylococcus aureus*, enterobactérias e presença de *Salmonella* spp. Foram realizadas análises de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM). A quantificação aminoacídica foi determinada em aparelho HPLC/UV, após digestão ácida. Os teores totais dos macronutrientes, micronutrientes e metais pesados tóxicos foram mensurados após digestão nitro perclórica das amostras e leitura por espectrometria de absorção atômica em espectrofotômetro UV-VIS. A ausência de *Salmonella* spp. foi verificada em 100% das amostras analisadas. Os coliformes termotolerantes, coliformes totais e *Staphylococcus aureus* apresentaram valores médios de $1,0 \times 10^1$, $4,1 \times 10^1$ e $5,0 \times 10^1$ UFC/g, respectivamente. Os valores médios de proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral foram de 49,06, 0,22 e 44,51%, respectivamente. Entre os aminoácidos encontrados nas escamas destacam-se os valores de glicina (10,64 g/100g) e prolina (6,78 g/100g). O valor de cálcio (Ca) foi de 67,53 g/kg e de fósforo (P) 33,39 g/kg, atendendo a relação de 1,5 a 2,1:1,0 de Ca e P. As escamas de tilápia apresentam contaminação por enterobactérias e metais pesados (Cd, Cr e Pb), com valores acima dos níveis estabelecidos pela legislação vigente, não podendo ser utilizadas para alimentação animal, sem tratamento prévio. Os resultados encontrados para PB, Ca, P, glicina, prolina, entre outros, nas escamas de tilápia do Nilo, sugerem que estas podem ser utilizadas como fonte potencial em diferentes alternativas pela indústria de filetagem. Dentre as alternativas para o aproveitamento das escamas, têm-se a

extração de colágeno e queratina, a utilização como filtro, fertilizantes, substratos e artesanato, e ainda, a produção de farinha e silagem. As alternativas apresentadas para utilização das escamas podem levar a produção e valorização de subprodutos provenientes deste resíduo do pescado, incrementando a geração de renda na indústria e diminuindo o impacto ambiental.

Palavras-chave: industrialização, *Oreochromis niloticus*, resíduos da filetagem, sustentabilidade ambiental, tilapicultura

ABSTRACT

VIVIAN, MARISA MARIA PLETSCH SCHNEIDER. Master Course in Animal Science. West Paraná State University, 2013, december. **Characterization and prospects for use of scales of Nile tilapia**. Adviser: Ph.D. Nilton Garcia Marengoni.

The aquaculture sector should be engaged in proposals that reduce the emission of waste seeking alternatives for managing waste that will be generated, ensuring their growth and sustainability. The objectives were to characterize microbial and determine the proximate composition, amino acids, macro and micronutrients, heavy metals and pointing technology alternatives for the use of scales of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, collected in an industry filleting the western Paraná. The samples of scales were sent to the laboratory for determination of fecal coliforms, total coliforms, *Staphylococcus aureus*, enterobacteria and *Salmonella* spp. Analyses of crude protein, ether extract and ash were performed. The total content of amino acid scales was performed using HPLC/UV, after acid digestion. Total concentrations of macronutrients, micronutrients and toxic heavy metals were measured after digestion of the samples and perchloric nitro read by atomic absorption spectrometry and UV-VIS spectrophotometer. The absence of *Salmonella* spp. was found in 100% of samples. The fecal coliforms, total coliforms and *Staphylococcus aureus* showed mean values of 1.0×10^1 , 4.1×10^1 and 5.0×10^1 CFU/g, respectively. The mean values of crude protein (PB), ether extract and ash were 49.06, 0.22 and 44.51%, respectively. Among the amino acids found in scales include the values of glycine (10.64 g/100 g) and proline (6.78 g/100 g). The amount of calcium (Ca) value was 67.53 g/kg and phosphorus (P) was 33.39 g/kg, given ratio from 1.5 to 2.1 Ca and P. The scales tilapia have contamination enterobacteria and heavy metals (Cd, Cr and Pb), with values above the levels established by law, and may not be used for animal feed, untreated. The results for PB, Ca, P, glycine, proline, among others, in the scales of Nile tilapia, suggest that these can be used as a potential source alternatives for filleting industry. Among the alternatives to the use of the scales, it has been the extraction of collagen and keratin, to use as a filter, fertilizer, substrates and crafts, and also the production of fishmeal and silage. The alternatives presented for use of scales can lead to production and recovery of by-products from this waste of fish, increasing income generation in the industry and reducing the environmental impact.

Keywords: environmental sustainability, industrialization, *Oreochromis niloticus*, filleting waste, tilapia culture

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Alternativas de utilização de resíduos industriais da filetagem da tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>)	15
Tabela 2. Alternativas de utilização de escamas de peixes	17
Tabela 3. Valores médios (UFC/g) de coliformes termotolerantes, coliformes totais, <i>Staphylococcus aureus</i> , enterobactérias e ausência ou presença de <i>Salmonella</i> spp. em escamas de tilápia do Nilo	33
Tabela 4. Valores médios da composição bromatológica em escamas de tilápia do Nilo	35
Tabela 5. Valores médios de aminoácidos em escamas de tilápia do Nilo	37
Tabela 6. Valores médios de macronutrientes (g/kg) e micronutrientes (mg/kg) em escamas de tilápia do Nilo	39
Tabela 7. Valores médios de metais pesados em escamas de tilápia do Nilo	41
Tabela 8. Extração de colágeno de resíduos da filetagem industrial do pescado	50
Tabela 9. Utilização de escamas como filtros	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma geral de beneficiamento de peixe com a indicação do processamento e dos resíduos gerados.....	14
Figura 2. Escama ciclóide de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>)	16
Figura 3. Municípios da região de abrangência da indústria processadora de peixes.....	29
Figura 4. Escamas acondicionadas em caixa térmica para o transporte (a) e em bandeja de alumínio para secagem em estufa (b).....	30
Figura 5. Escama de tilápia do Nilo “ <i>in natura</i> ” (a) e em pó após o processamento em moinho de facas (b).....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO	14
2.1 Resíduos da filetagem da tilápia.....	14
2.2 Escamas	16
2.3 Aspectos microbiológicos	17
2.4 Composição química	18
2.4.1 Proteínas e aminoácidos	18
2.4.2 Minerais	19
2.4.3 Metais pesados tóxicos	20
REFERÊNCIAS	21
3 CARACTERIZAÇÃO MICROBIANA E QUÍMICA DE ESCAMAS DA FILETAGEM INDUSTRIAL DA TILÁPIA DO NILO.....	26
3.1 Resumo	26
3.2 Abstract	27
3.3 Introdução.....	27
3.4 Material e métodos	29
3.4.1 Análise microbiológica	31
3.4.2 Análise centesimal	31
3.4.3 Análise aminoacídica.....	32
3.4.4 Macro e micronutrientes e metais pesados	32
3.4.5 Análise estatística	32
3.5 Resultados e Discussão	33
3.5.1 Microbiologia	33
3.5.2 Composição centesimal	35
3.5.3 Aminoácidos	36
3.5.4 Macro e micronutrientes	38
3.5.5 Metais pesados	40
3.6 Conclusões	42
3.7 Referências	42

4 PERSPECTIVAS DE UTILIZAÇÃO DA ESCAMA DE TILÁPIA DO NILO DA FILETAGEM INDUSTRIAL	48
4.1 Resumo	48
4.2 Abstract	48
4.3 Introdução	49
4.4 Utilização de escamas de tilápia do Nilo.....	50
4.4.1 Extração de colágeno	50
4.4.2 Extração de queratina.....	51
4.4.3 Filtro	52
4.4.4 Fertilizante orgânico	52
4.4.5 Substrato para plantas	53
4.4.6 Ornamentação e artesanato	54
4.4.7 Farinha de peixe.....	54
4.4.8 Silagem de peixe.....	54
4.5 Considerações	55
4.6 Referências	55
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do cultivo da tilápia do Nilo nas duas últimas décadas impulsionou drasticamente a produção mundial de peixes de água doce para um total de 33,7 milhões de toneladas, concebendo 56,4% do montante produzido no ano de 2010 (FAO, 2012).

No Brasil, de acordo com o levantamento realizado pelo Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA em 2010 (BRASIL, 2012), a tilapicultura brasileira contribuiu com 39,42% do total de peixes cultivados no continente brasileiro, alcançando aproximadamente 155,4 mil toneladas produzidas no ano de 2010.

O processamento industrial da tilápia no Brasil iniciou-se na década de 90, na região oeste do Paraná, priorizando apenas o beneficiamento na forma de filé, que possui um rendimento por peso de peixe vivo, situando-se entre 25,4% a 42% (CONTRERAS; GUZMÁN, 2002). Nos resíduos descartados da industrialização estão incluídas cabeças, carcaças, vísceras, peles e escamas.

O tipo e a quantidade de resíduos gerados na industrialização dependerão do tipo de processamento empregado, ou seja, peixe inteiro eviscerado, eviscerado e descabeçado, filé, dentre outras. As quantidades relacionam-se ao rendimento de carcaça dos peixes, que varia em função do tipo de processamento, da espécie, do sexo e do tamanho do peixe, entre outros (VIDOTTI; BORINI, 2006).

Neste contexto, o setor aquícola deve estar engajado nas propostas de emissão zero de resíduos (SEIBEL; SOUZA-SOARES, 2003). Dispor de alternativas para o gerenciamento dos resíduos que venham a ser produzidos, o que se torna fator diferencial para as empresas, garantindo a diversificação da linha de produtos, o crescimento sustentável e a responsabilidade social e ambiental (PESSATTI, 2001; BERTOLDI, 2003).

Como alternativas de utilização destes resíduos, têm-se a extração de colágeno de escamas e peles para a indústria farmacêutica e alimentícia; o curtimento de pele para a indústria mobiliária, vestuário, artesanato e diferentes objetos; a produção de polpa para fabricação de empanados, produtos semiprontos (merenda escolar, restaurantes universitários, de empresas, hospitais, presídios, entre outros); a compostagem; e a farinha e silagem de resíduos de pescado (VIDOTTI; GONÇALVES, 2006).

Além da preocupação com a rentabilidade do setor, segundo Geron et al. (2006) diversos subprodutos agroindustriais precisam ser estudados, visando o emprego em larga escala e a redução do seu efeito poluente. Dentre os resíduos citados destacam-se as escamas,

que mesmo correspondendo à pequena fração de 1% do peso da tilápia (VIDOTTI; BORINI, 2006), podem representar grandes quantidades residuais em larga escala de produção, ocasionando sérios problemas de poluição (contaminação do solo e da água) caso não tenham um destino ambientalmente e financeiramente sustentável.

Este trabalho teve como objetivos realizar a caracterização microbiana e determinar a composição centesimal, aminoacídica, macro e micronutrientes, metais pesados e apontar alternativas tecnológicas para o aproveitamento de escamas da tilápia do Nilo, coletadas em uma indústria de filetagem da região oeste do Paraná.

2 REVISÃO

2.1 Resíduos da filetagem da tilápia

O beneficiamento dos peixes, bem como da tilápia, envolve basicamente a sua obtenção, conservação, processamento, embalagem, transporte e comercialização (FELTES et al., 2010). O processamento de peixes está representado no fluxograma, em que estão indicados os resíduos gerados durante cada etapa e os produtos beneficiados (Figura 1).

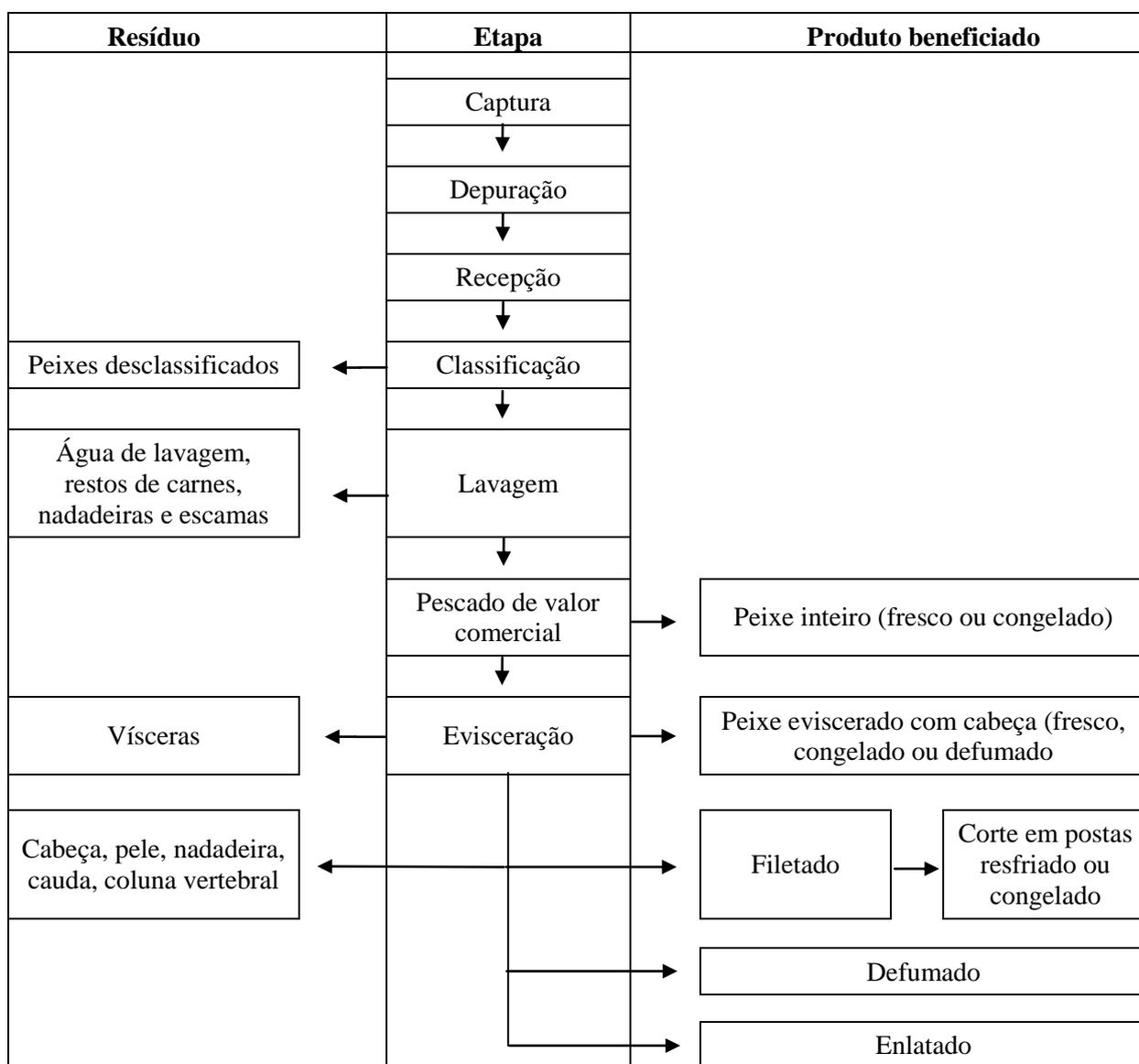


Figura 1. Fluxograma geral de beneficiamento de peixe com a indicação do processamento e dos resíduos gerados, adaptado de Feltes et al. (2010).

