



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS - UFT  
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS  
ENGENHARIA DE ALIMENTOS

LARA MILHOMEM GUIDA

**EXTRAÇÃO DE COLÁGENO OBTIDO A PARTIR DE SUBPRODUTOS DO PIRARUCU**  
*(Arapaima gigas)*

PALMAS – TO

2019

LARA MILHOMEM GUIDA

**EXTRAÇÃO DE COLÁGENO OBTIDO A PARTIR DE SUBPRODUTOS DO  
PIRARUCU (*Arapaima gigas*)**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado ao curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Tocantins como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Abraham Damian Giraldo Zuñiga

Co-orientadora: Msc. Mariana Carvalho Barbosa

PALMAS-TO

2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

G946e Guida, Lara Milhomem Guida.  
Extração de colágeno obtido a partir de subprodutos do pirarucu  
(*Arapaima gigas*). / Lara Milhomem Guida Guida. – Palmas, TO, 2019.  
48 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus  
Universitário de Palmas - Curso de Engenharia de Alimentos, 2019.

Orientador: Abraham Damian Giraldo Zuñiga Zuñiga

Coorientadora : Mariana Carvalho Barbosa Barbosa

1. Resíduo. 2. Pescado. 3. Tratamento ácido. 4. Proteínas. I. Título

**CDD 664**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizada desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

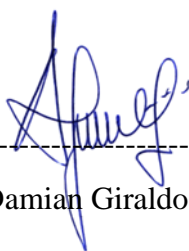
**EXTRAÇÃO DE COLÁGENO OBTIDO A PARTIR DE SUBPRODUTOS DO PIRARUCU**  
*(Arapaima gigas)*

Elaborado por  
Lara Milhomem Guida

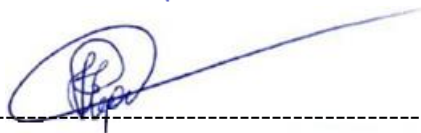
Como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

DATA DA APROVAÇÃO 17/04/2019.

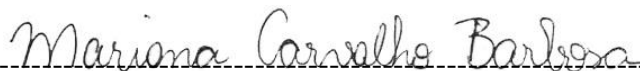
COMISSÃO EXAMINADORA



-----  
Prof. (o) Dr. Abraham Damian Giraldo Zuñiga (Professor Orientador)



-----  
Prof. (o) Ms. Itamar Souza Reges (Examinador)



-----  
Prof. (o) Ms. Mariana Carvalho Barbosa (Examinadora)

Aos meus pais Neto Guida e Mariana,  
que nunca mediram esforços para a  
realização desse meu sonho.  
Com amor, dedico.

*“Dai-me senhor, a perseverança das ondas do mar, que fazem de cada recuo, um ponto de partida para um novo avançar.”*

*Cecília Meireles*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que em todos os dias da minha vida segura a minha mão, impedindo que mal algum chegue até mim. Sei que se cheguei até aqui foi por tua graça, pai!

À minha família tão querida e amada, meus pais, Neto Guida e Mariana, vocês são minha base, meu tudo! Tudo que sou devo a vocês, muito obrigada pelo sacrifício diário para me proporcionarem viver esse momento único.

A minha avó, tios e primos, por sempre me enviarem palavras de apoio e incentivo.

Ao meu namorado, Igor, agradeço por todo apoio, compreensão, cuidado e incentivo de sempre, sou grata a Deus por ter colocado você na minha vida.

Ao meu orientador, professor Dr. Abraham Damian Giraldo Zuniga, meus sinceros agradecimentos por toda a confiança que deposita em mim, por toda a orientação e críticas construtivas na execução deste trabalho.

A minha co-orientadora e amiga Mariana, obrigada por me aconselhar e me orientar durante grande parte da graduação, você me abriu os olhos para a ciência e fez com que eu pudesse amá-la. Obrigada pelos puxões de orelha e pela preocupação de sempre com o meu trabalho.

Às minhas companheiras de laboratório, Amanda, Jorquiania e Carla, pela ajuda fundamental e por todo apoio quando eu precisei.

As minhas amigas e engenheiras gatas, Sara, Ysnayla e Antonina, muito obrigada por dividirem comigo a caminhada desde os primeiros dias de aula. Amo vocês, estarão para sempre na minha memória e no meu coração.

A minha turma amada e única, “jiló doce”, com o jeito peculiar de cada me tornei um ser humano melhor. Obrigada pelos dias de lutas e glórias!

As minhas amigas Antonina e Erika que foram minhas fiéis escudeiras, obrigada por todo auxílio e apoio durante toda a jornada acadêmica e em especial na etapa final de conclusão do curso, sei que com vocês posso contar sempre. Obrigada por todo carinho e preocupação, amo vocês!

Aos meus amigos da época de CSG que mesmo de longe se preocupam e mandam mensagens de apoio para mim, vocês moram no meu coração.

A Família Compromisso, vocês conseguem com facilidade renovar minhas energias para continuar lutando e sonhando, vocês estão para sempre em meu coração, com vocês sempre me sentirei em casa.

A todos os laboratórios que me acolheram para que eu pudesse desenvolver as minhas análises, Laboratório de Solos de Agroenergia, Laboratório de Tecnologia de Frutas, Laboratório de Química e em especial ao Laboratório de Processos de Separação de Biomoléculas e Desidratação de Alimentos (LAPSDEA) onde não só desenvolvi pesquisas, mas também fiz grandes amigos ao decorrer da graduação.

Agradeço à Universidade Federal do Tocantins por me acolher como aluna, saio daqui não só graduada em Engenharia de Alimentos, mas também uma cidadã de bem.

A todos que aplaudem as minhas conquistas, de perto ou de longe, nessa ou em outras vidas, agradeço imensamente à minha Vó Maria e minha tia Maria da Paz (*in memoriam*), pois sei que lá de cima vocês intercedem por mim e pela minha vida.



## RESUMO

As indústrias de beneficiamento de peixe têm desperdiçado grandes quantidades de resíduos no meio ambiente, em função desse impacto ambiental a busca por novas fontes de aproveitamento de resíduos tem se destacado no mercado alimentício. O pirarucu (*Arapaima gigas*) é considerado um dos maiores peixes de água doce de todo o planeta, nos últimos anos vem se verificando um crescimento significativo na produção da sua espécie em cativeiro, esse crescimento advém com a busca por produtos mais saborosos e saudáveis que visem o aproveitamento de resíduos. A produção de colágeno a partir de subprodutos do pirarucu mostra-se uma boa alternativa na utilização desse resíduo gerado na cadeia de produção, já que a o mesmo possui quantidade expressivas de colágeno em sua composição. O colágeno é obtido através de tratamento ácido ou por meio de hidrólise. Neste trabalho foram testados dois métodos brandos para a extração do colágeno, sendo eles o pré-tratamento utilizando ácido acético e ácido clorídrico e com isso realizou-se o método de liofilização do produto em um liofilizador de bancada. A partir do pó foram feitas as análises de rendimento, umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, solubilidade, higroscopicidade, cor, pH e acidez. A fim de estudar o colágeno gelatinoso foi feita a análise *bloom*, responsável por determinar a força do gel. As amostras de colágeno em pó apresentaram baixo valor de umidade, cinzas e lipídeos. Em relação ao teor proteico, o colágeno apresentou teores de 78 e 72% e valor de *bloom* baixo. Desta forma, foi possível concluir que a extração a partir da cabeça do pirarucu é uma boa alternativa para o reaproveitamento de resíduos e através da comparação entre os pré-tratamentos analisados conclui-se que o tratamento com ácido acético apresentou um melhor resultado de rendimento, umidade, proteínas, solubilidade e força do gel, sendo assim o pré-tratamento mais vantajoso para a extração do colágeno extraído de subprodutos do pirarucu.

