



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



**Produção e caracterização de gelatina a partir de subproduto do processamento do  
tambaqui *Collossoma macropomum***

TIAGO CABRAL NÓBREGA

MANAUS-AM  
2023

TIAGO CABRAL NÓBREGA

**Produção e caracterização de gelatina a partir de subproduto do processamento do  
tambaqui *Collossoma macropomum***

Orientador: Prof. Dr. Adriano Teixeira de Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Antônio José Inhamuns da Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros- PPGCARP da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros.

**Financiamentos:** FAPEAM (Edital POSGRAD – Edição 2021-2022; Edital 010/2021 – CT&I Áreas prioritária – processo 01.02.016301.03380/2021-00)

MANAUS-AM  
2023

## Ficha Catalográfica

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

N754p	<p>Nóbrega, Tiago Cabral Produção e caracterização de gelatina a partir de subproduto do processamento do tambaqui <i>Colossoma macropomum</i> / Tiago Cabral Nóbrega . 2023 84 f.: il. color; 31 cm.</p> <p>Orientador: Adriano Teixeira de Oliveira Coorientador: Antônio José Inhamuns da Silva Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros) - Universidade Federal do Amazonas.</p> <p>1. Peixe Amazônico. 2. Biopolímero. 3. Tecnologia. 4. Sustentabilidade. I. Oliveira, Adriano Teixeira de. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título</p>
-------	---

**TIAGO CABRAL NÓBREGA**

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE GELATINA A PARTIR DE SUBPRODUTO  
DO PROCESSAMENTO DO TAMBAQUI *Colossoma macropomum***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, área de concentração em Produção Animal.


Aprovado em 17 de abril de 2023.

**BANCA EXAMINADORA**




Prof. Dr. Adriano T. de Oliveira  
Curso de Lic. em Ciências Biológicas  
IFAM-CMC

Dr. Adriano Teixeira de Oliveira - Presidente  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas



Dra. Paloma de Almeida Rodrigues - Membro  
Universidade Federal do Rio de Janeiro



Dra. Sandriane Pizato - Membro  
Universidade Federal do Amazonas

*Aos meus amados pais Maria Auxiliadora e José Huilari, a minha irmã  
Isabelle, aos meus sobrinhos Enzo José e Lucas Eduardo;  
E a minha companheira e amada Cristiane Cunha Guimarães, por sua  
paciência, coragem, esforço, compreensão e dedicação.*

*Dedico!*

## AGRADECIMENTO

A princípio, agradeço a Deus pelo discernimento para enfrentar mais esta etapa da minha vida.

A minha família pelo amor e apoio que forneceram durante todo o processo de amadurecimento no programa de mestrado.

A minha amada, Cristiane Cunha Guimarães, pelo amor, incentivo e paciência, em todas as etapas no mestrado.

A Universidade Federal do Amazonas-UFAM e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros- PPG-CARP, pela oportunidade concedida para utilização dos laboratórios e pela minha formação profissional.

Aos meus Orientadores, Prof. Dr. Adriano Teixeira de Oliveira e Prof. Dr. Antônio José Inhamuns da Silva, pela oportunidade, confiança, atenção, paciência, orientação e ensinamentos, que foram fundamentais em todos os momentos nesse trabalho, para o meu aprendizado e crescimento.

Aos amigos do PPGCARP.

As amizades adquiridas nessa etapa, e que farão sem sombras de dúvidas parte da minha vida, em especial...

Ao técnico, Carlos Calafate, a servidora dona Ana, e aos colegas da UFAM meu muito obrigado, pela amizade, respeito e cooperação durante o experimento e vivência no Laboratório de Tecnologia de Pescado.

Aos amigos Alexandre Augusto Barai, Flavia Farias, Lígia Mourão e Chiara Lubich meu muito obrigado, pela ajuda nas análises laboratoriais e contribuições junto ao experimento no laboratório.

A FAPEAM, com apoio financeiro concedido pela bolsa do mestrado.

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

*Meus eternos agradecimentos!*

*“Só quem suporta o processo vive o propósito”*

*Wladimir Moreira Dias*

## RESUMO GERAL

As indústrias pesqueiras geram subprodutos e nos últimos anos a expansão do processamento da produção pesqueira e aquícola tem contribuído na quantidade crescente de subprodutos em até 70% do pescado processado, representado por cabeças, vísceras, pele, ossos e escamas. Alternativas tecnológicas na utilização desse material são de grande importância, pois, estes contêm valiosa qualidade biológica. Sendo uma fonte sustentável de biocompostos com alto teor de colágeno, gelatinas, enzimas, peptídeos e minerais. A pele com escamas originada do processamento do tambaqui (*Colossoma macropomum*) se destaca por apresentar grande volume e alta resistência, tornando-se uma fonte alternativa com potencial para exploração. Desse subproduto pode-se extrair o colágeno e posteriormente adquirir por hidrólise parcial a gelatina, que tem se destacado por apresentar boas características como grande disponibilidade e por possuir aplicabilidades em diversas áreas, como fármacos, engenharia de tecidos, alimentação, clareamento de bebidas, entre outros. Neste sentido, o primeiro capítulo deste trabalho, foi uma revisão de literatura na plataforma científica internacional Science Direct que teve como objetivo elucidar dados a respeito do processamento da gelatina, extração, rendimento e caracterização, fornecendo embasamento teórico científico para compreensão do processo, produto desenvolvido e suas áreas de aplicações, onde foram encontrados 67 trabalhos. Foi possível identificar que 46% dos estudos utilizaram subprodutos de espécie de água doce, sendo que as espécies mais utilizadas foram a tilápia e a carpa. 66% dos estudos utilizaram subproduto pele, destacando-se o método de extração ácida com 50%. Dos 67 trabalhos, 35 apresentaram rendimento da gelatina e foi possível a identificação de 18 análises para caracterização da gelatina, as quais se destacaram a força de gel, grupos funcionais, morfologia, peso molecular e turbidez. Em contrapartida, o segundo capítulo teve por objetivo realizar a extração e caracterização da gelatina a partir do subproduto (pele com escamas) advindos do processamento do tambaqui *C. macropomum*. O subproduto, passou por um pré-tratamento em soluções de Cloreto de Sódio (NaCl), Ácido clorídrico (HCl), Álcool butílico, Hidróxido de Sódio (NaOH) e Ácido acético, em seguida realizou-se a extração da gelatina em água destilada. O rendimento médio da gelatina extraída foi de  $4,77\% \pm 0,80$  a cada 100 g de subproduto processado, a análise de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), observou integridade e pureza no biopolímero obtido. A composição centesimal da gelatina determinou para umidade 15,69%, proteína bruta 83,54%, lipídios 0,17%, cinza 0,22% e carboidratos 0,38%. Com valores para pH de  $6,49 \pm 0,73$ , força de gel de  $236,22g \pm 2,55$  e viscosidade de  $7,51cP \pm 0,65$ . Conclui-se que estudos vêm sendo desenvolvidos nos diferentes seguimentos para extração da gelatina, a partir de subprodutos de diferentes espécies de pescado, sendo uma alternativa potencialmente válida para aumentar o valor agregado aos produtos dentro da cadeia produtiva, evitar perdas econômicas e reduzir o impacto ambiental. De modo que, o subproduto pele com escamas do tambaqui *C. macropomum*, que por muitas vezes são descartados, apresentam-se como uma fonte alternativa para extração da gelatina, dispondo de ótimas características centesimais e pH, condizente aos das gelatinas comerciais, além de boas propriedades reológicas (viscosidade e força Bloom) às vistas na literatura.

**Palavras-chave:** Peixe Amazônico, Biopolímero, Tecnologia e Sustentabilidade.



## ABSTRACT

Fishing industries generate by-products and in recent years the expansion of fishing and aquaculture production processing has contributed to the growing amount of by-products in up to 70% of processed fish, represented by heads, viscera, skin, bones and scales. Technological alternatives in the use of this material are of great importance, as they contain valuable biological quality. Being a sustainable source of biocompounds with a high content of collagen, gelatins, enzymes, peptides and minerals. The skin with scales originating from the processing of tambaqui (*Colossoma macropomum*) stands out for its large volume and high resistance, making it an alternative source with potential for exploitation. Collagen can be extracted from this by-product and gelatine can be subsequently acquired by partial hydrolysis, which has stood out for having good characteristics such as wide availability and for having applicability in several areas, such as drugs, tissue engineering, food, beverage whitening, among others. In this sense, the first chapter of this work was a literature review on the international scientific platform Science Direct, which aimed to compile data regarding gelatin processing, extraction, yield and characterization, providing scientific theoretical basis for understanding the process, product developed and their application areas, where 67 works were found. It was possible to identify that 46% of the studies used by-products of freshwater species, and the most used species were tilapia and carp. 66% of the studies used a skin by-product, highlighting the acid extraction method with 50%. Of the 67 works, 35 presented gelatin yield and it was possible to identify 18 analyzes for gelatin characterization, which highlighted gel strength, functional groups, morphology, molecular weight and turbidity. On the other hand, the second chapter aimed to perform the extraction and characterization of gelatin from the by-product (skin with scales) arising from the processing of tambaqui *C. macropomum*. The by-product underwent pre-treatment in solutions of Sodium Chloride (NaCl), Hydrochloric acid (HCl), Butyl alcohol, Sodium hydroxide (NaOH) and Acetic acid, followed by extraction of gelatin in distilled water. The average yield of the extracted gelatin was  $4.77\% \pm 0.80$  for each 100 g of processed by-product, the Fourier Transform Infrared analysis (FTIR), observed integrity and purity in the obtained biopolymer. The centesimal composition of gelatin determined for moisture 15.69%, crude protein 83.54%, lipids 0.17%, ash 0.22% and carbohydrates 0.38%. With pH values of  $6.49 \pm 0.73$ , gel strength of  $236.22\text{g} \pm 2.55$  and viscosity of  $7.51\text{cP} \pm 0.65$ . It is concluded that studies have been developed in different segments for the extraction of gelatin, from by-products of different species of fish, being a potentially valid alternative to increase the added value of products within the production chain, avoid economic losses and reduce the impact environmental. Thus, the by-product skin with scales of tambaqui *C. macropomum*, which are often discarded, are presented as an alternative source for gelatine extraction, having excellent centesimal characteristics and pH, consistent with those of commercial gelatines, in addition to good rheological properties (viscosity and Bloom strength) as seen in the literature.

**Keywords:** Amazonian fish, Biopolymer, Technology and Sustainability.

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS**

**AOAC** - Associação dos Oficiais Químicos Analíticos

**ATR** - Reflectância Total Atenuada

**BSE** - Encefalopatia Espongiforme Bovina

**BSN** - Organização Nacional de Normalização

**cP** – centipoise

**FAO** - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

**FMD** - Febre Aftosa

**FTIR** - infravermelho por transformada de Fourier

**GMIA** - Instituto de Fabricantes de Gelatina da América

**HCl** - Ácido clorídrico

**NaCl**- Cloreto de Sódio

**NaOH** - Hidróxido de Sódio

**pH**- potencial hidrogeniônico

**SOFIA** – Relatório Mundial da Pesca e Aquicultura

**Tg** - temperatura de transição

**ZnSe** - Seleneto de zinco

**$\alpha$**  - Alfa

**$\beta$**  – Beta

**$\gamma$**  – Gama

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Etapas realizadas na construção do portfólio bibliográfico para revisão de literatura.....	<b>26</b>
<b>Figura 2:</b> Distribuição de publicação de artigos sobre extração, rendimento e caracterização de gelatina em peixes no intervalo temporal de 2013-2023. ....	<b>37</b>
<b>Figura 3:</b> Frequência das espécies dos diferentes ambientes sobre extração, rendimento e caracterização de gelatina em peixes. ....	<b>39</b>
<b>Figura 4:</b> Frequência de utilização das espécies conforme ordem taxonômica pertencente.....	<b>42</b>
<b>Figura 5:</b> Frequência de subprodutos de pescado utilizados para extração da gelatina.	<b>43</b>
<b>Figura 6:</b> Frequência dos métodos aplicados para extração da gelatina. ....	<b>44</b>
<b>Figura 7:</b> Fluxograma de obtenção de gelatina da pele com escamas do tambaqui <i>C. macropomum</i> . ....	<b>59</b>
<b>Figura 8:</b> Espectros de FTIR de gelatina da pele com escamas do tambaqui <i>C. macropomum</i> . ....	<b>66</b>

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Espécies de peixes dos subprodutos usados para extração da gelatina. .... 39
- Tabela 2:** Frequência de análises realizadas para caracterização da gelatina extraída.. 46
- Tabela 3:** Composição centesimal dos subprodutos (pele com escamas) do tambaqui *C. macropomum* e gelatina extraída. .... 66

## LISTA DE QUADROS

**Quadro 1:** Descritores de busca utilizados na pesquisa dos artigos para revisão bibliográfica sobre extração, rendimento e caracterização de gelatina em peixes. .... **26**

**Quadro 2:** Portifólio Bibliográfico Science Direct, intervalo temporal de 2013-2023, para extração, rendimento e caracterização da gelatina de peixes. .... **28**

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>16</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>19</b>
Objetivo Geral.....	19
Objetivos Específicos .....	19
<b>HIPÓTESES .....</b>	<b>19</b>
Hipótese Alternativa (H0):.....	19
Hipótese Alternativa (H1):.....	19
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>20</b>
<b>Capítulo I.....</b>	<b>23</b>
<b>EXTRAÇÃO, RENDIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA GELATINA DE PEIXES: REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>23</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>25</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>48</b>
<b>Capítulo II.....</b>	<b>54</b>
<b>ASPECTOS BIOTECNOLÓGICOS DA GELATINA EXTRAÍDA DE PELE COM ESCAMAS DO TAMBAQUI <i>Collossoma macropomum</i> .....</b>	<b>54</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>55</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>57</b>
2.1. Matéria Prima .....	57
2.2. Processo de Extração da Gelatina.....	57
2.3. Rendimento .....	59
2.4. Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) .....	60
2.5. Composição centesimal .....	60
2.6. Determinação do pH .....	60
2.7. Determinação da força do gel (Bloom).....	60

2.8.	Determinação da viscosidade.....	61
2.9.	Análise estatística .....	61
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>61</b>
3.1.	Rendimento .....	61
3.2.	Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) .....	63
3.3.	Composição centesimal .....	66
3.4.	pH.....	69
3.5.	Força do gel (Bloom) e viscosidade .....	70
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>73</b>
<b>5.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>75</b>
	<b>CONCLUSÃO GERAL .....</b>	<b>84</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

O desempenho do cultivo de peixes nativos no Brasil em 2021 foi afetado devido à falta de programas em apoio ao cultivo, dificuldades de mercado e a questões ambientais apresentando um recuo na produção de 5,85% quando comparado ao ano anterior, mesmo assim, essa atividade demonstrou possuir grande força e potencial (PEIXE BR, 2022), sendo de suma importância na geração de empregos, na econômica e na alimentação (SANTOS JÚNIOR, 2014).

Segundo Da Silva et al. (2018) e Peixe BR (2022) o tambaqui *Colossoma macropomum* é o peixe nativo mais produzido nas diferentes regiões do país, com maior concentração e consumo na região Norte. Sendo consumido principalmente na forma frita, assada ou cozida (PADOVANI et al., 2022). O interesse pelo cultivo dessa espécie está relacionado ao sabor da sua carne que é considerada atrativa, e por apresentar boas características zootécnicas como rusticidade, qualidade na sua carne, eficiência alimentar e bom crescimento (GUIMARÃES et al., 2014). Além disso, possui elevado valor no mercado, abundância e ser grande fonte de proteína (BORGES et al., 2013; VALENTI et al., 2021).

O pescado é comercializado principalmente em mercados, feiras livres e restaurantes (LOPES et al., 2016). Na grande maioria o tambaqui é comercializado na forma fresca e eviscerado (LIMA et al., 2018) e por muitas vezes após um tratamento mais demorado, que inclui lavagem, cortes de partes, além das retiradas das suas abas, vísceras e escamas, produzindo uma grande quantidade de subprodutos (COSTA e SOUZA, 2012).

De acordo com Machado et al. (2020), os subprodutos do processamento do pescado são gerados conforme a sua escala de produção. Segundo Vidotti e Gonçalves (2006), as quantidades de subprodutos gerados pelas indústrias pesqueiras se diferenciam com o processamento, o tamanho do peixe e a espécie processada, entre outros. Durante a comercialização do pescado em entrepostos e peixarias os subprodutos são formados pelo descarte de peixes inteiros inadequados para consumo humano, e de peixes comercializados que sofrem tratamentos conforme a exigência do mercado consumidor (DECKER et al., 2016). Durante o processamento do pescado cerca de 50-70% (OLSEN; TOPPE; KARUNASAGAR, 2014) do peso inicial, se torna resíduo (cabeça, restos de carne, ossos, pele, vísceras e escamas) (CHALAMAIAH et al., 2012, BOSCOLO et al., 2005), sendo o termo resíduo utilizado para determinar os subprodutos que são



eliminados durante o processamento do alimento e que possuem baixo valor comercial (VIDAL-CAMPELLO et al., 2021).

No entanto, os descartes inadequados desses resíduos trazem impactos ao meio ambiente, tornando-se uma problemática, visto que possuem grande carga de material orgânico que podem afetar as características dos solos e dos recursos hídricos (COPPOLA et al., 2021). E uma alternativa sustentável para aproveitar esses subprodutos dos recursos pesqueiros de forma integral (SOUZA e INHAMUNS, 2011) e conseqüentemente diminuir os impactos ambientais, seria sua utilização em processos tecnológicos (CHALAMAIAH et al., 2012, BOSCOLO et al., 2005) como a extração da gelatina (DA SILVA et al., 2018).

A gelatina é um polímero adquirido pela hidrólise parcial do colágeno (CANSU, 2023). O colágeno é uma importante proteína fibrosa insolúvel, produzida nos tecidos conjuntivos dos animais (CUIPING et al., 2019; CHEN et al., 2008). Na pele, ossos, dentes, tendões, ligamentos e cartilagens, possuem funções fisiológicas distintas. Existem 29 tipos de colágenos com diferenças na composição de aminoácidos, nos domínios moleculares e nos arranjos estruturais, os mais abundantes são dos tipos I e III, constituintes em maiores proporções do colágeno no corpo humano (BIRK, et al., 2005; SQUIRE E PARRY, 2017).

Para a extração da gelatina pode ser utilizado o processo de pré-tratamento ácido (gelatina tipo A) e o básico (gelatina tipo B), nesses processos a temperatura utilizada é acima de 50°C, o que ocasiona à dissociação das cadeias polipeptídicas, transformando o colágeno insolúvel em gelatina solúvel (NUSSINOVITCH, 2009). Entretanto, esses processos devem ser realizados de forma rigorosa para que não ocorra influência no rendimento e na qualidade da gelatina, pois sua composição é determinada a partir da fonte de colágeno e do tipo de tratamento utilizado (GMIA, 2019).

Atualmente a gelatina disponível no mercado é originada principalmente de subprodutos de suínos e bovinos (DA SILVA et al., 2018), porém sua utilização vem perdendo forças devido à transmissibilidade de doenças e restrições religiosas, sendo necessário à busca por novas fontes que apresentassem maiores viscosidades e menor imunogenicidade quando comparada a gelatina dos mamíferos, observando-se o aumento considerável na utilização da gelatina extraída do peixe (AN et al., 2010).

A gelatina extraída dos subprodutos dos peixes é um produto que apresentam ótima extensibilidade, solubilidade em água e transparência relativa (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2007; CARVALHO et al., 2008). Por apresentar boas características e por ser um

polímero natural vem sendo aplicada em áreas biotecnológicas (SILVA et al., 2014), fármacos (PHADKE et al., 2014), curativos para cicatrização de ferimento (SHEFY-PELEG et al., 2014), engenharia de tecidos (AZHAR et al., 2014), indústria de alimentos, fotográficas (CHO et al., 2006) e entre outras aplicações.

Nesse contexto, o presente trabalho foi estruturado em dois capítulos. No primeiro capítulo, foi realizada uma revisão de literatura com o objetivo de elucidar dados sobre os processos de extração, rendimento e caracterização da gelatina extraída de subprodutos de pescado. Enquanto, no segundo capítulo, foi realizada a caracterização da gelatina extraída do subproduto do processamento do tabaqui. Norteadando informações que possam auxiliar as indústrias pesqueiras a buscarem alternativas para utilização sustentável desses subprodutos, diminuindo seu descarte no meio ambiente. Assim, garantir a diversificação na produção dessas indústrias com novas tecnologias, tornando-se satisfatório no ponto de vista social, econômico e ambiental.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral**

Extrair gelatina a partir do aproveitamento do subproduto (pele com escamas) advindo do processamento de tambaqui (*C. macropomum*).

### **Objetivos Específicos**

- Elucidar dados sobre os processos de extração, rendimento e caracterização da gelatina de peixes (Cap. 1);
- Determinar o rendimento da gelatina extraída do subproduto do tambaqui (Cap. 2);
- Determinar a composição centesimal do subproduto e da gelatina extraída do tambaqui (Cap. 2);
- Avaliar as qualidades reológicas da gelatina obtida do subproduto do tambaqui (Cap. 2);

## **HIPÓTESES**

**Hipótese Alternativa (H0):** A gelatina produzida de subprodutos (pele com escamas) do tambaqui *C. macropomum*, não apresenta rendimento e qualidade para aplicação biotecnológica.