As indústrias beneficiadoras de peixes geram um grande volume de resíduos, ao comercializar as tilápias principalmente na forma de filé, geralmente sem pele, resfriado ou congelado (ROSA, 2009). Isto se deve também ao baixo rendimento de filé da tilápia, em torno de 27 a 42% (SOUZA et al., 2000; 2001; OETTERER, 2002).

Diversas alternativas de utilização dos resíduos industriais da filetagem da tilápia foram estudadas (Tabela 1), possibilitando o aumento da capacidade de resposta das indústrias de processamento do pescado à demanda por produtos e subprodutos diferenciados na cadeia produtiva de beneficiamento do pescado.

Tabela 1. Alternativas de utilização de resíduos industriais da filetagem da tilápia do Nilo (*O. niloticus*)

Material utilizado	Alternativa utilizada	Referência
Carcaça e nadadeiras peitorais	Carne mecanicamente separada, e concentrado proteico	Vidal (2007)
Ossos, carcaças ou partes de carcaças, (exceto ossos da cabeça, submetidos à separação mecânica em equipamentos especiais)	Carne mecanicamente separada, quibes, hambúrgueres	Rosa (2009)
Couro	Curtimento	Rosa (2009)
Cabeça, carcaça e vísceras	Silagem e compostagem	Rosa (2009)
Ossos, carcaças ou partes de carcaças, (exceto ossos da cabeça, submetidos à separação mecânica em equipamentos especiais)	Carne mecanicamente separada, patê cremoso	Minozzo (2010)
Costelinha	Empanados	Fernandes et al. (2011)

De acordo Oetterer (2002) os resíduos podem ser divididos basicamente em dois grupos, um destinado à alimentação humana e o outro para utilização na produção animal. O primeiro grupo composto pelos resíduos como a carne mecanicamente separada e as aparas, que podem ser submetidos a processos de obtenção de matéria-prima para a elaboração de produtos de valor agregado (empanados, embutidos, patês, entre outros). O segundo grupo inclui resíduos como as carcaças, peles, vísceras, cabeças e escamas para produção de subprodutos destinados a alimentação animal (óleo, farinha e silagem).

O resíduo do beneficiamento do pescado é toda a fração que não é aproveitada, devido a limitações mercadológicas e tecnológicas, mas que contém características químicas

semelhantes às da fração comercializada. Desta forma, o gerenciamento inadequado destes resíduos, seja ele sólido ou na forma de efluente líquido, pode causar sérios impactos ambientais assim como, efeitos negativos na economia do setor pesqueiro (VIDOTTI; BORINI, 2006).

A utilização de resíduos industriais da filetagem, que constituem matéria-prima de alta qualidade para obtenção de diferentes subprodutos da cadeia produtiva da piscicultura, é ecologicamente recomendável em razão da alta carga de matéria orgânica que seria descartada no ambiente caso não fossem aproveitados (VIDOTTI; GONÇALVES, 2006).

2.2 Escamas

A escama da tilápia é do tipo ciclóide, composta por hidroxiapatita. Conforme Zylberberg e Nicolas (1982), cada escama consiste em duas regiões distintas: uma camada externa e uma placa fibrilar interna (Figura 2).

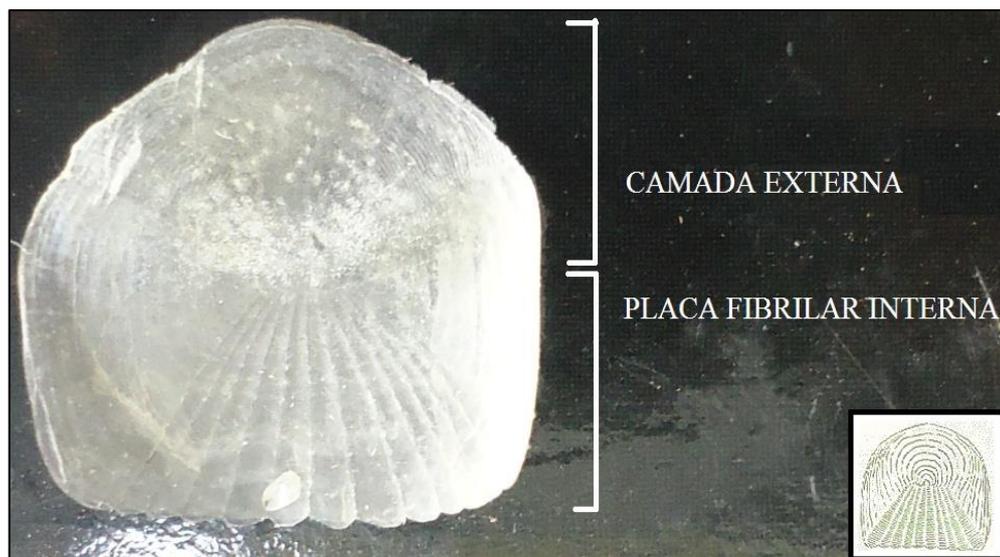


Figura 2. Escama ciclóide de tilápia do Nilo (*O. niloticus*)

Segundo Okuda et al. (2009), a camada externa é composta por fibras de colágeno com diâmetro de 20–30 nm e a camada interna apresenta estrutura parecida com madeira compensada, composta por fibras colágenas tipo I com diâmetro de 20–30 nm.

As escamas são compostas por matéria orgânica e inorgânica. A proteína presente na fração orgânica é a queratina, que pode ser a principal responsável pelas propriedades adsorptivas, devido à presença de grupos sulfurados em sua estrutura molecular (VILLANUEVA-ESPINOSA et al., 2001).

Na atividade pesqueira, as escamas dos peixes geralmente são descartadas, salvo quando são coletadas para o artesanato em algumas pequenas comunidades. Na piscicultura, as escamas também são pouco exploradas. Alguns estudos sobre alternativas de utilização de escamas vêm sendo realizados por diferentes pesquisadores (Tabela 2).

Tabela 2. Alternativas de utilização de escamas de peixes

Espécie	Alternativas de utilização	Referência
<i>O. niloticus</i>	Biofiltro	Chaguri (2010), Vidotti (2011)
<i>O. niloticus</i>	Extração de colágeno	Kumar et al. (2011)
<i>Micropogonias furnieri</i>	Remoção de metais pesados de soluções aquosas	Moura (2011)

2.3 Aspectos microbiológicos

A decomposição do pescado é causada por bactérias. Para que ocorra a multiplicação e desenvolvimento, é necessário que no meio se encontrem elementos nutritivos e condições favoráveis aos microrganismos como oxigênio, umidade e temperatura (CARDOSO et al., 2003).

Entre as bactérias que concorrem para a putrefação e degradação do pescado incluem-se *Pseudomas*, *Bacillus*, *Micrococcus*, entre outras. Além destas, podem ser encontradas outras bactérias, como os coliformes, *Salmonella* e *Staphylococcus*. A presença destes microrganismos está relacionada com a matéria-prima, cuidados higiênicos das pessoas e locais onde são manipulados os alimentos, estocagem incorreta durante o processamento e comercialização (OETTERER, 2002).

A análise de *Salmonella* spp. e coliformes fecais e totais é utilizada no controle da qualidade dos produtos alimentícios. A legislação estabelece padrões microbiológicos, preconizando-se contagem máxima para pescado e derivados de 10^2 NMP/g para coliformes fecais e ausência de *Salmonella* (APPCC, 1998).

O gênero *Salmonella* indica a presença das mais importantes bactérias que causam intoxicações alimentares e são transmitidas por meio dos alimentos contaminados. Os coliformes totais e fecais são utilizados como indicadores de contaminação pós-sanitização ou

pós-processo do pescado, indicando padrões de higiene e sanitários inadequados aos estabelecidos pela legislação (LIBRELATO; LOPES-SHIKIDA, 2005).

2.4 Composição química

O pescado é um dos alimentos mais completos pela qualidade e quantidade de nutrientes, sendo que as proteínas apresentam elevado valor biológico, com uma digestibilidade superior a 80%. Possui entre 10 a 20% de minerais, quantidades variáveis de vitaminas hidrossolúveis e uma porcentagem importante de vitaminas lipossolúveis A, D e E. Seu conteúdo lipídico é muito variável, depende da espécie, do ciclo de maturação sexual, da disponibilidade de alimentos e dos hábitos alimentares do peixe (CÓRSER et al., 2000).

O conhecimento da composição química do pescado é importante para a padronização de critérios, acompanhamento de processos industriais e seleção de equipamentos para otimização econômica e tecnológica, fornecendo subsídios para decisões de destino residual (SIMÕES et al., 2007).

Segundo Gomes et al. (2007) o cuidado no conhecimento do conteúdo químico dos alimentos deve ser redobrado quando se faz uso de subprodutos de origem animal, haja vista a pouca padronização desses alimentos, cujos valores nutritivos variam conforme o processamento a que são submetidos e ao tipo e às proporções de seus constituintes.

Considerando o teor poluente dos subprodutos da indústria de pescado, sua utilização nas rações tem papel importante na reciclagem de nutrientes e na preservação ambiental. Além disso, seu uso na formulação de dietas é facilitado porque esses alimentos contêm proteína, aminoácidos, cálcio e fósforo em quantidades consideráveis (NUNES et al., 2005). Segundo Geron et al. (2006) os resíduos de tilápia apresentam em torno de 68,6% de umidade, 42,9% de proteína bruta, 34,6% de extrato etéreo e 16,3% de matéria mineral.

2.4.1 Proteínas e aminoácidos

As proteínas são moléculas estruturalmente complexas (ALBERTS et al., 2004), e são os principais componentes estruturais do organismo animal, sendo necessário seu contínuo suprimento alimentar para atender às exigências de manutenção e produção.

O valor nutritivo das proteínas do pescado é muito alto, devido à variedade de aminoácidos essenciais que contém, e a alta digestibilidade das proteínas que variam entre 90 a 100% (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994).

A hidrólise de proteínas é uma atividade fundamental e indispensável nos procedimentos de análise e determinação de aminoácidos. Os 20 aminoácidos encontrados nas proteínas são alanina, arginina, asparagina, ácido aspártico, cisteína, glutamina, ácido glutâmico, glicina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, serina, treonina, triptofano, tirosina e valina (RODWELL, 1996).

Os aminoácidos são definidos como compostos orgânicos que contém grupo ácido (carboxílico) e amínico (SIKORSKI, 1990).

A completa recuperação dos aminoácidos hidrolisados é essencial para validar estudos de sequência de aminoácidos, confirmar a identidade de proteínas biossintéticas e oferecer dados sobre a pureza das proteínas (LANFER MARQUEZ, 1996). Estes fatores são importantes na investigação da composição dos nutrientes contidos nas matérias primas usadas para a fabricação das rações para animais (NERY, 1994).

2.4.2 Minerais

A carne de pescado é fonte rica de minerais (OLIVEIRA FILHO, 2009). O conteúdo total de minerais contido na carne dos peixes encontra-se entre 0,6 a 2,0% do total da composição química e pode ser influenciado principalmente pela qualidade da água do ambiente e alimentação que este peixe recebe (SIKORSKI, 1990).

Os minerais atuam em numerosas funções fisiológicas nos peixes e alguns deles formam parte da estrutura dos ossos, escamas e estão incorporados nos músculos, glóbulos vermelhos, hormônios e enzimas (AYALA, 2002). De acordo com Sikorski (1990), os peixes contêm minerais como o sódio (25 a 620 mg/100g), potássio (25 a 710 mg/100g), magnésio (10 a 230 mg/100g), cálcio (5 a 750 mg/100g), ferro (0,01 a 50 mg/100g), fósforo (9 a 1100 mg/100g), enxofre (100 a 300 mg/100g) e cloro (20 a 500 mg/100g).

Alguns desses elementos são considerados essenciais (sódio, potássio, cálcio, ferro, zinco, cobre, níquel e magnésio) devido à sua funcionalidade metabólica, e alguns não são essenciais (arsênico, chumbo, cádmio, cromo, mercúrio, alumínio, titânio, estanho e tungstênio), pois não possuem função definida no organismo (MOKHTAR et al., 2009).

O cálcio, por exemplo, é encontrado principalmente nos ossos e escamas, mas também pode contribuir nos processos de transmissão nervosa, contração muscular, coagulação sanguínea e também na regulação fisiológica da pressão arterial. O fósforo forma parte dos ossos, células e contribui em algumas reações metabólicas (AYALA, 2002).

2.4.3 Metais pesados tóxicos

Os metais que apresentam número atômico superior a 22 são considerados metais pesados. Tanto elementos essenciais quanto não essenciais podem ser tóxicos, quando presentes em altas concentrações (MOKHTAR et al., 2009).

Dentre os tipos de contaminação no pescado, os metais se destacam por serem cumulativos no organismo (SLOMAN et al., 2003), e não serem sintetizados pelos animais (LACERDA, 1997). A absorção destes elementos em peixes ocorre por meio da dieta ou da exposição da superfície das brânquias e da pele à água contaminada (INÁCIO, 2006).

A exposição dos peixes aos metais faz com que pequenas quantidades sejam absorvidas e armazenadas em uma forma metabolicamente disponível para os processos bioquímicos indispensáveis, ou, sejam armazenados em formas metabolicamente inertes no corpo, temporária ou permanentemente (HASHMI et al. 2002).

Os metais pesados se distribuem por todo o organismo do animal, afetando múltiplos órgãos (KLASSEN, 2006) e contaminando os peixes, concentrando-se em músculos, vísceras abdominais e escamas (BJERREGAARD; ANDERSEN 2007).