**Palavra-chave:** resíduo, pescado, tratamento ácido, proteínas.

## ABSTRACT

The industries of fish processing have been wasting large amounts of waste in the environment, due to this environmental impact the search for new sources of waste has been highlighted in the food market. Pirarucu (*Arapaima gigas*) is considered one of the largest freshwater fish in the world, in recent years there has been a significant increase in the production of its species in captivity, this growth comes with the search for more tasty and healthy products that the use of waste. The production of collagen from pirarucu by-products is a good alternative in the use of this residue generated in the production chain, since it has an expressive amount of collagen in its composition. Collagen is obtained by acid treatment or by hydrolysis. In this work two mild methods were tested for the extraction of collagen, which were the pretreatment using acetic acid and hydrochloric acid and with that the method of lyophilization of the product was carried out in a bench freeze dryer. From the powder were made the analyzes of yield, moisture, ash, proteins, lipids, solubility, hygroscopicity, color, pH and acidity. In order to study the gelatinous collagen, the bloom analysis was performed, responsible for determining the strength of the gel. The samples of collagen powder presented low values of moisture, ashes and lipids. In relation to the protein content, the collagen had contents of 78 and 72% and low bloom value. In this way, it was possible to conclude that the extraction from the head of the pirarucu is a good alternative for the reuse of residues and through the comparison between the pre-treatments analyzed it is concluded that the acetic acid treatment presented a better yield, moisture, proteins, solubility and gel strength, thus being the most advantageous pre-treatment for the extraction of collagen extracted from by-products of pirarucu.

**Keyword:** residue, fish, acid treatment, proteins.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estrutura do colágeno: (a) forma de triplete presente nas matrizes colagênicas; (b) tropocolágeno; (c) hélice tripla .....	19
Figura 2- Diagrama de fases da água.....	22
Figura 3- Fluxograma de colágeno extraído por ácido clorídrico .....	24
Figura 4- Cortes da cabeça do pirarucu imergidas no pré-tratamento em ácido clorídrico 0,3% .....	25
Figura 5- Cortes da cabeça do pirarucu imergidas no pré-tratamento em ácido acético 4,5% .....	26
Figura 6- Cortes da cabeça do pirarucu imergidas no pré-tratamento em ácido acético a 4,5 % .....	27
Figura 7- Processo de preparação e desidratação do colágeno por meio de liofilização	28
Figura 8- Amostras do colágeno gelatinoso .....	47
Figura 9- Amostras do colágeno em pó.....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Tipos de colágenos e suas características .....	20
Tabela 2- Rendimento das extrações de colágeno em pó .....	32
Tabela 3- Comparação entre quatro pesquisas em relação ao rendimento .....	33
Tabela 4- Valores de força do gel nas amostras de colágeno gelatinosas .....	33
Tabela 5- Valores médios e desvio padrão dos parâmetros L*, a* e b* do colágeno em pó de cada pré- tratamento.....	35
Tabela 6- Propriedades físico-químicas do colágeno em pó extraído por ácido acético e ácido clorídrico .....	36

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. OBJETIVOS .....	14
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1 Pirarucu.....	15
3.2 Produção de pescado .....	16
3.3 Proteínas .....	17
3.4 Colágeno .....	18
3.5 Liofilização .....	21
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
4.1 Amostra .....	23
4.2 Extração do colágeno.....	23
4.3 Liofilização do colágeno .....	27
4.4 Rendimento .....	28
4.5 Força do gel ( <i>Bloom</i> ).....	28
4.6 Umidade.....	29
4.7 Cinzas.....	29
4.8 Proteínas .....	29
4.9 Lipídeos .....	30
4.10 Determinação do ph.....	30
4.11 Acidez.....	30
4.12 Solubilidade.....	30
4.13 Higroscopicidade .....	31
4.14 Cor .....	31
4.15 Análise estatística.....	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	32
5.1 Rendimento .....	32
5.2 Força do gel ( <i>bloom</i> ) .....	33
5.3 Cor .....	35
5.4 Propriedades físico-químicas.....	36
6. CONCLUSÃO .....	40
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41



## 1. INTRODUÇÃO

O *Arapaima gigas*, denominado comumente no Brasil de pirarucu, é considerado um dos maiores peixes de água doce de todo o planeta. Desde a década de 1940, há registros sobre o potencial produtivo e algumas experiências de cultivo da espécie no país (SEBRAE, 2013).

Nos últimos anos vem se verificando um crescimento significativo na produção da espécie em cativeiro. Esse crescimento vem sendo impulsionado por incentivos governamentais em alguns estados e investimentos privados, aliados a um maior conhecimento sobre as características produtivas da espécie (EMBRAPA, 2017).

O pescado é um importante alimento na nutrição humana como fonte de proteínas, lipídios, vitaminas, minerais, incluindo cálcio, fósforo, ferro, cobre e selênio e componentes bioativos, capazes de reduzir o risco de doenças crônicas pela presença de ácidos graxos poliinsaturados do tipo ômega-3 (PEDROSA, 2015).

A carcaça é um resíduo pouco aproveitado, porém por ser um peixe grande e pela sua crescente comercialização, o beneficiamento do pirarucu gera muitos resíduos como, por exemplo, cabeça, vísceras, nadadeiras, escamas e couro, os quais podem ser reaproveitados como subprodutos a fim de agregar valor à produção e proporcionar novos produtos provenientes de pescado (INPA, 2015).

Diversas alternativas para o aproveitamento de resíduos de pescado são estudadas, tanto para o beneficiamento animal como também para o consumo humano. Dentre as alternativas, temos: silagem, produção de óleo, substrato, farinhas, produção de hambúrguer, salsicha, novos produtos, concentrados proteicos como também na extração de colágeno.

O colágeno extraído de peixes é uma excelente maneira de aproveitamento de resíduos, são ótimos substitutos para o colágeno extraído de couraças bovinas e suínas e é comprovadamente seguro para o uso por humanos (PITTIGLIAMI, 2014). Esse tipo de colágeno contém maiores porcentagens de colágeno do tipo 1 e quando hidrolisado possuem concentrações bem altas dos aminoácidos glicina e prolina, essenciais para a regeneração de tecidos (FRAZEN, 2013). Portanto, se faz necessário o uso de um método de conservação com a finalidade de aumentar a vida de prateleira do colágeno.

A liofilização é um processo diferenciado da secagem, pois ocorre em condições especiais de pressão e temperatura, possibilitando que a água previamente congelada passe diretamente ao estado gasoso, ocorrendo a mudança de estado físico por

sublimação, com o objetivo de estabilizar produtos através da diminuição da atividade de água (GARCIA, 2009).

As indústrias alimentícias vêm se adequando à crescente exigência do consumidor. Produtos artificiais, aromas, fragrâncias e sabores sintéticos estão sendo substituídas por produtos naturais. Com isso, os produtos naturais desidratados por liofilização estão tomando espaço no mercado devido a sua qualidade e praticidade nos meios industriais (EBLSA, 2011).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo extrair o colágeno de subprodutos do pirarucu por dois métodos de extração diferentes, utilizando a liofilização como método de conservação.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

- Extrair o colágeno obtido a partir de subprodutos do Pirarucu (*Arapaima gigas*).

### **2.2 Objetivos específicos**

- Extrair o colágeno a partir de dois pré-tratamentos ácidos;
- Verificar o rendimento da extração;
- Comparar os pré-tratamentos em relação a força do gel (*bloom*);
- Liofilizar os dois produtos;
- Caracterizar e comparar os pós de colágeno obtidos em relação a sua composição centesimal.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Pirarucu

O pirarucu (*Arapaima gigas*) é uma das espécies de peixe mais produzida na Amazônia, sendo um dos maiores peixes de água doce do planeta, pode chegar a 4 metros e 250 kg. Ele promove benefícios para o ecossistema e comunidades que vivem da pesca. Com nome de origem indígena, tem como significado a junção de dois termos: *pira*, “peixe”, e *urucum*, “vermelho”, devido à cor de sua cauda. (WFF, 2019).