**Hipótese Alternativa (H1):** A gelatina produzida de subprodutos (pele com escamas) do tambaqui *C. macropomum*, apresenta rendimento e qualidade para aplicação biotecnológica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- An, K., Liu, H., Guo, S., Kumar, D. N. T., & Wang, Q. (2010). Preparation of fish gelatin and fish gelatin/poly (l-lactide) nanofibers by electrospinning. *International journal of biological macromolecules*, 47(3), 380-388.
- Farshi Azhar, F., Olad, A., & Salehi, R. (2014). Fabrication and characterization of chitosan–gelatin/nanohydroxyapatite–polyaniline composite with potential application in tissue engineering scaffolds. *Designed Monomers and Polymers*, 17(7), 654-667.
- Birk, D. E., & Bruckner, P. (2005). Collagen suprastructures. *Collagen: primer in structure, processing and assembly*, 185-205.
- Borges, A., Medina, B. G., Conte-Junior, C. A., & de Freitas, M. Q. (2013). Aceitação sensorial e perfil de textura instrumental da carne cozida do pacu (*Piaractus mesopotamicus*), do tambaqui (*Colossoma macropomum*) e do seu híbrido tambacu eviscerados e estocados em gelo. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*. 20 (3), 160-165.
- Boscolo, W. R., Hayashi, C., Meurer, F., Feiden, A., Bombardelli, R. A., & Reidel, A. (2005). Farinha de resíduos da filetagem de tilápias na alimentação de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) na fase de reversão sexual. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34 (6), 1807-1812.
- Cansu, Ü. (2023). Comparative evaluation of different separation and concentration procedures on some quality and functional properties of fish gelatin. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 83, 103237.
- Carvalho, R. A. D., Sobral, P. J. D. A., Thomazine, M., Habitante, A. M. Q. B., Giménez, B., Gómez-Guillén, M. C., & Montero, P. (2008). Development of edible films based on differently processed Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) skin gelatin. *Food hydrocolloids*, 22(6), 1117-1123.
- Chalamaiah, M., Hemalatha, R., & Jyothirmayi, T. (2012). Fish protein hydrolysates: proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: a review. *Food chemistry*, 135(4), 3020-3038.
- Chen, Z., Mo, X., He, C., & Wang, H. (2008). Intermolecular interactions in electrospun collagen–chitosan complex nanofibers. *Carbohydrate polymers*, 72(3), 410-418.
- Cho, S. H., Jahncke, M. L., Chin, K. B., & Eun, J. B. (2006). The effect of processing conditions on the properties of gelatin from skate (*Raja kenoujei*) skins. *Food Hydrocolloids*, 20(6), 810-816.
- Coppola, D., Lauritano, C., Palma Esposito, F., riccio, G., Rizzo, C. & De Pascale, D. (2021). Fish Waste: From Problem to Valuable Resource. *Marine Drugs*, 19(2): 1–39. <https://doi.org/10.3390/md19020116>
- Costa, S. R.; Souza, P. A. R. (2012). O impacto dos resíduos de pescado: o caso da “Feira do Bagaço” no município de Parintins no Amazonas. *DELLOS Revista Desarrollo Local Sostenible*, 5 (14), 01-11.
- Shi, C., Bi, C., Ding, M., Xie, J., Xu, C., Qiao, R., Wang, X. & Zhong, J. (2019). Polymorphism and stability of nanostructures of three types of collagens from bovine flexor tendon, rat tail, and tilapia skin. *Food Hydrocolloids*, 93, 253-260.

- Da Silva, G. C. D. O., Sousa, S., Carvalho, J. W. P., Guedes, S. F., & Loss, R. A. (2018). Obtenção e caracterização físico-química e microbiológica da gelatina de resíduos de matrinxã (*Brycon amazonicus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, 6(1), 74-84.
- Decker, A. T., Rodrigues, E. A., de Almeida, J. C., Quadro, M. S., Leandro, D., Andrezza, R., & Barcelos, A. A. (2016). Avaliação dos possíveis impactos ambientais dos resíduos de pescado na localidade de Pelotas/RS. *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*, 2(1), 1-10.
- Gmia- Gelatin Manufactures Institute Of Americas's. *Standard Testing Methods for Edible Gelatin*. (2019) Available online: [http://www.gelatingmia.com/uploads/1/1/8/4/118450438/gmia\\_official\\_methods\\_2019.pdf](http://www.gelatingmia.com/uploads/1/1/8/4/118450438/gmia_official_methods_2019.pdf) (acesso 2022).
- Gómez-Guillén, M. C., Turnay, J., Fernández-Díaz, M. D., Ulmo, N., Lizarbe, M. A., & Montero, P. (2002). Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. *Food Hydrocolloids*, 16(1), 25-34.
- Gómez-Guillén, M. C., Ihl, M., Bifani, V., Silva, A., & Montero, P. (2007). Edible films made from tuna-fish gelatin with antioxidant extracts of two different murta ecotypes leaves (*Ugni molinae* Turcz). *Food Hydrocolloids*, 21(7), 1133-1143.
- Guimarães, I. G., Miranda, E. C., & Araújo, J. G. (2014). Coefficients of total tract apparent digestibility of some feedstuffs for Tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Animal Feed Science and Technology*, 188, 150-155.
- Lima, L. K. F.; Noletto, S. S.; Santos, V. R. V.; Luiz, D. B.; Kirschnik, P. G. (2018). Rendimento e composição centesimal do tambaqui (*Colossoma macropomum*) por diferentes cortes e categorias de peso. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*. 12(2), 223-235.
- Lopes, I. G., De Oliveira, R. G., & Ramos, F. M. (2016). Perfil do consumo de peixes pela população brasileira. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, 6(2), 62-65.
- Machado, T. M., de Cássia Catapreta, L., Furlan, É. F., & Neiva, C. R. P. (2020). Economia circular e resíduo de pescado. *Brazilian Journal of Environmental Sciences (RBCIAMB)*, 55(4), 525-535.
- Nussinovitch, A. Biopolymer Films and Composite Coatings. (2009). *Modern Biopolymer Science, Elsevier Inc.*, 295-326.
- Olsen, R. L., Toppe, J., & Karunasagar, I. (2014). Challenges and realistic opportunities in the use of by-products from processing of fish and shellfish. *Trends in Food Science & Technology*, 36(2), 144-151.
- Padovani, J. V., Valiatti, T. B., Rosa, N. B., Gomes, E. M., dos Reis, S., Romão, N. F., Gasparotoo, P. H. G., & Sobral, F. D. O. S. (2022). Avaliação microbiológica de peixe tambaqui (*Colossoma Macropomum*) comercializado em feira livre no município de Ji-Paraná, Rondônia. *Revista Saúde e Desenvolvimento*, 16(24), 95-108.
- Peixe-BR. *Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixes BR* (2022). Associação Brasileira da Piscicultura, 79p. Available from < <https://www.peixebr.com.br/anuario-2021/> >. Acesso em: 10 de Dezembro de 2021.

- Phadke, K. V., Manjeshwar, L. S., & Aminabhavi, T. M. (2014). Biodegradable polymeric microspheres of gelatin and carboxymethyl guar gum for controlled release of theophylline. *Polymer Bulletin*, 71, 1625-1643.
- Santos Júnior, C.A. (2014). Sustentabilidade, direito ambiental e meio ambiente: a indústria da pesca em Santa Catarina. *Revista Justiça do Direito*, Rio Grande do Sul v. 28 (2), 334–348.
- Shefy-Peleg, A., Foux, M., Cohen, B., & Zilberman, M. (2014). Novel antibiotic-eluting gelatin-alginate soft tissue adhesives for various wound closing applications. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 63(14), 699-707.
- Silva, J. F. X., Ribeiro, K., Silva, J. F., Cahú, T. B., & Bezerra, R. S. (2014). Utilization of tilapia processing waste for the production of fish protein hydrolysate. *Animal feed science and technology*, 196, 96-106.
- Souza, A. F. L. D., & InhamunS, A. J. (2011). Análise de rendimento cárneo das principais espécies de peixes comercializadas no Estado do Amazonas, Brasil. *Acta amazônica*, 41(2), 289-296.
- Squire, J. M., & Parry, D. A. (2017). Fibrous protein structures: Hierarchy, history and heroes. In: *Subcellular Biochemistry*. 82, 1- 33.
- Valenti, W. C., Barros, H. P., Moraes-Valenti, P., Bueno, G. W., & Cavalli, R. O. (2021). Aquaculture in Brazil: past, present and future. *Aquaculture Reports*, 19, 100611.
- Vidal-Campello, J. M. A., de Souza Lira, E. B., de Melo Junior, C. A. F., Veiga, M. C. M., & de Melo Costa, W. (2021). Curtimento de pele de peixe utilizando tanino vegetal extraído de eucalipto. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(1), 392-401.
- Vidotti, R. M.; Gonçalves, G. S. (2006). Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de tilápia e sua utilização na alimentação animal. São Paulo: *Instituto de Pesca*, Disponível em: [www.pesca.sp.gov.br](http://www.pesca.sp.gov.br), 20p.

## Capítulo I

Artigo a ser enviado para a revista: **ANIMAL FEED SCIENCE AND TECHNOLOGY (FI: 3.313)**

### **EXTRAÇÃO, RENDIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA GELATINA DE PEIXES: REVISÃO DE LITERATURA**

<sup>1</sup> \*Tiago Cabral Nóbrega (NÓBREGA, T. C.)- Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: [tiago.cnobrega@gmail.com](mailto:tiago.cnobrega@gmail.com)

<sup>2</sup> Antônio José Inhamuns (INHAMUNS, A. J.)- Faculdade de Ciências Agrárias- Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: [ajinhamuns@gmail.com](mailto:ajinhamuns@gmail.com)

<sup>3</sup> Adriano Teixeira de Oliveira (OLIVEIRA, A. T.)- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: [adriano.oliveira@ifam.edu.br](mailto:adriano.oliveira@ifam.edu.br)

\*Autor correspondente: Tiago Cabral Nóbrega. Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros – Universidade Federal do Amazonas, Campus Universitário, Av. General Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 6200, Coroado I, CEP 69077-000, Manaus, Amazonas, Brasil. Phone: + 55 (92) 99388-5153. E-mail: [tiago.cnobrega@gmail.com](mailto:tiago.cnobrega@gmail.com)

#### **RESUMO**

Ossos, pele, escamas, nadadeiras, cabeças e vísceras, são subprodutos gerados em grandes quantidades pelas indústrias de pescado, e contém valiosa qualidade biológica. Pesquisas por alternativas tecnológicas na utilização desse material tornam-se de grande importância. A extração da gelatina de subprodutos de pescado vem ganhando espaço, e se apresenta com grande potencial para substituir as gelatinas comerciais, extraídas dos subprodutos de suínos e bovinos. Nesse contexto, o objetivo na presente revisão de literatura, foi elucidar dados dos trabalhos realizados nos diferentes métodos de extração da gelatina de subprodutos de pescados, enfatizando o rendimento e as características das gelatinas. A pesquisa foi realizada em janeiro de 2023, utilizando o banco de dados da plataforma científica internacional Science Direct. A busca na plataforma se sucedeu por palavras-chave Fish gelatin, yield e characterization com operador booleano “AND”. Foram encontrados 67 trabalhos referentes à extração, rendimento e caracterização da gelatina extraída de subprodutos de pescado, obtendo embasamento teórico científico para compreensão do processo, produto desenvolvido e suas áreas de aplicações. Concluiu-se que, estudos vêm sendo desenvolvidos nos diferentes seguimentos para extração da gelatina, a partir de subprodutos de diferentes espécies de pescado, sendo uma alternativa potencialmente válida para aumentar o valor agregado aos produtos dentro da cadeia produtiva, evitar perdas econômicas e reduzir o impacto ambiental.

**Palavras Chaves:** Biopolímero, Tecnologia, Subprodutos, Sustentabilidade e Hidrocolóides.

## ABSTRACT

Bones, skin, scales, fins, heads and viscera are by-products generated in large quantities by the fish industries, and contain valuable biological quality. Researches for technological alternatives in the use of this material become of great importance. The extraction of gelatin from fish by-products has been gaining ground, and presents great potential to replace commercial gelatins, extracted from pork and beef by-products. In this context, the objective of this literature review was to elucidate data from the work carried out in the different methods of extracting gelatin from fish by-products, emphasizing the yield and characteristics of the gelatins. The research was carried out in January 2023, using the database of the international scientific platform Science Direct. The search on the platform was followed by keywords Fish gelatin, yield and characterization with the Boolean operator “AND”. A total of 67 works were found referring to the extraction, yield and characterization of gelatine extracted from fish by-products, obtaining a scientific theoretical basis for understanding the process, the product developed and its areas of application. It was concluded that studies have been developed in different segments for the extraction of gelatin from by-products of different species of fish, being a potentially valid alternative to increase the added value of products within the production chain, avoid economic losses and reduce the environmental impact.

**Keywords:** Biopolymer, Technology, Byproducts, Sustainability and Hydrocolloids.

## INTRODUÇÃO

A produção da gelatina comercial é realizada principalmente a partir de subprodutos de mamíferos, tradicionalmente da pele de bovinos e suínos (ZHANG et al., 2020; NITSUWAT et al., 2021). De acordo com Rather et al. (2022) estima-se que esse mercado de hidrocolóides possa alcançar até 2025, o valor de US\$ 5 bilhões, com previsão de um aumento que possa atingir até 2027, o valor de US\$ 6,7 bilhões. No entanto, a utilização da gelatina de subprodutos oriundos de mamíferos levantou grande preocupação devido à transmissibilidade de doenças para os seres humanos através do consumo, tais como a Encefalopatia Espongiforme Bovina (BSE) e Febre Aftosa (FMD), e relacionado a restrições religiosas que impossibilitam o uso do produto (KAYNARCA et al., 2022). Esses fatores levaram a comunidade científica à busca por novas fontes, direcionando pesquisas para utilização dos subprodutos do processamento do pescado como fonte alternativa para extração da gelatina (NITSUWAT et al., 2021).

Sabe-se que as indústrias de processamento para pescados geram anualmente grandes quantidades de subprodutos, como ossos, pele, escamas (STEVENS et al., 2018), cabeças, barbatanas e vísceras (DEBEAUFORT, 2021), subprodutos que por muitas vezes ocasionam poluição ambiental nos locais de descarte (LIN et al., 2017). E que poderiam ser utilizados como ricas fontes para a extração de gelatina (SHI et al., 2022), evitando ou diminuindo os impactos ambientais (RIGUETO et al., 2022).



A gelatina é um polímero adquirido pela hidrólise parcial do colágeno (ALIPAL et al., 2021; NITSUWAT et al., 2021), sendo então suas estruturas químicas semelhantes ao do colágeno (ALVES et al., 2022). O processo de produção da gelatina consiste em um sistema dividido em pré-tratamento da matéria prima, extração da gelatina e purificação, podendo ser adquiridos dois tipos de gelatina (LV et al., 2019), a gelatina do tipo A e a do tipo B, que consiste na extração por método ácido e o alcalino, respectivamente (NUSSINOVITCH, 2009; PRESTES et al., 2013).

A gelatina possui na sua composição estrutural 18 aminoácidos, sendo os predominantes, a glicina, seguido de prolina e hidroxiprolina (NURILMALA et al., 2021). A gelatina dos pescados é estruturada principalmente por sequências múltiplas de Glicina-X-Y, sendo geralmente o “X” representante da prolina e o “Y” da hidroxiprolina, no entanto, a proteína hidrolisada pode apresentar diferentes arranjos espaciais e estruturas de reticulação, formada por proteínas fragmentadas em diferentes estados (LV et al., 2019).

Sendo um produto natural, a gelatina apresenta grande disponibilidade, biodegradabilidade, biocompatibilidade, propriedades viscoelásticas (ALVES et al., 2022), emulsificantes, espumantes, filmogênicas e gelificantes, o que proporciona sua aplicação nas indústrias farmacêuticas, cosméticas, alimentares, embalagem (RATHER et al., 2022), aplicações biomédicas e engenharia de tecidos (TIJORE et al., 2018; NEGRINI et al., 2019; LUETCHFORD et al., 2020). Além disso, a gelatina dos pescados não apresentam efeitos colaterais, o que proporciona uma aplicação segura em tratamentos dietéticos, proporcionando benefícios terapêuticos a quem realizar ingestão oral diariamente, como a regulação da pressão arterial (LV et al., 2019). Propriedades que a qualificam como excelente candidata para substituir a gelatina extraída dos mamíferos (SHI et al., 2022).

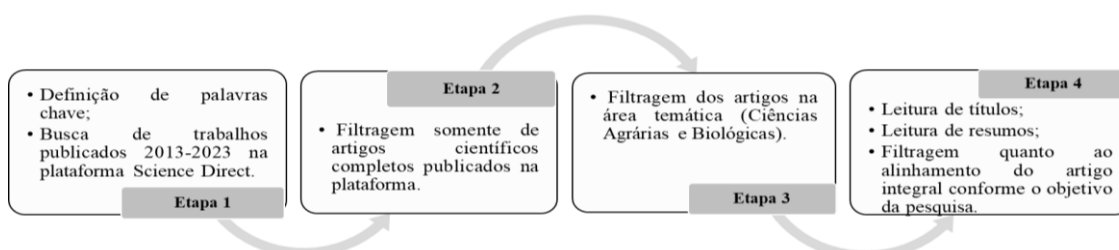
Nesse contexto, levando em consideração o aumento do consumo de gelatina e a procura por novas fontes de extração. O objetivo na presente revisão de literatura, foi elucidar dados dos trabalhos realizados nos diferentes métodos de extração da gelatina de subprodutos de pescados, enfatizando o rendimento e as características das gelatinas.

## **METODOLOGIA**

A pesquisa foi realizada em janeiro de 2023 e para a análise dos artigos utilizou-se como método a bibliometria, seguida da análise sistêmica, com abordagem por

palavras-chave, utilizando o banco de dados da plataforma científica internacional Science Direct (<https://www.sciencedirect.com/>).

A busca na plataforma se sucedeu pelo uso das seguintes palavras-chave, *Fish gelatin, yield e characterization*, utilizando o operador booleano “AND”. Na Figura 1, são detalhados os procedimentos adotados nesta pesquisa para a construção do portfólio de artigos sobre o tema de pesquisa deste trabalho. Destaca-se que a busca cobriu o intervalo temporal do banco de dados selecionado, nos anos 2013 a 2023. Para os trabalhos encontrados, foi adotado um critério de refinamento na própria plataforma de pesquisa. Os artigos incluídos na revisão precisavam ser especificamente atribuídos à gelatina extraída de subprodutos de peixes.



**Figura 1:** Etapas realizadas na construção do portfólio bibliográfico para revisão de literatura.

Para avaliação dos artigos selecionados durante a pesquisa na plataforma, os artigos foram lidos e os dados foram extraídos, tabulados e organizados. Os dados foram analisados através de estatística descritiva por meio de frequência absoluta e porcentagem (ZAR, 2010). Durante as análises foi utilizado o software Microsoft Excel (versão 2019).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1, apresenta a estratégia de busca no processo de identificação dos artigos e resultado para os valores reportados em cada etapa de avaliação na plataforma Science Direct.

**Quadro 1:** Descritores de busca utilizados na pesquisa dos artigos para revisão bibliográfica sobre extração, rendimento e caracterização de gelatina em pescados.

Banco de Dados	Descritor de Busca	Intervalo temporal
Science Direct	Palavras-chave Fish gelatin “AND” yield “AND” characterization	2013-2023
Total de trabalhos encontrados		<b>3933</b>
Artigos científicos completos publicados		<b>1847</b>

Artigos na área temática (Ciências Agrárias e Biológicas)	<b>788</b>
Artigos relacionados ao objetivo proposto na pesquisa	<b>67</b>

Como resultado da busca sistemática dos artigos na base de dados Science Direct, foi elaborado um portfólio bibliográfico (Quadro 2), a partir do conjunto de artigos selecionados por meio de critérios para compor a base de conhecimento sobre o assunto proposto no objetivo do presente estudo.

**Quadro 2:** Portfólio Bibliográfico Science Direct, intervalo temporal de 2013-2023, para extração, rendimento e caracterização da gelatina de pescados.

N°	Autores	Ano	Título do trabalho	Revista Científica	DOI
1	Feng et al.	2023	Interaction between fish gelatin and tremella polysaccharides from aqueous solutions to complex coacervates: Structure and rheological properties	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108439">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108439</a>
2	Tagrida et al.	2023	Fish gelatin/chitosan blend films incorporated with betel ( <i>Piper betle L.</i> ) leaf ethanolic extracts: Characteristics, antioxidant and antimicrobial Properties	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108316">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108316</a>
3	Boronat et al.	2023	Development of added-value culinary ingredients from fish waste: Fish bones and fish scales	International Journal of Gastronomy and Food Science	<a href="https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100657">https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100657</a>
4	Kaynarca et al.	2022	Rheological properties of fish ( <i>Sparus aurata</i> ) skin gelatin modified by agricultural wastes extracts	Food Chemistry	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133348">https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133348</a>
5	Yang et al.	2022	Structural and emulsion stabilization comparison of four gelatins from two freshwater and two marine fish skins	Food Chemistry	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131129">https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131129</a>
6	Alves et al.	2022	Characterization of codfish gelatin: A comparative study of fresh and salted skins and different extraction methods	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107238">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107238</a>

7	Zhang et al.	2022	Gelatins and antioxidant peptides from Skipjack tuna ( <i>Katsuwonus pelamis</i> ) skins: Purification, characterization, and cytoprotection on ultraviolet-A injured human skin fibroblasts	Food Bioscience	<a href="https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102138">https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102138</a>
8	da Silva et al.	2022	Gelatin extracted from jundiá skin ( <i>Rhamdia quelen</i> ): An alternative to the discarded by-product	Food Research International	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111829">https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111829</a>
9	Wu et al.	2022	Self-assembled hydrolyzed gelatin nanoparticles from silver carp spine bones for Pickering emulsion stabilization	Food Bioscience	<a href="https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101735">https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101735</a>
10	Nie et al.	2022	Vacuum freeze-drying of tilapia skin affects the properties of skin and extracted gelatins	Food Chemistry	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131784">https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131784</a>
11	Baydin et al.	2022	Long-term storage stability of type A and type B gelatin gels: The effect of Bloom strength and co-solutes	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107535">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107535</a>
12	Chen et al.	2022	Physicochemical properties of gelatin produced from Nile tilapia skin using chemical and fermentation pretreatments	Food Bioscience	<a href="https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101650">https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101650</a>
13	Yang et al.	2022	Comparison of silver carp fin gelatins extracted by three types of methods: Molecular characteristics, structure, function, and pickering emulsion stabilization	Food Chemistry	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130818">https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130818</a>
14	Gahruie et al.	2022	Development and characterization of gelatin and Persian gum composite edible films through complex coacervation	LWT - Food Science and Technology	<a href="https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112422">https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112422</a>

15	Etxabide et al.	2022	Developing active and intelligent films through the incorporation of grape skin and seed tannin extracts into gelatin	Food Packaging and Shelf Life	<a href="https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.100896">https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.100896</a>
16	Carvajal-Mena et al.	2022	Valorization of salmon industry by-products: Evaluation of salmon skin gelatin as a biomaterial suitable for 3D food printing	LWT - Food Science and Technology	<a href="https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112931">https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112931</a>
17	Azaza et al.	2022	Development and characterization of active packaging films based on chitosan and sardinella protein isolate: Effects on the quality and the shelf life of shrimps	Food Packaging and Shelf Life	<a href="https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100796">https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100796</a>
18	Xie et al.	2022	The synergistic effects of myofibrillar protein enrichment and homogenization on the quality of cod protein gel	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107468">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107468</a>
19	Islam et al.	2021	Purity and properties of gelatins extracted from the head tissue of the hybrid kalamtra sturgeon	LWT - Food Science and Technology	<a href="https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110944">https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110944</a>
20	Liao et al.	2021	Effect of extraction variables on the physical and functional properties of tilapia gelatin	LWT - Food Science and Technology	<a href="https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111514">https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111514</a>
21	Fan et al.	2020	Preparation and physicochemical characterization of films prepared with salmon skin gelatin extracted by a trypsin-aided process	Current Research in Food Science	<a href="https://doi.org/10.1016/j.crf.2020.04.002">https://doi.org/10.1016/j.crf.2020.04.002</a>
22	Huang et al.	2020	Glycosylated fish gelatin emulsion: Rheological, tribological properties and its application as model coffee creamers	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105552">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105552</a>