A presença do cádmio (Cd) em concentrações elevadas pode retardar o crescimento e aumentar a mortalidade dos peixes (BENOIT et al., 1976). O cádmio é um metal pesado muito utilizado em estudos de toxicologia, devido ao aumento significativo da sua concentração no ambiente, resultante da crescente acumulação de resíduos industriais e domésticos. Os efeitos da exposição ao Cd têm sido investigados a nível morfológico e bioquímico em diferentes espécies de peixes (WONG; WONG, 2000; GARCIA-SANTOS et al., 2006).

Alguns metais pesados, como o cromo (Cr), são encontrados na natureza nos compartimentos solo, ar e água, além dos alimentos e são considerados microelementos essenciais ao metabolismo dos organismos vivos. Entretanto, o excesso ou carência desse elemento pode levar a distúrbios no metabolismo. Pode ser introduzido nos tecidos vivos através da água, alimento, respiração e até mesmo pela pele (CARDOSO; CHASIN, 2001).

A exposição de peixes ao chumbo (Pb) é constante, sendo reconhecidos vários efeitos adversos (SANTOS, 2008). Esse metal é capaz de causar mortalidade, alterações na reprodução, crescimento e comportamento. Podem ainda ocorrer outros sintomas de toxicidade, que incluem atrofia muscular, escoliose, paralisia, caudas negras, degeneração da nadadeira caudal, natação errática e perda de equilíbrio (BURDEN et al., 1998).

REFERÊNCIAS

- ALBERTS, B.; BRAY, D.; LEWIS, J. et al. **Biologia molecular da célula**. 4. ed. Porto Alegre: Artes Médicas. 2004. 1549 p.
- APPCC. **Análise dos perigos e pontos críticos de controle na qualidade e segurança microbiológica de alimentos**. São Paulo: Editora Varela, 1998.
- AYALA, M.E. Estructura y Composicion Química del Pescado. In: CURSO TECNOLOGIA DE PROCESAMIENTO DE SURIMI. Paíta, **Cursos...** Peru: Instituto Tecnológico Pesquerodel Peru, 2002, p.1-22.
- BENOIT, D.; LEONARD, E.N.; CHRISTENSEN, G.M. et al. Toxic effects of cadmium on three generations of brook trout (*Salvelinus fontinalis*). **Transactions of the American Fisheries Society**, v.105, n.4, p.550-560, 1976.
- BERTOLDI, F.C. **Efeito do *Lactobacillus casei* subsp. *casei* ATCC 393 na redução do sabor amargo da carne escura de atum**. 2003. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- BJERREGAARD, P.; ANDERSEN, O. Ecotoxicology of metals – sources, transport, and effects in the ecosystem. In: NORDBERG, G.F. et al. (Ed.). **Handbook on the toxicology of metals**. 3.ed. San Diego, California: Elsevier, Cap.13, p.251-280, 2007.
- BRASIL. Boletim estatístico da pesca e aquicultura - 2010. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2012. 129 p.
- BURDEN, V.M.; SANDHEINRICH, M.B.; CALDWELL, C.A. Effects of lead on the growth and δ -aminolevulinic acid dehydratase activity of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Environmental Pollution**, v.101, n.2, p. 285-289, 1998.
- CARDOSO, L.M.N.; CHASIN, A.A.M. **Ecotoxicologia do cádmio e seus compostos**. Centro de Recursos Ambientais, v.6, 2001. 122 p.
- CARDOSO, N.L.C.; BORGES ANDRÉ, M.C.D.P.; SERAFINI, A.B. Avaliação microbiológica de carne de peixe comercializada em supermercado da cidade de Goiânia – GO. **Revista Higiene Alimentar**, v.17, n.9, p.81-87, 2003.
- CHAGURI, M.P. **Utilização de escamas e *Eichhornia crassipes* no tratamento de efluente de curtume de peles de tilápias**. 2010. 65f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.
- CONTRERAS-GUZMÁN, E.S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: Funep, 1994. 409 p.

- CONTRERAS-GUZMÁN, E.S. **Bioquímica de pescados e invertebrados**. Santiago: Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos - Universidad de Santiago de Chile, 2002. 309 p.
- CÓRSER, P.I.; TORRES, F.G.; BARBOZA, M.Y. et al. Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela. **Archivos Latino Americanos de Nutrición-ALAN**, v.50, n.2, p.187-194, 2000.
- FELTES, M.M.C.; CORREIA, J.F.G.; BEIRÃO, L.H. et al. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.6, p.669-677, 2010.
- FERNANDES, M.P.; PINTO, L.S.R.C.; BONNAS, D.S. Aproveitamento de resíduos da filetagem de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na elaboração de empanados. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.13, p.1385, 2011.
- FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of world fisheries and aquaculture**, 2012. Roma: FAO, 2012.
- GARCIA-SANTOS, S.; FONTAÍNHAS-FERNANDES, A.; WILSON, J.M. Cadmium tolerance in the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) following acute exposure: Assessment of some ionoregulatory parameters. **Environmental Toxicology**, v.21, n.1, p.33-46, 2006.
- GERON, L.J.V.; ZEOULA, LM.; VIDOTTI, R.M. et al. Digestibilidade e parâmetros ruminais de rações contendo silagens de resíduo da filetagem de tilápia. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.28, n.4, p.437-445, 2006.
- GOMES, F.A.; FASSANI, É.J.; RODRIGUES, P.B. et al. Valores energéticos de alguns alimentos utilizados em rações para codornas japonesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p. 396-402, 2007.
- HASHMI, M.I.; MUSTAFA, S.; TARIQ, S.A. Heavy metal concentrations in water and tiger prawn (*Penaeus monodon*) from grow-out farms in Sabah, North Borneo. **Food Chemistry**, v.79, n.2, p.151-156, 2002.
- INÁCIO, A.F. **Metalotioneína e metais em *Geophagus brasiliensis*** – Acará. 2006. 54f. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro.
- KLASSEN, C.D. Metais pesados e antagonistas dos metais pesados. In: GILMAN e GOODMAN. **As bases farmacológicas da terapêutica**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2006. 323 p.

- KUMAR, M.H.; SPANDANA, V.; POONAM, T. Extraction and determination of collage peptide and its clinical importance from tilapia fish scales (*Oreochromis niloticus*). **International Research Journal of Pharmacy**, v.2, n.10, p.92-97, 2011.
- LACERDA, L.D. Contaminação por mercúrio no Brasil: fontes industriais x garimpo de ouro. **Química Nova**, v.20, n.2, p.196-198, 1997.
- LANFER MARQUEZ, U.M. Preparo de amostras para a análise de aminoácidos em proteínas alimentares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.1, p.19-27, 1996.
- LIBRELATO, F.R.; LOPES-SHIKIDA, S.A.R. Segurança alimentar: um estudo multidisciplinar da qualidade do filé de tilápia comercializado no município de Toledo-PR. **Informe Gepec**, v.9, n.2, p.27-50, 2005.
- MINOZZO, M.G. **Patê de pescado: alternativa para incremento da produção nas indústrias pesqueiras**. 2010. 228f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- MOKHTAR, M.B.; ARIS A.Z.; MUNUSAMY, V. et al. Assessment level of heavy metals in *Penaeus monodon* and *Oreochromis* sp. in selected aquaculture ponds of high densities development area. **European Journal of Scientific Research**, v.30, n.3, p.348-360, 2009.
- MOURA, K.O. **Utilização de escamas do peixe corvina para adsorção de Cr (VI) em meio aquoso - cinética e termodinâmica por calorimetria isotérmica contínua**. 2011. 201f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.
- NERY, H.D. Análise de aminoácidos na indústria de ração e na nutrição animal. In: SEMINÁRIO SOBRE A ANÁLISE DE AMINOÁCIDOS EM ALIMENTOS E OUTROS MATERIAIS BIOLÓGICOS. Campinas, 1994. **Anais...** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1994. (CD-ROOM).
- NUNES, R.V.; POZZA, P.C; NUNES, C.G.V. et al. Valores energéticos de subprodutos de origem animal para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1217-1224, 2005.
- OETTERER, M. **Industrialização do pescado cultivado**. Guaíba: Editora Agropecuária, 2002. 200 p.
- OKUDA, M.; TAKEGUCHI, M.; TAGAYA, M. et al. Elemental distribution analysis of type I collagen fibrils in tilapia fish scale with energy-filtered transmission electron microscope. **Micron**, v.40, n.5-6, p.665-668, 2009.
- OLIVEIRA FILHO, P.R.C. **Elaboração de embutido cozido tipo salsicha com carne mecanicamente separada de resíduos de filetagem de tilápias do Nilo**. 2009. 115f. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.

- PESSATTI, M.L. **Aproveitamento dos sub-produtos do pescado**. Itajaí: MAPA/UNIVALI, 2001. 130 p.
- RODWELL, V.W. Amino acids. In: MURRAY, R.K.; GRANNER, D.K.; MAYES, P.A. & RODWELL, V.W. (Ed) **Harper's biochemistry**. Stamford: Appleton & Lange, 1996. 868 p.
- ROSA, M.J.S. **Aproveitamento integral dos resíduos da filetagem de tilápia e avaliação do impacto**. 2009. 69f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.
- SANTOS, C.R. **Ácido delta aminolevulínico desidratase (ALAD) de tilápia (*Oreochromis niloticus*) no monitoramento do chumbo no ambiente aquático**. 2008. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Rio de Janeiro.
- SEIBEL, N.F.; SOUZA-SOARES, L.A. Produção de silagem química com resíduos de pescado marinho. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, n.2, p.333-337, 2003.
- SIKORSKI, Z. **Tecnología de los productos del mar: recursos, composición nutritiva y conservación**. Zaragoza: Acribia, 1990. 330 p.
- SIMÕES, M.R.; RIBEIRO, C.F.A.; RIBEIRO, S.C.A. et al. Composição físico-química, microbiológica e rendimento do filé de tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.3, p.608-613, 2007.
- SOUZA, M.L.R.; MARENGONI, N. G.; PINTO, A.A. et al. Rendimento do processamento da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*): tipos de corte de cabeça em duas categorias de peso. **Acta Scientiarum**, v. 22, n. 3, p. 701-706, 2000.
- SOUZA, M.L.R.; MARANHÃO, T.C.F. Rendimento de carcaça, filé e subprodutos da filetagem da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L), em função do peso corporal. **Acta Scientiarum**, v.23, n.4, p.897-901, 2001.
- SLOMAN, K.A.; BAKER, D.W.; HO, C.G. et al. The effects of trace metal exposure on agonistic encounters in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquatic Toxicology**, v.63, n.2, p.187- 196, 2003.
- VIDAL, J.M.A. **Utilização de resíduos da filetagem de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na obtenção de concentrado proteico de peixe**. 2007. 108f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, G.S. Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de tilápia e sua utilização na alimentação animal. **Instituto de Pesca**, 2006. Disponível em: <<http://www.pesca.sp.gov.br>>. Acesso em: 03 nov. 2013.

- VIDOTTI, R.M.; BORINI, M.S.M. Aparas da filetagem da tilápia se transformam em polpa condimentada. **Panorama da Aquicultura**, v.16, n.96, p.38-41, 2006.
- VIDOTTI, R.M.; CHAGURI, M.P.; GONÇALVES, G.S. Uso de escamas e aguapé no tratamento dos efluentes gerados no curtimento de peles de tilápia. **Pesquisa & Tecnologia**, v.8, n.2, 2011.
- VILLANUEVA-ESPINOSA, J.F.; HERNÁNDEZ-ESPARZA, M.; RUIZ-TREVINO, F.A. Adsorptive properties of fish scales of *Oreochromis niloticus* (Mojarra Tilápia) for metallic ion removal from waste water. **Industrial and Engineer Chemical Research**, v.40, n.16, p.3563-3569, 2001.
- WONG, C.K.; WONG, M.H. Morphological and biochemical changes in the gills of tilapia (*Oreochromis mossambicus*) to ambient cadmium exposure. **Aquatic Toxicology**, v.48, n.4, p. 517-527, 2000.
- ZYLBERBERG, L.; NICOLAS, G. Ultrastructure of scales in a teleost (*Carassius auratus* L.) after use of rapid freeze-fixation and freeze-substitution. **Cell Tissue Research**, v.223, n.2, p.349-367, 1982.

3 CARACTERIZAÇÃO MICROBIANA E QUÍMICA DE ESCAMAS DA FILETAGEM INDUSTRIAL DA TILÁPIA DO NILO

CHARACTERIZATION MICROBIAL AND CHEMICAL OF SCALES FILLETING INDUSTRY OF NILE TILAPIA

3.1 Resumo

Objetivou-se realizar a caracterização microbiana e determinar a composição centesimal, aminoacídica, macro e micronutrientes e metais pesados em escamas da tilápia do Nilo, coletadas em uma indústria de filetagem da região oeste do Paraná. As amostras de escamas foram encaminhadas ao laboratório para determinação de coliformes termotolerantes, coliformes totais, *Staphylococcus aureus*, enterobactérias e presença de *Salmonella* spp. Foram realizadas análises de proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral. A quantificação aminoacídica das escamas foi realizada em aparelho HPLC/UV, após digestão ácida. Os teores totais dos macronutrientes, micronutrientes e metais pesados tóxicos foram mensurados após digestão nitro perclórica das amostras e leitura por espectrometria de absorção atômica e espectrofotômetro UV-VIS. A ausência de *Salmonella* spp. foi verificada em 100% das amostras analisadas. Os coliformes termotolerantes, coliformes totais e *Staphylococcus aureus* apresentaram valores médios de $1,0 \times 10^1$, $4,1 \times 10^1$ e $5,0 \times 10^1$ UFC/g, respectivamente. Os valores médios de proteína bruta (PB), extrato etéreo e matéria mineral foram de 49,06, 0,22 e 44,51%, respectivamente. Entre os aminoácidos encontrados nas escamas destacam-se os valores de glicina (10,64 g/100g) e prolina (6,78 g/100g). O valor de cálcio (Ca) foi de 67,53 g/kg e de fósforo (P) foi 33,39 g/kg, atendendo a relação de 1,5 a 2,1 de Ca e P. As escamas de tilápia apresentam contaminação por enterobactérias e metais pesados (Cd, Cr e Pb), com valores acima dos níveis estabelecidos pela legislação vigente, não podendo ser utilizadas para alimentação animal, sem tratamento prévio. Os resultados encontrados para PB, Ca, P, glicina, prolina, entre outros, nas escamas de tilápia do Nilo, sugerem que estas podem ser utilizadas como fonte potencial em diferentes alternativas pela indústria de filetagem.