Entre suas características podemos destacar seu grande porte, sua cabeça achatada e ossificada, e seu corpo alongado e escamoso. O pirarucu possui dois aparelhos respiratórios, as brânquias, para a respiração aquática e a bexiga natatória modificada, especializada para funcionar como pulmão, no exercício da respiração aérea, obrigatória principalmente durante a seca. É durante a estiagem que eles formam casais, e reproduzem durante a enchente (MATOS, 2017).

O pirarucu tem se desenvolvido melhor em temperaturas variando de 24 a 31°C e, por possuir a capacidade de captar oxigênio diretamente do ar adapta-se muito bem em águas com baixas concentrações de oxigênio dissolvido (Santos et al. 2008). É uma espécie que transparecer um comportamento peculiar, cuidado parental e sua reprodução acontecem em águas paradas (Bard e Imbira, 1986; Monteiro et al. 2010).

Seu filé é rico em cálcio, ferro, potássio, vitamina D e possui gorduras poli-insaturadas, conhecidas como gorduras boas que são essenciais para a saúde. Com alto teor de ômega 3, o consumo de pirarucu pode acarretar grandes benefícios para a saúde de quem o saboreia, tais como: ação anti-inflamatória, auxílio no controle da pressão arterial, redução dos níveis de colesterol e triglicérides no sangue, fortalecimento do sistema imunológico, promoção da saúde cardiovascular, entre outros (MATOS, 2017).

A maioria das indústrias de pescado não possui linha de produção adaptada ao porte do pirarucu, nem métodos de insensibilização e abates apropriados para a espécie. O filé fresco, congelado ou salgado é o principal produto ofertado no mercado, sendo raro o aproveitamento de coprodutos, em especial, escamas e couro, que poderiam tornar o processamento mais lucrativo (Aquaculture Brasil, 2017).

Segundo o IBGE (2015), são utilizadas 17 espécies na piscicultura brasileira, dentre estas, o pirarucu (*Arapaima gigas*) é considerada a oitava espécie mais produzida no país. A produção de pirarucu passou de mil toneladas em 2011 para 4,2 mil toneladas em 2017. Esse expressivo interesse na sua criação está relacionado às suas

características biológicas, como respiração aérea (a partir da fase juvenil), alto desempenho zootécnico como rápido crescimento (por volta de 10 kg por ano), bom rendimento de carcaça (57%), carne de coloração levemente rosada, textura firme, baixo teor de gordura e ausência de espinhos intramusculares (Ono, 2004; Pereira-Filho & Roubach, 2010; Fogaça et al. 2011; IBGE, 2018).

### **3.2 Produção de pescado**

Dados de relatórios da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) demonstram que em 2016 a produção global pesqueira foi de em média 54,1 milhões de toneladas (SOFIA, 2018). Infelizmente o Brasil não está no ranking dos maiores exportadores do mundo, o que é uma desvantagem visto que é o país com maior reserva de água doce e possui temperatura propícia para a produção, no entanto a piscicultura brasileira produziu 691.700 toneladas de peixes de cultivo em 2017. Esse resultado é 8% superior ao de 2016 (640.510 toneladas) (SANSUY, 2017).

Dados oficiais da OMS indicam que o consumo per capita de pescado no Brasil cresce modestamente e hoje chegamos a 10,6 quilos por ano – índice abaixo do preconizado pela Organização Mundial da Saúde, que é 12 quilos. Embora a FAO, estime uma ingestão nacional de 14,5 quilos anuais por pessoa (PEREIRA, 2017).

Estudos como os realizados pelo SEBRAE na região norte do país de 2007 a 2010 vem ajudando a melhor elucidar a cadeia produtiva do pirarucu, demonstrando tanto a viabilidade na área de produção quanto de mercado, bem como indicando as diversas dificuldades em se produzir a espécie. Dentre diversas ações deste projeto, foram implantadas unidades pilotos de produção em parceria com a iniciativa privada, durante pouco mais de 3 anos de projeto, nos Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Rondônia, Roraima e Tocantins. Estas unidades, além de terem contribuído com a geração de parâmetros de produção em diferentes sistemas (viveiros, açudes, tanque-rede), contribuíram muito no processo de capacitação de pequenos empresários e técnicos que atuam em toda a região (Panorama da aquicultura, 2011).

Além da carne, o pirarucu pode ainda oferecer alguns subprodutos que agregam valor à produção, tais como as escamas, o couro, a língua, o fígado e o coração. As escamas, de coloração cinza com detalhes avermelhados, são utilizadas para a produção de colares, brincos e pulseiras. O couro apresenta potencial de uso na indústria têxtil, na

fabricação de bolsas e sapatos. Estudos sobre processamento do couro e mercado são necessários para o desenvolvimento deste subproduto. A língua pode ser utilizada como lima para ralar o guaraná. O fígado e o coração podem ser transformados em patê (EMBRAPA, 2016).

Cerca de 2/3 do volume da matéria-prima na indústria são resíduos, podendo gerar problemas ambientais severos (BOSCOLO *et al.*, 2007). Somente 30% do pescado produzido no Brasil são aproveitados. Os outros 70%, vísceras e cabeça, são jogados fora, o que além de desperdício, pode *gerar graves* impactos ambientais (CORSINO, 2019).

Uma das alternativas para diminuir o desperdício de pescado é a coleta seletiva, a qual é possível obter óleo, farinha, concentrado e hidrolisado proteico, silagem, adubo, ração, minerais, entre outros. Desta maneira trará benefícios ambientais e econômicos ao setor industrial, colaborando para a sustentabilidade da cadeia produtiva do pescado e a elaboração de um coproduto com ótimo valor agregado, que poderá ser de grande interesse para a indústria farmacêutica e alimentícia (ALBUQUERQUE, 2015).

Ainda segundo Pereira (2017), a maioria dos pratos culinários que usam peixe tem em sua receita como carro-chefe somente o filé do pescado, dessa forma, partes importantes são desprezadas como é o caso do rabo e da cabeça. A cabeça é uma das partes mais deliciosas e nutritivas, rica em vitaminas A e do complexo B, além de ser importante depósito de importantes proteínas.

Outrora a cabeça do pirarucu pode ainda ser transformada em ensilada – um composto de alto valor proteico utilizado na produção de ração animal (WWF, 2011).

### **3.3 Proteínas**

A proteína é um polímero que pode atuar como enzimas, catalisando reações químicas, podem transportar pequenas moléculas ou íons; podem ser motoras para auxiliar no movimento em células e tecidos; participam na regulação gênica, ativando ou inibindo; está no sistema imunológico, entre outras centenas de funções (COSTA, 2019).

Os  $\alpha$ -aminoácidos encontrados em peptídeos e proteínas consistem de um grupo funcional ácido carboxílico (-COOH), um grupo amino (-NH<sub>2</sub>) e um hidrogênio (-H) ligado ao átomo de carbono- $\alpha$ . Grupos-R (cadeia lateral) distintos, também estão

associados ao carbono-alfa, desta forma, o carbono- $\alpha$  encontrado nos aminoácidos é tetraédrico ou assimétrico (exceto no caso da glicina onde o grupo-R é o hidrogênio). Um aminoácido difere de outro justamente pelo grupo-R (cadeia lateral) (CAMPBELL, 2007).