23	Chen et al.	2020	Hofmeister effect-assisted one step fabrication of fish gelatin hydrogels	LWT - Food Science and Technology	<a href="https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108973">https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108973</a>
24	Mirzapour-Kouhdasht et al.	2020	Optimization of gelatin production from Barred mackerel by-products: Characterization and hydrolysis using native and commercial proteases	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105970">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105970</a>
25	Jridi et al.	2020	Physicochemical, antioxidant and antibacterial properties of fish gelatin-based edible films enriched with orange peel pectin: Wrapping application	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105688">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105688</a>
26	Tan et al.	2020	Effect extraction temperature on the emulsifying properties of gelatin from black tilapia ( <i>Oreochromis mossambicus</i> ) skin	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106024">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106024</a>
27	Liu et al.	2019	Preparation and characterization of active and intelligent films based on fish gelatin and haskap berries ( <i>Lonicera caerulea L.</i> ) extract	Food Packaging and Shelf Life	<a href="https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100417">https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100417</a>
28	de Oliveira et al.	2019	Improvement of the characteristics of fish gelatin–gum arabic through the formation of the polyelectrolyte complex	Carbohydrate Polymers	<a href="https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115068">https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115068</a>
29	Renuka et al.	2019	Characterization of gelatin obtained from unicorn leatherjacket ( <i>Aluterus monoceros</i> ) and reef cod ( <i>Epinephelus diacanthus</i> ) skins	LWT - Food Science and Technology	<a href="https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108586">https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108586</a>

30	Ali et al.	2019	Effect of squalene rich fraction from shark liver on mechanical, barrier and thermal properties of fish ( <i>Probarbus jullieni</i> ) skin gelatin film	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.019">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.019</a>
31	Sow et al.	2019	Combination of sodium alginate with tilapia fish gelatin for improved texture properties and nanostructure modification	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.041">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.041</a>
32	Mahmood et al.	2019	Study of electrospun fish gelatin nanofilms from benign organic acids as solvents	Food Packaging and Shelf Life	<a href="https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.11.018">https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.11.018</a>
33	Theerawitayarat et al.	2019	Properties of films from fish gelatin prepared by molecular modification and direct addition of oxidized linoleic acid	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.10.022">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.10.022</a>
34	Jridi et al.	2019	Development and characterization of grey triggerfish gelatin/agar bilayer and blend films containing vine leaves bioactive compounds	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.10.039">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.10.039</a>
35	Ali, Prodpran, & Benjakul.	2019	Effect of squalene as a glycerol substitute on morphological and barrier properties of golden carp ( <i>Probarbus jullieni</i> ) skin gelatin film	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105201">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105201</a>
36	Sow, Tan, & Yang.	2019	Rheological properties and structure modification in liquid and gel of tilapia skin gelatin by the addition of low acyl gellan	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.006">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.006</a>
37	Kchaou et al.	2018	Enhancement of structural, functional and antioxidant properties of fish gelatin films using Maillard reactions	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.05.011">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.05.011</a>



38	Sow et al.	2018	Effects of $\kappa$ -carrageenan on the structure and rheological properties of fish gelatin	Journal of Food Engineering	<a href="https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.05.035">https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.05.035</a>
39	Nilsuwan et al.	2018	Properties and antioxidative activity of fish gelatin-based film incorporated with epigallocatechin gallate	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.01.033">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.01.033</a>
40	Tkaczewska et al.	2018	Characterization of carp ( <i>Cyprinus carpio</i> ) skin gelatin extracted using different pretreatments method	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.048">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.048</a>
41	Ali, Kishimura, & Benjakul.	2018	Physicochemical and molecular properties of gelatin from skin of golden carp ( <i>Probarbus jullieni</i> ) as influenced by acid pretreatment and prior-ultrasonication	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.03.052">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.03.052</a>
42	Kim, Beak, & Song.	2018	Development of a hagfish skin gelatin film containing cinnamon bark essential oil	LWT - Food Science and Technology	<a href="https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.016">https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.016</a>
43	Sow, et al.	2017	Nanostructural analysis and textural modification of tilapia fish gelatin affected by gellan and calcium chloride addition	LWT - Food Science and Technology	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.07.014">http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.07.014</a>
44	Sinthusamran et al.	2017	Physical and rheological properties of fish gelatin gel as influenced by $\kappa$ carrageenan	Food Bioscience	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2017.09.001">http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2017.09.001</a>
45	Arfat et al.	2017	Thermo-mechanical, rheological, structural and antimicrobial properties of bionanocomposite films based on fish skin gelatin and silver-copper nanoparticles	Food Hydrocolloids	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.08.009">http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.08.009</a>
46	Abdelhedi, Ola, et al.	2017	Collagenous proteins from black-barred halfbeak skin as a source of gelatin and bioactive peptides	Food Hydrocolloids	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.03.030">http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.03.030</a>

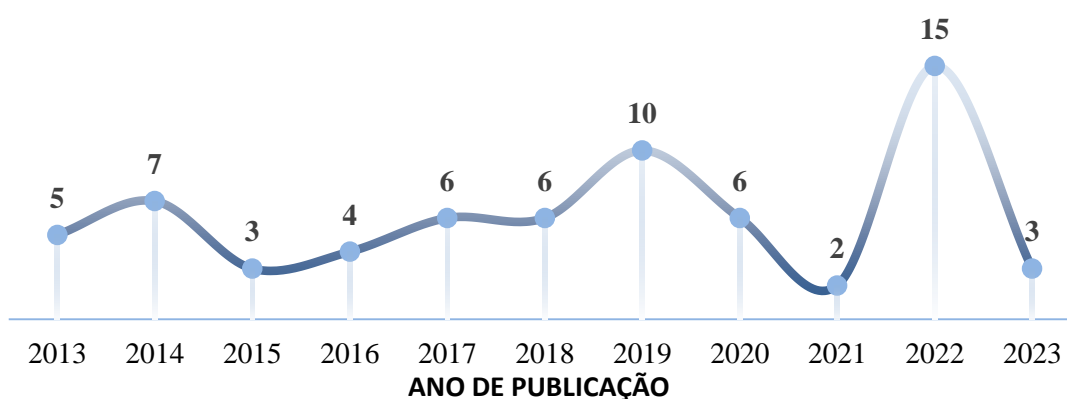
47	Díaz-Calderón et al.	2017	Influence of extraction variables on the structure and physical properties of salmon gelatin	Food Hydrocolloids	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.05.004">http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.05.004</a>
48	Liang et al.	2017	Edible sturgeon skin gelatine films: Tensile strength and UV light-barrier as enhanced by blending with esculine	Journal of Functional Foods	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2017.07.051">http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2017.07.051</a>
49	Benbettaieb et al.	2016	Impact of electron beam irradiation on fish gelatin film properties	Food Chemistry	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.034">http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.034</a>
50	Zhang et al.	2016	Comparison of collagen and gelatin extracted from the skins of Nile tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) and channel catfish ( <i>Ictalurus punctatus</i> )	Food Bioscience	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2015.12.005">http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2015.12.005</a>
51	Kittiphattanabawon et al.	2016	Gelatin from clown featherback skin: Extraction conditions	LWT - Food Science and Technology	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.029">http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.029</a>
52	O'sullivan et al.	2016	The effect of ultrasound treatment on the structural, physical and emulsifying properties of animal and vegetable proteins	Food Hydrocolloids	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.02.009">http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.02.009</a>
53	Tongnuanchan et al.	2015	mulsion film based on fish skin gelatin and palm oil: Physical, structural and thermal properties	Food Hydrocolloids	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.02.025">http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.02.025</a>
54	Sila et al.	2015	Recovery, viscoelastic and functional properties of Barbel skin gelatine: Investigation of anti-DPP-IV and anti-prolyl endopeptidase activities of generated gelatine polypeptides	Food Chemistry	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.086">http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.086</a>

55	Kaewdang, & Benjakul.	2015	Effect of ethanolic extract of coconut husk on gel properties of gelatin from swim bladder of yellowfin tuna	LWT - Food Science and Technology	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.02.006">http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.02.006</a>
56	Tongnuanchan et al.	2014	Structural, morphological and thermal behaviour characterisations of fish gelatin film incorporated with basil and citronella essential oils as affected by surfactants	Food Hydrocolloids	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.03.015">http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.03.015</a>
57	Shyni et al.	2014	Isolation and characterization of gelatin from the skins of skipjack tuna ( <i>Katsuwonus pelamis</i> ), dog shark ( <i>Scoliodon sorrakowah</i> ), and rohu ( <i>Labeo rohita</i> )	Food Hydrocolloids	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.12.008">http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.12.008</a>
58	Norziah, Kee, & Norita.	2014	Response surface optimization of bromelain-assisted gelatin extraction from surimi processing wastes	Food Bioscience	<a href="https://doi.org/10.1016/j.fbio.2013.10.001">https://doi.org/10.1016/j.fbio.2013.10.001</a>
59	Silva, Bandeira, & Pinto.	2014	Characteristics and chemical composition of skins gelatin from cobia ( <i>Rachycentron canadum</i> )	LWT - Food Science and Technology	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.026">http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.026</a>
60	Akagündüz et al.	2014	Sea bream bones and scales as a source of gelatin and ACE inhibitory peptides	LWT - Food Science and Technology	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2013.10.026">http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2013.10.026</a>
61	Ktari et al.	2014	Digestive acid protease from zebra blenny ( <i>Salaria basilisca</i> ): Characteristics and application in gelatin extraction	Food Research International	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.041">http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.041</a>
62	Ktari et al.	2014	Characteristics and functional properties of gelatin from zebra blenny ( <i>Salaria basilisca</i> ) skin	LWT - Food Science and Technology	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.03.036">http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.03.036</a>

63	Núñez-Flores et al.	2013	Physical and functional characterization of active fish gelatin films incorporated with lignin	Food Hydrocolloids	<a href="https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.05.017">https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.05.017</a>
64	Hosseini et al.	2013	Preparation and functional properties of fish gelatin–chitosan blend edible films	Food Chemistry	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.08">http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.08</a> <u>1</u>
65	Niu et al.	2013	Characterization of tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) skin gelatin extracted with alkaline and different acid pretreatments	Food Hydrocolloids	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.04.014">http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.04.014</a>
66	Khiari et al.	2013	Comparison between gelatines extracted from mackerel and blue whiting bones after different pre-treatments	Food Chemistry	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.01.01">http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.01.01</a> <u>7</u>
67	Kaewruang, Benjakul, & Prodpran.	2013	Molecular and functional properties of gelatin from the skin of unicorn leatherjacket as affected by extracting temperatures	Food Chemistry	<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.11">http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.11</a> <u>4</u>

De acordo com a avaliação para a quantidade de publicações gerada no intervalo temporal de 2013 a janeiro de 2023 (Figura 2), onde foram selecionados 67 artigos na plataforma científica, destaca-se a importância do desenvolvimento de novos produtos entre eles a gelatina, a partir de subprodutos do pescado, sendo uma alternativa potencialmente válida para aumentar o valor agregado aos produtos dentro da cadeia produtiva, evitar perdas econômicas e reduzir o impacto ambiental. Tendo em vista que, a geração de subprodutos pelas indústrias de processamento de pescado, aumentou significativamente nas últimas décadas, em resposta ao aumento global na produção pesqueira (FAO, 2022).

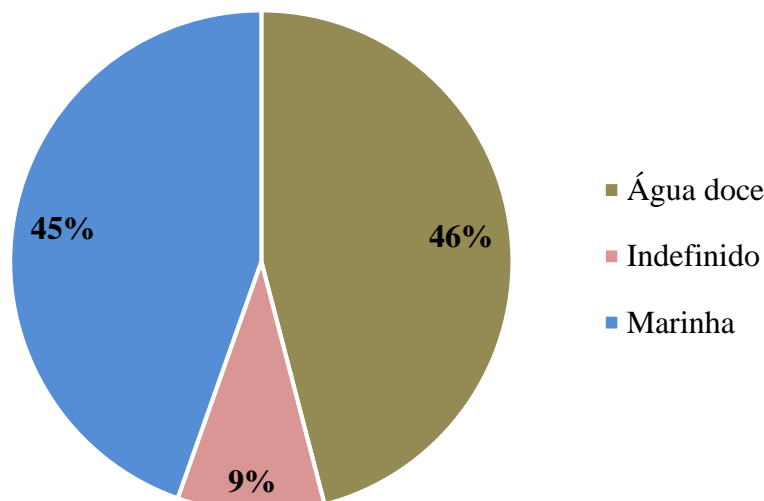
Constatou-se que a partir de 2013 as publicações apresentaram uma tendência de crescimento, obtendo uma leve queda em 2015, sendo esse crescimento retomado em 2016 até 2019. Porém, um decréscimo acentuado foi registrado no período de 2020 a 2021, período este ocasionado em decorrência da Pandemia gerada pelo SARS- COV-2 (COVID-19), o que dificultou as publicações dos artigos voltados para temática do presente estudo. No entanto, um crescimento acentuado foi observado em 2022, período relacionado ao controle parcial da pandemia, permitindo uma retomada gradativa das atividades científicas experimentais e conseqüentemente das suas publicações. Dessa forma o aumento de publicações, contribuiu para melhor entendimento das pesquisas relacionadas a utilização dos subprodutos de pescado como fonte sustentável de gelatina, podendo esta, ser extraída nos diferentes tecidos, a exemplo as nadadeiras, ossos, pele e escamas de peixe, dispondo de amplas perspectivas de aplicação (ALIPAL et al., 2021).



**Figura 2:** Distribuição de publicação de artigos sobre extração, rendimento e caracterização de gelatina em peixes no intervalo temporal de 2013-2023.

Durante a avaliação dos artigos constatou-se que, indivíduos na sua maioria foram oriundos de ambiente de água doce (n= 34), seguido de ambiente marinho (n= 33), apenas (n=7) artigos não reportaram a informação (Figura 3). Observa-se um equilíbrio na utilização das espécies nos dois ambientes, estando de acordo com o cenário de produção total da pesca e aquicultura mundial, que se expandiu significativamente nas últimas décadas.

Segundo o relatório da FAO, Estado Mundial da Pesca e Aquicultura (SOFIA) publicado na edição 2022, a pesca de captura contribuiu com 90 milhões de toneladas (51%) e a aquicultura com 88 milhões de toneladas (49%). Da produção total, 63% (112 milhões de toneladas) foram provenientes de águas marinhas (70% da pesca de captura e 30% da aquicultura), e 37% (66 milhões de toneladas) em águas interiores (83% da aquicultura e 17% da captura pesca). Todavia, mesmo a produção em águas marinhas ser superior as águas interiores, pode ser observado que na aquicultura, se encontra em crescimento exponencial em águas interiores. Em relação aos grupos de espécies na aquicultura global, a criação de espécies de peixes em águas interiores foi superior, produzindo 49 milhões de toneladas, enquanto que a criação de espécies de peixes em águas marinhas obteve uma produção de 8 milhões de toneladas (FAO, 2022). Arelado ao cenário de produção foi observado durante a avaliação dos artigos, que o uso dos subprodutos das espécies de água doce e marinha, torna-se de interesse aos pesquisadores. Segundo Yang et al. (2022a) as diferenças de propriedades estruturais e funcionais das gelatinas extraídas dos subprodutos de pescado, ainda não estão claras, sendo necessárias análises comparativas com diferentes fontes de pescado, buscando um potencial de valor agregado para seus subprodutos, e fornecer informações úteis para entender a relação entre a estrutura e a função das gelatinas obtidas.



**Figura 3:** Frequência das espécies dos diferentes ambientes sobre extração, rendimento e caracterização de gelatina em peixes.

Para a avaliação das espécies de peixes dos subprodutos utilizados na extração da gelatina, constatou-se que em alguns trabalhos, mais de uma espécie foi usada nos estudos, e dos 67 trabalhos selecionados, obteve-se um total de 39 espécies (Tabela 1).

**Tabela 1:** Espécies de peixes dos subprodutos usados para extração da gelatina.

N°	Espécies estudadas	N*
-	Não indicado	11
1	Tilápia azul, <i>Oreochromis aureus</i> (Steindachner, 1864)	11
2	Tilápia, <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	4
3	Carpa prateada, <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Valenciennes, 1844)	3
4	Carpa dourada, <i>Probarbus jullieni</i> Sauvage, 1880	3
5	Bacalhau do Atlântico, <i>Gadus morhua</i> Linnaeus, 1758	2
6	Atum gaiado, <i>Katsuwonus pelamis</i> (Linnaeus, 1758)	2
7	Salmão do Atlântico, <i>Salmo salar</i> Linnaeus, 1758	2
8	Carpa comum, <i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758	2
9	Unicórnio, <i>Aluterus monoceros</i> (Linnaeus, 1758)	2
10	Zebra blenny, <i>Salaria basilisca</i> (Valenciennes, 1836)	2
11	Peixe-porco cinza, <i>Balistes capriscus</i> Gmelin, 1789	2
12	Douradas (gênero não definido)	1
13	Verdinho, <i>Micromesistius poutassou</i> (Risso, 1827)	1
14	Cavala do Atlântico, <i>Scomber scombrus</i> Linnaeus, 1758	1
15	Esturjão Kalamata (híbrida)	1
16	Salmão coho, <i>Oncorhynchus kisutch</i> (Walbaum, 1792)	1
17	Dourada, <i>Sparus aurata</i> Linnaeus, 1758	1
18	Tilápia preta, <i>Oreochromis mossambicus</i> (Peters, 1852)	1
19	Escamudo do Alasca, <i>Gadus chalcogrammus</i> Pallas, 1814	1

20	Piramutaba, <i>Brachyplatystoma vaillantii</i> (Valenciennes, 1840)	1
21	Esturção (gênero não definido)	1
22	Sardinela redonda, <i>Sardinella aurita</i> Valenciennes, 1847	1
23	Atum albacora, <i>Thunnus albacares</i> (Bonnaterre, 1788)	1
24	Cavala barrada, <i>Scomberomorus commerson</i> (Lacepède, 1800)	1
25	Jundia, <i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	1
26	Penas de palhaço, <i>Chitala ornata</i> (Gray, 1831)	1
27	Meio-bico-preta, <i>Hemiramphus far</i> (Forsskål, 1775)	1
28	Salmão ( <i>Oncorhynchus</i> spp.)	1
29	Carpa capim, <i>Ctenopharyngodon idella</i> (Valenciennes, 1844)	1
30	Bacalhau (gênero indefinido)	1
31	Panga, <i>Pangasianodon hypophthalmus</i> (Sauvage, 1878)	1
32	Bagre do canal, <i>Ictalurus punctatus</i> (Rafinesque, 1818)	1
33	Peixe fita, <i>Lepturacanthus savala</i> (Cuvier, 1829)	1
34	Carpa rohu, <i>Labeo rohita</i> (Hamilton, 1822)	1
35	Peixe-bruxa, <i>Eptatretus burgeri</i> (Girard, 1855)	1
36	Barbo, <i>Luciobarbus callensis</i> (Valenciennes, 1842)	1
37	Peixe-gato chinês de focinho longo, <i>Tachysurus dumerili</i> (Bleeker, 1864)	1
38	Beijupirá, <i>Rachycentron canadum</i> (Linnaeus, 1766)	1
39	Bacalhau de recife, <i>Epinephelus diacanthus</i> (Valenciennes, 1828)	1

\*Frequência absoluta na contagem de espécies

Em nível de ordem taxonômica, e de acordo com a frequência de utilização da espécie os trabalhos foram distribuídos em: Cichliformes n= 16, Cypriniformes n= 11, Scombriformes n= 6, Siluriformes n= 5, Gadiformes n= 4, Salmoniformes n= 4, Tetraodontiformes n= 4, Blenniiformes n= 2, Eupercaria n= 2, Acipenseriformes n= 1, Beloniformes n= 1, Carangiformes n= 1, Clupeiformes n= 1, Myxiniformes n= 1, Osteoglossiformes n= 1, Perciformes (Serranoidei) n= 1, apenas 13 estudos não indicaram a espécie estudada, ou informação sobre a ordem dos mesmos (Figura 4).

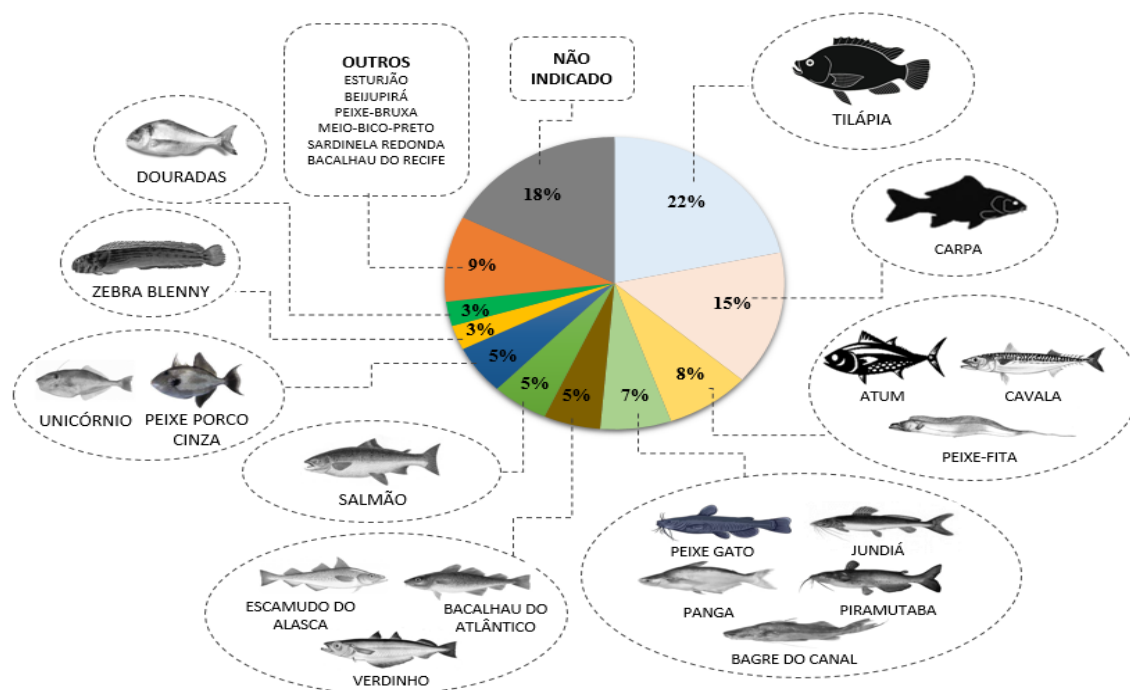
Entre as espécies apontadas conforme a ordem taxonômica avaliada observou-se que com maior frequência e destaque entre as demais espécies, o uso dos subprodutos para extração da gelatina da Tilápia (Cichliformes) vem sendo amplamente utilizado. Essa vertente pode estar associada à cadeia produtiva da mesma. Evidencia-se que, atualmente, a tilápia encontra-se no ranking de produção aquícola, sendo amplamente cultivada, somente em 2020, contribuiu aproximadamente com 7% da produção total da aquicultura (ISLAM et al., 2021 e BHOWMIK, et al., 2023), entretanto em termo de consumo mundial, encontra-se em segunda posição ficando atrás apenas do atum (FAO, 2022).