Palavras-chave: aminoácidos, composição centesimal, metais pesados, microbiologia, minerais, *Oreochromis niloticus*

3.2 Abstract

The objectives were to characterize microbial and determine the proximate composition, amino acids, macro and micronutrients and heavy metals in the Nile tilapia scales, collected in an industry filleting the western Parana. The samples of scales were sent to the laboratory for determination of fecal coliforms, total coliforms, *Staphylococcus aureus*, Enterobacteria and *Salmonella* spp. Analyses of crude protein, ether extract and ash were performed. Quantification of amino acid scales was performed using HPLC/UV, after acid digestion. Total concentrations of macronutrients, micronutrients and toxic heavy metals were measured after digestion of the samples and perchloric nitro read by atomic absorption spectrometry and UV-VIS spectrophotometer. The absence of *Salmonella* spp. was found in 100% of samples. The fecal coliforms, total coliforms and *Staphylococcus aureus* showed mean values of 1.0×10^1 , 4.1×10^1 and 5.0×10^1 CFU/g, respectively. The mean values of crude protein, ether extract and ash were 49.06, 0.22 and 44.51%, respectively. Among the amino acids found in scales include the values of glycine (10.64 g/100 g) and proline (6.78 g/100 g). The calcium value was 67.53 g/kg and phosphorus was 33.39 g/kg, given ratio from 1.5 to 2.1 Ca and P. The scales have tilapia contamination enterobacteria and heavy metals (Cd, Cr and Pb), with values above the levels established by law, and may not be used for animal feed, untreated. The results for PB, Ca, P, glycine, proline, among others, in the scales of Nile tilapia, suggest that these can be used as a potential source for different alternatives for filleting industry.

Keywords: amino acids, heavy metals, microbiology, minerals, *Oreochromis niloticus*, proximate composition

3.3 Introdução

Uma considerável quantidade de subprodutos é gerada ao longo da cadeia produtiva do pescado, que incluem os resíduos desde a produção do peixe até a comercialização do produto final (VIDOTTI; GONÇALVES, 2006).

De acordo com Stevanato et al. (2007), o beneficiamento de pescado, pode oferecer muito mais do que um alimento com alto valor nutricional, visto que fornece uma grande quantidade e variedade de material que tem sido rejeitado, provavelmente pela falta de

interesse ou desconhecimento, do setor pesqueiro e de órgãos governamentais, na disseminação de novos procedimentos tecnológicos para um melhor aproveitamento destes resíduos. Entre os principais resíduos do processamento do pescado destacam-se cabeça, escama, pele, vísceras e carcaça (CHAGURI, 2010).

No Brasil, entre as espécies de peixes de água doce, a mais utilizada para o beneficiamento é a tilápia do Nilo, processada para obtenção de filés frescos ou congelados, sem peles. Os resíduos do beneficiamento desta espécie representam 70% do total abatido, distribuídos em 14% de cabeça, 35% de carcaça, 10% de vísceras, 10% de pele e 1% de escamas (VIDOTTI; GONÇALVES, 2006).

Dentre os resíduos gerados no processamento do pescado, a escama merece destaque, pois são escassos os estudos referentes a este resíduo. A escama é uma estrutura óssea de proteção para os animais, rica em queratina e colágeno. A hidroxiapatita é a parte inorgânica das escamas, composta por cálcio, fósforo, oxigênio e hidrogênio. É um material cristalino que confere rigidez, resistência e suporte (LALL; LEWIS-MCCREA, 2007).

As escamas são obtidas através do processo de descamação do pescado na indústria de filetagem. Após a insensibilização e sangria, os peixes são inseridos no equipamento automatizado de descamação, o qual retira por completo as escamas, que são direcionadas para canaletas e em seguida, para um tubo coletor. Em estudo realizado pela indústria, onde as escamas foram coletadas, obteve-se um valor de 3,4% de escamas em uma tilápia.

O percentual de escamas em relação aos demais resíduos do beneficiamento de tilápias é pequeno, entretanto, pode representar um elevado montante em indústrias de filetagem onde são abatidas toneladas de peixes diariamente. Normalmente as escamas são classificadas pelas indústrias de filetagem como subproduto, tendo sua utilização restrita a produção de rações.

Alternativas como a ensilagem da escama já foram estudadas, no entanto, a escama também não é degradada. Por fim, não tendo outras formas de utilização, as escamas são dispostas em aterros sanitários causando um problema ambiental (VIDOTTI et al., 2011).

Os resíduos da indústria de peixe apresentam uma composição rica em compostos orgânicos e inorgânicos, o que gera preocupação relativa aos potenciais impactos ambientais negativos decorrentes da disposição deste material diretamente no ambiente ou oferecido “*in natura*” aos peixes cultivados (SILVA; CAMARGO, 2002; SEIBEL; SOARES, 2003).

Desta forma, o aproveitamento das escamas geradas nas indústrias de filetagem surge como uma alternativa para tornar o setor mais sustentável ao longo da cadeia produtiva,

trazendo melhorias sociais, econômicas e ambientais. Para tanto, faz-se necessário, primeiramente, caracterizar este resíduo, para uma posterior busca por alternativas viáveis para o seu aproveitamento.

Objetivou-se realizar a caracterização microbiana e determinar a composição centesimal, aminoacídica, macro e micronutrientes e metais pesados de escamas da tilápia do Nilo, coletadas em uma indústria de filetagem da região oeste do Paraná.

3.4 Material e métodos

O estudo foi conduzido na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), município de Marechal Cândido Rondon, PR. Foram realizadas quatro coletas de 15 kg de escamas de tilápias, em uma unidade industrial de filetagem de peixes no município de Nova Aurora, PR, Brasil (Figura 3).

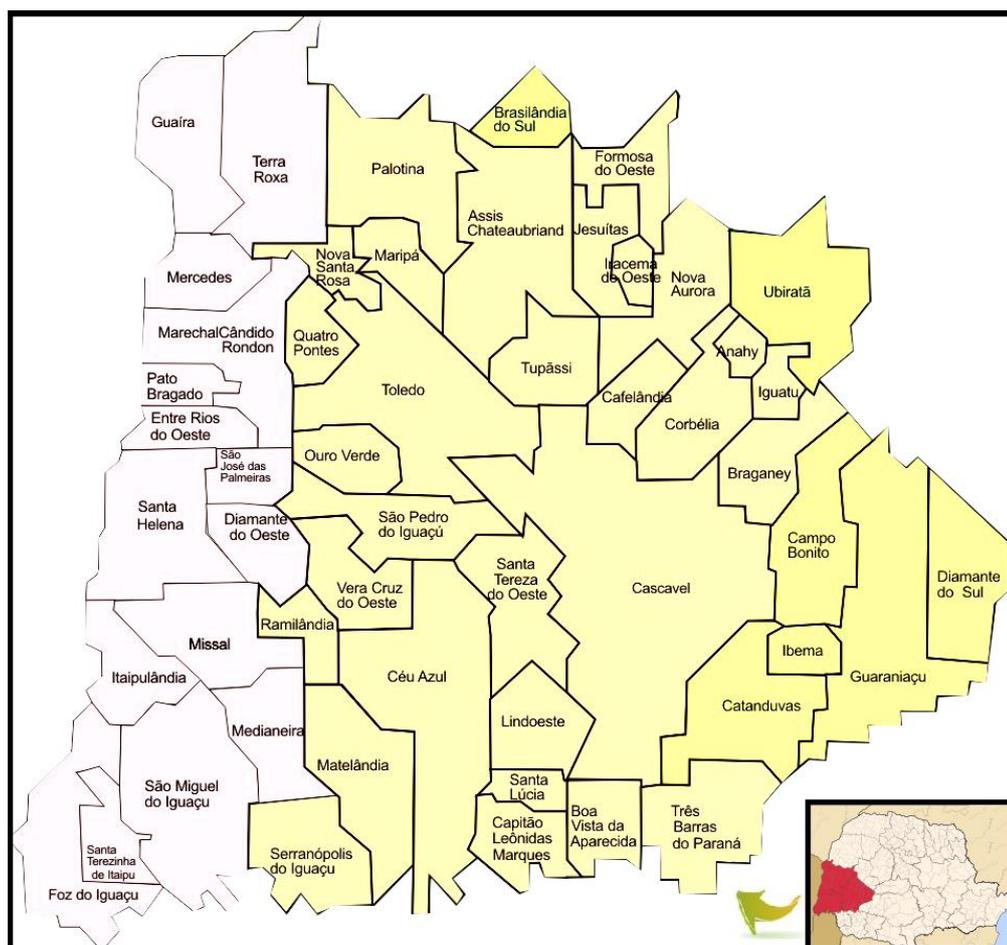


Figura 3. Municípios da região de abrangência da indústria processadora de peixes.

Fonte: <<http://www.copacol.com.br>>

Em torno de 80 % da produção de tilápias da indústria de filetagem concentra-se nos municípios de Nova Aurora, Cafelândia, Tupãssi, Goioerê, Jesuítas, Iracema do Oeste e Formosa do Oeste, os outros 20% nos municípios de Boa Vista da Aparecida, Toledo, Assis Chateaubriand, Nova Santa Rosa, Marechal Cândido Rondon, Maripá e Palotina (Figura 3).

As tilápias são cultivadas em sistemas semi-intensivo e intensivo, utilizando, principalmente, viveiros e tanques-rede. O abate diário, projetado pela indústria de filetagem é de, aproximadamente, 35.000 kg de tilápias, com peso médio individual de 700 g. Em estudo realizado pela indústria, onde as escamas foram coletadas, obteve-se um valor de 3,4% de escamas em uma tilápia. Considerando-se o peso médio das tilápias e o total de peixes abatidos, tem-se uma produção de 23,8 g de escamas/tilápia e um total estimado de 833 kg de escamas/dia na indústria processadora.

As tilápias utilizadas para a coleta das escamas foram arraçadas com ração comercial, elaborada para cada fase de desenvolvimento e fornecida pela cooperativa. O transporte para o beneficiamento dos peixes para unidade industrial de filetagem se dá em veículo próprio da empresa.

As coletas foram realizadas nos meses de dezembro de 2011 e abril, agosto e dezembro de 2012. As escamas coletadas na saída do equipamento de descamação na indústria foram armazenadas em caixa térmica para o transporte até os laboratórios (Figura 4a). Amostras do material coletado foram enviadas “*in natura*” para análise microbiológica e o restante foi acondicionado em bandejas de alumínio para secagem em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de 60°C (Figura 4b).



Figura 4. Escamas acondicionadas em caixa térmica para o transporte (a) e em bandeja de alumínio para secagem em estufa (b).

3.4.1 Análise microbiológica

Após as coletas, 300 gramas de amostras de escamas “*in natura*” de tilápia do Nilo foram acondicionadas em embalagens apropriadas, para evitar contaminação, e encaminhadas ao Allabor Laboratório de Alimentos Ltda (ALLABOR[®]), localizado no município de Toledo, PR, Brasil, para determinação da contagem, expressa em Unidades Formadoras de Colônias (UFC) por grama da amostra, de coliformes termotolerantes e coliformes totais pelo método oficial da AOAC 989.10 (AOAC, 2005a), *Staphylococcus aureus* pelo método oficial da AOAC 2033.11 (AOAC, 2005b), enterobactérias pelo método oficial da AOAC 2003.01 (AOAC, 2005c) e presença de *Salmonella* spp. pelo método oficial da AOAC 2003.09 (AOAC, 2005d).

3.4.2 Análise centesimal

Para as análises centesimais, as amostras foram secas em estufa de ventilação forçada de ar, a 60°C durante 72 horas até peso constante e, moídas em moinho de facas (Figura 5b) no Laboratório de Nutrição Animal da Unioeste.



Figura 5. Escama de tilápia do Nilo “*in natura*” (a) e em pó após o processamento em moinho de facas (b).

As análises de umidade, proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) das escamas foram determinadas em duplicada de acordo com a metodologia de Silva e Queiroz (2002).

3.4.3 Análise aminoacídica

As análises de aminoácidos foram realizadas no laboratório Instituto Samitec, Santa Maria, RS, Brasil. O perfil de aminoácidos essenciais (lisina, metionina, metionina + cistina, fenilalanina, treonina, valina, histidina, isoleucina e leucina) e não essenciais (glicina, prolina, arginina, alanina, ácido aspártico, ácido glutâmico, serina e tirosina) do pó das escamas (Figura 5b) foi analisado após digestão com ácido clorídrico solução 6 N durante 24 h. Os aminoácidos liberados reagiram com fenilsotilcianato e foram separados por cromatografia líquida de alta resolução (HPLC), em fase reversa, e detectados por UV a 254 nm. O aminoácido triptofano não foi encontrado nas amostras de escamas, isso pode ter ocorrido devido ao método de leitura utilizado.

3.4.4 Macro e micronutrientes e metais pesados

As amostras de escamas foram transportadas ao Laboratório de Química Ambiental e Instrumental da Unioeste, onde foram secas em estufa de ventilação forçada de ar, a 60°C durante 72 horas, e moídas. Os teores totais dos macronutrientes, cálcio (Ca), potássio (K) e magnésio (Mg); micronutrientes, cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe) e manganês (Mn); e metais pesados cádmio (Cd), cromo (Cr) e chumbo (Pb), foram mensurados após digestão nitro perclórica das amostras e leitura por espectrometria de absorção atômica, modalidade chama, utilizando-se o aparelho da marca GBC, modelo 932 AA de acordo com Welz; Sperling (1999) e AOAC (2005). A leitura do fósforo (P) foi realizada em espectrofotômetro UV-VIS, da marca GBC, modelo 916.

3.4.5 Análise estatística

Após tabulação, os dados microbiológicos, a composição centesimal e aminoacídica e os dados de minerais e metais pesados foram analisados por meio de estatística descritiva. As análises estatísticas foram efetuadas utilizando-se o *software* Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (UFV, 2004).