Ainda segundo Campbell (2007), são conhecidos 20 aminoácidos (Alanina, Arginina, Aspartato, Asparagina, Cisteína, Fenilalanina, Glicina, Glutamato, Glutamina, Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Prolina, Serina, Tirosina, Treonina, Triptofano e Valina) encontrados nas moléculas de proteínas, com sua síntese controlada por mecanismos genéticos, envolvendo a replicação do DNA e transcrição do RNA.

O peixe é uma fonte protéica importante, tanto quantitativa, quanto qualitativamente. Considerando uma variação entre as espécies, o teor sobre a composição total é alto – entre 15% e 25%. 84 Pescado. Qualitativamente, apresenta todos os aminoácidos essenciais, com elevado teor em lisina. A digestibilidade é alta, acima de 95%, conforme a espécie é maior do que das carnes em geral e do leite (OETTERER, 2006).

De forma geral, é uma boa fonte de vitaminas do complexo B, cujo conteúdo é comparável ao encontrado em carnes de mamíferos, e também de vitaminas A e D, no caso de peixes, como a sardinha, salmão e cavala, considerados mais gordurosos. No entanto, alguns peixes de água doce, como as carpas, possuem baixa concentração de tiamina (vitamina B1). Quanto aos minerais, a carne de pescado é fonte conhecida principalmente de cálcio e de fósforo, mas também de ferro, cobre e selênio, além de iodo, para os peixes de água salgada (ABABOUC, 2005).

### **3.4 Colágeno**

O termo “colágeno” deriva das palavras gregas Kolla (cola) e Genno (produção) (OLIVO e SHIMOKOMAKI, 2001).

É uma proteína estrutural básica, encontrada na natureza, exclusivamente em animais, constituindo aproximadamente 30% de proteína animal. É um componente essencial dos tecidos e sistema esquelético, sendo encontrado como constituinte da pele, tendões, cartilagens, ossos e tecido conectivo (Pharmanostra, 2015).

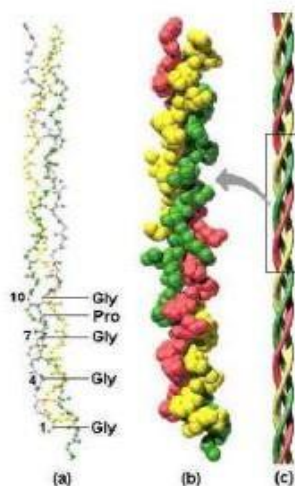
Com estrutura molecular simples, o colágeno é insolúvel em água em virtude da grande quantidade de aminoácidos hidrofóbicos. Eles também se destacam por formar

fibras insolúveis com grande força elástica e com capacidade de hidratação (SANTOS, 2019).

Em geral o colágeno contém cerca de 30% de glicina, 12% de prolina, 11% de alanina, 10% de hidroxiprolina, 1% de hidroxilisina e pequenas quantidades de aminoácidos polares e carregados (PRESTES, 2013).

É classificado em estriado (fibroso), não fibroso (formador de rede), microfibrilar (filamentoso) e associado às fibrilas. A unidade básica do colágeno é o tropocolágeno que é formado por três cadeias de polipeptídeos que se entrelaçam em formato helicoidal formando uma molécula linear com 180nm de comprimento, 1,4 a 1,5nm de largura (figura 1) e massa molar de 360.000Da.

Figura 1- Estrutura do colágeno: (a) forma de triplete presente nas matrizes colagênicas; (b) tropocolágeno; (c) hélice tripla



Fonte: SIONKOWSKA, (2006).

Os diferentes tipos de colágeno são produzidos em nível celular como pró-colágenos e, posteriormente, são secretados. As enzimas colagenosas clivam os fragmentos terminais dessas moléculas. Assim sendo, sem os fragmentos terminais, as moléculas de pró-colágeno tornam-se colágeno. Este, por sua vez, sofre polimerização e dá origem às fibrilas colágenas, que se agregam para formar as famosas fibras colágenas (SANTOS, 2019).

Na literatura são relatados 29 tipos de colágeno classificados de I-XXIX, os tipos de colágeno variam de diâmetro, locais onde são encontrados, composição de

aminoácidos, comprimento, além de suas propriedades funcionais. Sendo os tipos de colágeno mais conhecidos relatados abaixo (DUARTE, 2011).

Tabela 1- Tipos de colágenos e suas características

<b><u>Colágeno Tipo I</u></b>	É o mais comum; aparece nos tendões, na cartilagem fibrosa, no tecido conjuntivo frouxo comum, no tecido conjuntivo denso (onde é predominante sobre os outros tipos), sempre formando fibras e feixes, ou seja, está presente nos ossos, tendões e pele. As espessas fibras de colágeno organizadas paralelamente são responsáveis pela grande resistência dos tendões.
<b><u>Colágeno Tipo II</u></b>	É produzido por condrócitos, aparece na cartilagem hialina e na cartilagem elástica. Não produz feixes. Presente nos discos intervertebrais, olhos e cartilagem. A suplementação de Colágeno tipo II é indicada para tratamento de artrose, por ajudar a recompor a cartilagem das articulações.
<b><u>Colágeno Tipo III</u></b>	Presentes em músculo liso, endoneuro e nas trabéculas dos órgãos hematopoiéticos (baço, nódulos linfáticos, medula óssea vermelha); artérias, fígado, útero e camadas musculares do intestino. Abundando no tecido conjuntivo frouxo, é encontrado na artéria aorta do coração, nos pulmões, nos músculos dos intestinos, fígado, no útero. Constitui as fibras reticulares.
<b><u>Colágeno Tipo V</u></b>	Está presente na maioria dos tecidos localizados no interior, especialmente na cobertura de vários elementos funcionais do corpo, tais como órgãos. Sua missão é dar a essas partes do corpo o poder de esticar e resistir a todos os tipos de fatores.
<b><u>Colágeno Tipo VI</u></b>	Está presente no sangue, camada íntima da placenta.
<b><u>Colágeno Tipo VII</u></b>	Está presente nas membranas corioamnióticas e na placenta.
<b><u>Colágeno Tipo VIII</u></b>	É endotélio.
<b><u>Colágeno Tipo IX</u></b>	Ele tem a função de manter as células unidas e é o principal componente proteico de órgãos.
<b><u>Colágeno Tipo X, XI e XII</u></b>	Está presente na cartilagem.

Fonte: Adaptado de Gelse, et al. (2003).

Gómez-Guillén *et al.* (2011) afirmaram a que crescente valorização de subprodutos industriais do colágeno é uma das principais razões para efetuar a extração de diferentes espécies de animais. A otimização das condições de extração de colágeno e de gelatina tem atraído pesquisadores na última década. As principais fontes de colágeno são pele e carne de porco, couro e ossos bovinos. Assim, devido ao crescente interesse pelo colágeno, seu uso industrial de fonte não mamífera tem aumentado. A aplicação da gelatina na área alimentar, fotográfica, cosmética e farmacêutica é baseada principalmente em suas propriedades gelificantes.

No Brasil, a maior parte do colágeno é proveniente dos subprodutos da indústria de carne, em função da elevada produção brasileira de carne para exportação (SILVA, 2012). Mas devido aos recorrentes casos de zoonoses como: encefalopatia espongiforme bovina (BSE), encefalopatia espongiforme transmissível (TSE), febre aftosa (FA) e gripe aviária, tem-se tornado atrativa a busca por fontes alternativas e mais seguras desse composto (Zhang *et al.*, 2007).

Neste cenário, animais como os peixes tem angariado cada vez mais a atenção como uma possível fonte de colágeno capaz de atender as demandas da indústria, pois os resíduos da filetagem correspondem a produtos ricos em colágeno (NERI, 2013).

### **3.5 Liofilização**

A liofilização é definida como sendo um processo de secagem, no qual a substância é primeiramente congelada e, depois, a quantidade de solvente é reduzida por sublimação seguida da dessorção, com o objetivo de garantir que não há apoio para o crescimento biológico ou reações químicas (MARQUES, 2008).