Por conseguinte, a Carpa (Cypriniformes) apresentou-se com segunda maior frequência de uso nos estudos avaliados. Essa espécie também detém uma contribuição importante para produção da aquicultura em águas de interior (FAO, 2022), onde se destaca devido ao seu baixo custo de cultivo, ampla disponibilidade e rápido crescimento, atrelado ao fato de ser a espécie mais utilizada para produção de surimi (ALIPOUR et al., 2018; RAMÍREZ et al., 2000; REZAEI e SHAHBAZI, 2018). Gerando uma grande quantidade de subprodutos (pele, barbatanas e escamas) após o processamento, e os subprodutos podem ser direcionados para extração da gelatina (YANG et al., 2022b).

Outras espécies com menor frequência de utilização nos trabalhos avaliados foram observadas, o que indica que apesar do cenário produtivo mundial consolidado, seja este advindo da pesca de captura e aquicultura em águas marinhas ou de interior, dentro das diversas cadeias de processamento de pescado, para espécies que não se encontram entre as mais produzidas mundialmente, os subprodutos gerados tornam-se de interesse para a extração da gelatina. Entre estes se constatou três estudos realizados no Brasil com as espécies beijupirá *R. canadum* (Linnaeus, 1766) representante dos Carangiformes, jundiá *R. quellen* (Quoy & Gaimard, 1824) e a Piramutaba *B. vaillantii* (Valenciennes, 1840) representantes dos Siluriformes (SILVA, BANDEIRA, E PINTO, 2014; DA SILVA et al., 2022; DE OLIVEIRA et al., 2019).

A utilização das diferentes espécies nos estudos avaliados pode estar associada a fatores, que envolvem a importância comercial local da espécie no cenário produtivo e econômico, tendo influência na quantidade de subprodutos gerados no processamento. Assim como, a busca por fontes de alimentos mais saudáveis junto ao mercado consumidor, onde o peixe tem destaque. Por outro lado, levantou-se preocupações relacionadas a zoonoses como a Encefalopatia Espongiforme Bovina (BSE) e Febre Aftosa (FMD), e também a restrições religiosas que impossibilitam o uso da gelatina comercial mundial, advinda principalmente de subprodutos de mamíferos, como pele de bovinos e suínos. Fatores que levaram à comunidade científica a busca por novas fontes, direcionando pesquisas para utilização dos subprodutos das indústrias de processamento de pescado.



**Figura 4:** Frequência de utilização das espécies conforme ordem taxonômica pertencente.

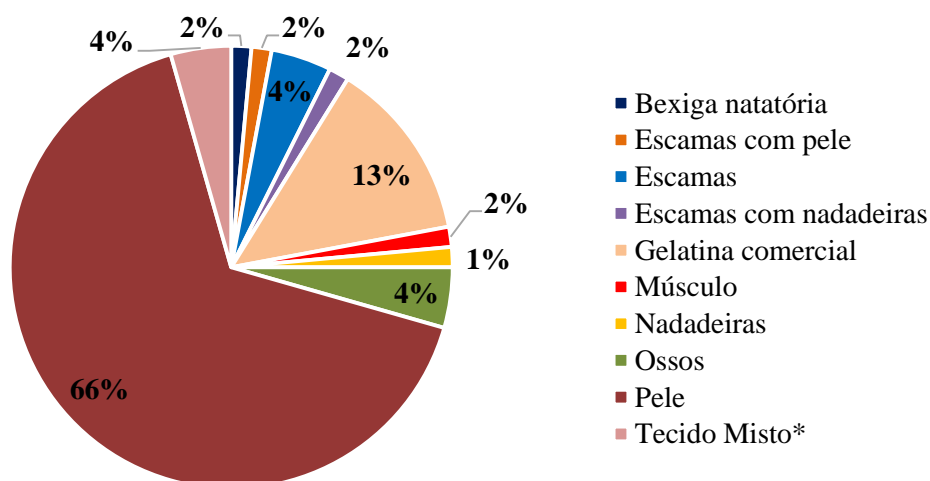
A literatura relata que o processamento do pescado gera anualmente uma grande quantidade de resíduos (KHIARI et al. 2013), e de acordo com Boronat et al., (2023) cerca de 70% do peso total do pescado processado se tornam subprodutos descartáveis, incluindo as vísceras (12-18%), pele (1-3%), cabeças (9-12%), escamas (5%) e ossos (9-15%), tais resíduos apresentam-se com grande potencial para utilização (SHAVIKLO, 2015).

Em relação aos subprodutos gerados no processamento de pescado, utilizados para extração da gelatina nos 67 trabalhos avaliados, com 66% (n= 45) sendo a maioria, os estudos reportaram o uso da pele. Constatou-se também um seguimento em trabalhos com uso da gelatina comercial de peixe 13% (n= 9), no entanto atrelado a este fato, onde a gelatina de peixe já vem sendo produzida e direcionada a venda comercial, não foi possível identificar a intensidade dessa produção. Com menor frequência de utilização, porém presentes nos estudos para extração da gelatina têm as escamas com pele 1% (n= 1), escamas 4% (n= 3), escamas com nadadeiras 1% (n= 1), músculo 1% (n= 1), nadadeiras 1% (n= 1), ossos 4% (n= 3) e tecido misto 4% (n= 3) (Figura 5).

Dentre esses subprodutos citados, Zhang et al. (2016) apontam que o foco principal na literatura está voltada para utilização da pele, escamas e ossos de pescados.

Esse maior interesse na utilização da pele está relacionado a uma série de fatores, como por exemplo: a pele seca possui cerca de 70 a 80% de colágeno (LIN; LV e LI, 2012), já vem sendo usada para cicatrização de ferimentos e para tratamentos de queimaduras (BRAGA et al., 2021) e possui um maior rendimento quando comparada com outros subprodutos, devido a sua grande quantidade de colágeno (NURILMALA et al., 2020; TANIR, 2021; ZHANG et al., 2022), entre outros.

Enquanto, para as escamas e ossos, a literatura reporta que houve aumento em sua utilização, evidenciando que esses subprodutos podem ser uma fonte promissora da gelatina (AKAGUNDUZ et al., 2014), e seu alto teor de proteína pode ser aproveitado em aplicações industriais (MORIMURA et al., 2002). No entanto, esses subprodutos possuem um alto teor de matéria mineral (SHEN et al., 2019) e diferentemente da pele, a extração da gelatina de ossos e escamas, necessita da aplicação de um pré-tratamento crítico para obtenção de uma gelatina de ótima qualidade (WANG e REGENSTEIN, 2009; ZHANG, XU e WANG, 2011). Com isso podemos associar a baixa frequência da utilização desses subprodutos (escamas e ossos) durante os estudos analisados, ao processo de extração, que se torna mais prolongado quando comparado ao da pele. Assim, a pele de peixe é o subproduto do processamento de pescado mais utilizado para obtenção da gelatina (AKAGUNDUZ et al., 2014; ABDELHEDI et al., 2017).



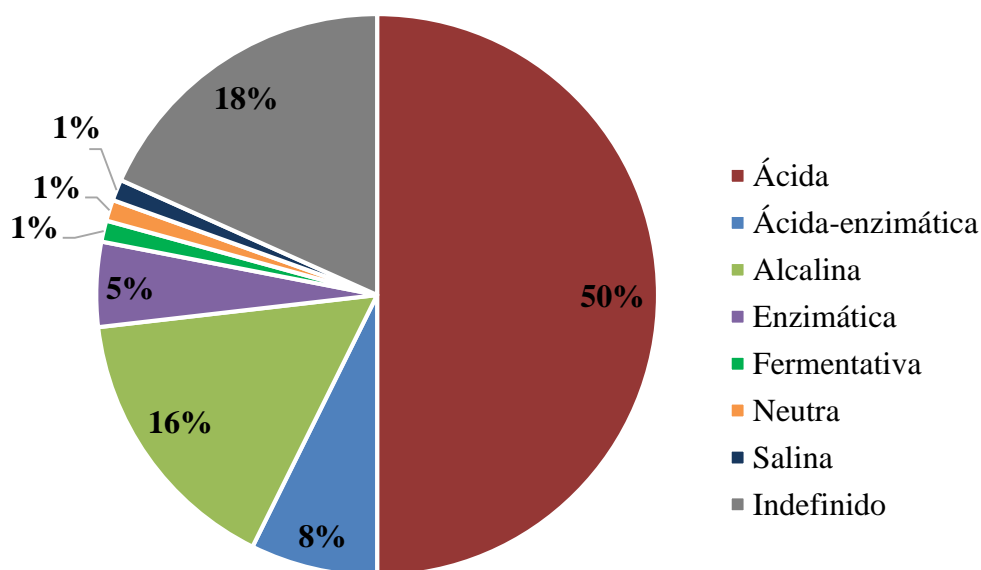
\* **Tecido misto:** pele, ossos, escamas e músculo.

**Figura 5:** Frequência de subprodutos de pescado utilizados para extração da gelatina.

Em relação ao método de extração da gelatina, observou-se que, alguns trabalhos utilizaram mais de um método durante seus estudos, dessa forma, obteve-se frequência

absoluta de 82 extrações, realizadas nos 67 trabalhos avaliados. Embora 15 trabalhos não tenham indicado o tipo de extração usado para obtenção da gelatina, constataram-se sete métodos de extração sendo: ácida (n= 41), alcalina (n= 13), ácida enzimática (n= 6), enzimática (n= 3), fermentativa (n= 1), neutra (n= 1) e salina (n= 1) (Figura 6).

Os resultados indicaram que os métodos de extração ácida e alcalina foram os mais utilizados pelos trabalhos avaliados, entretanto, a extração ácida obteve o maior destaque. Segundo Zhang et al. (2020) o método de extração ácida é o mais adequado para subprodutos advindos dos peixes e suínos, a exemplo da pele, apresentam colágenos reticulados menos covalentes, todavia a extração alcalina é o mais indicado para subprodutos de bovinos a exemplo da pele, que apresentam colágenos mais complexos. Em contraste, Kumarakuru, Reddy e Haripriya (2018) apontam que o método alcalino para subprodutos dos peixes foi o ideal para o aproveitamento de um isolado proteico com ótimas características funcionais e físico-químicas, permitindo a sua utilização como produtos alimentícios.



**Figura 6:** Frequência dos métodos aplicados para extração da gelatina.

Dos 67 estudos avaliados, somente 52,24% (n= 35) apresentaram resultados para rendimento da gelatina extraída dos subprodutos de pescado durante suas pesquisas, e 47,76% (n= 32) não apresentaram (Tabela 2). O interesse de determinar ou não o rendimento do produto obtido, pode estar ligada à importância da análise quando associada à finalidade de aplicação da gelatina extraída. Renaldi et al. (2022) apontam

que as propriedades físico-químicas e o rendimento da gelatina extraída são afetados pelo pré-tratamento aplicado no subproduto, e de acordo com Kaewruang, Benjakul e Prodpran (2013), temperaturas mais altas permitem a destruição das ligações de hidrogênio que estabilizam o colágeno, o que resulta em maior quantidade de gelatina. Com isso, é possível afirmar que a determinação do valor do rendimento é uma informação importante, e a partir dela podemos avaliar se o processo para extração está sendo eficiente ou não, e conseqüentemente comparar a eficiência entre os diferentes processos de extrações existentes.

Para caracterização da gelatina extraída dos subprodutos de pescado, entre as análises citadas durante os estudos avaliados, 18 análises foram destacadas e pontuadas neste trabalho (Tabela 2). Conforme a leitura dos artigos constatou-se que, a caracterização da gelatina está estritamente associada à finalidade determinada por cada autor, havendo um destaque em cinco análises com maior frequência nos trabalhos, sendo: força do gel (n= 43), grupos funcionais (n= 46), morfologia (n= 44), peso molecular (n= 40) e turbidez (n= 37).

A introdução da gelatina nos alimentos proporciona melhor mastigabilidade, textura, estabilidade, emulsificação, gelificação e a capacidade de retenção de água (KARIM e BHAT, 2009). Com essas características, a gelatina torna-se um produto com grande empregabilidade em áreas como: cosméticos, fármacos e embalagem (HUANG et al., 2016; HUANG et al., 2020). Para a sua comercialização, a gelatina necessita apresentar características físicas ditas como importantes (SEE et al., 2015), dentre elas, se destacam para o mercado consumidor a viscosidade e a força de gel, que são consideradas propriedades comerciais com grande relevância (LIN et al., 2017; AHMED et al., 2020). De acordo com Silva et al. (2017a), são estas as propriedades que determinam o valor comercial da gelatina. No entanto, para esse trabalho somente a força de gel apareceu com maior frequência nos artigos avaliados, apresentando cerca de 64,17% (n= 43), enquanto a viscosidade mesmo sendo uma propriedade importante para aplicação comercial da gelatina, não apareceu entre as análises com maior relevância nos estudos, apresentando a frequência de 35,82% (n= 24).

As determinações dos grupos funcionais ocorreram em uma frequência de 68,65% (n= 46), apontando a importância que essa análise possui para caracterizar o material extraído dos subprodutos de pescado. De acordo com Mirzapour-Kouhdasht et al. (2020) e Renuka et al. (2019), através dos espectros de infravermelho (FTIR) as bandas correspondentes as estruturas e aos grupos funcionais das gelatinas são possíveis ser

identificados, e segundo Chen et al. (2022), as regiões que são considerados impressão digital da gelatina são os grupos funcionais da amida A, I, II e III, que podem ser identificados através de uma extração bem-sucedida.

Para análise morfológica (n= 44), peso molecular (n= 40) e turbidez (n= 37), foi possível identificar que essas análises estão estritamente interligadas com outras características da gelatina. A morfologia permite observar tanto as microestruturas, como o comportamento de formação de filmes do material estudado (JRIDI et al., 2020; CHEN et al., 2020). De acordo com Sinthusamran, Benjakul e Kishimura (2014) as propriedades físicas do material possuem relação com as microestruturas da rede do gel, corroborando com Chen et al. (2020) onde afirmam que, as mudanças que ocorrem na dureza do material estão relacionadas com as modificações nas microestruturas do gel.

Segundo Kchaou et al. (2020), o surgimento de hidrolisados de proteínas com menor peso molecular entre as cadeias de proteínas acarretam uma diminuição na temperatura de transição (Tg). Visto que, o peso molecular, a conformação e densidade de carga, podem afetar a viscosidade dos sistemas de emulsão (HUANG et al., 2020). Outrora, a turbidez pode se tornar mais intensa com o aumento do tamanho e do número das nanopartículas do gel e conseqüentemente os tamanhos das partículas podem determinar diferentes forças do gel (WU et al., 2022).

**Tabela 2:** Frequência de análises realizadas para caracterização da gelatina extraída.

Nº	Análises realizadas	Sim	Não	Soma Total*
1	Rendimento (%)	<b>35</b>	32	67
<b>Análises de Caracterização</b>				
1	Aminoácidos	26	<b>41</b>	67
2	Mineral	5	<b>62</b>	67
3	Composição proximal	30	<b>37</b>	67
4	Estabilidade térmica	16	<b>51</b>	67
5	Força do gel (g)	<b>43</b>	24	67
6	Grupos Funcionais	<b>46</b>	21	67
7	Morfologia	<b>44</b>	23	67
8	Peso molecular	<b>40</b>	27	67
9	pH	17	<b>50</b>	67
10	Propriedade cristalina	5	<b>62</b>	67
11	Propriedades elétricas de superfície	10	<b>57</b>	67
12	Propriedades funcionais	<b>35</b>	32	67
13	Propriedades térmicas	23	<b>44</b>	67
14	Temperaturas de fusão (°C)	24	<b>43</b>	67
15	Temperaturas de gelificação (°C)	21	<b>46</b>	67

16	Textura	14	<b>53</b>	67
17	Turbidez	<b>37</b>	30	67
18	Viscosidade (cP)	24	<b>43</b>	67

\* Total de artigos avaliados na pesquisa

## CONCLUSÃO

Estudos vêm sendo desenvolvidos nos diferentes seguimentos para extração da gelatina, a partir de subprodutos de diferentes espécies de pescado, sendo uma alternativa potencialmente válida para aumentar o valor agregado aos produtos dentro da cadeia produtiva, evitar perdas econômicas e reduzir o impacto ambiental. Havendo um relevante interesse pelos pesquisadores em compreender o processo, produto desenvolvido e suas áreas de aplicações, proporcionado à disseminação de informações para aplicação da gelatina extraída dos subprodutos advindos do processamento de pescado em diversas áreas da ciência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelhedi, O., Nasri, R., Mora, L., Toldrá, F., Nasri, M., & Jridi, M. (2017). Collagenous proteins from black-barred halfbeak skin as a source of gelatin and bioactive peptides. *Food Hydrocolloids*, 70, 123-133.
- Ahmed, M. A.; Al-kahtani, H. A.; Jaswir, I.; Abutarboush, H.; Ismail, E. A. (2020). Extraction and characterization of gelatin from camel skin (potential halal gelatin) and production of gelatin nanoparticles. *Saudi journal of biological sciences*, 27(6), 1596-1601.
- Akagunduz, Y., Mosquera, M., Giménez, B., Alemán, A., Montero, P., & Gómez-Guillén, M. C. (2014). Sea bream bones and scales as a source of gelatin and ACE inhibitory peptides. *LWT-Food Science and Technology*, 55(2), 579-585.
- Alipal, J., Pu'ad, N. M., Lee, T. C., Nayan, N. H. M., Sahari, N., Basri, H., Idris, M. I., & Abdullah, H. Z. (2021). A review of gelatin: Properties, sources, process, applications, and commercialisation. *Materials Today: Proceedings*, 42, 240-250.
- Alipour, H. J., Rezaei, M., Shabanpour, B., & Tabarsa, M. (2018). Effects of sulfated polysaccharides from green alga *Ulva intestinalis* on physicochemical properties and microstructure of silver carp surimi. *Food Hydrocolloids*, 74, 87–96.
- Alves, A. L., Fraguas, F. J., Carvalho, A. C., Valcárcel, J., Pérez-Martín, R. I., Reis, R. L., Vázquez, J. A., & Silva, T. H. (2022). Characterization of codfish gelatin: A comparative study of fresh and salted skins and different extraction methods. *Food Hydrocolloids*, 124, 107238.
- Bhowmik, S., Dewanjee, S., Islam, S., Saha, D., Banik, P., Hossain, M.K., Rahman, M., Mamun, M. Z. U. A., & Mamun, A. A. (2023). Nutritional profile and heavy metal contamination of nursery, grower, and finisher feeds of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Bangladesh. *Food Chemistry Advances*, Volume 2, 100235. ISSN 2772-753X, <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100235>.
- Boronat, Ò., Sintés, P., Celis, F., Díez, M., Ortiz, J., Aguiló-Aguayo, I., & Martín-Gómez, H. (2023). Development of added-value culinary ingredients from fish waste: Fish bones and fish scales. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 31, 100657.
- Braga, V. A. F., Roque, A. J. B., Queiroz, I., Silva, L. A., Roque, M. H. G., & de Sousa, M. F. A. R. (2021). Benefícios do uso da pele de tilápia para o tratamento de queimaduras: revisão integrativa de literatura Benefits os using tilapia skin for the treatment of burns: an integrative literatura review. *Brazilian Journal of Health Review*, 4(6), 29328-29341.
- Chen, H., Shi, P., Fan, F., Chen, H., Wu, C., Xu, X., Wang, Z., & Du, M. (2020). Hofmeister effect-assisted one step fabrication of fish gelatin hydrogels. *Lwt*, 121, 108973.
- Chen, T., Song, Z., Liu, H., Zhou, C., Hong, P., & Deng, C. (2022). Physicochemical properties of gelatin produced from Nile tilapia skin using chemical and fermentation pretreatments. *Food Bioscience*, 47, 101650.



- Da Silva, C. G., Rodrigues, A. S., Lima, A. C., de Oliveira Mello, R., morisso, F. D. P., Dornelles, R. C. P., e Kubota, E. H. (2022). Gelatin extracted from jundiá skin (*Rhamdia quelen*): An alternative to the discarded by-product. *Food Research International*, 161, 111829.
- De Oliveira, L. C., Barbosa, J. R., Ribeiro, S. D. C. A., De Vasconcelos, M. A. M., De Aguiar, B. A., Da Silva Pereira, G. V., Albuquerque, G. A., Da Silva, F. N. L., Crizel, R. L., Campelo, P. H., & Lourenço, L. D. F. H. (2019). Improvement of the characteristics of fish gelatin–gum arabic through the formation of the polyelectrolyte complex. *Carbohydrate polymers*, 223, 115068.
- Debeaufort, F. (2021). Active biopackaging produced from by-products and waste from food and marine industries. *FEBS Open bio*, 11(4), 984–998.
- FAO - Food and Agriculture Organization. (2022). The state of world fisheries and aquaculture. *Roma*. <https://www.fao.org/3/cc0461en/online/sofia/2022/world-fisheries-aquaculture.html>.
- Garlock, T., Asche, F., Anderson, J., Bjørndal, T., Kumar, G., Lorenzen, K., Ropicki, A., Smith, M. D., & Tveterås, R. (2020). A Global Blue Revolution: Aquaculture Growth across Regions, Species, and Countries. *Rev Fish Sci Aquacult*. 28(1):107–116.DOI: 10.1080/23308249.2019.1678111.
- Huang, C. Y., Kuo, J. M., Wu, S. J., & Tsai, H. T. (2016). Isolation and characterization of fish scale collagen from tilapia (*Oreochromis sp.*) by a novel extrusion–hydro-extraction process. *Food chemistry*, 190, 997-1006.
- Huang, T., Tu, Z., Zou, Z., Shangguan, X., Wang, H., & Bansal, N. (2020). Glycosylated fish gelatin emulsion: Rheological, tribological properties and its application as model coffee creamers. *Food Hydrocolloids*, 102, 105552.
- Islam, S., Bhowmik, S., Hossain, M. K., Nordin, N., Rahman, M., Ahmmed, M. K., Parvin, A. E Hossain, M. A. (2021). Tilapia from Most of the Sources in Bangladesh are Safe for Human Consumption: A Hazard Index (HI) Based Study on Heavy Metals, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 30 (8), 1017-1027. DOI: 10.1080/10498850.2021.1963377
- Jridi, M., Abdelhedi, O., Salem, A., Kechaou, H., Nasri, M., & Menchari, Y. (2020). Physicochemical, antioxidant and antibacterial properties of fish gelatin-based edible films enriched with orange peel pectin: Wrapping application. *Food Hydrocolloids*, 103, 105688.
- Kaewruang, P., Benjakul, S., & Prodpran, T. (2013). Molecular and functional properties of gelatin from the skin of unicorn leatherjacket as affected by extracting temperatures. *Food Chemistry*, 138(2-3), 1431-1437.
- Karim, A. A., & Bhat, R. (2009). Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food hydrocolloids*, 23(3), 563-576.
- Kaynarca, G. B., Gümüş, T., & Kamer, D. D. A. (2022). Rheological properties of fish (*Sparus aurata*) skin gelatin modified by agricultural wastes extracts. *Food Chemistry*, 393, 133348.