3.5 Resultados e Discussão

3.5.1 Microbiologia

Os valores encontrados para os ensaios microbiológicos foram comparados aos valores estabelecidos pela legislação vigente para pescados e derivados (BRASIL, 2001; MURATORI et al., 2004). Não foi localizada legislação específica para microrganismos em escamas de peixes.

Foi detectada ausência de *Salmonella* spp. em 100% das amostras analisadas (Tabela 3), atendendo ao padrão de ausência deste microrganismo, que é estabelecido pela legislação vigente (BRASIL, 2001).

O limite de tolerância para *Salmonella*, em pescados e derivados “*in natura*”, encontra-se em torno de 10^5 UFC/g (MURATORI et al., 2004). Ribeiro et al. (2009) analisaram amostras de diferentes espécies de peixes provenientes de onze indústrias processadoras, no estado do Rio de Janeiro, e verificaram ausência de *Salmonella* em todas as amostras.

Tabela 3. Valores médios (UFC/g) de coliformes termotolerantes, coliformes totais, *Staphylococcus aureus*, enterobactérias e ausência ou presença de *Salmonella* spp. em escamas de tilápia do Nilo

Microrganismo	Média	Mínimo	Máximo	Amplitude
Coliformes termotolerantes	$1,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$	$6,0 \times 10^1$	$5,0 \times 10^1$
Coliformes totais	$4,1 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$	$6,4 \times 10^2$	$6,3 \times 10^2$
<i>Staphylococcus aureus</i>	$5,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$	$2,4 \times 10^2$	$2,3 \times 10^2$
Enterobactérias	$4,7 \times 10^2$	$1,0 \times 10^1$	$6,0 \times 10^3$	$5,9 \times 10^3$
<i>Salmonella</i> spp.*	-	-	-	-

* Ausência (-) ou presença (+) de *Salmonella* spp.

A *Salmonella* spp. não existe originalmente no pescado, sendo introduzida durante a manipulação ou por contato com águas contaminadas. Sua presença constitui um grande problema de saúde pública devido ao seu caráter patogênico.

A pesquisa para *Salmonella* é qualitativa, ou seja, presença ou ausência, e nenhum alimento pode conter esta bactéria em 25 g de amostra. O resultado negativo encontrado nas

escamas mostrou qualidade microbiológica adequada e manuseio eficiente, desde a captura do pescado até o abate e descamação (OGAWA; MAIA, 1999).

Os coliformes termotolerantes nas escamas analisadas (Tabela 3) apresentaram valor dentro do considerado ideal para produtos derivados de pescado, pela legislação vigente. De acordo com a Anvisa, para coliformes a contagem é limitada a valores de 10^2 UFC/g (MURATORI et al., 2004). Ribeiro et al. (2009) observaram valor de $4,6 \times 10^2$ NMP/g para coliformes termotolerantes em pescados de uma indústria de peixes, configurando ser o mesmo impróprio para o consumo, conforme a Anvisa (BRASIL, 2001). Destaca-se que o material analisado neste estudo é um subproduto do pescado.

Em relação aos coliformes totais, o valor médio encontrado (Tabela 3) foi abaixo de 10^2 UFC/g, considerado contaminante pela Anvisa (BRASIL, 2001). Porém, o valor máximo encontrado foi de $6,4 \times 10^2$ UFC/g (Tabela 3), acima do estabelecido pela legislação. Esta contaminação por coliformes totais pode ter ocorrido devido a falhas durante a manipulação e armazenamento das escamas na indústria processadora.

Segundo Martins et al. (2002), a presença de coliformes é considerada indicativo de contaminação por dejetos orgânicos e evidencia possível contaminação por bactérias patogênicas. Estes autores encontraram o valor de $1,2 \times 10^4$ UFC/g para coliformes em pescado, enquanto que neste estudo, para escamas de tilápia o valor máximo encontrado foi de $6,4 \times 10^2$ UFC/g (Tabela 3).

As escamas estão em contato direto com todo o processo da cadeia produtiva e susceptível a contaminação por microrganismos indesejáveis. Elevadas populações de coliformes apontam para necessidade de se rever os procedimentos operacionais para identificar quais são as causas de contaminação do produto (VIEIRA et al., 2000).

Os *Staphylococcus aureus* são microrganismos que podem ser encontrados na água, ar, poeira, esgoto, superfícies e sobrevivem muito bem no ambiente. No presente estudo, a média encontrada para estas bactérias nas escamas (Tabela 3) foi abaixo do padrão estabelecido pela legislação em vigor que é de no máximo 10^3 UFC/g (BRASIL, 2001), porém para pescados e derivados “*in natura*”.

Ribeiro et al. (2009) observaram um valor de $1,0 \times 10^3$ UFC/g de *Staphylococcus aureus* em pescados de um frigorífico industrial de peixes. O valor máximo observado para esta bactéria, nas escamas de tilápia do Nilo, mesmo sendo considerado alto, ainda se mostrou dentro do permitido para pescados e derivados (Tabela 3). Geralmente *Staphylococcus* são encontrados no corpo humano e transferidos ao alimento por pessoas com precários hábitos de

higiene durante o manuseio. A presença destas bactérias pode indicar higiene insuficiente na manipulação do pescado, que não foi o caso nesta pesquisa.

Em relação às enterobactérias, o valor médio encontrado nas escamas coletadas (Tabela 3) mostrou-se acima do limite estabelecido pela Anvisa, que é de 10^2 UFC/g (BRASIL, 2001). Entre as enterobactérias, o grupo mais importante é o da *Escherichia coli*. Sua presença indica condições higiênicas e sanitárias inadequadas.

Os peixes abatidos na indústria de filetagem são provenientes de diferentes locais e sistemas de cultivo, tornando-se difícil determinar exatamente qual a fonte de contaminação nas escamas, incluindo água, solo, peixe, ração, entre outros.

A presença de microrganismos, como os coliformes e as enterobactérias, nas escamas não significa que os peixes dos quais estas foram provenientes estejam também contaminados, porém, pode indicar uma potencial veiculação de enfermidades (MURATORI et al., 2004).

3.5.2 Composição centesimal

O valor médio de umidade determinado nas escamas (Tabela 4), foi inferior aos encontrados por Souza et al. (2002) em peles de tilápia conservadas por congelamento (68,2 a 70,19%), em que a umidade elevada ocorreu em virtude das lavagens efetuadas antes do processamento. O reduzido valor de umidade observado nas escamas pode ser atribuído ao elevado teor de material mineral encontrado (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios da composição centesimal em escamas de tilápia do Nilo

Nutriente (%)	Média	Mínimo	Máximo	Amplitude
Umidade	9,46	7,05	14,08	7,03
Proteína bruta	49,06	31,26	63,53	32,27
Extrato etéreo	0,22	0,20	0,25	0,05
Matéria mineral	44,51	38,55	51,00	12,45

Vidal et al. (2011) encontraram o valor médio de 1,38% de umidade no concentrado proteico de resíduos da filetagem de tilápia do Nilo, inferior ao apresentado neste experimento, apenas para escamas, que fazem parte dos ingredientes do concentrado.

A proteína bruta encontrada nas escamas foi de 49,06% (Tabela 4). Muyonga et al. (2004) relataram valores de proteína bruta em peles com escamas de *Nilo perch* jovens e adultos de 20,3 e 21,3%, respectivamente. Souza (2004), analisando peles de tilápia do Nilo,

encontrou 27,4% de PB. O valor médio de proteína bruta das escamas (Tabela 4) foi superior aos relatados na literatura para pele. Esse fato pode ocorrer devido a uma relação entre a umidade e a proteína bruta, ou seja, nas escamas a umidade é baixa e a proteína bruta é alta, ocorrendo o inverso na pele.

As escamas das unidades de processamento das tilápias estão sendo parcialmente incorporadas aos resíduos para produção de farinhas de resíduos de peixes, destinadas ao consumo animal. Segundo Vidotti e Gonçalves (2006) existe a possibilidade de utilizar todos os resíduos da filetagem de tilápias, independente do seu tipo, para a elaboração de silagem e farinha de peixe para ração animal. Os mesmos autores relataram a composição da farinha de tilápia com 56% de proteína bruta, 16% de extrato etéreo e 22% de matéria mineral, sendo que a proteína bruta e extrato etéreo foram superiores aos obtidos nas escamas (Tabela 4).

A porcentagem de proteína bruta das escamas foi elevada, sendo necessária a realização de ensaios de digestibilidade para verificar se as escamas de tilápias são apropriadas para o consumo animal.

O conteúdo de extrato etéreo das escamas (Tabela 4) foi ligeiramente inferior a 0,25%, valor médio encontrado por Alfaro e Silva (2010) para pele de tilápias. A tilápia do Nilo pode ser definida como um peixe magro e de alto teor proteico.

O valor de matéria mineral (MM) nas escamas foi de 44,51% (Tabela 4). Quanto maior o teor de MM, maior o resíduo inorgânico e menor o aproveitamento da matéria orgânica (ZAVAREZE et al., 2009). A quantidade de matéria mineral encontrada em farinhas de resíduos de tilápias está em torno de 20% (HARDY, 1996; ROSTAGNO et al., 2000). Isto se deve ao fato de que as farinhas são constituídas de resíduos e os minerais ficam mais concentrados nestes.

3.5.3 Aminoácidos

A qualidade da proteína refere-se à capacidade de satisfazer os requerimentos nutricionais por aminoácidos essenciais, para fins de síntese proteica (PIRES et al., 2006). Considerando que, atualmente, a maior parte das escamas está sendo incorporada à ração para peixes, faz-se necessário conhecer a composição aminoacídica destas. Os valores encontrados para aminoácidos nas escamas estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Valores médios de aminoácidos em escamas de tilápia do Nilo

Aminoácidos (g/100g)	Média	Mínimo	Máximo	Amplitude
Essenciais				
Lisina	1,11	0,60	1,50	0,90
Metionina	0,93	0,53	1,27	0,74
Metionina + cistina	1,51	0,63	2,68	2,05
Fenilalanina	1,67	1,20	2,18	0,98
Treonina	1,27	1,02	1,52	0,50
Valina	1,26	0,85	1,57	0,72
Histidina	0,79	0,46	1,17	0,71
Isoleucina	0,46	0,40	0,55	0,15
Leucina	1,19	0,87	1,40	0,53
Não essenciais				
Glicina	10,64	4,59	16,65	12,06
Prolina	6,78	3,62	10,11	6,49
Arginina	3,88	2,37	5,10	2,73
Alanina	4,17	2,48	5,54	3,06
Ácido aspártico	1,26	0,56	2,36	1,80
Ácido glutâmico	3,89	1,69	6,51	4,82
Serina	2,09	1,15	3,01	1,86
Tirosina	0,62	0,55	0,68	0,13

Abe et al. (2008) avaliaram a composição de aminoácidos de uma farinha de peixes e observaram valores (g/100g) de 4,17 de lisina, 1,58 de metionina, 2,15 de fenilalanina, 2,82 de valina, 2,51 de isoleucina e 4,07 de leucina. Os valores encontrados para os aminoácidos essenciais por estes autores foram superiores aos observados nas escamas analisadas, para os mesmos aminoácidos (Tabela 5). Estes valores podem ser atribuídos ao fato de que na farinha são incorporados todos os resíduos provenientes da filetagem da tilápia, inclusive as escamas. Halver (1995) encontrou 3,98 g/100g de lisina, na farinha de peixes, valor superior ao encontrado para lisina nas escamas de tilápia do Nilo (Tabela 5).

O farelo de soja é o ingrediente de maior custo em uma ração, assim, busca-se ingredientes alternativos, que substituam o farelo e que ofereçam distribuição dos aminoácidos semelhantes ao deste. Gomes et al (2010), ao avaliar o farelo de soja encontraram valores (g/100g) de 3,25 de lisina, 1,80 de metionina, 2,35 de fenilalanina, 2,21 de valina, 2,16 de isoleucina e 3,62 de leucina, superiores aos observados nas escamas de tilápia do Nilo (Tabela 5).

O aminoácido triptofano não foi detectado nas amostras de escamas, entretanto, Abe et al. (2008), observaram um valor de 0,59 g/100g de triptofano na farinha de peixes, a qual é fabricada com todos os resíduos da filetagem da tilápia.

Estudos de caracterização e morfologia das escamas de peixes ósseos indicaram que estas consistem de duas regiões distintas, denominadas de fase inorgânica, composta por apatita, e fase orgânica, composta basicamente por colágeno. No colágeno são encontrados os aminoácidos glicina, em que a proporção em todas as moléculas é de quase um terço, prolina, ácido aspártico, ácido glutâmico, arginina e serina (IKOMA et al., 2003).

Os aminoácidos com maior valor médio encontrado nas escamas de tilápia do Nilo foram a glicina e a prolina, que juntas formam a estrutura primária das cadeias polipeptídicas do colágeno, seguidos de ácido glutâmico, arginina, serina e ácido aspártico (Tabela 5). Nesse sentido, faz-se necessária realização de novos estudos sobre as escamas de tilápia como fonte de extração de colágeno.

Pode-se perceber que as escamas analisadas apresentam um valor considerável de PB (Tabela 4) e aminoácidos importantes (Tabela 5). Portanto, a viabilidade da inclusão deste resíduo como fonte proteica e aminoacídica na ração para peixes ou outras espécies de animais deve ser verificada em ensaios de digestibilidade.

3.5.4 Macro e micronutrientes

O cálcio é um macronutriente importante, pois é responsável pela rigidez dos ossos, além de outras funções metabólicas. Kompiang et al. (1981) afirmam que as escamas contêm fosfato tricálcico e carbonato de cálcio. Os mesmos autores observaram a importância das escamas como fonte de cálcio ao perceber que a sardinha com escamas continha 4,6% de cálcio no peixe inteiro, e 2,5% de cálcio quando as escamas eram removidas.

A escama é um importante local de armazenamento e metabolismo do cálcio, cuja taxa de troca é três vezes à dos ossos. De acordo com Garrod e Newell (1958), a concentração de cálcio nas escamas da tilápia varia de 19 a 24% do peso seco.

A diferença encontrada para o cálcio nos peixes pode ser atribuída a fatores intrínsecos, a exemplo da fisiologia, idade, sexo e ambientais como a água de cultivo, alimentação, manejo do peixe, entre outros fatores (LALL; LEWIS-MCCREA, 2007).