De acordo com Baruffaldi e Oliveira (1998) o termo “liófilo” significa amigo do solvente, o que define com fidelidade as características dos produtos liofilizados: altamente higroscópicos e de fácil dissolução na água.

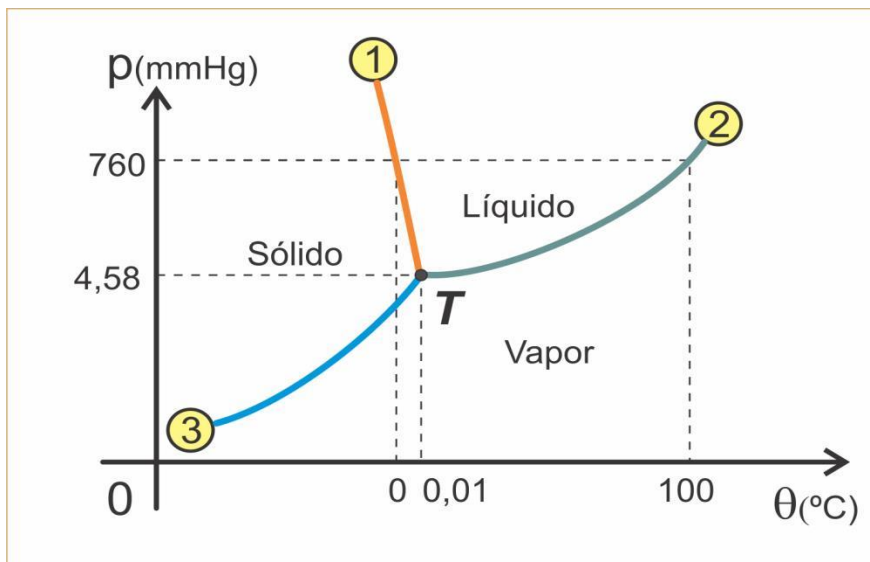
Terroni *et al.* (2011) afirma que o primeiro produto liofilizado, de forma adequada, foi o vírus da raiva, em 1911. Embora atualmente, são rotineiramente liofilizadas grandes variedades de substâncias, tais como: alimentos, antibióticos, anticoagulantes, bactérias, vírus, enzimas, hormônios e frações de sangue.

O processo tem por objetivo estabilizar produtos através de uma série de operações em que o material é submetido durante o processamento: congelação,



sublimação, secagem a vácuo e armazenagem do produto. É o mais nobre processo conhecido de conservação de produtos biológicos, porque reúne os dois métodos mais fiáveis de conservação: a congelação e a desidratação (Ramírez-Navas, 2011).

Figura 2- Diagrama de fases da água



Fonte: Borges e Nicolau, (2013).

O processo de liofilização compreende três etapas básicas que são:

1. Congelação do produto fresco;
2. Secagem primária - ocorre uma secagem primária ou sublimação, onde se elimina, por sublimação, a água no estado sólido (gelo);
3. Secagem secundária - após a eliminar a totalidade de gelo no produto, termina a sublimação e inicia-se a secagem secundária ou dessorção.

A água ligada por adsorção é eliminada por evaporação diminuindo constantemente, mas sem nunca chegar à eliminação total. A temperatura a que se efetua esta etapa pode variar entre 30° e 60°C, segundo a natureza do produto a liofilizar.

Os alimentos que passam pelo processo de liofilização apresentam alta retenção das características sensoriais e qualidade nutricional, apresentam uma vida de prateleira maior quando corretamente embalados, dependendo do alimento é possível a permanência em temperatura ambiente (EVANGELISTA, 2005).

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Amostra**

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Processos de Separação de Biomoléculas e Desidratação de Alimentos da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus de Palmas. Para a realização dos experimentos foi utilizado a cabeça do peixe Pirarucu (*Arapaima gigas*). Os peixes foram produzidos em cativeiro, alimentados com ração comercial e abatidos entre 10 e 15 kg por até 12 meses. Oriundos de vários municípios do estado, como Palmas, Miracema, Aliança e Gurupi. A matéria-prima foi adquirida por meio de doação de empresa de processamento de peixes em Palmas, Tocantins.

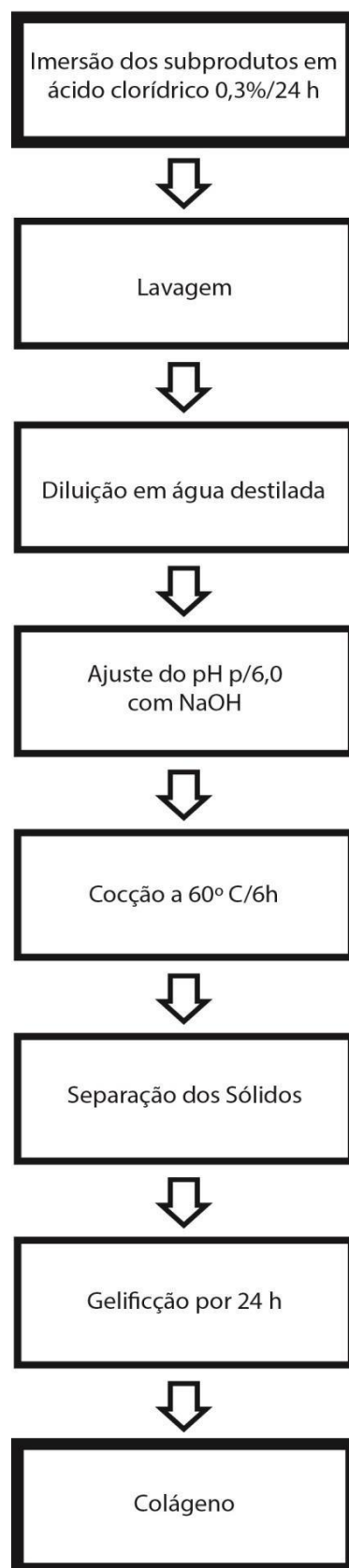
A cabeça do peixe foi embalada em sacos de polipropileno com baixa densidade e armazenada em freezers convencionais pelo método de congelamento até ser retirada para o preparo das amostras.

### **4.2 Extração do colágeno**

A extração do colágeno foi realizada a partir de dois métodos, todos desenvolvidos em escala piloto por Ferreira (2013) com adaptações feitas pelo presente autor com base no trabalho de Molinari (2014).

O primeiro pré-tratamento realizado deu-se a partir da imersão de 1000g do subproduto em solução de ácido clorídrico (HCl) a 0,3% durante 24h (Figura 1). Após este período, os subprodutos foram lavados para retirar o excesso de ácido, adicionou-se 400 ml de água destilada, submetidos à correção do pH para 6,0 com hidróxido de sódio (NaOH), para então, ser submetido à cocção a 60°C durante 6 horas. Após a cocção, os resíduos sólidos foram retirados com auxílio de uma peneira e o sobrenadante foi resfriado em geladeira comum a 6°C para posterior gelificação conforme fluxograma apresentado abaixo:

Figura 3- Fluxograma de colágeno extraído por ácido clorídrico



Fonte: Autor, (2019)