- Kchaou, H., Jridi, M., Benbettaieb, N., Debeaufort, F., & Nasri, M. (2020). Bioactive films based on cuttlefish (*Sepia officinalis*) skin gelatin incorporated with cuttlefish protein hydrolysates: Physicochemical characterization and antioxidant properties. *Food Packaging and Shelf Life*, 24, 100477.
- Khiari, Z., Rico, D., Martin-Diana, A. B., E Barry-Ryan, C. (2013). Comparison between gelatines extracted from mackerel and blue whiting bones after different pre-treatments. *Food chemistry*, 139(1-4), 347-354.
- Kumarakuru, K., Reddy, C. K., & Haripriya, S. (2018). Physicochemical, morphological and functional properties of protein isolates obtained from four fish species. *journal of food science and technology*, 55(12), 4928–4936.
- Lin, L., Lv, S., & Li, B. F. (2012). Angiotensin-I-converting enzyme (ACE) – inhibitory and antihypertensive properties of squid skin gelatin hydrolysates. *Food Chemistry*, 131(1), 225–230.
- Lin, L., Regenstein, J. M., Lv, S., Lu, J., & Jiang, S. (2017). An overview of gelatin derived from aquatic animals: Properties and modification. *Trends in Food Science & Technology*, 68, 102-112.
- Luetchford, K. A., Chaudhuri, J. B., & Paul, A. (2020). Silk fibroin/gelatin microcarriers as scaffolds for bone tissue engineering. *Materials Science and Engineering: C*, 106, 110116.
- Lv, L. C., Huang, Q. Y., ding, W., Xiao, X. H., Zhang, H. Y., & Xiong, L. X. (2019). Fish gelatin: The novel potential applications. *Journal of Functional Foods*, 63, 103581.
- Mirzapour-Kouhdasht, A., Moosavi-Nasab, M., Krishnaswamy, K., & Khalesi, M. (2020). Optimization of gelatin production from Barred mackerel by-products: Characterization and hydrolysis using native and commercial proteases. *Food Hydrocolloids*, 108, 105970.
- Morimura, S., Nagata, H., Uemura, Y., Fahmi, A., Shigematsu, T., Kida, K. (2002). Development of an effective process for utilization of collagen from livestock and fish waste. *Process Biochem.* 37, 1403–1412
- Negrini, N. C., Bonnetier, M., Giatsidis, G., Orgill, D. P., Farè, S., & Marelli, B. (2019). Tissue-mimicking gelatin scaffolds by alginate sacrificial templates for adipose tissue engineering. *Acta biomaterialia*, 87, 61-75.
- Nitsuwat, S., Zhang, P., Ng, K., & Fang, Z. (2021). Fish gelatin as an alternative to mammalian gelatin for food industry: A meta-analysis. *LWT*, 141, 110899.
- Nurilmala, M., Hezbollah, H.H., Karnia, E., Kusumaningtyas, E., & Ochiai, Y. (2020). Characterization and Antioxidant Activity of Collagen, Gelatin, and the Derived Peptides from Yellowfin Atum (*Thunnus albacares*) Skin. *Mar. Drugs*, 18(2), 98. <https://doi.org/10.3390/md18020098>.
- Nurilmala, M., Nasirullah, M. T., Nurhayati, T., & Darmawan, N. (2021). Physical-Chemical Characteristics of Gelatin from the Skins of Patin, Tilapia, and Tuna Fish. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, v. 23, n. 1, p. 71-77.

- Nussinovitch, A. (2009). Biopolymer Films and Composite Coatings. *Modern Biopolymer Science*, Elsevier Inc. 295-326.
- Prestes, R. C.; Golunski, S. M.; Toniazzo, G.; Kempka, A. P.; Diluccio, M. (2013). Caracterização da fibra de colágeno, gelatina e colágeno hidrolisado. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 15( 4), 375-82.
- Ramírez, J. A., Santos, I. A., Morales, O. G., Morrissey, M. T., & V´ Azquez, M. (2000). Application of microbial transglutaminase to improve mechanical properties of surimi from silver carp. *Ciencia Y Tecnologia Alimentaria*, 3(1), 21–28.
- Rather, J. A., Akhter, N., Ashraf, Q. S., Mir, S. A., Makroo, H. A., Majid, D., Barba, F. J., Khaneghah, A. M., & Dar, B. N. (2022). A comprehensive review on gelatin: Understanding impact of the sources, extraction methods, and modifications on potential packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*, 34, 100945.
- Renaldi, G.; Sirinupong, N.; Samakradhamrongthai, R. S. (2022). Effect of extraction pH and temperature on yield and physicochemical properties of gelatin from Atlantic salmon (*Salmo salar*) skin. *Agriculture and Natural Resources*, 56 (4), 687–696.
- Renuka, V., Ravishankar, C. N. R., Zynudheen, A. A., Bindu, J., & Joseph, T. C. (2019). Characterization of gelatin obtained from unicorn leatherjacket (*Aluterus monoceros*) and reef cod (*Epinephelus diacanthus*) skins. *LWT*, 116, 108586.
- Rezaei, F., & Shahbazi, Y. (2018). Shelf-life extension and quality attributes of sauced silver carp fillet: A comparison among direct addition, edible coating and biodegradable film. *LWT - Food Science and Technology*, 87, 122–133.
- Rigueto, C. V. T., Rosseto, M., Alessandretti, I., de Oliveira, R., Wohlmuth, D. A. R., Menezes, J. F., Loss, R. A., Dettmer, A., & Pizzutti, I. R. (2022). Gelatin films from wastes: A review of production, characterization, and application trends in Food Preservation and Agriculture. *Food Research International*, 162, 112114.
- Rossato, S., Cerezer, E., Bisognin, J., Souto, M. S., & de Brum, P. F. (2022). Production efficiency of fish farming systems focused on tilapia production in cage tanks. *Brazilian Journal of Development*, 8(5), 34851-34868. DOI:10.34117/bjdv8n5-143.
- See, S. F., Ghassem, M., Mamot, S., & Babji, A. S. (2015). Effect of different pretreatments on functional properties of African catfish (*Clarias gariepinus*) skin gelatin. *Journal of food science and technology*, 52, 753-762.
- Shaviklo, A.R. (2015). Development of fish protein powder as an ingredient for food applications: a review. In: *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 648-661.
- Shen, X., Zhang, M., Bhandari, B., & Gao, Z. (2019). Novel technologies in utilization of byproducts of animal food processing: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(21), 3420-3430.
- Shi, X. D., Huang, J. J., Wu, J. L., Cai, X. X., Tian, Y. Q., Rao, P. F., Huang, J. L. & Wang, S. Y. (2022). Fabrication, interaction mechanism, functional properties, and applications of fish gelatin-polysaccharide composites: A review. *Food Hydrocolloids*, 122, 107106.

- Silva, E. V. C. D., Lourenço, L. D. F. H., & Pena, R. S. (2017). Optimization and characterization of gelatin from kumakuma (*Brachyplatystoma filamentosum*) skin. *CyTA-Journal of Food*, 15(3), 361-368.
- Silva, R. S., Bandeira, S. F., e Pinto, L. A. (2014). Characteristics and chemical composition of skins gelatin from cobia (*Rachycentron canadum*). *LWT-Food Science and Technology*, 57(2), 580-585.
- Sinthusamran, S., Benjakul, S., & Kishimura, H. (2014). Characteristics and gel properties of gelatin from skin of seabass (*Lates calcarifer*) as influenced by extraction conditions. *Food Chemistry*, 152, 276–284.
- Stevens, J. R., Newton, R. W., Tlusty, M., & Little, D. C. (2018). The rise of aquaculture by-products: Increasing food production, value, and sustainability through strategic utilisation. *Marine Policy*, 90, 115-124.
- Tanir, O. Z. (2021). Determination of heavy metals in some tissues of four fish species from the Karasu River (Erzincan, Turkey) for public consumption. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 50(2), 232-246.
- Tijore, A., Irvine, S. A., Sarig, U., Mhaisalkar, P., BaisanE, V., & Venkatraman, S. (2018). Contact guidance for cardiac tissue engineering using 3D bioprinted gelatin patterned hydrogel. *Biofabrication*, 10(2), 025003.
- Wang, Y., E Regenstein, J. M. (2009). Effect of EDTA, HCl, and citric acid on Ca salt removal from Asian (silver) carp scales prior to gelatin extraction. *Journal of Food Science*, 74(6), C426-C431.
- Wu, W., Xu, J., Yang, L., Yang, M., Zhang, T., Wang, X., & Zhong, J. (2022). Self-assembled hydrolyzed gelatin nanoparticles from silver carp spine bones for Pickering emulsion stabilization. *Food Bioscience*, 48, 101735.
- Yang, L., Yang, M., Xu, J., Nie, Y., Wu, W., Zhang, T., Wang, X., Zhong, J. (2022a). Structural and emulsion stabilization comparison of four gelatins from two freshwater and two marine fish skins. *Food Chemistry*, 371, 131129.
- Yang, M., Yang, L., Xu, J., Nie, Y., Wu, W., Zhang, T., Wang, X., & Zhong, J. (2022b). Comparison of silver carp fin gelatins extracted by three types of methods: Molecular characteristics, structure, function, and pickering emulsion stabilization. *Food Chemistry*, 368, 130818.
- Younis, E.S.M., Al-Quffail, A.S., Al-Asgah, N.A., Abdel-Warith, A.W.A., & Al-Hafedh, Y.S. (2018). Effect of dietary fish meal replacement by red algae, *Gracilaria arcuata*, on growth performance and body composition of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Saudi journal of biological sciences*, 25(2), 198–203. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.06.012>.
- Zar, J. H (2010). *Biostatistical analysis, 5th edition*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Zhang, F., Xu, S., & Wang, Z. (2011). Pretreatment optimization and properties of gelatin from freshwater fish scales. *Food and Bioprocess Processing*, 89 (3), 185 - 193.

Zhang, Q., Wang, Q., Lv, S., Lu, J., Jiang, S., Regenstein, J. M., & Lin, L. (2016). Comparison of collagen and gelatin extracted from the skins of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Food bioscience*, 13, 41-48.

Zhang, T., Xu, J., Zhang, Y., Wang, X., Lorenzo, J. M., & Zhong, J. (2020). Gelatins as emulsifiers for oil-in-water emulsions: Extraction, chemical composition, molecular structure, and molecular modification. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 113–131.

Zhang, Y., Guo, S., Fu, G., Chen, Y., Wan, Y., Wu, X., xu, Z., Liu, J., & Xie, Z. (2022). Transglutaminase-catalyzed modification of fish skin gelatin enhanced the protection of microcapsules to *Limosilactobacillus reuteri*. *Food Bioscience*, 50, 101961.

## Capítulo II

Artigo a ser enviado para a revista: **FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY  
INTERNATIONAL (FI: 2.861)**

### **ASPECTOS BIOTECNOLÓGICOS DA GELATINA EXTRAÍDA DE PELE COM ESCAMAS DO TAMBAQUI *Colossoma macropomum***

<sup>1</sup> \*Tiago Cabral Nóbrega (NÓBREGA, T.C.)- Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: [tiago.cnobrega@gmail.com](mailto:tiago.cnobrega@gmail.com)

<sup>2</sup> Antônio José Inhamuns (INHAMUNS, A. J.). Faculdade de Ciências Agrárias- Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: [ajinhamuns@gmail.com](mailto:ajinhamuns@gmail.com)

<sup>3</sup> Adriano Teixeira de Oliveira (OLIVEIRA, A. T.) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: [adriano.oliveira@ifam.edu.br](mailto:adriano.oliveira@ifam.edu.br)

\*Autor correspondente: Tiago Cabral Nóbrega. Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros – Universidade Federal do Amazonas, Campus Universitário, Av. General Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 6200, Coroado I, CEP 69077-000, Manaus, Amazonas, Brasil. Phone: + 55 (92) 99388-5153. E-mail: [tiago.cnobrega@gmail.com](mailto:tiago.cnobrega@gmail.com)

## RESUMO

A piscicultura no Brasil tem se destacado anualmente junto a produção de peixes nativos, na qual mais da metade da produção encontra-se concentrada na região Norte, entre as espécies produzidas e comercializadas destaca-se o tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier 1818), devido ao seu desempenho zootécnico de produção, importância econômica, elevado valor no mercado, abundância, excelente sabor de sua carne, e boa fonte de proteína. Predominantemente esse indivíduo é comercializado como pescado fresco eviscerado, após um tratamento que geram resíduos como: pele, escamas, espinhas, vísceras e brânquias. O objetivo do presente estudo foi realizar a extração e caracterização da gelatina a partir do subproduto (pele com escamas) advindos do processamento do tambaqui. O subproduto, passou por um pré-tratamento em soluções de Cloreto de Sódio (NaCl), Ácido clorídrico (HCl), Álcool butílico, Hidróxido de Sódio (NaOH) e Ácido acético, após realizou-se extração da gelatina em água destilada. O rendimento médio da gelatina extraída foi de  $4,77\% \pm 0,80$  a cada 100g de subproduto processado, a análise de infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), observou integridade, pureza no biopolímero obtido. A composição centesimal da gelatina determinou para umidade 15,69%, proteína bruta 83,54%, lipídios 0,17%, cinza 0,22% e carboidratos 0,38%. Com valores para pH de  $6,49 \pm 0,73$ , força de gel de  $236,22g \pm 2,55$  e viscosidade de  $7,51cP \pm 0,65$ . De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que, o subproduto pele com escamas do tambaqui *C. macropomum*, que por muitas vezes são descartados, apresentam-se como uma fonte alternativa para extração da gelatina, dispondo de ótimas características centesimais e pH, condizente aos das gelatinas

comerciais, além de boas propriedades reológicas (viscosidade e força Bloom) às vistas na literatura. Podendo ser manipulada para futuras aplicações em diversas áreas biotecnológicas e conseqüentemente, evitar poluição ambiental pela falta de gestão dos subprodutos no setor pesqueiro.

**Palavras Chaves:** Peixe Amazônico, Resíduos e Biopolímero.

## ABSTRACT

Fish farming in Brazil has stood out annually along with the production of native fish, in which more than half of the production is concentrated in the North region, among the species produced and marketed stands out the tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier 1818), due to its zootechnical production performance, economic importance, high market value, abundance, excellent flavor of its meat, and good source of protein. Predominantly this individual is marketed as fresh gutted fish, after a treatment that generates residues such as: skin, scales, bones, viscera and gills. The objective of the present study was to perform the extraction and characterization of gelatin from the by-product (skin with scales) resulting from the processing of tambaqui. The by-product underwent pre-treatment in solutions of Sodium Chloride (NaCl), Hydrochloric acid (HCl), Butyl alcohol, Sodium hydroxide (NaOH) and Acetic acid, after which gelatin was extracted in distilled water. The average yield of the extracted gelatin was  $4.77\% \pm 0.80$  for each 100g of processed by-product, the infrared analysis with Fourier Transform (FTIR), observed integrity, purity in the obtained biopolymer. The centesimal composition of gelatin determined moisture 15.69%, crude protein 83.54%, lipids 0.17%, ash 0.22% and carbohydrates 0.38%. With pH values of  $6.49 \pm 0.73$ , gel strength of  $236.22g \pm 2.55$  and viscosity of  $7.51cP \pm 0.65$ . According to the results obtained in this work, it is concluded that the by-product skin with scales of tambaqui *C. macropomum*, which are often discarded, are presented as an alternative source for the extraction of gelatine, having excellent proximate characteristics and pH, consistent with commercial gelatins, in addition to good rheological properties (viscosity and Bloom strength) seen in the literature. It can be manipulated for future applications in several biotechnological areas and, consequently, avoid environmental pollution due to the lack of management of by-products in the fishing sector.

**Keywords:** Amazonian fish, Residues and Biopolymer.

## 1. INTRODUÇÃO

A piscicultura no Brasil atingiu a marca de 841 mil toneladas produzidas em 2021, desses, cerca de 260.000 toneladas foram representadas pela produção de peixes nativos, na qual mais da metade da produção está concentrada na região Norte (57%). Dessa forma, o estado do Amazonas tem se destacado e atingiu uma produção de cerca de 21.000 toneladas dos peixes nativos (PEIXE BR, 2022), dentre esses se destaca o tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier 1818) como a espécie nativa mais comercializada (NÓBREGA et al., 2020).

A grande aceitação dos piscicultores em relação ao tambaqui *C. macropomum*, está associada ao excelente sabor de sua carne (COSTA et al., 2012), boas características zootécnicas, importância econômica, elevado valor no mercado, abundância e boa fonte de proteína (BORGES et al., 2013; VALENTI et al., 2021), sendo considerado o peixe mais consumido pela população da região Norte (LIMA et al., 2021).

O tambaqui *C. macropomum* predominantemente é comercializado como peixe fresco eviscerado (LIMA et al., 2018), na qual gera resíduos após a retirada de escamas, pele, espinhas, vísceras e brânquias (COSTA e SOUZA, 2012). A literatura reporta estudos com levantamentos do rendimento dos resíduos de tambaqui *C. macropomum*, Souza e Inhamuns (2011) apresentaram para os resíduos totais valores de 35,16% em época de cheia dos rios Amazônicos e 34,13% na época seca. Abreu et al. (2012) ressaltam para o processo de filetagem do tambaqui *C. macropomum* com peso de 2 Kg, possam atingir até 67% de resíduos do seu peso total. Vaz et al. (2020) apontaram que durante o processo de filetagem do tambaqui *C. macropomum* pode haver o acúmulo aproximado de até 70% de resíduos biológicos, distribuídos em 14% de cabeça, 35% de carcaça, 10% de vísceras, 10% de pele e 1% de escamas. Essas porcentagens podem variar de acordo com a escala de produção (MACHADO et al., 2020), o uso de inovações tecnológicas envolvidas (IZEL e MELO, 2004) bem como de acordo com a espécie processada (SOUZA e INHAMUNS, 2011).

Os resíduos de pescado quando descartados de forma inadequada, podem ocasionar a contaminação das águas subterrâneas (TRAN et al., 2015), a proliferação de vetores, a formação de chorume e produzir mau cheiro (DECKER et al., 2016), sendo necessário um gerenciamento sustentável para esses resíduos (MARTINS et al., 2018).

Dessa forma, existem inúmeras possibilidades tecnológicas disponíveis para o aproveitamento dos subprodutos, sendo utilizados nos diversos setores (STEVANATO et al., 2007). Segundo Oliveira et al. (2017) o interesse do setor industrial tem aumentado em relação a esses subprodutos, pois se tornam fontes alternativas de biopolímeros, tais como a extração do colágeno (CALDATO et al., 2019), que de acordo com Olatunji (2020) e Lim et al. (2019) é o biopolímero predominante, sendo encontrado principalmente na cartilagem e pele em pescados. Ademais, a aquisição de gelatina é extraída principalmente da bexiga natatória, escamas, ossos, nadadeiras e pele (SHAKILA et al., 2012).

A gelatina é obtida pelo processo de hidrólise controlada do colágeno, sendo o processo ácido para formação da gelatina tipo A apresentando ponto isoelétrico com pH



entre 7 e 9, e o pH alcalino é necessário para formação da gelatina tipo B apresentando ponto isoelétrico com pH entre 4,7 e 5,5 (PRESTES et al., 2013).

Dependendo da matéria-prima a gelatina pode apresentar diferentes polipeptídios, totalizando 18 aminoácidos (SCHRIEBER e GAREIS, 2007), segundo Haug, Draget e Smidsrod (2004) as gelatinas extraídas de peixes tropicais apresentam maiores quantidades de prolina e hidroxiprolina, o que proporciona melhores qualidades físicas. Assim, tornando-se uma alternativa para substituir a gelatina produzida a partir de resíduos de mamíferos (HUANG et al., 2017). Dessa forma, é possível afirmar que a gelatina é um biopolímero encontrado em abundância, possui custo relativamente baixo e boas propriedades funcionais, despertando interesse em sua utilização (GÓMEZ-GUILÉN et al., 2007) e possuindo empregabilidade em áreas, como na produção de embalagens, cosméticos, alimentos e fármacos (HUANG et al., 2016).

Assim, esse trabalho tem por objetivo realizar a extração e caracterização da gelatina a partir do subproduto (pele com escamas) advindos do processamento do tambaqui.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Matéria Prima**

O subproduto do tambaqui (pele com escamas), gerado durante o processamento de comercialização do pescado fresco, utilizados para extração da gelatina, foram adquiridos por doação em um supermercado situado no centro urbano na cidade de Manaus, Amazonas, Brasil. O subproduto foi transportado em caixas isotérmicas com gelo até o laboratório de Tecnologia do Pescado, Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). No laboratório, o subproduto passou por um processo de limpeza em água corrente, para retirada de possíveis impurezas (sangue e gordura). Posteriormente, o subproduto foi cortado em frações menores e embalados em amostras de 100 g, e armazenados em freezer a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

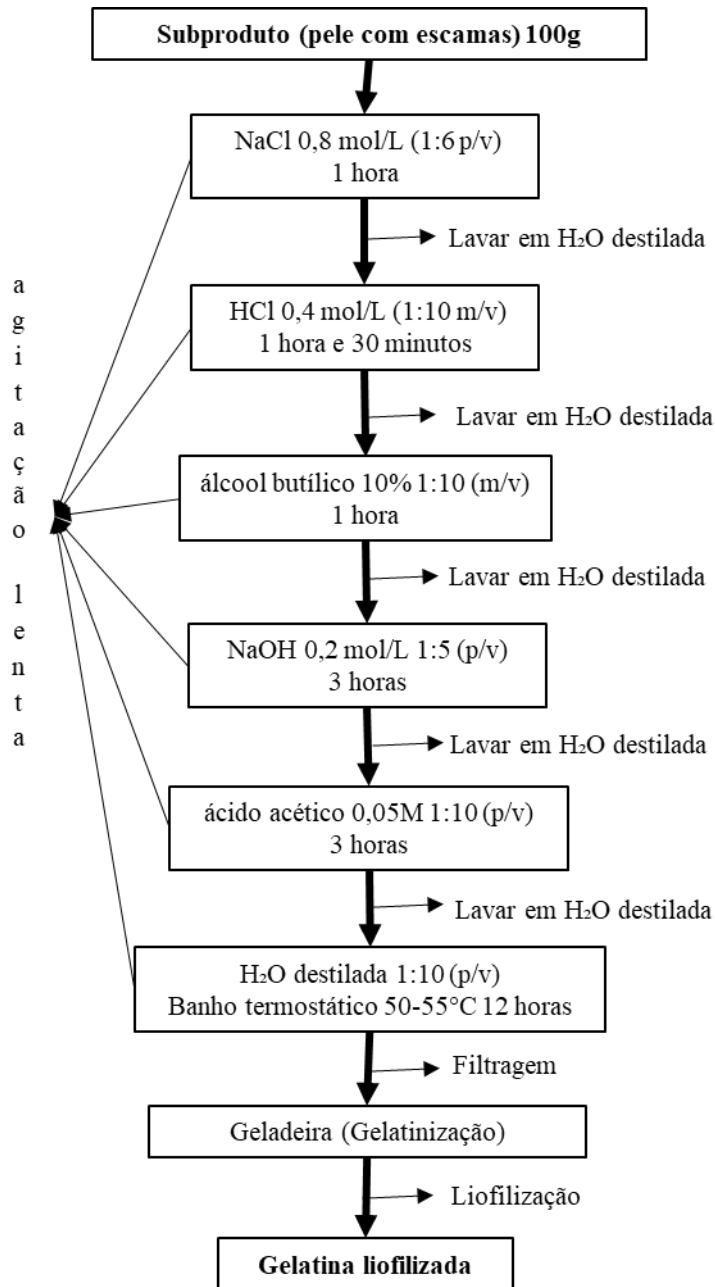
### **2.2. Processo de Extração da Gelatina**

O procedimento para extração da gelatina da pele com escamas do tambaqui foi realizado de acordo com metodologia proposta por Montero e Gómez-Guillén (2000), com algumas modificações. Em todas as etapas durante o processo de extração foi utilizado um agitador mecânico com rotação lenta, para melhor superfície de contato da amostra e solução. Em cada troca de solução foi utilizado uma peneira para acomodação

da amostra durante a lavagem para retirada das soluções, deixando-a mais próxima a neutralidade.