A relação Ca:P para algumas espécies de peixes se apresenta na faixa de 2,1:1,0 nas escamas e ossos, dependendo principalmente do estágio de desenvolvimento do peixe

(QUINTERO-PINTO et al., 2011). Neste estudo, o valor médio de cálcio nas escamas foi de 67,53 g/kg e de fósforo foi 33,39 g/kg (Tabela 6), atendendo a relação estabelecida para Ca:P (67,53:33,39 ou 2,01:1,0).

Tabela 6. Valores médios de macronutrientes (g/kg) e micronutrientes (mg/kg) em escamas de tilápia do Nilo

Mineral	Média	Mínimo	Máximo	Amplitude
Macronutrientes				
Cálcio	67,53	63,65	73,70	10,05
Fósforo	33,39	32,30	34,34	2,04
Potássio	1,14	0,37	2,15	1,78
Magnésio	2,75	2,45	3,00	0,55
Micronutrientes				
Cobre	12,92	7,00	23,67	16,67
Zinco	68,50	57,00	89,00	32,00
Ferro	44,50	25,00	65,00	40,00
Manganês	31,17	15,00	47,67	32,67

O fósforo é o segundo mineral mais abundante no corpo dos peixes, pois contribui com 0,5% para tilápias jovens e 1,1% para tilápias adultas. Em torno de 80 a 85% desse macronutriente está presente nos ossos e tecidos duros, o restante faz parte dos tecidos moles e fluidos extracelulares (QUINTERO-PINTO et al., 2011). A quantidade de fósforo encontrada nas escamas analisadas (Tabela 6) sugere que estas podem ser utilizadas como fonte deste mineral para alimentação animal, dependendo da natureza química deste nutriente.

Com a intensificação da piscicultura aumenta também a preocupação com os resíduos produzidos nesta atividade. O fósforo é considerado como o principal agente eutrofizador do ambiente (HARDY, 1996; SUGIURA et al., 2000), portanto, é importante a formulação de rações com alimentos com alta disponibilidade deste nutriente, visando minimizar o impacto tanto para a própria criação como para o ambiente (WILD et al., 2014).

O valor médio do potássio foi de 1,14 g/kg e do magnésio foi de 2,75 g/kg nas escamas avaliadas (Tabela 6). Conforme Sikorski (1990), as concentrações de potássio no pescado variam de 2,5 a 71,0 g/kg e o magnésio varia de 1,0 a 23,0 g/kg, entretanto, são incipientes os dados na literatura referentes a estes minerais em resíduos de peixes.

Em relação aos microminerais, os valores médios (mg/kg) encontrados foram de 12,92 para o cobre, 68,50 para o zinco e 31,17 para o manganês (Tabela 6). Porto e Ethur (2009), ao

avaliarem peixes inteiros provenientes do rio Uruguai, verificaram valores de 2,71, 2,58 e 1,97 mg/kg, respectivamente, para o Cu, Zn e Mn, sendo inferiores aos obtidos nas escamas das tilápias avaliadas.

Os valores encontrados para o cobre, zinco e manganês nas escamas (Tabela 6) sugerem que houve uma bioacumulação destes nas escamas. Estes minerais podem ser provenientes da falta de tratamento dos resíduos, utilização intensiva da água e do solo e abundante aplicação de fertilizantes (PORTO; ETHUR, 2009).

Segundo Porter (1978) o Zn é um metal biologicamente essencial para o metabolismo, sendo assim, tanto o excesso quanto a ausência, podem ser nocivos ao organismo e bioacumular no fígado de peixes, sem necessariamente causar efeitos tóxicos. Neste contexto, Mafra e Cozzolino (2004) relatam que o Zn possibilita várias funções bioquímicas do organismo, atua como componente de inúmeras enzimas, participa na divisão celular, processos fisiológicos como crescimento e desenvolvimento, transcrição genética, morte celular, age como estabilizador de estruturas, membranas e componentes celulares, e participa da função imune.

Os valores expressivos encontrados para o ferro nas escamas (Tabela 6) pode ser devido a contaminação destas com o sangue dos peixes no processo de descamação. De acordo com Sikorski (1990), as concentrações de ferro nos peixes variam de 0,01 a 50 mg/kg. Em altas concentrações, este elemento pode danificar diversas estruturas, como o DNA, as proteínas e os lipídeos (CONNOLLY; GUERINOT, 2002).

A quantidade de Fe encontrada nas escamas (Tabela 6) pode ser prejudicial aos peixes dos quais este resíduo foi proveniente, devido à toxicidade deste nutriente quando presente em altas concentrações (MOKHTAR et al., 2009). Além disso, caso estas escamas não recebam um processamento adequado, podem contaminar o ambiente no qual serão depositadas.

3.5.5 Metais pesados

Os teores de metais pesados foram comparados aos valores informados na legislação vigente (BRASIL, 1998; FAO, 1992) para pele com escamas, resíduo mais próximo do avaliado nesta pesquisa. Não foram encontrados valores de referência para metais pesados em escamas de peixes.

O valor médio de cádmio, encontrado nas amostras de escamas (Tabela 7) foi superior ao proposto pela Anvisa (BRASIL, 1998) que é de 1,0 mg/kg, para pele com escamas. A

fonte deste metal no cultivo é indeterminada, podendo ser proveniente da água, em função do hábito alimentar onívoro das tilápias, ao se alimentarem do fitoplâncton, ou de outros componentes do ambiente aquático. De acordo com Lopes e Martins (2004), a alimentação é responsável por 70% da acumulação de metais nos tecidos.

Tabela 7. Valores médios de metais pesados em escamas de tilápia do Nilo

Metal Pesado (mg/kg)	Média	Mínimo	Máximo	Amplitude
Cádmio	1,58	1,00	3,00	2,00
Cromo	5,50	3,00	9,00	6,00
Chumbo	12,00	7,00	19,00	12,00

Lopes e Martins (2004), ao analisarem vísceras de *Tilapia rendalli*, espécie herbívora, alimentada exclusivamente com a macrófita aquática *E. densa*, proveniente do reservatório Delmiro Gouveia do Complexo Hidro Elétrico de Paulo Afonso, encontraram teores de cádmio de 0,067 mg/kg, inferiores ao observado neste estudo (Tabela 7).

A concentração média de cromo detectada nas escamas (Tabela 7) ultrapassou os limites estipulado pela Anvisa (BRASIL, 1998) e FAO (1992) que é de 1,0 mg/kg, para pele com escamas. Moore e Ramamoorthy (1984) relataram que, alguns fatores como, dureza da água, salinidade, temperatura e pH afetam a suscetibilidade de absorção de cromo pelos peixes, porém, a extensão e a natureza do efeito dependem da espécie.

O chumbo é um dos contaminantes que merece especial atenção, pois causa efeito tóxico em humanos e animais, sem nenhuma função fisiológica no organismo. O valor médio encontrado para Pb nas escamas (Tabela 7) foi acima do recomendado pela Anvisa (BRASIL, 1998) e pela FAO (1992) que é de 2,00 mg/kg e 6,0 mg/kg, respectivamente, para pele com escamas. A concentração do metal no organismo depende da espécie e do mecanismo homeostático, isto é, balanço entre absorção e excreção do mesmo (MANCE, 1990).

As escamas analisadas eram provenientes de tilápias cultivadas em piscicultura convencional, em viveiros que são fertilizados sempre que necessário e peixes que recebem arraçoamento diário. São muitas as fontes de contaminação e bioacumulação de metais pesados, tornando-se difícil determinar exatamente qual a fonte de contaminação, incluindo água, solo, peixe, ração, poluição, entre outros.

A contaminação das escamas, por metais pesados, não significa necessariamente que o peixe, do qual estas foram retiradas, esteja contaminado, mas pode ter efeito sobre os demais elos da cadeia produtiva do pescado. Mantovani (2005), Marengoni et al. (2007), Gonçalves Junior et al. (2008), Marengoni et al. (2008), Marengoni et al. (2013), entre outros, já relataram as consequências da contaminação proveniente de metais pesados. É necessário maior controle em toda cadeia produtiva da tilapicultura, na busca da sustentabilidade do meio ambiente.

3.6 Conclusões

As escamas de tilápia apresentam contaminação por enterobactérias e metais pesados (Cd, Cr e Pb), com valores acima dos níveis estabelecidos pela legislação vigente, não podendo ser utilizadas para alimentação animal, sem tratamento prévio.

Os resultados encontrados para PB, Ca, P, glicina, prolina, entre outros, nas escamas de tilápia do Nilo, sugerem que estas podem ser utilizadas como fonte potencial em diferentes alternativas pela indústria de filetagem.

3.7 Referências

- ABE, M.P.; FRÓES, C.N.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. et. al. Substituição da farinha de peixe por farelo de soja em dietas práticas para o camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*). **Ciência Rural**, v.38, n.3, p.219-224, 2008.
- ALFARO, A.T.; SILVA, E.F. Propriedades reológicas da gelatina obtida a partir de pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.69, n.4, p.555-561, 2010.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 18.ed., Maryland, 2005.
- AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International. **Official Method 989.10. Bacterial and Coliform Counts in Dairy Products Dry Rehydratable Film Methods (Petrifilm™ Coliform Count Plate)**. 18.ed., Gaithersburg: AOAC International. cap.17, p.28, 2005a.

- AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International. **Official Method 2003.11 Enumeration of *Staphylococcus aureus***. 18.ed., Gaithersburg: AOAC International. cap.17, p.97-98, 2005b.
- AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International. **Official Method 998.08. Confirmed *Escherichia coli* Counts in Poultry, Meats, and Seafood**. 18.ed., Gaithersburg: AOAC International. cap.17, p.60-61, 2005c.
- AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International. **Official Method 2003.09. *Salmonella* in Selected Foods BAX® Automated System First Action 2003**. 18.ed., Gaithersburg: AOAC International. cap.17, p.194, 2005d.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1998.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC nº12, de 2 de janeiro de 2001**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2001.
- CHAGURI, M.P. **Utilização de escamas e *Eichhornia crassipes* no tratamento de efluente de curtume de peles de tilápias**. 2010. 65f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.
- CONNOLLY, E.L.; GUERINOT, M.L. Iron stress in plants. **Genome Biology**, v.4, p.1-4, 2002.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nation. **Report on a regional study and workshop on the environmental assessment and management of aquaculture development, 1992**. Disponível em <http://www.fao.org/docrep/field/003/ac279e/ac279e00.htm>. Acesso em: 02 set. 2013.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nation. **Energy and protein requirements**. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/003/aa040e/aa040e00.htm>. Acesso em: 12 set. 2013.
- GARROD, D.J.; NEWELL, B.S. Ring formation in *Tilapia esculenta*. **Nature**, v.181, p.1411-1412, 1958.
- GOMES, P.C.; GENEROSO, R.A.R.; ROSTAGNO, H.S. Valores de aminoácidos digestíveis de alimentos para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1259-1265, 2010.
- GONÇALVES JÚNIOR, A.C.; LINDINO, C.A.; ROSA, M.F. et al. Uso da macrófita aquática (*Eichhornia crassipes*) como bioindicador dos metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e crômio em biofertilizante de origem suína. **Acta Scientiarum Technology**, v.30, n.1, p.9-14, 2008.

- HALVER, J.E. Use of INFIC data base for amino acid requirements studies. **Journal of Applied Ichthyology**, v.11, n.3-4, p.129-140, 1995.
- HARDY, R.W. Alternate protein sources for salmon and trout diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.59, p.71-80, 1996.
- IKOMA, T.; KOBAYASHI, H.; TANAKA, J. et al. Microstructure, mechanical, and biomimetic properties of fish scales from *Pagrus major*. **Journal of Structural Biology**, v.142, n.3, p.327-333, 2003.
- KOMPIANG, I.P.; ARIFUDIN, R.; RAA, J. Nutritional value of ensilaged by-catch fish from Indonesian skrimp trawlers. In: CONNELL, J.J. (Ed) **Advances in fish Science and technology Farnham**. Fishing News Books, p. 52-59, 1981.
- LALL, S.P.; LEWIS-MCCREA, L.M. Role of nutrients in skeletal metabolism and pathology in fish - An overview. **Aquaculture**, v.267, n.1-4, p.3-19, 2007.
- LOPES, J.P.; MARTINS, W.S. Análise de metais pesados em *Tilapia rendalli*, alimentada com a macrófita aquática *Egeria densa*. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E RESPONSABILIDADE SOCIAL NO SETOR ELÉTRICO. 2004. Recife: Comitê de Estudos de Desempenho Ambiental de Sistemas CE C3 - CIGRÉ – Brasil, 2004.
- MAFRA, D.; COZZOLINO, S.M.F. Importância do zinco na nutrição humana: recentes observações. **Revista de Nutrição**, v.17, n.1, p.79-87, 2004.
- MANCE, G. **Pollution threat of heavy metals in aquatic environments**. London: Elsevier Applied Science, 1990. 372 p.
- MARENGONI, N.G.; BUENO, G.W.; BRAUN, I. et al. Bioacumulação de Cr, Cd, Pb e composição química em juvenis de tilápia do Nilo submetidos à adubação orgânica In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 9.; CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 17. 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: ABZ, 2007. CD-ROM.
- MARENGONI, N.G.; POSSAMAI, M.; GONÇALVES JÚNIOR, A.C. et al. Performance e retenção de metais pesados em três linhagens de juvenis de tilápia-do-Nilo em hapas. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.30, n.3, p.351-358, 2008.
- MARENGONI, N.G.; KLOSOWSKI, E.S.; OLIVEIRA, K.P. et al. Bioacumulação de metais pesados e nutrientes no mexilhão dourado do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional. **Química Nova**, v.36, n.3, p.359-363, 2013.
- MARTINS, C.V.B.; VAZ, S.K.; MINOZZO, M.G. Aspectos sanitários de pescados comercializados em pesque-pagues de Toledo – PR. **Revista Higiene Alimentar**, v.16, n.98, p.51-56, 2002.