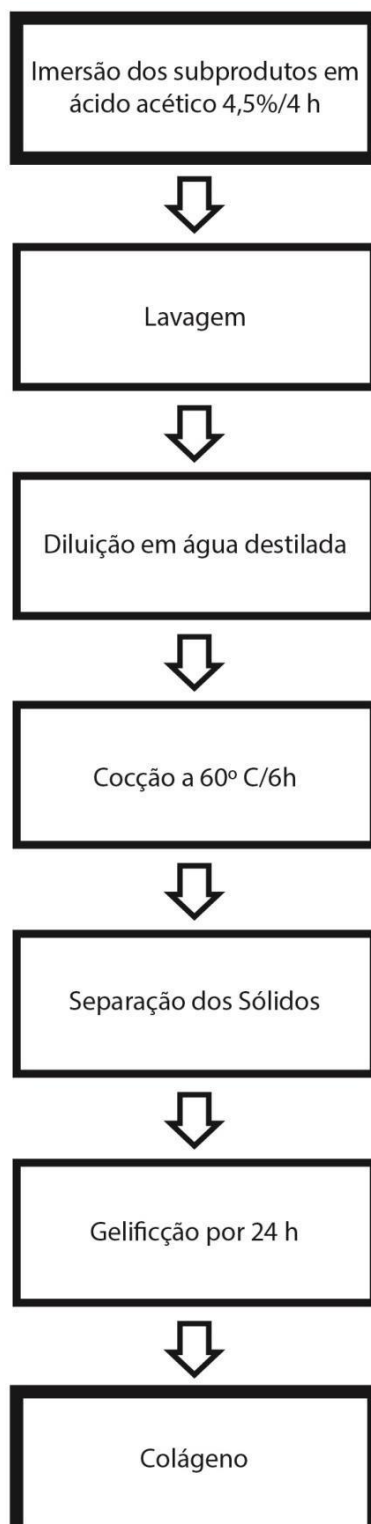
Figura 4- Cortes da cabeça do pirarucu imergidas no pré-tratamento em ácido clorídrico 0,3%



Fonte: Autor, (2019).

O segundo método para extração foi realizado a partir do pré-tratamento da amostra em ácido acético a 4,5% durante 4 horas (Figura 2). Após o pré-tratamento, as amostras foram lavadas em água corrente, adicionou-se 400 ml de água destilada e, então, foi submetido à cocção a 65°C durante 6 horas. Após a cocção, os resíduos sólidos foram retirados com auxílio de uma peneira e o sobrenadante foi resfriado para gelificação em geladeira comum.

Figura 5- Cortes da cabeça do pirarucu imergidas no pré-tratamento em ácido acético 4,5%.



Fonte: Autor, (2019).

Figura 6- Cortes da cabeça do pirarucu imergidas no pré-tratamento em ácido acético a 4,5 %.



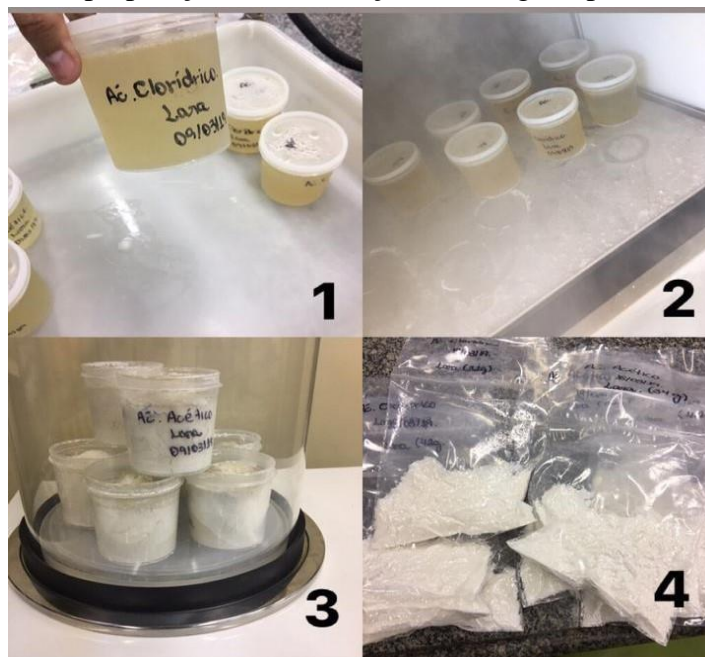
Fonte: Autor, (2019).

Foram obtidas duas amostras (uma de cada método de extração), as quais foram submetidas à liofilização e posteriormente à caracterização.

### 4.3 Liofilização do colágeno

Após a extração do colágeno, foi adicionado 20% de maltodextrina em cada amostra de colágeno (1) com a finalidade de obter um pó de qualidade e influenciar diretamente no rendimento do produto, as mesmas foram congeladas a  $-80^{\circ}\text{C}$  em ultra freezer modelo DW-86L338 por 24 horas (2) e então desidratadas em um liofilizador de bancada, modelo L101, por 96 horas a  $-60^{\circ}\text{C}$  (3). Após a liofilização, as amostras foram embaladas à vácuo (4) e acondicionadas à temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C}$ ) até a realização das análises posteriores.

Figura 7- Processo de preparação e desidratação do colágeno por meio de liofilização



Fonte: Autor, (2019).

#### 4.4 Rendimento

O cálculo do rendimento das extrações foi realizado a partir da relação entre o peso do colágeno em gelatina e o peso da matéria-prima úmida de acordo com a equação 1:

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{peso do colágeno em gelatina}}{\text{peso dos cortes da cabeça}} \times 100 \quad (1)$$

#### 4.5 Força do gel (*Bloom*)

A análise foi realizada no Laboratório Multiusuário de Análises de Textura, Reologia e HPLC (UFG), Campus Samambaia.

O método *Bloom* utilizado foi baseado na descrição de CHOI & REGENSTEIN (2000) com modificações feitas pelo próprio autor baseado no trabalho de Bueno (2011). As amostras foram armazenadas em Estufa Incubadora BOD a 8°C por 18 horas em média. Depois deste período de maturação, com a finalidade de se determinar a força de gel, as amostras foram transferidas para o Texturômetro (Texture Analyser, TA-XT Plus, Surrey, England) utilizando-se probe modelo P 2.0 com os ajustes de 2

mm/segundo de velocidade de penetração e distância de penetração de 1 mm a partir da superfície. O programa Texture Expert, Versão 1.22 foi utilizado para controle do instrumento e obtenção das medidas.

#### **4.6 Umidade**

A umidade do colágeno em pó foi determinada por secagem direta em estufa a 105°C, seguindo a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). O resultado corresponde à perda em peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida.

#### **4.7 Cinzas**

A determinação do resíduo por incineração (cinzas) foi realizada a partir do aquecimento da amostra em mufla a 555°C durante 7 horas (até a obtenção de cinzas na cor branca ou ligeiramente acinzentadas) de acordo com os Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008). Nem sempre este resíduo representa toda a substância inorgânica presente na amostra, pois alguns sais podem sofrer redução ou volatilização nesse aquecimento. A análise de cinzas foi realizada de acordo com o que preconiza IAL (2008) onde afirma que é vantajoso combinar a determinação direta de umidade com a determinação de cinzas, incinerando o resíduo obtido na determinação de umidade, a fim de evitar erros ao final da análise.

#### **4.8 Proteínas**

A análise de proteínas foi realizada a partir do método de Kjeldahl conforme descrito nos Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008). A determinação de proteínas baseia-se na determinação de nitrogênio, geralmente feita pelo processo de digestão Kjeldahl. Este método, idealizado em 1883, tem sofrido numerosas modificações e adaptações, porém sempre se baseia em três etapas: digestão, destilação e titulação. No processo de digestão o nitrogênio orgânico é transformado em amônia e os componentes orgânicos são convertidos em CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, a destilação consiste no recolhimento do gás amônia liberado em solução receptora (ácido bórico) e, por fim, a titulação na qual é realizada a determinação quantitativa da amônia contida na solução receptora (ácido bórico).