Inicialmente a amostra (pele com escamas) de tambaqui foi descongelada, procedendo-se o pré-tratamento em temperatura ambiente, a amostra foi imersa por 1 hora em solução de 0,8 mol/L de Cloreto de sódio- NaCl (1:6 p/v), para a retirada do Flúor, com posterior lavagem em água destilada. Em seguida a amostra passou pelo processo de desmineralização através de imersão em solução de Ácido clorídrico (HCl) 0,4 mol/L (1:10 m/v) por 1 hora e 30 minutos, com posterior lavagem em água destilada. Foi utilizada uma solução de álcool butílico 10% 1:10 (m/v), para desengorduramento da amostra pelo período de 1 hora, seguida por lavagem em água destilada. Logo após, as amostras foram imersas em 0,2 mol/L na proporção de 1:5 (p/v) de Hidróxido de sódio- NaOH, para retirada de proteínas não colagenosas e neutralização do pH durante 3 horas e posteriormente lavadas em água destilada. As amostras foram imersas em 0,05M de ácido acético em proporção de 1:10 (p/v) à temperatura ambiente por 3 horas, para desnaturação da tripla hélice de colágeno, com lavagem em água destilada.

Posteriormente, as amostras permaneceram em água destilada em proporção 1:10 (p/v) por 12 horas, em banho termostático em temperatura que variou de 50-55 °C favorecendo a hidrólise controlada das hélices abertas de colágeno para extração da gelatina. Passada às 12 horas a solução foi filtrada em funil de Buchner, com papel filtro (Whatman n°4), o filtrado foi armazenado na geladeira para o processo de gelatinização. Logo após a gelatina extraída passou por liofilização e foi armazenada para as análises de caracterização (Figura 7).



**Figura 7:** Fluxograma de obtenção de gelatina da pele com escamas do tambaqui *C. macropomum*.

### 2.3. Rendimento

O rendimento foi obtido a partir da relação entre o peso da gelatina seca e o peso da matéria-prima úmida de acordo com a equação (BINSI et al., 2009):

$$\text{Produção da gelatina (\%)} = \frac{\text{Peso da gelatina em pó (g)} \times 100}{\text{Peso úmido dos resíduos (g)}}$$

#### **2.4. Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)**

A amostra da gelatina liofilizada foi mantida em dessecador por 1h e transferida para o equipamento de espectrofotometria de infravermelho por transformada de Fourier, em uma faixa espectral de  $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$  com uma média de dezesseis varreduras, através de Reflectância Total Atenuada - ATR, cristal do ATR - seleneto de zinco (ZnSe). Sendo medidas em um prisma de aproximadamente 1,8 mm de diâmetro posicionado horizontalmente. A análise permitiu a identificação das bandas correspondentes aos grupos funcionais do material em análise.

#### **2.5. Composição centesimal**

Para analisar a composição centesimal da matéria prima e do produto final, foram realizadas análises de Umidade, Proteínas Bruta (usando fator de correção de 6,25), Lipídios, Cinzas e Carboidratos por diferença. As análises foram realizadas em triplicata seguindo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (SÃO PAULO, 2008) preconizadas pela A.O.A.C. (1995).

#### **2.6. Determinação do pH**

Para determinação do potencial hidrogeniônico (pH), 0,4g de gelatina da pele com escamas do tambaqui foram diluídas em 10 mL de água destilada, com posterior leitura do pH, em medidor de pH (R-TEC-7/2-MP, TECNAL), as análises foram realizadas em triplicatas (CALDATO et al., 2019).

#### **2.7. Determinação da força do gel (Bloom)**

O método utilizado seguiu as descrições de Choi e Regenstein (2000). Foram preparadas soluções de gelatina a 6,67% com água destilada (p/v), permanecendo por 1 hora em temperatura ambiente e em seguida pelo tempo de 1 hora a  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  em banho-maria, até sua completa dissolução. As amostras foram resfriadas em dessecador por 30 minutos e distribuídas em frascos de 20 mL. Em seguida, os frascos com as amostras foram cobertos com papel-alumínio, sendo armazenados sob-refrigeração em  $3^\circ \text{C}$  por 18 h. Feito esse processo, as amostras foram transferidas para realização da análise em triplicata em um equipamento manual, Penetrômetro de frutas digital (Fruit Hardness testes, Tension & Compression, modelo 3005, marca Homis), foi determinada a força do gel após a inserção de 4 mm na gelatina com uma haste metálica de 6 mm de espessura.

## 2.8. Determinação da viscosidade

Para determinação da viscosidade da solução de gelatina, foi seguida a metodologia aplicada por See et al. (2015), a viscosidade das amostras foi realizada após o preparo da solução de gelatina em água destilada (6,67% p/v) a 60 °C, utilizando um viscosímetro (Brookfield-viscometer). A curva de fluxo para cada amostra foi obtida cisalhando a uma taxa de rampa de velocidade em RPM de 10 em 10 segundos (início de velocidade em 0 com final de 120s) com SPINDLE cônico SC4-18, com 40 pontos de leitura. A viscosidade foi realizada em triplicata, lida e apresentada em termos de centipoise- cP.

## 2.9. Análise estatística

A gelatina obtida a partir do subproduto pele com escamas do tambaqui foi avaliada por suas características, sendo aplicada uma estatística descritiva para caracterização do produto (ZAR, 2010). As análises de média aritmética e desvio padrão foram realizados através do programa computacional “Software R versão 4.0.3”.

# 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1. Rendimento

A pele de peixe é um tecido de revestimento e sustentação onde estão aderidas as escamas, apresentando diferentes camadas como a epiderme, a derme e a hipoderme, que contém grandes quantidades de fibras de colágeno, e a partir de sua hidrólise parcial ou por degradação pode ser obtida a biomolécula gelatina (SOUZA et al., 2003; BORDIGNON et al., 2012 e DRELICH et al., 2018). A utilização do subproduto (pele com escamas) de tambaqui no presente estudo para extração da gelatina, reportou um rendimento médio de  $4,77\% \pm 0,80$  a cada 100g processadas, no total foram realizadas 13 extrações.

O valor obtido para o rendimento da gelatina de pele com escamas do tambaqui *C. macropomum* é considerado inferior aos rendimentos encontrados nos trabalhos com utilização da pele do bacalhau *Gadus morhua* (LINNAEUS, 1758), por Gudmundsson e Hafsteinsson (1997) que obtiveram de 11,0% e 14,0%; Gómez-Guillén et al. (2002) apresentaram valores de 7,2%; Kolodziesjska et. al. (2004) reportaram 12,3% e Derkach et al. (2019) apresentaram de 49 a 55%.

Outros estudos com diferentes espécies de pescado usando a pele como matéria prima reportam resultados acima dos encontrados para o rendimento da gelatina extraída do tambaqui *C. macropomum* no presente estudo, tais estudos obtiveram valores de

rendimento de gelatina de 7,4% para megrim *Lepidorhombus boscii* (Risso, 1810), 8,3% para dover sole *Solea vulgaris* (Linnaeus, 1758), 6,5% para hake *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758), 8,85% para tilápia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), com base em peso úmido de 20,77% na mesma espécie, 17,29% para peixe-gato *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878), 17,52% para corvina mancha preta *Protonibea diacanthus* (Lacepède, 1802), 19,7% para kumakuma *Brachyplatystoma filamentosum* (Lichtenstein, 1819), 60-23,33%, de dourada *Brachyplatystoma rousseauxii* (Castelnau, 1855), 23,35% para tambaqui *C. macropomum*, 6,60% para dourada *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) e 6,83% para robalo *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758), (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2002; ALFARO e SILVA, 2010; CHOONPICARN et al., 2015; CHAVAN et al., 2018; SILVA et al., 2017a; SILVA et al., 2017b; MOIA et al., 2021 e VALCARCEL et al., 2021).

Para a gelatina extraída da pele do salmão do Atlântico *Salmo salar* (Linnaeus, 1758) em diferentes condições de extração e temperaturas, os valores encontrados em 50°C nas faixas de pH 4 e 6 obtendo 6,20 e 5,15% foram considerados superiores ao presente estudo, em 60°C na faixa do pH 4 obtendo 4,85%, foi considerado similar, enquanto na temperatura de 70°C em todas as faixas de pH (4, 6, 8), os valores foram considerados inferiores 2,58, 2,20 e 2,06% (RENALDI et al., 2022).

O rendimento para gelatina da pele de verdinho *Micromesistius poutassou* (Risso, 1827), extraída em diferentes ácidos orgânicos, os valores variaram de 1,5-2,4% (KHIARI et al., 2015) e para a gelatina extraída da pele de truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) criadas em sistema de produção, o valor apresentado foi de 1,56% (VALCARCEL et al., 2021), valores considerados abaixo do presente estudo. No trabalho de Binsi et al. (2009) para a gelatina extraída da pele inteira do pargo patudo *Priacanthus hamrur* (Forsskal, 1775) o valor obtido de rendimento foi de 4%, sendo aproximado ao presente estudo.

Podemos associar o rendimento da gelatina do atual estudo as características do subproduto (fina camada de pele aderida as escamas) e ao processo de desmineralização, que não permitiu a utilização total das escamas presentes durante a extração. A espessura, o tamanho das partículas da pele (NICOLAS-SIMONNOT et al., 1997 e SCHRIEBER e GAREIS, 2007) e os parâmetros do processo de obtenção, afetam a eficiência da extração e a conversão do colágeno em gelatina (RENALDI et al., 2022).

Segundo Oliveira et al. (2017) e Ahmed et al. (2020) o rendimento do colágeno está associado a presença das diferentes fibras de colágenos existentes, do método de

extração utilizado, habitat, fonte de obtenção, sexo, peso, idade e matéria prima utilizada. Assim, a quantidade de proteína presente na matéria prima, é responsável pela maior disponibilidade de colágeno e conseqüentemente pelo rendimento da gelatina (ALFARO e SILVA, 2010).

### 3.2. Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

As amostras de gelatina da pele com escamas do tambaqui *C. macropomum* apresentaram o espectro de FTIR com números de onda nas regiões em 3298 cm<sup>-1</sup> para Amida A e 3071 cm<sup>-1</sup> para Amida B. Com bandas vibracionais características nas regiões de amida I (1625-1600 cm<sup>-1</sup>), amida II (1500-1550 cm<sup>-1</sup>) e amida III (1241, 1440-1449 e 1080-1020 cm<sup>-1</sup>), demonstrados na Figura 8.

No presente estudo, a banda que caracteriza a amida A foi observada em 3298 cm<sup>-1</sup>. De acordo com Cansu (2023), o número de onda observado na gelatina da pele da carpa *Carasobarbus luteus* (Heckel, 1843) para Amida A, foi entre 3290–3292 cm<sup>-1</sup>, caracterizado pelo estiramento em N-H, o acoplamento com a ligação H e ao estiramento simétrico e assimétrico do CH<sub>2</sub>.

Ligeiramente inferior ao presente estudo, Caldato et al. (2019) obtiveram para a gelatina extraída das escamas da tilápia do Nilo *O. niloticus*, o valor da Amida A em 3290 cm<sup>-1</sup> e Nurul e Sarbon (2015) para a gelatina extraída da pele de enguia *Monopterus* sp. o valor em 3292,66 cm<sup>-1</sup>. No entanto, Das et al. (2017) obtiveram para a gelatina das escamas do roho labeo *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) valores referentes a presença de ligações de hidrogênio, água e amida A, em 3433 cm<sup>-1</sup>, sendo superior ao encontrado no presente estudo. De acordo com Stuart (2004), a presença de amida A está relacionado com o alongamento N-H acoplado com ligação de hidrogênio.

Derkach et al. (2019) apresentaram para gelatina extraída da pele do bacalhau do Atlântico *G. morhua* valores para amida A na faixa 3400-3300 cm<sup>-1</sup>. Kamer et al. (2019) para a gelatina do peixe truta arco-íris *O. mykiss* contendo sacarose ou sorbitol, picos de amida A em 3255-3286. Enquanto, Valcarcel et al. (2021) para as gelatinas extraídas das espécies dourada *S. aurata*, robalo *D. labrax* e truta arco-íris *O. mykiss* picos característicos de Amida A próximos a 3280 cm<sup>-1</sup>, onde foram observadas tensões dos grupos N-H das proteínas e dos grupos O-H de carboidratos e água, sendo os valores próximos a faixa observada para a gelatina de pele com escamas do tambaqui.

A banda que caracterizou a amida B foi observada no pico 3071 cm<sup>-1</sup>. Cansu (2023) obtiveram para gelatina da pele carpa *C. luteus* valores entre 2929-2937 cm<sup>-1</sup>,

relacionado a vibrações assimétricas dos grupos =CH e –NH<sub>3</sub>. No entanto, Caldato et al. (2019) obtiveram para gelatina das escamas da tilápia, pico de amida B em 3074cm<sup>-1</sup> e Sila et al. (2017) para a gelatina da pele da enguia europeia *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758) pico em 3069 cm<sup>-1</sup>, estando em consonância ao atual estudo. Silva et al. (2014) observaram bandas de Amida A, que são características de gelatina, que se sobrepõem a banda de Amida B entre os picos de ondas 3000 e 3500 cm<sup>-1</sup>, corroborando ao presente estudo.

Valcarcel et al. (2021) avaliaram a gelatina extraída de três espécies marinhas, com os picos correspondentes as tensões das ligações em C-H das cadeias alifáticas. Derkach et al. (2019) para a gelatina do bacalhau do Atlântico com vibrações de alongamento em N-H, Sinthusamran et al. (2014) para gelatina da pele do robalo *D. labrax* com vibrações de estiramento em C-H dos grupos CH<sub>2</sub>. Nurul e Sarbon (2015) para a gelatina extraída da pele da enguia *Monopterus* sp. e Kamer et al. (2019) para a gelatina do peixe *O. mykiss* contendo sacarose ou sorbitol, obtiveram picos vibracionais na faixa entre 2850 e 3000 cm<sup>-1</sup>, estando inferiores ao atual estudo, no entanto, em conformidade para o aparecimento de amida B. Segundo Stuart (2004), a presença de amida B indica fraco alongamento na ligação N-H.

Vibrações características nas regiões de amida I (1625-1600 cm<sup>-1</sup>), amida II (1500-1550 cm<sup>-1</sup>) e amida III (1241, 1440-1449 e 1080-1020 cm<sup>-1</sup>) encontram-se próximas as frequências vibracionais na literatura para os estudos com diferentes espécies de peixe, indicando consonância ao atual estudo (PRESTES et al., 2013, SILVA et al., 2014, DAS et al., 2017, CALDATO et al., 2019, DERKACH et al., 2019, KAMER et al., 2019, VALCARCEL et al., 2021).

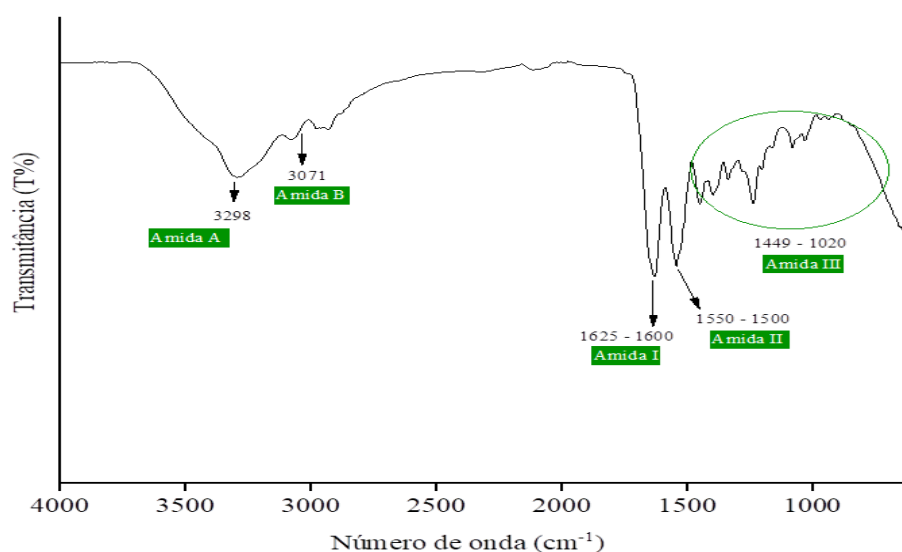
Silva et al. (2014) apontam que o plano da amida I é representado pelo alongamento e a flexão em N-H, a amida II pelo estiramento do grupo C-N com contribuição da flexão em N-H e amida III pelo estiramento do grupo C-N. Enquanto, Hanani et al. (2011) citam que a presença de amida I indica o acoplamento de alongamento/ligação de hidrogênio C=O com COO, amida II indica flexões nos grupos N-H e alongamentos nos grupos C-N e a amida III vibrações nos grupos C-N e N-H de amida ligada. Cansu (2023) aponta a presença de Amida II (1527-1536 cm<sup>-1</sup>) à deformação no Plano N-H, vibrações de fase de grupos C-N, dobra de CH<sub>2</sub> e ao grupo CH<sub>2</sub> da prolina, enquanto a Amida III (1236-1240 cm<sup>-1</sup>) é representada pelo aparecimento de estiramento da estrutura da glicina e vibrações de CH<sub>2</sub> nas cadeias laterais de prolina. Por outro lado, Yakimets et al. (2005) e Cansu (2023) explicam que picos na região da



amida I (1633; 1630-1631  $\text{cm}^{-1}$ ), caracterizam a estrutura espiral da gelatina e Barth (2000) e Rahmelow et al. (1988) afirmam que picos em 1633,94 – 1634,72  $\text{cm}^{-1}$  e 1633 – 1636  $\text{cm}^{-1}$  são representações típicas de arginina.

Também foram identificados picos com menores intensidades, característicos de Amida III em 1440-1449  $\text{cm}^{-1}$  e 1080-1020  $\text{cm}^{-1}$ . De acordo com Barth (2000), picos que surgem próximos a 1451,26 e 1451,27  $\text{cm}^{-1}$  indicam o alongamento de C-N com origem na prolina. Por outro lado, Prestes et al. (2013) afirmam o aparecimento dos anéis pirrolizidínicos da prolina e hidroxiprolina e Hermanto et al. (2013) apontam a ocorrência da deformação angular em C-H, em picos próximos a 1440  $\text{cm}^{-1}$ . Prestes et al. (2013) apontam para picos próximos a 1075  $\text{cm}^{-1}$  a ocorrência de deformação axial em C-N e Pal e Suresh (2017) indicam a formação de estiramento acoplado à deformação angular do C-O de C-OH de carboidratos em picos próximos a 1028  $\text{cm}^{-1}$ . Diante disso, a formação do espectro da gelatina pode ser influenciada pelo processo (temperatura, tempo e pH), quantidade de tecido colagenoso na matéria prima e número de reticulações na estrutura do peptídeo em cadeia (AHMAD *et al.*, 2011).

De forma geral, essas razões explicam que é importante realizar a análise de infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR), visto que, fornecem informações relevantes relacionadas aos grupos funcionais presentes em um determinado elemento ou na amostra. De modo que no presente estudo com obtenção de gelatina a partir do subproduto pele com escamas do tambaqui *C. macropomum*, foi possível observar a integridade, pureza no biopolímero obtido, confirmando que realmente se trata da gelatina. Por ser uma análise rápida, a FTIR não demanda necessariamente bastante tempo, basta à preparação de amostras e sua instrumentação (VIDAL E MELLO, 2011).



**Figura 8:** Espectros de FTIR de gelatina da pele com escamas do tambaqui *C.macropomum*.

### 3.3. Composição centesimal

Os subprodutos provenientes de processamento de pescado representam até 70% do peixe inteiro dependendo das espécies processadas, contudo, são excelentes fontes para extrair produtos de altos valores econômicos, principalmente as biomoléculas como, colágeno, gelatina, quitina, quitosana, azeites, peptídeos, enzimas e lipídios poli-insaturados visto que, são ricas em aminoácidos, sais minerais e ácido graxos das séries ômega 3 e 6, além de conteúdos altamente proteicos e nutricionais (EGERTON et al., 2018; COPPOLA et al. 2021 e ESPINOZA e CASTILLO, 2022). Os resultados para análise de composição centesimal realizada no subproduto (pele com escamas) de tambaqui *C. macropomum* e na gelatina extraída, estão dispostos na Tabela 3.

**Tabela 3:** Composição centesimal do subproduto (pele com escamas) do tambaqui *C. macropomum* e gelatina extraída.

Composição Centesimal	PcE <sup>1</sup> (%)	Gelatina <sup>1</sup> (%)
Umidade	57,01 ±0,48	15,69 ± 0,04
Proteína Bruta	33,16 ±1,08	83,54 ± 0,02
Lipídio	1,23 ±0,04	0,17 ± 0,03
Cinza	7,19 ±0,03	0,22 ± 0,09
Carboidrato*	1,41±0,75	0,38± 0,10

\*Fração não nitrogenada; PcE-pele com escamas; <sup>1</sup>n=3, média e desvio padrão

A umidade para o subproduto pele com escamas de tambaqui *C. macropomum* (57,01%) do atual estudo foi similar ao encontrado para pele de kumakuma *Brachyplatystoma filamentosum* (Lichtenstein, 1819) 58,83% (SILVA et al., 2017a) e superior ao valor descrito para pele do pargo patudo *P. hamrur* 53,8% (BINSI et al., 2009). Já para a pele da tilápia *O. niloticus* 71,4%; 63,20-93,31% (ALFARO e SILVA, 2010, VAZ et al., 2020), para pele do pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg), 1887 64,20% e pele do tambaqui *C. macropomum* 61,03% (FRANCO et al., 2013), os valores foram considerados superiores ao estudo realizado. Por outro lado, Moia et al. (2021) relatam para umidade da pele do tambaqui *C. macropomum* o valor de 38,11%, inferior ao relatado no presente estudo.