- MOKHTAR, M.B.; ARIS A.Z.; MUNUSAMY, V. et al. Assessment level of heavy metals in *Penaeus monodon* and *Oreochromis* sp. in selected aquaculture ponds of high densities development area. **European Journal of Scientific Research**, v.30, n.3, p.348-360, 2009.
- MOORE, J.W.; RAMAMOORTHY, S. **Heavy metals in natural waters**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. 268 p.
- MURATORI, S.C.M.; VIANA, M.C.; RODRIGUES, C.P. et al. Qualidade sanitária do pescado “in natura”. **Revista Higiene Alimentar**, v.18, n.116-117, p.50-53, 2004.
- MUYONGA, J.H.; COLE, C.G.B.; DUODU, K.G. Extraction and physicochemical characterization of Nile perch (*Lates niloticus*) skin and bone gelatin. **Food Hydrocolloids**, v.18, n.4, p.581–592, 2004.
- OGAWA, M.; MAIA, E.L. **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado**. São Paulo: Varela, 1999. 430 p.
- PIRES, C.V.; OLIVEIRA, M.G.A.; ROSA, J.C. et al. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes proteicas. **Food Science and Technology**, v.26, n.1, p.179-187, 2006.
- PORTER, M.R. Recent developments in the analysis of surfactants. **Critical Reports on Applied Chemistry**, v. 32, n.1, p.32-40, 1978.
- PORTO, L.C.S.; ETHUR, E.M. Elementos traço na água e em vísceras de peixes da Bacia Hidrográfica Butuí-Icamaquã, Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v.39, n.9, p.2512-2518, 2009.
- QUINTERO-PINTO, L.G.; PARDO-GAMBOA, B.S.; QUINTERO-PARDO, A.M.C. et al. Exigências e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápias. **Veterinária e Zootecnia**, v.5, n.2, p.30-43, 2011.
- RIBEIRO, A.L.M.S.; OLIVEIRA, G.M.; FERREIRA, V.M. et al. Avaliação microbiológica da qualidade do pescado processado, importado no estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência e Veterinária**, v.16, n.3, p.109-112, 2009.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos** - composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: Departamento de Zootecnia, 2000. 141 p.
- SEIBEL, N.F.; SOUZA-SOARES, L.A. Produção de silagem química com resíduos de pescado marinho. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, n.2, p.333-337, 2003.
- SIKORSKI, Z. **Tecnología de los productos del mar: recursos, composición nutritiva y conservación**. Zaragoza: Acribia, 1990. 330 p.

- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SILVA, G.G.H.; CAMARGO, A.F.M. Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. **Acta Scientiarum**, v.24, n.2, p.519-526, 2002.
- SOUZA, M.L.R.; CASACA, J.M.; FERREIRA, I.C. et al. Histologia da pele e determinação da resistência do couro da tilápia do Nilo e carpa espelho. **Revista do Couro**, n.159, p.32-40, 2002.
- SOUZA, M.L.R. **Tecnologia para processamento das peles de peixe**. Maringá: Eduem, 2004. 59 p.
- STEVANATO, F.B.; PETENUCCI, M.E.; MATSUSHITA, M. et al. Avaliação química e sensorial da farinha de resíduo de tilápias na forma de sopa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.3, p.567-571, 2007.
- SUGIURA, S.H.; BABBITT, J.K.; DONG, F.M. et al. Utilization of fish and animal by-product meals in low-pollution feeds for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Aquaculture Research**, v.31, p.585-593, 2000.
- UFV. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Manual de utilização do programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas)**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 59 p.
- VIDAL, V.J.M.A.; RODRIGUES, M.C.P.; ZAPATA, J.F.F. et al. Concentrado proteico de resíduos da filetagem de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização físico-química e aceitação sensorial. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.1, p.92-99, 2011.
- VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, G.S. Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de tilápia e sua utilização na alimentação animal. **Instituto de Pesca**, 2006. Disponível em: <<http://www.pesca.sp.gov.br>> Acesso em: 03 nov. 2013.
- VIDOTTI, R.M.; CHAGURI, M.P.; GONÇALVES, G.S. Uso de escamas e aguapé no tratamento dos efluentes gerados no curtimento de peles de tilápia. **Pesquisa & Tecnologia**, v.8, n.2, 2011.
- VIEIRA, K.V.M.; MAIA, D.C.C.; JANEIRO, D.I. et al. Influência das condições higiênico-sanitárias no processo de beneficiamento de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em filé congelados. **Revista Higiene Alimentar**, v.14, n.74, p.37-40, 2000.
- WELZ, B.; SPERLING, M. **Atomic Absorption Spectrometry**. 2.ed. Weinheim: Wiley-VCH, 1999.
- WILD, M.B.; MARENGONI, N.G.; VIVIAN, M.M.P.S. et al. Probiótico dietético em sistemas de produção de tilápia do Nilo: efeitos sobre o crescimento, balanço de N e P,

retenção de nutrientes e viabilidade econômica. **Semina. Ciências Agrárias**, v.35, n.1, p.477-490, 2014.

ZAVAREZE, E.R.; SILVA, C.M.; MELLADO, M.S. et al. Funcionalidade de hidrolisados proteicos de cabrinha (*Prionotus punctatus*) obtidos a partir de diferentes proteases microbianas. **Química Nova**, v.32, n.7, p.1739-1743, 2009.

4 PERSPECTIVAS DE UTILIZAÇÃO DA ESCAMA DE TILÁPIA DO NILO DA FILETAGEM INDUSTRIAL

UTILIZATION PROSPECTS OF NILE TILAPIA SCALE OF INDUSTRY FILLETING

4.1 Resumo

Objetivou-se apontar as alternativas tecnológicas disponíveis para o aproveitamento de escamas da tilápia do Nilo, coletadas em uma indústria de filetagem da região oeste do Paraná, de maneira a permitir a diversificação das atividades da indústria e a obtenção de subprodutos com maior valor agregado. Dentre os resíduos obtidos na filetagem da tilápia têm-se as escamas. Mesmo sendo baixa a porcentagem de escamas geradas no processamento do pescado, em relação aos demais resíduos, estas representam um problema para a indústria e para o ambiente, se não forem corretamente aproveitadas. Dentre as alternativas para o aproveitamento das escamas, têm-se a extração de colágeno e queratina, a utilização como filtro, fertilizantes, substratos e artesanato, e ainda, a produção de farinha e silagem. Verificase a existência de diversas alternativas para o aproveitamento sustentável das escamas geradas na indústria da filetagem de peixes. As alternativas apresentadas para utilização das escamas podem levar a produção e valorização de subprodutos provenientes deste resíduo do pescado, incrementando a geração de renda na indústria e diminuindo o impacto ambiental.

Palavras-chave: alternativas tecnológicas, frigorífico de pescado, *Oreochromis niloticus*, resíduos, tilapicultura

4.2 Abstract

The objective was to indicate out the technological alternatives available for the use of scales of Nile tilapia collected in an industry filleting the western Paraná, in order to allow for diversification of industry and obtaining byproducts with higher added value. Among the residues obtained in tilapia filleting have been the scales. Even with the low number of scales generated in the processing of fish, compared to other waste, they represent a problem for the industry and the environment if not properly harnessed. Among the alternatives to the use of the scales, it has been the extraction of collagen and keratin, to use as a filter, fertilizers, substrates and crafts, and also the production of fishmeal and silage. It appears that there are

several alternatives for sustainable use of the scales generated in the industry filleting fish. The alternatives presented for the use of scales can lead to the production and recovery of byproducts from this waste of fish, increasing income generation in the industry and reducing environmental impact.

Keywords: fridge fish, *Oreochromis niloticus*, technological alternatives, tilapia culture, waste

4.3 Introdução

As indústrias de beneficiamento de pescado geram grandes quantidades de resíduos, devido principalmente à falta de reconhecimento deste recurso como matéria prima e fonte para outros produtos. No Brasil, grande parte dos resíduos da indústria de filetagem é destinada à produção de farinha e silagem (KOTZAMANIS et al., 2001; CARVALHO et al., 2006; FERNANDES et al., 2007; STRINGUETTA et al., 2007; SOUZA et al., 2009; EYNG et al., 2010; HONORATO et al., 2011).

O aproveitamento de resíduos para evitar os desperdícios, reduzir os custos de produção do pescado e a poluição ambiental deve ser o foco das indústrias processadoras. A criação de alternativas tecnológicas, com valor agregado que permitam o gerenciamento dos resíduos de pescado, podem trazer como resultado a geração de empregos, agregação de valor aos produtos e o desenvolvimento sustentável.

A utilização de tecnologias do aproveitamento de resíduos do pescado aumenta a capacidade da indústria responder à demanda por produtos diferenciados, buscar alimentos saudáveis, com alto valor nutritivo, suprimindo as necessidades nutricionais, em especial de proteínas animais (FELTES et al., 2010).

Além da preocupação com a rentabilidade da indústria de processamento do pescado, os resíduos agroindustriais precisam ser estudados visando à redução do seu efeito poluente. Resíduos da filetagem obtidos em larga escala de produção podem levar a sérios problemas de poluição, caso não tenham um destino ambientalmente correto.

Dentre os resíduos obtidos na filetagem da tilápia têm-se as escamas. Mesmo sendo baixa a quantidade de escamas geradas no processamento do filé, em torno de 1% (VIDOTTI; BORINI, 2006), em relação aos demais resíduos, estas representam um problema para a indústria e para o ambiente, se não forem corretamente aproveitadas. Para tanto, são apontadas diferentes alternativas de aproveitamento das escamas, como a extração de

colágeno e queratina, a utilização como filtro, fertilizantes, substratos e artesanato, e ainda, a produção de farinha e silagem.

Neste contexto, esta revisão tem como objetivo apontar as alternativas tecnológicas disponíveis para o aproveitamento de escamas da tilápia do Nilo, coletadas em uma indústria de filetagem da região oeste do Paraná, de maneira a permitir a diversificação das atividades da indústria e a obtenção de subprodutos com maior valor agregado.

4.4 Utilização de escamas de tilápia do Nilo

4.4.1 Extração de colágeno

Estudos recentes vêm sendo realizados para a extração de colágeno e gelatina a partir de resíduos da filetagem do pescado, inclusive escamas (Tabela 8).

Tabela 8. Extração de colágeno de resíduos da filetagem industrial do pescado

Espécie	Material utilizado para extração do colágeno/gelatina	Referência
Carpa cabeça grande (<i>Aristichthys nobilis</i>)	Pele/músculo da cabeça	Bandeira (2010)
Tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>)	Pele	Bordignon (2010)
Bagre listrado (<i>Pagasianodon hypophthalmus</i>)	Pele	Singh et al. (2011)
Tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>)	Escama	Kumar et al. (2011)

O colágeno é a proteína mais abundante em vertebrados, e constitui cerca de 30% das proteínas totais (SINGH et al., 2011). É único, em sua capacidade de formar fibras insolúveis, que têm alta resistência à tração (GELSE et al., 2003). Há pelo menos 27 tipos diferentes de colágeno, denominados tipo I-XXVII (BIRK; BRUCKNER, 2005).

O colágeno tipo I é comumente encontrado em tecidos conjuntivos, incluindo os tendões, ossos, peles e escamas (MUYONGA et al., 2004).

O colágeno é amplamente utilizado na indústria química e farmacêutica, sendo as suas principais aplicações na cosmetologia, nutrição, produtos farmacêuticos, produtos fotográficos, como biomaterial, e também, em cirurgias do trato urinário, como substituto parcial ou total de tecidos e órgãos lesados, pois possui baixa resposta imunológica, baixa antigenicidade e citotoxicidade (CHAMPE; HAREY, 1997).

A pele e os ossos de bovinos e suínos geralmente são as principais fontes de colágeno e gelatina, entretanto, devido ao risco de transferência de doenças tais como a encefalopatia espongiforme bovina (BSE), encefalopatia espongiforme transmissível (TSE) e a febre aftosa. Em função destes problemas, há uma grande demanda na busca por fontes alternativas e mais seguras para obtenção desse composto (ZHANG et al., 2007).

Nesse contexto, os peixes merecem destaque, principalmente devido a sua grande disponibilidade, baixo risco de transmissão de doenças, ausência de barreiras religiosas, alto rendimento no processo de extração e ausência de toxicidade (SENARATNE et al., 2006).

4.4.2 Extração de queratina

Pesquisas sobre a queratina têm ganhado importância nos últimos anos, especialmente para a indústria de cosméticos, a qual utiliza queratina na produção de esmaltes, cremes, xampus e condicionadores (MARTELLI, 2005).

As queratinas são polipeptídios formados por unidades de aminoácidos, com massa molar média da ordem de $10.000 \text{ g mol}^{-1}$, apresentando resíduos de cisteína na proporção de 7 a 20% do número total de resíduos de aminoácidos (YAMAUCHI et al., 1996). Pertencem à classe das proteínas fibrosas, com formação de pontes dissulfeto inter ou intramolecular, resultando em um material com características de conformação rígida e tenaz, devido à rede tridimensional das fibras de queratina (SCHROOYEN et al., 2001).

A principal característica que diferencia a queratina quando comparada a outras proteínas fibrosas tais como o colágeno, a elastina e as proteínas miofibrilares, é a ocorrência de uma grande quantidade de resíduos de cisteína (KATOH et al., 2004).

A extração de queratina vem sendo estudada em resíduos de animais tais como, penas de frango (MARTELLI, 2005; MOORE et al., 2006) e pêlos bovinos (WINTER, 2011). Faz-se necessária a realização de estudos de extração dos componentes da queratina em escamas de peixes.

4.4.3 Filtro

A necessidade de buscar alternativas de tratamento de águas residuais que diminuam a quantidade de poluentes lançados ao ambiente e que sejam de baixo custo, leva a utilização de escamas como meio filtrante, devido as suas características adsorptivas.

Não é totalmente claro que a fração orgânica da escama, composta principalmente por proteínas, ou a fração inorgânica, composta principalmente por hidroxiapatita, é responsável pelo fenômeno adsorptivo observado (VILLANUEVA-ESPINOSA et al., 2001).

Conforme Vidotti et al. (2011), a escama é um biomaterial que apresenta propriedades adsorptivas, podendo ser uma boa alternativa para tratamento de efluentes de curtumes de pele de peixe, já que na maioria das vezes estas chegam ao curtume, ainda inseridas nas peles.

Estudos recentes estão sendo realizados a respeito da utilização de escamas como filtros (Tabela 9).