#### **4.9 Lipídeos**

A quantidade de lipídeos presente nas amostras do colágeno em pó foi determinada pelo método de Soxhlet, de acordo com os Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008) a partir da extração no aparelho extrator tipo Soxhlet durante oito horas, utilizando hexano como solvente. A determinação de lipídios em alimentos é feita, na maioria dos casos, pela extração com solventes por meio de uma extração contínua em aparelho do tipo Soxhlet, seguida da remoção por evaporação ou destilação do solvente empregado. O resíduo obtido não é constituído unicamente por lipídios, mas por todos os compostos que, nas condições da determinação, possam ser extraídos pelo solvente. Estes conjuntos incluem os ácidos graxos livres, ésteres de ácidos graxos, as lecitinas, as ceras, os carotenóides, a clorofila e outros pigmentos, além dos esteróis, fosfatídios, vitaminas A e D, óleos essenciais etc., mas em quantidades relativamente pequenas, que não chegam a representar uma diferença significativa na determinação.

#### **4.10 Determinação do pH**

A determinação do pH foi realizada utilizando processos eletrométricos empregando-se aparelhos que são potenciômetros especialmente adaptados aos quais permitem uma determinação direta, simples e precisa do pH, de acordo com o que está descrito nos Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008).

#### **4.11 Acidez**

A determinação de acidez foi realizada de acordo com o que está descrito nos Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008), o qual resume em titular com soluções de alcalinidade padrão a acidez do produto ou de soluções aquosas ou alcoólicas do produto e, em certos casos, os ácidos graxos obtidos dos lipídeos.

#### **4.12 Solubilidade**

A solubilidade foi determinada pelo método descrito por Eastman e Moore (1984), modificado por Cano-Chauca et al. (2005), que consiste na adição de 0,5 g de amostra em um recipiente contendo 50 mL de água destilada, sob agitação magnética de

1.000 rpm, por 5 minutos, seguida por centrifugação a 4.500 rpm, por 5 minutos. Uma alíquota de 12,5 mL do sobrenadante foi levada à estufa a 105 °C, até peso constante, e a solubilidade foi calculada pela diferença de peso, de acordo com a equação 2:

$$\text{Solubilidade (\%)} = \frac{\text{Massa de pó no sobrenadante} \times 100}{\text{Massa de pó total}} \quad (2)$$

#### **4.13 Higroscopicidade**

Foi avaliada de acordo com a metodologia proposta por Cai e Corke (2000), com algumas modificações. Colocou-se cerca de 1 g de cada amostra em um recipiente contendo uma solução saturada de NaCl a 25 °C e, após uma semana, as amostras foram pesadas, sendo a higroscopicidade expressa como g de umidade adsorvida por 100 g de massa seca da amostra (g.100 g<sup>-1</sup>).

#### **4.14 Cor**

Foram feitas medidas de cor das amostras por reflexão em Colorímetro Konica Minolta, usando sistema L\*, a\*, b\* CIE (Commission Internationale de L'Eclairage).

#### **4.15 Análise estatística**

A análise estatística dos dados foi efetuada com auxílio do software STATISTICA versão 8.0 por determinação de ANOVA e teste T para comparação das médias a nível de 5% de significância ( $p \leq 0,05$ ).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Rendimento

Tabela 2- Rendimento das extrações de colágeno em pó

<b>Amostra</b>	<b>Rendimento (%)</b>
Ác. Acético (1)	8,58
Ác. Clorídrico (2)	7,31

Fonte: Autor, 2019.

O rendimento da extração do colágeno foi de 8,58 e 7,31 (gramas de colágeno em pó por 100g de pedaço de cabeça do pirarucu), conforme está descrito na Tabela 2. Os resultados encontrados foram inferiores aos de Molinari (2014) e Bueno *et al.* (2011) que obtiveram rendimento entre 9,37 e 18,3 ao extrair gelatina da pele de tilápia com tratamentos semelhantes aos que foram utilizados no presente trabalho. Entretanto, ao se tratar da extração de colágeno da cabeça de peixes, os resultados encontrados se mostraram bastante satisfatórios e superiores ao compararmos com o rendimento encontrado por Silva *et al.* (2011) que realizou extração de gelatina de cabeça de carpa e obteve rendimento entre 1,50 e 2,3%.

O rendimento do colágeno varia em função da composição centesimal da cabeça, da quantidade de colágeno e dos componentes solúveis presentes nas partes da cabeça, que variam com o método de extração empregado e a idade do peixe utilizado (TRINDADE, 2010). A extração por meio do ácido acético favoreceu para que o rendimento do colágeno fosse maior visto que esse ácido possui maior afinidade com a água, sendo assim o aproveitamento da extração pôde ser maior aproveitado. Deve-se lembrar de que a liofilização também favoreceu o alto rendimento do colágeno em pó, visto que esse método de conservação empregado juntamente com a maltodextrina são agentes que influenciam diretamente no rendimento do produto final.

Tabela 3- Comparação entre quatro pesquisas em relação ao rendimento

<b>Trabalho de pesquisa</b>	<b>Pré - tratamento</b>	<b>Matéria-prima utilizada</b>	<b>Rendimento obtido</b>
Bueno <i>et al.</i> 2011	Hidróxido de Sódio (0,2 M) seguida de Ácido Acético (0,05 M)	Pele de tilápia	18,30
Alfaro (2008)	Hidróxido de Sódio e Ácido Sulfúrico	Pele de tilápia	5,10
Silva <i>et al.</i> (2011)	Hidróxido de Sódio 3 e 4 M Ácido Clorídrico	Cabeça de carpa	1,50 a 2,30
Presente trabalho	Ácido Acético 4,5% e Ácido Clorídrico 0,3%	Cabeça de pirarucu	8,58 e 7,31

Fonte: Autor, 2019.

A Tabela 3 compara a matéria prima utilizada por demais pesquisadores, o pré-tratamento empregado e o rendimento obtido. Nota-se que neste estudo o rendimento foi bastante significativo, visto que ainda mesmo que recente os estudos para a extração de colágeno e gelatina a partir da cabeça de peixes, o referido trabalho obteve valores maiores aos que de Silva *et al.* (2011) e próximos aos de demais pesquisadores que utilizaram outras matérias-primas para a obtenção da gelatina.

## 5.2 Força do gel (*bloom*)

Tabela 4- Valores de força do gel nas amostras de colágeno gelatinosas

<b>Amostra</b>	<b>Força do gel (g)</b>
(1)	8,45 <sup>a</sup>
(2)	8,33 <sup>a</sup>

\*Amostras com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa com 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

\*\* (1) Ácido Clorídrico; (2) Ácido Acético;

Fonte: Autor, 2019.

De acordo com Bordignon (2010), a força do gel é uma das mais importantes propriedades funcionais de fluidos gelatinosos e está diretamente ligada à sua resistência a degradação. Esta característica no presente trabalho corresponde à massa em gramas necessária para penetrar em 1mm a superfície do gel extraído e mantido em refrigeração por 18 horas a 8°C.

A força do gel pode ser afetada por vários fatores, como é o caso das condições de maturação, ou seja, temperatura e tempo de estocagem podem formar géis mais compactos e rígidos com o ajuste do pH do gel para valores próximos ao ponto isoelétrico.

Segundo Cruz (2014), Bloom está relacionado à elasticidade mecânica do gel e é usado para classificar os tipos de gelatina. Varia de 50 a 300 Bloom a às vezes nos referimos a baixo, médio ou alto Bloom, com os seguintes limites:

- Baixo Bloom: força do gel abaixo de 120g.
- Médio Bloom: força do gel entre 120 e 200g.
- Alto Bloom: força do gel acima de 200g.

Embora os valores deste trabalho estejam abaixo do esperado, cabe ressaltar que os baixos valores de força do gel foram ocasionados por diferentes fatores. Um fator de grande influência são os solventes utilizados na extração, o ácido acético apresenta uma maior fragmentação da estrutura proteica, ocasionando uma redução na capacidade das cadeias de se organizar para correta construção da rede polimérica do gel, sendo assim sugerem uma diminuição na resistência do gel, o que justifica o valor inferior na presente pesquisa (Huanga *et al.*, 2016).