A proteína bruta (33,16%) encontrada apresentou um valor superior aos reportados para pele do pargo patudo *P. hamrur* 25,2% (BINSI et al., 2009), para pele da tilápia *O. niloticus* 22,80% (ALFARO e SILVA, 2010). O valor encontrado no presente estudo é similar ao reportado por Silva et al. (2017a) para pele do kumakuma *B. filamentosum* 31,08%, por Moia et al. (2021) para a pele do tambaqui *C. macropomum* 30,39% e por Franco et al. (2013) para a pele do pacu *P. mesopotamicus* 32,68% e pele do tambaqui *C. macropomum* 35,70%.

Para o lipídio (1,23%) o valor foi considerado semelhante ao encontrado para a pele do pargo patudo *P. hamrur* 1,2% (BINSI et al., 2009). Valor considerado inferior aos encontrados para a pele da tilápia *O. niloticus* 4,05% (ALFARO e SILVA, 2010), para a pele do kumakuma *B. filamentosum* 14,25% (SILVA et al., 2017a) e pele do tambaqui *C. macropomum* 26,56% (MOIA et al., 2021). No entanto, aproximado aos valores descritos para a pele do pacu *P. mesopotamicus* 1,77% e pele do tambaqui *C. macropomum* 1,82% (FRANCO et al., 2013).

A cinza (7,19%) apresentou o valor inferior ao encontrado para pele do pargo patudo *P. hamrur* 20,2% (BINSI et al., 2009). No entanto, o resultado foi considerado superior aos valores relatados para a pele da tilápia *O. niloticus* 3,95% (ALFARO e SILVA, 2010), do atum gaiado *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) 4,39%, do rohu *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) 2,03% (SHYNI et al., 2014) e para a do kumakuma *B. filamentosum* 0,37% (SILVA et al., 2017a). Os valores obtidos por Vaz et al. (2020), Franco et al. (2013) e Moia et al. (2021), para pele da tilápia *O. niloticus* 1,89 – 2,64%, pele do pacu *P. mesopotamicus* e pele do tambaqui *C. macropomum* 1,32% - 1,45% e pele do tambaqui *C. macropomum* 1,37%, respectivamente, foram considerados inferiores ao presente estudo.

Os resultados na análise centesimal para gelatina extraída após passar por liofilização (Tabela 3), observou-se que a umidade (15,69%) encontrada foi superior ao relatado na literatura para umidade das gelatinas extraídas da pele das espécies enguia europeia *A. anguilla* que apresentou 6,42% (SILA *et al.*, 2017), do bacalhau *G. morhua* que variou de 6-9% (DERKACH *et al.*, 2019), da Carpa *C. luteus* que variou 7,8-9,3% (CANSU, 2023), do roho labeo *L. rohita* de 4,2% (DAS *et al.*, 2017), do cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) de 9,4 % (SILVA *et al.*, 2014) e da gelatina do tambaqui *C. macropomum* de 9,43% (MOIA *et al.*, 2021). Mesmo apresentando valor superior ao da literatura, à umidade da gelatina de pele com escamas do tambaqui *C. macropomum* ficou próxima à faixa comercial, que de acordo com Ward e Courts (1977) é de 9-14%.

No entanto, atendendo ao padrão estabelecido pela Organização Nacional de Normalização- BSN (1995), que exige um valor máximo de 16% de umidade presente na gelatina e superior ao estabelecido pelo Instituto de Fabricantes de Gelatina da América – GMIA (2019) que é de 10,5%. De acordo com Nurilmala *et al.* (2021), a gelatina com baixo teor de água afeta as suas qualidades como o sabor e o brilho.

O valor encontrado para proteína bruta de 83,54% na gelatina da pele com escamas do tambaqui *C. macropomum*, ficou entre as faixas relatadas na literatura para gelatinas extraídas por Da Silva *et al.* (2018) de resíduos (cabeça, espinhaço, nadadeiras, couro e escamas) do tambaqui *C. macropomum* 74,42% a 88,09% e da matrinxã *Brycon amazonicus* (Spix & Agassiz, 1829) 74,64% a 88,43% e Cansu (2023) para gelatina da pele da carpa *C. luteus* 77,6-90,6%. No entanto, ficando inferior aos relatados por Sila *et al.* (2017) de 89,27% para gelatina da pele da enguia europeia *A. anguilla*, Derkach *et al.* (2019) 86,5-92,8% para a gelatina da pele do bacalhau *G. morhua*, Das *et al.* (2017) de 90% para gelatina das escamas do roho labeo *L. rohita* e por Silva *et al.* (2014) de 88,6% para a gelatina da pele do cobia *R. canadum*. Enquanto, Tkaczewska *et al.* (2018) apresentaram valores inferiores ao atual estudo, que variaram de 75,86-82,44% para gelatina da pele da carpa *Cyprinus carpio*. Moia *et al.* (2021) apresentaram valores de 85,99% para gelatina da pele do tambaqui *C. macropomum*, estando ligeiramente superior ao atual estudo.

De acordo com Díaz-Calderón *et al.* (2017) e Derkach *et al.* (2019), gelatinas que apresentam teores altos de proteínas são obtidas a partir de pré-tratamentos com pH mais brando, enquanto, as gelatinas que apresentam um teor de proteína mais baixo, são obtidas em pré-tratamentos com pH mais agressivos. As informações referenciadas na Tabela 3

para composição centesimal do subproduto pele com escamas do tambaqui com destaque ao teor de 33,16% para proteína bruta foram confirmadas no presente estudo através da análise centesimal da gelatina obtida, onde foi observado que a partir de uma tecnologia aplicada para obtenção de gelatina o produto apresentou-se com alto teor proteico.

Os baixos valores encontrados para as frações de lipídio (0,17%) e cinza (0,22%) na gelatina de pele com escamas no atual estudo foram obtidos a partir do pré-tratamento aplicado para o desengorduramento e desmineralização da matéria prima, o que garantiu valores inferiores aos relatados por Sila et al. (2017) para gelatina da pele da enguia europeia *A. anguilla* (L= 0,56% e C= 1,88%); Derkach et al. (2019) para a gelatina da pele do bacalhau *G. morhua* (C= 0,6-4,8%); Tkaczewska et al. (2018) para gelatina da pele da carpa *C. carpio* (L= 3,99-10,02% e C= 0,30-1,91%); Das et al. (2017) para gelatina das escamas do roho labeo *L. rohita* (L= 1,05% e C= 1,4%); Silva et al. (2014) para a gelatina da pele do cobia *R. canadum* (L= 1,6% e C= 1,0%) e Moia et al. (2021) para gelatina da pele do tambaqui *C. macropomum* (L= 1,23% e C= 2,99%). No entanto, apresentaram valores nas faixas ao encontrado por Cansu (2023) para gelatina da pele da carpa *C. luteus* (L= 0,2-3,5% e C= 0,09-3,54%) e similaridade ao relatado por Da Silva et al. (2018) para gelatina dos resíduos (cabeça, espinhaço, nadadeiras, couro e escamas) do tambaqui *C. macropomum* e matrinxã *B. amazonicus* (C= 0,29% e C= 0,26%).

A utilização da pele de peixes com baixo teor de gordura, garante uma gelatina de qualidade (DERKACH *et al.*, 2019), corroborando com o atual estudo, que apresentou o teor de 1,23% para sua matéria prima e após a extração, a gelatina apresentou um teor de lipídios de 0,17%. Além disso, o valor para cinzas atendeu aos requisitos da BSN (1995) e ao padrão da GMIA (2019), que estabelecem valores máximos de 3,25% e 2%, respectivamente. No entanto, o valor do lipídio de 0,17% e carboidratos de 0,38% não atenderam ao padrão da GMIA (2019), que determina um valor de 0% para as duas frações, entretanto, a instituição emite uma observação que as variações dos valores apresentados nas gelatinas estão relacionadas com o tipo de extração e a matéria-prima utilizada, e os valores apresentados não devem ser usados como parâmetros de rotulagem.

### 3.4. pH

O pH médio da gelatina dissolvida em água destilada do presente trabalho apresentou valor de  $6,49 \pm 0,73$ , o que atendeu ao padrão estabelecido pela GMIA (2019), que estabelecem para as gelatinas valores entre 3,8-7,5 e estando na faixa apresentada por Cansu (2023) para gelatina da pele da carpa *C. luteus*, que foi entre 3,45-6,49.

Binsi et al. (2009) relatam para o pH da gelatina da pele do pargo patudo *P. hamrur* o valor de 6,44, Moia et al. (2021) apresentam para gelatina da pele do tambaqui *C. macropomum* o valor de 6,12, enquanto Da Silva et al. (2018), obtiveram para a gelatina extraída dos resíduos (cabeça, espinhaço, nadadeiras, pele e escamas) do tambaqui *C. macropomum* e matrinxã *B. amazonicus* por método de extração em ácido acético o pH 6,41 e 6,57, valores estando em consonância com o atual estudo.

Elango et al. (2014) obtiveram para a gelatina de pescado o pH entre 5 e 6, por outro lado, Shyni et al. (2014) relatam para a gelatina da pele do atum gaiado *K. pelamis*, tubarão *Scoliodon sorrakowah* e carpa *L. rohita*, valores que variaram entre 4,17 à 4,34 e Nurilmala et al. (2021) para gelatina da pele das espécies peixe-gato *P. hypophthalmus* (Sauvage, 1878), tilápia *O. niloticus* e atum *Thunnus* sp., apresentaram valores de 5,56, 5,67 e 5,65, respectivamente, valores considerados inferiores ao pH da gelatina da pele com escamas do tambaqui. No entanto, Silva et al. (2017a) citam um valor superior para a gelatina da pele do kumakuma *B. filamentosum*, apresentando o pH de 9,06.

É possível apontar o valor do pH ao processo de extração e as sucessivas lavagens com água destilada que a matéria prima sofria após cada troca de tratamento químico. De acordo com Shyni et al. (2014) o pH da gelatina pode variar com o pré-tratamento aplicado, enquanto, Silva et al. (2017a) apontam que a presença de NaOH durante o pré-tratamento da matéria prima eleva a concentração do pH das amostras. Renaldi et al. (2022) citam que deve ser levado em consideração o valor do pH e da temperatura durante a extração, pois afetam a força do gel. Visto que, o tratamento ácido reduz o valor do pH e a aplicação de uma lavagem eficiente durante o pré-tratamento da matéria prima é importante para reduzir o ácido presente (ABDULLAH et al., 2016) e consequentemente aproximar o valor do pH a neutralidade (NURILMALA et al., 2021). Podemos apontar que o pré-tratamento aplicado no presente estudo garantiu um produto classificado como gelatina do tipo A. De acordo com Karim e Bhat (2009), as gelatinas produzidas sob pré-tratamentos ácidos apresentam seu ponto isoelétrico entre pH 6-9 e são classificadas como gelatina tipo A.

### **3.5. Força do gel (Bloom) e viscosidade**

A gelatina extraída apresentou o valor da força de gel de  $236,22 \pm 2,55$  g, estando em conformidade ao encontrado para a gelatina comercial. De acordo com Karim e Bhat (2009), a gelatina comercial apresenta sua força de gel entre 100 e 300g, enquanto a GMIA (2019), aponta o valor de 50 a 300g. Al-Kahtani et al. (2017) citam que a qualidade

da gelatina é determinada pelo valor de Bloom que as classificam como baixa (150g), média (>150-220g) e alta (>220-300g), sendo a gelatina extraída do subproduto (pele com escamas) do tambaqui, classificada na faixa de alto valor Bloom.

A literatura reporta valores para a força de gel em gelatina obtida de diferentes espécies de pescado, acima do encontrado no presente estudo, Gómez-Guillén et al. (2002) para gelatina da pele do linguado *Solea vulgaris* (Linnaeus, 1758) ~350g e linguado areeiro *Lepidorhombus boscii* (Risso, 1810) ~340g; Alfaro e Silva (2010) para gelatina da pele da tilápia *O. niloticus* 343 ± 7,55g; Silva et al. (2017a) para gelatina da pele do Kumakuma *B. filamentosum* 263,66 ± 8,43 g e Chavan et al. (2018) para gelatina da pele e ossos do peixe-gato *P.hypophthalmus* 309,52 e 282,09g e corvina mancha preta *P. diacanthus* 320 e 290,11g.

Os valores encontrados para gelatina extraída da pele do pargo patudo *P. hamrur* de 108g (BINSI et al., 2009), para a gelatina da pele do bacalhau *G. morhua* de ~70g e para gelatina da pele da pescada europeia *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) de ~100g (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2002), para gelatina da pele do peixe-gato *P. pangasius* de 140,57g (SAPUTRA et al., 2015), para gelatina da pele do salmão do Atlântico *S. salar* de 103,67 a 198,6g (RENALDI et al., 2022), para gelatina da pele do bagre *P. hypophthalmus* de 204,01 ± 10,8g, para gelatina da pele da tilápia *O. niloticus* de 59,37±3,66g e para gelatina da pele do atum *Thunnus* sp. de 43,0 ± 3,72g (NURILMALA et al., 2021), foram considerados inferiores ao atual estudo. Porém, o valor encontrado para esta pesquisa foi considerado similar ao reportado para gelatina da pele do cobia *R. canadum*, apresentando o valor de 232,0 ± 9,0 g (SILVA et al., 2014).

Segundo Silva et al. (2017a) as gelatinas que demonstram géis com maiores forças, estão relacionadas a presença de cadeias mais espessas. Essas formações de redes mais fortes estão relacionadas com maiores concentrações de cadeias  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  (KHIARI et al., 2017, ALI et al., 2018). Enquanto, gel com cadeias fragmentadas apresentam forças menores (KITTIPIHATTANABAWON et al., 2010), o que não foi observado no atual estudo, o qual apresentou o Bloom de 236,22 g.

A força da gelatina é uma propriedade física importante (AHMED et al., 2020) que determina seu valor comercial (SILVA et al., 2017a), sendo a sua força influenciada pela temperatura, tempo de maturação (KOLODZIESJSKA et al., 2004), concentração, presença de outros hidrocolóides, condição de preparo (SILVA et al., 2014), composição de aminoácidos e a sua estabilidade está relacionada com a presença ligações de hidrogênio (KOLI et al., 2011).

De acordo com Silva et al. (2017a), a aplicação da gelatina extraída de peixe como alimento depende da sua força de gel, entre outras propriedades. Huang et al. (2017) apontam que as modificações com complexos reforçados nas estruturas da gelatina extraída de peixes possibilitam a sua aplicação nas indústrias de alimento e farmacêuticas. Mariod e Adam (2013) citam que as gelatinas que apresentam força de gel de 0 a 140 g são aplicadas para microencapsulação de vitaminas (A, D e E), as que apresentam valores de 70 a 90 g são aplicadas em clareamento (vinhos e sucos) e as que apresentam valores de 125 a 250 g são aplicadas em indústrias têxteis. Por outro lado, Muhammad et al. (2016) apontam a força de Bloom como uma propriedade estritamente relacionada com a viscosidade, sendo esses importantes para a aplicação da gelatina nas indústrias alimentícias.

A gelatina extraída no presente estudo obteve o valor médio para viscosidade de  $7,51 \pm 0,65$  centipoise (cP), o que a coloca na faixa das gelatinas comerciais. De acordo com Karayannakidis e Zotos (2016) as gelatinas comerciais apresentam valores para viscosidade de 2 a 7 cP, chegando até 13 cP em casos de gelatinas especiais. No entanto, estando inferior ao padrão estabelecido pelo Instituto de Fabricantes de Gelatina da América (GMIA, 2019), apontando a faixa de variação da gelatina entre 15 a 75 cP.

Nos estudos realizados com as espécies marinhas, Mohtar et al. (2010) obtiveram para gelatina extraída da pele do Hoki *Macruronus novaezelandiae* (Hector, 1871) viscosidade de 10,8 cP; Chavan et al. (2018) para a gelatina da pele do corvina mancha preta *P. diacanthus* o valor de 34,86 cP; Nurilmala et al. (2021) para gelatina da pele do atum *Thunnus* sp. o valor de 65 cP e Koli et al. (2012) para a gelatina extraída da pele da corvina-dente-de-tigre *Otolithes ruber* (Bloch e Schneider, 1801) e para gelatina da pele da perca rosa *Nemipterus japonicas* (Bloch, 1791) os valores de 10,53 e 8,47 cP, respectivamente, estando superiores ao atual estudo. Entretanto, nos estudos realizados por Shyni et al. (2014) para gelatina da pele do atum gaiado *K. pelamis* e Silva et al. (2014) para a gelatina da pele do cobia *R. canadum* e do corvina *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823), as viscosidades foram de 4,4, 4,3 e 3,5 cP, respectivamente, sendo inferiores ao atual estudo.

Para as gelatinas da pele de espécies de água doce, foram encontrados valores inferiores ao atual estudo, Boran et al. (2010) com carpa prateada *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844) relatou valor de 6,9cP, Madhamuthanalli e Bangalore (2014) e Shyni et al. (2014) com o rohu *L. rohita* relataram valores de 3,2 e 2,5 cP



respectivamente, e See et al. (2015) com o bagre africano *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) relatou valores de 3,56-3,62 cP.

Valores superiores também foram reportados na literatura para espécies de água doce, Madhamuthanalli e Bangalore (2014) apresentaram valores de 9 cP para gelatina da pele do Catla *Catla catla* (Hamilton, 1822) e 11,5 cP para gelatina da pele do mrigal *Cirrhinus mrigala* (Hamilton, 1822). Chavan et al. (2018) obtiveram 28,07 cP para a gelatina da pele do bagre *P. hypophthalmus* e Nurilmala et al. (2021) para gelatina da pele do bagre *P. hypophthalmus* e da gelatina da pele da tilápia *O. niloticus*, valores de 61,66 e 66,33 cP. Enquanto, Ratnasari et al. (2014) obtiveram para gelatina da pele do bagre pangas *Pangasius pangasius* (Hamilton, 1822) o valor de 7,87 cP, considerado similar ao atual estudo.

A gelatina é um produto que possui propriedades físicas importantes para a sua comercialização (SEE et al., 2015). De acordo com Lin et al. (2017), a viscosidade é considerada uma das propriedades comerciais com grande relevância e Zhou e Regenstein (2007) apontam a viscosidade como a segunda propriedade comercial mais importante da gelatina. No entanto, os parâmetros do processo como temperatura, pH, concentração sais adicionados (WASSWA et al., 2007) e as espécies utilizadas afetam a viscosidade da gelatina (GUDMUNDSSON, 2002). Sendo que o longo tempo de extração acompanhado de altas temperaturas fragmentam as cadeias colagenosas (ALFARO et al., 2014), e afetam o tamanho molecular e comprimento das cadeias (CHAVAN et al., 2018).

Assim, cadeias fragmentadas podem apontar uma diminuição na viscosidade (LIN et al., 2017). No entanto, procedimentos como centrifugação e troca iônicas podem ser usados para purificação da gelatina, e assim, elevar a sua viscosidade (CANSU, 2023). Sendo os géis curtos e quebradiços característicos de gelatinas com baixa viscosidade, as que apresentam maiores resistência e extensividade são as gelatinas de alta viscosidade (WAINWRIGHT, 1977). De acordo com See et al. (2015) e Lin et al. (2017), as gelatinas de alta viscosidade são as mais utilizadas para inúmeras aplicações comerciais e as que possuem os preços mais altos no mercado.

#### **4. CONCLUSÃO**

O subproduto (pele com escamas) do tambaqui *C. macropomum*, apresentam-se como uma fonte alternativa para extração de gelatina. De modo que, foi possível a obtenção da gelatina deste subproduto, apresentando ótimas características centesimais e

pH, condizente aos das gelatinas comerciais, além de boas propriedades reológicas (viscosidade e força Bloom) às vistas na literatura, podendo ser manipulada para futuras aplicações em diversas áreas biotecnológicas. E espera-se que essas informações científicas possam ser úteis para indústrias pesqueiras, para que possam utilizar de forma sustentável os subprodutos, gerando emprego e renda, bem como minimizar os impactos ambientais oriundos do processamento do pescado.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, M.S.P., Noordin, M.I., Ismail, S.I.M., Nyamathulla, S., Jasamai, M., Wai, L.K., Mustapha, N.M., & Shamsuddin, A.F. (2016). Physicochemical evaluation and spectroscopic characterisation of gelatin from shank and toes of *Gallus gallus domesticus*. *Sains Malaysiana*, 45 (3), 435-449.
- ABREU, L.F., RIBEIRO, S.C.A., & ARAÚJO, A.F. (2012). Processo agroindustrial: Elaboração de farinha de resíduos de tambaqui (*Colossoma macropomum*) para uso como ingrediente de rações de pescado. Embrapa. *Revista Circular Técnica* 47, 5.
- Ahmad, M., Benjakil, S., Ovissipour, M., & Prodpran, T. (2011). Indigenous proteases in the skin of unicom leatherjacket (*Alutherus monóceros*) and their influence on characteristic and functional properties o gelatin. *Food Chemistry*, 127 (2), 508-515.
- Ahmed, M. A., Al-Kahtani, H. A., Jaswir, I., Abutarboush, H., & Ismail, E. A. (2020). Extraction and characterization of gelatin from camel skin (potential halal gelatin) and production of gelatin nanoparticles. *Saudi journal of biological sciences*, 27 (6), 1596-1601.
- Alfaro, A. T., Fonseca, G. G., Balbinot, E., Souza, N. E., & Prentice, C. (2014). Yield, viscosity, and gel strength of wami tilapia (*Oreochromis urolepis hornorum*) skin gelatin: optimization of the extraction process. *Food Science and Biotechnology*, 23(3), 765-773.
- Alfaro, A. T., & Silva, E. F. (2010). Propriedades reológicas da gelatina obtida a partir de pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Instituto Adolfo Lutz*, 69 (4), 555-561.
- Ali, A. M. M., Kishimura, H., & Benjakul, S. (2018). Physicochemical and molecular properties of gelatin from skin of golden carp (*Probarbus Jullieni*) as influenced by acid pretreatment and prior-ultrasonication. *Food Hydrocolloids*, 82, 164-172.
- Al-Kahtani, H.A., Jaswir, I., Ismail, E.A., Ahmed, M.A., Hamed, A.M., Olorunnisola, S., & Octavianti, F. (2017). Structural characteristics of camel-bone gelatin by demineralization and extraction. *International Journal of Food Properties*, 20, (11), 2559-2568.
- Barth, A. Fine-structure enhancement-Assessment of a simple method to resolve overlapping bands in spectra. (2000). *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 56 (6), 1223-1232.
- Binsi, P.K., Shamasundar, B.A., Dileep, A.O., Badii, F., & Howell, N.K. (2009). Rheological and functional properties of gelatin from the skin of Bigeye snapper (*Priacanthus hamrur*) fish: influence of gel oh the gel forming ability of fish mince. *Food Hydrocolloids*, 23 (1), 132-145.
- Boran, G., Mulvaney, S. J., & Regenstein, J. M. (2010). Rheological properties of gelatin from silver carp skin compared to commercially available gelatins from different sources. *Journal of food science*, 75 (8), E565-E571.
- Bordignon, A. C., Franco, M. L. R. D. S., Gasparino, E., Yajima, E. M., Vesco, A. P. D., Visentainer, J. V., & Mikcha, J. M. G. (2012). Aproveitamento de peles de tilápia-do-nilo

congeladas e salgadas para extração de gelatina em processo batelada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(3), 473-478.