Tabela 9. Utilização de escamas como filtros

Espécie	Adsorção	Referência
<i>O. niloticus</i>	manganês, cádmio, potássio, cálcio e magnésio	Chaguri (2010)
<i>O. niloticus</i>	manganês, cádmio e chumbo	Vidotti et al. (2011)
<i>Micropogonias furnieri</i>	cromo	Moura (2011)

4.4.4 Fertilizante orgânico

Uma das principais dificuldades encontradas nos sistemas produtivos ecológicos é a disponibilidade de insumos orgânicos que se enquadrem nas especificidades deste tipo de produção, dentre eles, fertilizantes capazes de proporcionar bons rendimentos aos cultivos e, ao mesmo tempo, possibilitar melhorias nas características químicas, físicas e biológicas do solo (SANES et al., 2011).

Neste contexto a reciclagem de resíduos, seja de origem agrícola ou industrial, oriundos das mais diversas cadeias produtivas, cujos descartes indevidos podem causar impactos negativos ao ambiente, como é o caso dos resíduos provenientes da indústria aquícola, apresenta-se como uma importante ferramenta para minimizar o déficit de fertilizantes orgânicos para sistemas produtivos ecológicos (SANES et al., 2011).

A utilização correta de resíduos industriais na agricultura pode ser uma alternativa viável para reduzir a contaminação ambiental, caso estes resíduos sejam depositados incorretamente no ambiente, e uma fonte de nutrientes para o solo (BISSANI et al. 2008). A adubação orgânica é uma fonte de nutrientes, que auxilia na mineralização do solo. A partir da análise das escamas, realizada anteriormente, verificou-se que estas podem ser uma fonte potencial de minerais, portanto, faz-se necessária a realização de estudos para comprovar sua aplicabilidade como fertilizante orgânico.

4.4.5 Substrato para plantas

Entende-se como substrato para plantas o meio em que se desenvolvem as raízes das plantas cultivadas fora do solo “*in situ*”. Sua função é prover suporte às plantas nele cultivadas, podendo ainda regular a disponibilidade de nutrientes. A maior parte dos substratos é uma combinação de dois ou mais componentes, realizada para alcançar propriedades químicas e físicas adequadas às necessidades específicas de cada cultivo (KÄMPF, 2000).

A utilização de resíduos da indústria de processamento de peixes como componente para substratos pode propiciar a redução de custos, assim como auxiliar na minimização da poluição decorrente do acúmulo desses materiais no meio ambiente (SCHIE, 1999).

No cultivo hidropônico, podem ser utilizadas água e nutrientes, adicionados a substratos para dar suporte à planta e propiciar melhores condições de oxigenação das raízes e exaustão dos gases gerados pelo sistema radicular. Nos sistemas hidropônicos fechados, a água circula, obtendo-se economia de fertilizantes e água, ao mesmo tempo em que se evita a poluição, sem comprometer o desenvolvimento das plantas (SERRA, 1994).

Substratos de baixa atividade química, com baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, apresentam boas características para serem utilizados em hidroponia, pois promovem boa aeração e baixo acúmulo de sais (PITTENGER, 1986; SERRA, 1994).

A utilização de escamas “*in natura*” ou na forma de pó como substrato para plantas cultivadas no solo ou na hidroponia ainda não foi estudada.

A realização de pesquisas neste sentido pode propiciar avanços tecnológicos e científicos para a indústria de processamento de pescados na comercialização de um novo subproduto.

4.4.6 Ornamentação e artesanato

As escamas são consideradas como um material abundante, de baixo custo e pouco explorado pela comunidade científica. São estruturas ósseas ou de queratina formada sobre a pele de muitos animais como órgão de proteção. A escama da tilápia é ciclóide, normalmente fina e subcircular (IKOMA et al., 2003).

As escamas vêm sendo utilizadas no artesanato como uma maneira viável de aproveitamento dos resíduos, para isso passam por um processo de lavagem. Os procedimentos mais comumente utilizados nas lavagens das escamas são a imersão destas em água, bem como, por adição de produtos químicos clarificantes e desengordurantes como detergentes, água sanitária, sabão, entre outros. Esse tratamento químico provoca uma alteração na coloração das escamas, que provavelmente é ocasionado por mudanças nas propriedades químicas. Após a lavagem, essas escamas são utilizadas para elaboração de flores para decoração, bolsas, brincos, dentre outros.

4.4.7 Farinha de peixe

A farinha de peixe é o produto obtido a partir da cocção, secagem e moagem dos resíduos do processamento do pescado (MAIGUALEMA; GERNAT, 2003). Os resíduos, constituídos por cabeça, nadadeiras, vísceras, pele, coluna vertebral e aparas, inclusive as escamas, ricos em nutrientes, têm sido aproveitados para produção de farinha de alto valor proteico na região oeste do Paraná, reduzindo assim o custo de produção das indústrias (STRINGUETTA et al., 2007).

Diversos estudos foram realizados avaliando a utilização de farinhas produzidas a partir de resíduos do processamento de pescado (KOTZAMANIS et al. 2001; STRINGUETTA et al., 2007; EYNG et al., 2010; SIGNOR et al., 2011), obtendo-se ótimos resultados de desempenho zootécnico na inclusão do subproduto na dieta de animais.

4.4.8 Silagem de peixe

A silagem de peixe é definida como produto líquido produzido a partir do pescado inteiro ou parte dos resíduos da filetagem, a qual tenha sido adicionado ácido, enzimas ou bactérias produtoras de ácido lático, com liquefação da massa resultante.

A utilização da silagem de pescado na alimentação de peixes tem sido amplamente estudada nos últimos anos (FERNANDES et al., 2007; CARVALHO et al., 2006; SOUZA et al., 2009; HONORATO et al., 2011). Muitos autores acreditam que, devido à semelhança desta fonte proteica com a matéria-prima, a silagem tenha elevado potencial para utilização em aquicultura. Outros autores enfatizam o baixo custo em relação à farinha de peixe.

4.5 Considerações

Verifica-se a existência de diversas alternativas para o aproveitamento sustentável das escamas geradas na indústria da filetagem, enfatizando-se sua utilização para extração de queratina, substrato para plantas e fertilizante.

As alternativas apresentadas para utilização das escamas podem levar a produção e valorização de subprodutos provenientes deste resíduo do pescado, incrementando a geração de renda na indústria e diminuindo o impacto ambiental.

4.6 Referências

- BANDEIRA, S.F. **Extração e caracterização da gelatina obtida de cabeças de carpa (*Aristichthys nobilis*)**. 2010. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.
- BIRK, D.E.; BRUCKNER, P. Collagen suprastructures. **Topics in Current Chemistry**, v.247, p.185–205, 2005.
- BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2.ed. Depto. de Solos, UFRGS. 2008. 344 p.
- BORDIGNON, A.C. **Caracterização da pele e da gelatina extraída de peles congeladas e salgadas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2010. 114f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M. et al. Silagem de resíduo de peixes em dietas para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.126-130, 2006.
- CHAGURI, M.P. **Utilização de escamas e *Eichhornia crassipes* no tratamento de efluente de curtume de peles de tilápias**. 2010. 65f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.

- CHAMPE, P.C.; HAREY, R.A. **Bioquímica Ilustrada**. 2.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. 446 p.
- EYNG, C.; NUNES, R.V.; POZZA, P.C. et al. Farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias em rações para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2670-2675, 2010.
- FELTES, M.M.C.; CORREIA, J.F.G.; BEIRÃO, L.H. et al. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.6, p.669-677, 2010.
- FERNANDES, J.B.K.; BUENO, R.J.; RODRIGUES, L.A. et al. Silagem ácida de resíduos de filetagem de tilápias em rações de juvenis de piauçu (*Leporinus macrocephalus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.29, n.3, p.339-344, 2007.
- GELSE, K.; POSCHL, E.; AIGNER, T. Collagens-structure, function, and biosynthesis. **Advanced Drug Delivery**, v.55, n.12, p.1531-1546, 2003.
- HONORATO, C.A.; STECH, M.R.; CARNEIRO, D.J. Silagem biológica de resíduos de peixe em dietas para alevinos de tilápia do Nilo. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, v.9, n.4, p.371-377, 2011.
- IKOMA, T.; KOBAYASHI, H.; TANAKA, J. et al. Microstructure, mechanical, and biomimetic properties of fish scales from *Pagrus major*. **Journal of Structural Biology**, v.142, n.3, p.327-333, 2003.
- KÄMPF, A.N. Substrato. In: KÄMPF, A.N. (Coord.) **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 254 p.
- KATOH, K.; TANABE, T.; YAMAUCHI, K. Novel approach to fabricate keratin sponge scaffolds with controlled pore size and porosity. **Biomaterials**, v.25, n.18, p.4255-4262, 2004.
- KOTZAMANIS, Y. P.; ALEXIS, M. N.; ANDRIOPOULOU, A. et al. Utilization of waste material resulting from trout processing in gilthead bream (*Sparus aurata* L.) diets. **Aquaculture Research**, v.32, suppl.1, p. 88-295, 2001.
- KUMAR, M.H.; SPANDANA, V.; POONAM, T. Extraction and determination of collage peptide and its clinical importance from tilapia fish scales (*Oreochromis niloticus*). **International Research Journal of Pharmacy**, v.2, n.10, p.92-97, 2011.
- MAIGUALEMA, M.A.; GERNAT, A.G. The effect of feeding elevated levels of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) by-product meal on broiler performance and carcass characteristics. **International Journal of Poultry Science**, v.2, n.3, p.195-199, 2003.

- MARTELLI, S.M. **Obtenção e caracterização de filmes de queratina de penas de frango.** 2005. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- MOORE, G.R.P.; MARTELLI, S.M.; GANDOLFO, C.A. et al. Queratina de penas de frango: extração, caracterização e obtenção de filmes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.2, p.421-427, 2006.
- MOURA, K.O. **Utilização de escamas do peixe corvina para adsorção de Cr (VI) em meio aquoso - cinética e termodinâmica por calorimetria isotérmica contínua.** 2011. 201f. Dissertação (Mestrado em Química) Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.
- MUYONGA, J.H.; COLE, C.G.B.; DUODU, K.G. Characterization of acid soluble collagen from skins of young and adult Nile perch (*Lates niloticus*). **Food Chemistry**, v.85, n.1, p.81-89, 2004.
- PITTENGER, D.R. Potting soil label information inadequate. **California Agriculture**, v.40, n.11/12, p.6-8, 1986.
- SANES, F.S.M.; COSTA, J.B.; ARAÚJO, F.B. et al. Avaliação do processo de compostagem de resíduos de pescado em mistura com diferentes fontes de carbono. **Cadernos de Agroecologia**, v.6, n.2, p.1-10, 2011.
- SCHIE, W. Standardization of substrates. **Acta Horticulturae**, n.481, v.1, p.71-77, 1999.
- SCHROOYEN, P.M.M.; DIJKSTRA, P.J.; OBERTHÜR, R. et al. Stabilization of solutions of feather keratins by sodium dodecyl sulfate. **Journal of Colloid and Interface Science**, v.240, n.1, p.30-39, 2001.
- SENARATNE, L.S.; PARK, P-J.; KIM, S-K. Isolation and characterization of collagen from brownbacked toadfish (*Lagocephalus gloveri*) skin. **Bioresource Technology**, v.97, n.2, p.191-197, 2006.
- SERRA, G. Innovation in cultivation techniques of greenhouse ornamentals with particular regard to low energy input and pollution reduction. **Acta Horticulturae**, n.353, p.149-163, 1994.
- SIGNOR, A.A.; BOSCOLO, W.R.; POTRICH, F.R. et al. Rações farelada, peletizada e extrusada na produção de exemplares juvenis de tilápia do Nilo. **Cultivando o Saber**, v.4, n.3, p.20-31, 2011.
- SINGH, P.; BENJAKUL, S.; MAQSOOD, S. et al. Isolation and characterisation of collagen extracted from the skin of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). **Food Chemistry**, v.124, n.1, p.97-105, 2011.

- 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.1-13, 2009.
- STRINGUETTA, L.L.; BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A. et al. Inclusão de farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápiasna alimentação de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana shaw*,1802). **Semina: Ciências Agrárias**, v.28, n.4, p.747-752, 2007.
- VILLANUEVA-ESPINOSA, J.F.; HERNÁNDEZ-ESPARZA, M.; RUIZ-TREVINO, F.A. Adsorptive properties of fish scales of *Oreochromis niloticus* (Mojarra Tilápia) for metallic ion removal from waste water. **Industrial and Engineer Chemical Research**, v.40, n.16, p.3563-3569, 2001.
- VIDOTTI, R.M.; BORINI, M.S.M. Aparas da filetagem da tilápia se transformam em polpa condimentada. **Panorama da Aquicultura**, v.16, n.96, p.38-41, 2006.
- VIDOTTI, R.M.; CHAGURI, M.P.; GONÇALVES, G.S. Uso de escamas e aguapé no tratamento dos efluentes gerados no curtimento de peles de tilápia. **Pesquisa & Tecnologia**, v.8, n.2, 2011.
- WINTER, C. **Avaliação analítica de proteínas e gorduras para detecção de constituintes residuais da pele em efluentes**. 2011. 38f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- YAMAUCHI, K.; YAMAUCHI, A.; KUSUNOKI, T. et al. Preparation of stable aqueous solution of keratins, and physiochemical and biodegradational properties of films. **Journal of biomedical Materials Research**, v.31, n.4, p.439-444, 1996.
- ZHANG, Y.; LIU, W.; LI, G. et al. Isolation and partial characterisation of pepsin-soluble collagen from the skin of grass carp (*Ctenopharyn godonidella*). **Food Chemistry**, v.103, n.3, p.906-912, 2007.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do crescimento contínuo da tilapicultura e do crescimento incessante da demanda por este pescado, o estudo sobre os resíduos gerados no processo de filetagem é de fundamental importância para buscar alternativas de utilização que beneficiem a indústria.

A caracterização microbiológica, centesimal e química das escamas de tilápia do Nilo facilita o aproveitamento destas, como fonte de matéria-prima em diferentes produtos e proporciona avanços científicos e tecnológicos na indústria de filetagem.

Os resultados encontrados neste estudo mostram que a escama pode ser utilizada em diferentes alternativas, agregando valor aos resíduos gerados na indústria de beneficiamento do pescado, levando à solução de um problema ambiental na destinação destes.

É necessária a realização de novos estudos que reforcem o observado neste trabalho em relação às escamas, na validação de alternativas viáveis de utilização destas. Estes estudos são essenciais no desenvolvimento da cadeia produtiva do pescado, contribuindo para a sustentabilidade, refletindo no aumento da lucratividade da indústria de filetagem da tilápia.