Borges, A., Medina, B. G., Conte Junior, C. A., & Freitas, M. Q. (2013). Aceitação sensorial e perfil de textura instrumental da carne cozida do pacu (*Piaractus mesopotamicus*), do tambaqui (*Colossoma macropomum*) e do seu híbrido tambacu eviscerados e estocados em gelo. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, 20 (3), 160-165.

BSN- Badan Standarisasi Nasional. SNI 06-3735-1995. *Mutu dan Cara Uji Gelatin*, Jakarta, 1995.

Caldato, K., Naves, F.K.S., & Zatta, L. (2019). Gelatina extraída de escamas da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) produzidas no município de Pato Branco: caracterizações e comparações com amostras comerciais. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 13 (1), 2730-2751.

Cansu, Ü. (2023). Comparative evaluation of different separation and concentration procedures on some quality and functional properties of fish gelatin. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 83, 103237.

Chavan, R. R., Dora, K. C., Koli, J. M., Chowdhury, S., Sahu, S., & Talwar, N. A. (2018). Optimization of Fish Gelatin Extraction from *Pangasianodon hypophthalmus* and *Protonibea diacanthus* Skin and Bone. *Int J Pure Appl Biosci*, 6(2), 1195-1209.

Choi, S. S., & Regenstein, J. M. (2000). Physicochemical and Sensory Characteristics of Fish Gelatin. *Journal of Food Science*, 65 (2), 194 – 199.

Choonpicharn, S., Jaturasitha, S., Rakariyatham, N., Suree, N. & Niamsup, H. (2015). Antioxidant and antihypertensive activity of gelatin hydrolysate from Nile tilapia skin. *Journal of food science and technology*, 52 (5), 3134-3139.

Coppola, D., Lauritano, C., Palma Esposito, F., Riccio, G., Rizzo, C., & de Pascale, D. (2021). Fish Waste: From Problem to Valuable Resource. *Mar. Drugs*, 19(2): 1–39. <https://doi.org/10.3390/md19020116>.

Costa, S. R., & Souza, P. A. R. (2012). O impacto dos resíduos de pescado: o caso da “Feira do Bagaço” no município de Parintins no Amazonas. *DELOS Revista Desarrollo Local Sostenible*, 5 (14), 01 – 11.

Da Silva, G.C. D. O., Sousa, S., Carvalho, J.W.P., Guedes, F.S., & Loss, R.A. (2018). Obtenção e caracterização físico-química e microbiológica da gelatina de resíduos de matrinxã (*Bryconamazonicus*) e tambaqui (*Colossoma macroponum*). *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, 6 (1), 74-84.

Das, M. P., Suguna, P. R., Prasad, K., Vijaylakshmi, J., & Renuka, M. (2017). Extraction and Characterization of Gelatin: A Functional Biopolymer. *Int. J. Pharm. Pharm. Sci.*, 9 (9), 239-242.

Decker, A. T., Rodrigues, E. A., Almeida, J. C., Quadro, M. S., Leandro, D., Andrezza, R., & Barcellos A. A. (2016). Avaliação dos possíveis impactos ambientais dos resíduos

de pescado na localidade de Pelotas/RS. *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*, 2 (1), 01-10.

Derkach, S. R., Kuchina, Y. A., Baryshnikov, A. V., Kolotova, D. S., & Voron'ko, N. G. (2019). Tailoring cod gelatin structure and physical properties with acid and alkaline extraction. *Polymers*, 11 (10), 1724.

Díaz-Calderón, P., Flores, E., González-Muñoz, A., Pepczynska, M., Quero, F., & Enrione, J. (2017). Influence of extraction variables on the structure and physical properties of salmon gelatin. *Food Hydrocolloids*, 71, 118-128.

Drelich A.J., Monteiro, S.N., Brookins., J., & Drelich, J.W. (2018). Fisk Skin: A natural inspiration for Innovation. *Advanced Biosystems*, 2(7), 1800055. DOI: 10.1002/adbi.201800055.

Egerton, S., Culloty, S., Whooley, J., Stanton, C., & Paul Ross, R. (2018). Characterization of protein hydrolysates from blue whiting (*Micromesistius poutassou*) and their application in beverage fortification. *Food Chemistry*, 245, 698-706. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.107>.

Elango, J., Robinson, S. J., Arumugam, V., Geevaretnam, J., & Durairaj, S. (2014). Effect of Protein and Sorbitol Concentrations on the Properties of Fish Gelatin Films. *American Journal of Advanced Food Science and Technology*, 2 (1), 1-11.

Espinoza, D., & Castillo, A. (2022). Technological advances in obtaining, identifying and producing protein hydrolysates from fish residues by enzymatic action: bioactive and technofunctional properties, application in food, market and regulation. *Scientia Agropecuaria*, 13 (2), 135-148.

Franco, M. L. R. S., Franco, N. P., Gasparino, E., Dorado, D. M., Prado, M., & Vesco, A. P. D. (2013). Comparação das peles de tilápia do Nilo, pacu e tambaqui: Histologia, composição e resistência. *Archivos de Zootecnia*, 62 (237), 21-32.

GMIA- Gelatin Manufactures Institute Of Americas's. *Standard Testing Methods for Edible Gelatin*. Available online: [http://www.gelatingmia.com/uploads/1/1/8/4/118450438/gmia\\_official\\_methods\\_2019.pdf](http://www.gelatingmia.com/uploads/1/1/8/4/118450438/gmia_official_methods_2019.pdf) (acesso 2022).

Gómez-Guillén, M. C., Turnay, J., Fernández-Díaz, M. D., Ulmo, N., Lizarbe, M. A., & Montero, P. (2002). Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: A comparative study. *Food Hydrocolloids*, 16 (1), 25-34.

Gómez-Guillén, M.C., Ihl, M., Bifani, V., Silva, A., & Montero, P. (2007). Edible films made from tuna-fish gelatin with antioxidant extracts of two different murta ecotypes leaves (*Ugni molinae* Turcz). *Food Hydrocolloids*, 21 (7), 1133-1143.

Gudmundsson M., & Hafsteinsson H. (1997). Gelatin from cod skins as affected by chemical treatments. *Journal of Food Science*, 62 (1), 37-39.

Gudmundsson, M. (2002). Rheological properties of fish gelatins. *Journal of Food Science*, 67(6), 2172–2176.

- Hanani, Z. N., Roos, Y., Kerry, J., & Kerry, J. (2011). Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopic analysis of biodegradable gelatin films immersed in water. In: *11th International Congress on Engineering and Food. Congress conducted at Athens, Greece.*
- Haug I. J., Draget K. I., & Smidsrod O. (2004). Physical and rheological properties of fish gelatin compared to mammalian gelatin. *Food Hydrocolloids*, 18 (2), 203- 213.
- HERMANTO, S.; SUMARLIN, L. O.; FATIMAH, W. (2013). Differentiation of bovine and porcine gelatin based on spectroscopic and electrophoretic analysis. **Journal of Food and Pharmaceutical Sciences**, v. 1, n. 3, p. 68–73.
- Huang, C.Y., Kuo, J.M., Wu, S.J., & Tsai, H.T. (2016). Isolation and characterization of fish scale collagen from tilapia (*Oreochromis* sp.) by a novel extrusion–hydro-extraction process. *Food Chemistry*, 190, 997-1006.
- Huang, T.; Tu, Z.C.; Wang, H.; Shangguan, X.; Zhang, L.; Zhang, N. H., & Bansal. (2017). Pectin and enzyme complex modified fish scales gelatina: Rheological behavior, gel properties and nanostructures. *Carbohydrate polymers*, 156, 294-302.
- Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. 4<sup>a</sup> ed. São Paulo/SP, IAL, 1, 245-266.
- Izel, A.C.U., & Melo, L.A.S. (2004). *Criação de tambaqui (Colossoma macropomum) em tanques escavados no estado do Amazonas*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 19p.
- Kamer, D.D.A., Palabiyik, I., Isik, N.O., Akyuz, F., Demirci, A.S. & Gumus, T. (2019). Effect of confectionery solutes on the rheological properties of fish (*Oncorhynchus mykiss*) gelatin. *LWT*, 101, 499-505.
- karayannakidis, P. D., & Zotos, A. (2016). Fish Processing By-Products as a Potential Source of Gelatin. A Review. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 25(1), 65-92.
- Karim, A.A., & Bhat, R. (2009). Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food Hydrocolloids*, 23 (3), 563-576.
- Khiari, Z., Rico, D., Martin-Diana, A. B., & Barry-Ryan, C. (2017). Valorization of fish by-products: rheological, textural and microstructural properties of mackerel skin gelatins. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19, 180-191.
- Khiari, Z., Rico, D., Martin-Diana, A.B., & Barry-Ryan, C. (2015). Characterization of blue whiting skin gelatins extracted after pretreatment with different organic acids. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 24 (6), 546-555.
- Kittiphattanabawon, P., Benjakul, S., Visessanguan, W., & Shahidi, F. (2010). Comparative study on characteristics of gelatin from the skins of brownbanded bamboo shark and blacktip shark as affected by extraction conditions. *Food hydrocolloids*, 24(2-3), 164-171.

- Koli, J. M., Basu, S., Nayak, B. B., Kannuchamy, N., & Gudipati, V. (2011). Improvement of gel strength and melting point of fish gelatin by addition of coenhancers using response surface methodology. *Journal of food science*, 76(6), E503-E509.
- Koli, J. M., Basu, S., Nayak, B. B., Patange, S. B., Pagarkar, A. U., & Gudipati, V. (2012). Functional characteristics of gelatin extracted from skin and bone of Tiger-toothed croaker (*Otolithes ruber*) and Pink perch (*Nemipterus japonicus*). *Food and bioproducts processing*, 90(3), 555-562.
- Kołodziejka, I., Kaczorowski, K., Piotrowska, B., & Sadowska, M. (2004). Modification of the properties of gelatin from skins of Baltic cod (*Gadus morhua*) with transglutaminase. *Food Chemistry*, 86(2), 203-209.
- Lim, Y. S., Ok, Y. J., Hwang, S. Y., Kwak, J. Y., & Yoon, S. (2019). Marine collagen as a promising biomaterial for biomedical applications. *Marine drugs*, 17(8), 467.
- Lima, C. A. S., bussons, M. R. F. M., Aride, P. H. R., Oliveira, A. T., O'sullivan, F. L. A., & Pantoja-Lima, J. (2021). Análise socioeconômica e lucratividade da piscicultura do tambaqui (*Colossoma macropomum*) no estado do Amazonas, Brasil. *Aquicultura na Amazônia: estudos técnicocientíficos e difusão de tecnologias*. Atena, Ponta Grossa, 86-102.
- Lima, L. K. F., Noletto, S. S., Santos, V. R. V., Luiz, D. B., & Kirschnik, P. G. (2018). Rendimento e composição centesimal do tambaqui (*Colossoma macropomum*) por diferentes cortes e categorias de peso. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 12 (2), 223 - 235.
- Lin, L., Regenstein, J. M., Lv, S., Lu, J., & Jiang, S. (2017). An overview of gelatin derived from aquatic animals: Properties and modification. *Trends in Food Science & Technology*, 68, 102-112.
- Machado, T. M., de Cássia Catapreta, L., Furlan, É. F., & Neiva, C. R. P. (2020). Economia circular e resíduo de pescado. *Brazilian Journal of Environmental Sciences (RBCIAMB)*, 55(4), 525-535.
- Madhamuthanalli, C. V., & Bangalore, S. A. (2014). Rheological and physico-chemical properties of gelatin extracted from the skin of a few species of freshwater carp. *International journal of food science & technology*, 49(7), 1758-1764.
- Mariod, A. A., & Fadul, H. (2013). Gelatin, source, extraction and industrial applications. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 12(2), 135-147.
- Martins, L.R., Veit, M. T., Palácio, S. M., Gonçalves, G. C., & Santos, J.D. (2018). Associação Entre Coagulantes E Copolímero Para O Tratamento De Efluente Proveniente Do Processamento Artesanal De Pele De Peixe. *Perspectivas da Ciência e Tecnologia*, 10, 1-14.
- Miranda, A. F. J., & lens, M. T. (2021). Aspectos sanitários e geração de resíduos na comercialização do pescado na Feira do Ver-o-Peso, Belém, Estado do Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 8(18): 77-92. ISSN 2359-1412 <https://doi.org/10.21438/rbgas081804>.

- Mohtar, N. F., Perera, C., & Quek, S. Y. (2010). Optimisation of gelatine extraction from hoki (*Macruronus novaezelandiae*) skins and measurement of gel strength and SDS-PAGE. *Food Chemistry*, 122 (1), 307-313.
- Moia, P. J. S., Lourenço, L. D. F. H., Sousa, C. L. L., Batista, J. T. S., Joele, M. R. S. P., & Araujo, E. A. F. (2021). Efeito dos plastificantes sorbitol e glicerol em filmes de gelatina da pele de tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 15 (2), 3573-3590.
- Montero, P., & Gómez-Guillén, M.C. (2000). Extracting conditions for Megrim (*Lepidorhombus boscii*) skin collagen affect functional properties of the resulting gelatin. *Journal of Food Science*, 65 (3), 434-438.
- Muhammad, K. M. L., Ariffin, F., Abd Razak, H. K. B., & Sulaiman, P. D. S. (2016). Review of fish gelatin extraction, properties and packaging applications. *Food Sci. Nutr*, 56, 47-59.
- Nicolas-Simonnot, M. O., Tréguer, V., Leclerc, J. P., Sardin, M., Brajoux, J. P., Moy, J., & Takerkart, G. (1997). Experimental study and modelling of gelatin production from bone powder: elaboration of an overall kinetic scheme for the acid process. *Chemical Engineering Journal*, 67(1), 55-64.
- Nóbrega, T. C., de Souza, L. A., Bezerra, S. C., & Lobo, B. P. (2020). Variação temporal e origem do Tambaqui (*Colossoma macropomum*) desembarcado na feira da panair. *Brazilian Journal of Development*, 6(2), 9118-9132.
- Nurilmala, M., Nasirullah, M. T., Nurhayati, T., & Darmawan, N. (2021). Physical-Chemical Characteristics of Gelatin from the Skins of Patin, Tilapia, and Tuna Fish. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 23(1), 71-77.
- Nurul, A. G., & Sarbon, N. M. (2015). Effects of pH on functional, rheological and structural properties of eel (*Monopterus sp.*) skin gelatin compared to bovine gelatin. *International Food Research Journal*, 22 (2), 572-583.
- Olatunji, O. (2020). *Aquatic biopolymers*. Springer International Publishing.
- Oliveira, V.M., da Cunha, M.N.C., Nascimento, T.P., Assis, C.R.D., Bezerra, R.S., & Porto, A.L.F. (2017). Colágeno: características gerais e produção de peptídeos bioativos - uma revisão com ênfase nos subprodutos do pescado. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, 5 (2), 70-82.
- Pal, G. K., & Suresh, P. V. (2017). Comparative assessment of physico-chemical characteristics and fibril formation capacity of thermostable carp scales collagen. *Materials Science and Engineering: C*, 70, 32-40.
- PEIXE-BR. *Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixes BR* (2022). Associação Brasileira da Piscicultura, 79p.
- Prestes, R. C., Golunski, S. M., Toniazzo, G., Kempka, A. P., & Luccio, M. (2013). Caracterização da fibra de colágeno, gelatina e colágeno hidrolisado. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 15(4), 375-382.



- Ratnasari, I., Sudarminto, S. Y., Nusyam, H., & Widjanarko, S. B. (2014). Extraction process modification to enhance properties of skin gelatin of pangas catfish (*Pangasius pangasius*). *Food and Public Health*, 4(3), 140-150.
- Renaldi, G., Sirinupong, N., & Samakradhamrongthai, R. S. (2022). Effect of extraction pH and temperature on yield and physicochemical properties of gelatin from Atlantic salmon (*Salmo salar*) skin. *Agriculture and Natural Resources*, 56(4), 687-696.
- Saputra, R. H., Widiastuti, I., & Supriadi, A. (2015). Physical and Chemical Characteristics of Cat Fish (*Pangasius pangasius*) Skin Gelatin with Various Combination of Acid and Temperature. *Jurnal Fishtech*, 4(1), 29-36.
- Schrieber, R., & Gareis, H. (2007). *Gelatine handbook: theory and industrial practice*. John Wiley & Sons.
- See, S. F., Ghassem, M., Mamot, S., & Babji, A. S. (2015). Effect of different pretreatments on functional properties of African catfish (*Clarias gariepinus*) skin gelatin. *Journal of food science and technology*, 52 (2), 753-762.
- Shakila, R. J., Jeevithan, E., Varatharajakumar, A., Jeyasekaran, G., & Sukumar, D. (2012). Functional characterization of gelatin extracted from bones of red snapper and grouper in comparison with mammalian gelatin. *LWT-Food science and technology*, 48, 30-36.
- Shyni, K., Hema, G. S., Ninan, G., Mathew, S., Joshy, C. G., & Lakshmanan, P. T. (2014). Isolation and characterization of gelatin from the skins of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*), dog shark (*Scoliodon sorrakowah*), and rohu (*Labeo rohita*). *Food hydrocolloids*, 39, 68-76.
- Sila, A., Martinez-Alvarez, O., Krichen, F., Gómez-Guillén, M. C., & Bougatef, A. (2017). Gelatin prepared from European eel (*Anguilla anguilla*) skin: Physicochemical, textural, viscoelastic and surface properties. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 529, 643-650.
- Silva, E. V. C., Lourenço, L. D. F. H., & da Silva Pena, R. (2017b). Obtaining Gelatin from the Skin of Gilthead Bream (*Brachyplatystoma rousseauxii*) using Two Pre-treatment. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 13(5), 182-189.
- Silva, E. V. C., Lourenço, L. F. H., & Pena, R. S. (2017a). Optimization and characterization of gelatin from kumakuma (*Brachyplatystoma filamentosum*) skin. *CyTA-Journal of Food*, 15(3), 361-368.
- Silva, J. F. X., Ribeiro, K., Silva, J. F., Cahú, T. B., & Bezerra, R. S. (2014). Utilization of tilapia processing waste for the production of fish protein hydrolysate. *Animal feed science and technology*, 196, 96-106.
- Silva, R. S. G., Bandeira, S. F., & Pinto, L. A. A. (2014). Characteristics and chemical composition of skins gelatin from cobia (*Rachycentron canadum*). *LWT-Food Science and Technology*, 57(2), 580-585.

Sinthusamran, S., Benjakul, S., & Kishimura, H. (2014). Characteristics and gel properties of gelatin from skin of seabass (*Lates calcarifer*) as influenced by extraction conditions. *Food Chemistry*, *152*, 276-284.

Souza, A.F.L., & Inhamuns, A.J. (2011). Análises de rendimento cárneo das principais espécies de peixes comercializados no estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, *41* (2), 289–296.

Souza, M. L. R., Dourado, D. M., Machado, S. D., Buccini, D. F., Jardim, M. I. A., Matias, R., Correia, C., & Ferreira, I. C. (2003). Análise da pele de três espécies de peixes: histologia, morfometria e testes de resistência. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *32* (6), 1551-1559. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000700003>

Stevanato, F. B., Petenucci, M. E., Matsushita, M., Mesomo, M. C., Souza, N. E. D., Visentainer, J. E. L., Almeida, V.V., & Visentainer, J. V. (2007). Avaliação química e sensorial da farinha de resíduo de tilápias na forma de sopa. *Food Science and Technology*, *27* (3), 567-571.

Stuart, B. H. (2004). *Infrared spectroscopy: fundamentals and applications*. John Wiley & Sons: New York, NY, USA.

Tkaczewska, J., Morawska, M., Kulawik, P., & Zajac, M. (2018). Characterization of carp (*Cyprinus carpio*) skin gelatin extracted using different pretreatments method. *Food Hydrocolloids*, *81*, 169-179.

Tran, N. H., Gin, K. Y. H., & Ngo, H. H. (2015). Fecal pollution source tracking toolbox for identification, evaluation and characterization of fecal contamination in receiving urban surface waters and groundwater. *Science of the Total Environment*, *538*, 38-57.

Valcarcel, J., Hermida-Merino, C., Piñeiro, M. M., Hermida-Merino, D., & Vázquez, J. A. (2021). Extraction and characterization of gelatin from skin by-products of seabream, seabass and rainbow trout reared in aquaculture. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(22), 12104.

Valenti, W. C., Barros, H. P., Moraes-Valenti, P., Bueno, G. W., & Cavalli, R. O. (2021). Aquaculture in Brazil: past, present and future. *Aquaculture Reports*, *19*, 100611.

Vaz, L. C. S., Pinto, E. G., Soares, D. S. B., & Fernandes, A. P. S. (2020). Extração do colágeno a partir de pele de peixe da espécie tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) do rio e represa. *Agrarian Academy*, *7*(14), 36-43.

Vidal, B. C., & Mello, M. L. S. (2011). Collagen type I amide I band infrared spectroscopy. *Micron*, *42*(3), 283-289.

Wainwright, F. W. (1977). Physical tests for gelatin and gelatin products. *The science and technology of gelatin*, 507-531.

Ward, A. G., & Courts, A. (1977). *Science and technology of gelatin*. Academic press.

Wasswa, J., Tang, J., & Gu, X. (2007). Utilization of fish processing by-products in the gelatin industry. *Food Reviews International*, 23(2), 159-174.

Yakimets, I., Wellner, N., Smith, A. C., Wilson, R. H., Farhat, I., & Mitchell, J. (2005). Mechanical properties with respect to water content of gelatin films in glassy state. *Polymer*, 46(26), 12577-12585.

Zar, J. H (2010). *Biostatistical analysis, 5th edition*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

Zhou, P., & Regenstein, J. M. (2007). Comparison of water gel desserts from fish skin and pork gelatins using instrumental measurements. *Journal of Food Science*, 72(4), C196-C201.

## CONCLUSÃO GERAL

A utilização de subprodutos de pescado tem despertado um grande interesse mundial, devido às características biológicas presentes, as quais proporcionam uma série de estudos em diferentes vertentes, voltadas ao uso alternativo dos subprodutos para fins tecnológicos.

A gelatina extraída dos subprodutos de pescado apresenta-se com potencial biotecnológico de aplicação nas diversas áreas, o que agrega valor aos subprodutos da cadeia produtiva de pescado.

O subproduto (pele com escamas) do tambaqui *C. macropomum*, não diferente disso, apresentou-se como uma fonte para extração da gelatina, com bom rendimento, ótimas características centesimais, pH, e propriedades reológicas (viscosidade e força Bloom).