Vale ainda ressaltar que a probe modelo P 2.0 utilizada para analisar a força do gel não era a ideal visto que em soluções gelatinosas como é o caso do colágeno sugere-se que utilize uma probe P 5.0, pois neste caso cabe a possível justificativa física que quanto maior a área de contato, maior será a força aplicada sobre a superfície. Assim sendo, uma probe com o diâmetro maior determinaria com maior precisão a força do gel do colágeno gelatinoso.

### 5.3 Cor

Tabela 5- Valores médios e desvio padrão dos parâmetros L\*, a\* e b\* do colágeno em pó de cada pré- tratamento

Amostra	L*	a*	b*
1	71,08 <sup>a</sup> ± 6,31	-0,59 <sup>a</sup> ± 0,05	5,02 <sup>a</sup> ± 0,37
2	72,70 <sup>a</sup> ± 0,58	-0,21 <sup>b</sup> ± 0,03	4,52 <sup>a</sup> ± 0,50

\*Amostras com letras iguais na mesma coluna não apresentam diferença significativa com 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

\*\* (1) Ácido Acético; (2) Ácido Clorídrico;

Fonte: Autor, 2018.

De acordo com Menegassi *et al.* (2017), define-se os padrões de cor da seguinte forma: o L\* define a claridade da cor, em que o valor zero indica cor totalmente preta e o cem totalmente branca, com os resultados obtidos acima percebe-se que a amostra de colágeno em pó extraída com ácido clorídrico possui uma tonalidade levemente mais clara quando comparada com a amostra extraída com ácido acético; a coordenada de cromaticidade a\*, quando positiva, indica a existência de maior teor de pigmentos vermelhos, já quando negativa aponta a existência de pigmentos verdes; enquanto o valor de b\* refere-se à tonalidade amarela quando positiva e azul quando negativa, sendo assim, ambas possuem coordenadas de cromaticidade que apontam para a existência de pigmentos verdes e tonalidade amarelada.

A extração realizada por meio do ácido clorídrico deu ao colágeno em pó uma cor levemente amarelada quando comparada com o colágeno em pó extraído a partir do ácido acético, isso é caracterizado pela aparência muriática do ácido clorídrico.

A tonalidade clara da gelatina é uma propriedade desejável, sua turbidez pode ser importante, dependendo da sua aplicação, pois produtos claros exigirão gelatinas mais claras e transparentes (COLE, 2014).

## 5.4 Propriedades físico-químicas

Tabela 6- Propriedades físico-químicas do colágeno em pó extraído por ácido acético e ácido clorídrico

Componentes (%)	Ác. Acético (1)	Ác. Clorídrico (2)
Umidade	5,21 <sup>a</sup> ± 0,18	7,95 <sup>b</sup> ± 0,17
Cinzas	1,53 <sup>a</sup> ± 0,04	3,77 <sup>b</sup> ± 0,07
Proteínas	78,53 <sup>a</sup> ± 0,14	72,04 <sup>b</sup> ± 0,19
Lipídeos	1,58 <sup>a</sup> ± 0,04	3,50 <sup>b</sup> ± 0,02
pH	4,96 <sup>a</sup> ± 0,00	2,61 <sup>b</sup> ± 0,00
Acidez	44,7 <sup>a</sup> ± 0,02	60,5 <sup>b</sup> ± 0,02
Higroscopicidade	6,69 <sup>a</sup> ± 0,71	12,49 <sup>b</sup> ± 0,84
Solubilidade	97,41 <sup>a</sup> ± 0,05	96,61 <sup>a</sup> ± 0,11

\*Amostras com letras iguais na mesma linha não apresentam diferença significativa com 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ).

Fonte: Autor, 2019.

O percentual de umidade nas amostras do colágeno em pó pode ser verificado a partir da tabela 4. O valor para umidade encontrado foi de 5,21 e 7,95 para a extração em ácido acético e ácido clorídrico, respectivamente.

Os valores de umidade se mostraram abaixo dos que foram encontrados por Mulinari (2014) que ao caracterizar a gelatina extraída da pele de tilápia encontrou 7,54 e 9,54 para os mesmos métodos de extração utilizados no presente trabalho. Essa diferença pode ocorrer em função dos diferentes métodos de lavagem e conservação da matéria-prima utilizada antes do início do processo de extração e principalmente em relação ao método de secagem utilizado.

A liofilização atua predominantemente na qualidade final do produto, considerando-se os aspectos nutritivos e sensoriais garante a segurança do alimento e prolonga sua vida de prateleira.

A análise de cinzas foi realizada para determinar a quantidade de matéria inorgânica presente nas amostras. As amostras diferiram entre si em relação a esta análise, conforme mostrado na Tabela 4. As cinzas nada mais são que os resíduos inorgânicos da queima da matéria orgânica, pode-se dizer que a composição das cinzas de um alimento se refere à quantidade de minerais presentes (Gadelha et al., 2009).

Bordignon (2010) encontrou valores de cinzas entre 2,37 e 2,51%, estando esses valores abaixo dos encontrados no presente trabalho. Já Silva *et al.*(2011) encontrou teor de cinzas de 9,1% para a gelatina da cabeça de carpas. O teor de cinzas geralmente é especificado, porém não deve ser considerado um fator indispensável, a não ser pelo fato de indicar o conteúdo máximo de cálcio da amostra, que é importante em algumas aplicações da gelatina, bem como do colágeno em pó.

O colágeno possui em sua composição grande quantidade de proteínas, pois é a proteína animal. As amostras obtidas neste estudo apresentaram teores de proteínas de 78,53 e 72,04% como mostra a Tabela 4, apresentando diferença significativa entre os pré-tratamentos considerando 95% de confiança. É importante ressaltar que o valor encontrado de proteínas no presente trabalho mostra o potencial de estudo do pescado na produção de colágeno.

Bueno *et al.* (2011) e Songchotikupan *et al.* (2008) obtiveram gelatina de peles de tilápia com 88,90% e 89,40% de proteínas em sua composição, respectivamente. Valores semelhantes a esse foram encontrados por Mulinari (2014) que encontrou valores de proteínas para a gelatina da pele de tilápia entre 77,91 e 81,56%.

Ainda ao compararmos o teor proteico dos resíduos de peixes com demais alternativas encontramos que a extração de gelatina de subprodutos de frango resultou em 78,52% de proteínas provenientes de tarsos de frango (ALMEIDA, 2012) e, gelatinas obtidas a partir de pés de frango utilizando pré-tratamentos semelhantes aos utilizados neste estudo realizados por Ferreira (2013), apresentaram de 67,5 a 69,9% de proteínas. Isso mostra que fontes alternativas podem ser utilizadas em substituição à extração com derivados de mamíferos.

O teor lipídico do colágeno em pó obteve resultados razoavelmente baixos como pôde-se observar na tabela 4, entretanto valores menores que os encontrados nesse presente trabalho foram admitidos por demais pesquisadores utilizando os mesmos métodos de extração ou semelhante.

Alfaro (2008) obteve teor de 0,25% de gordura em amostras de gelatina a partir da pele de tilápia. Rojas & Gozzo (2017) encontraram 1,56 e 1,84% ao extrair nas mesmas condições deste trabalho gelatina do couro de suínos. Vale ressaltar que Silva *et al.* (2011) ao caracterizar a gelatina da cabeça de carpa comum obteve resultados entre 1,7 e 3,8% de teor lipídico, valores esses que se aproximaram aos do presente trabalho.



É importante destacar que banhos sucessivos anteriores às extrações são eficientes na remoção do conteúdo lipídico da matéria-prima. Isto mostra que um cuidado maior deve ser utilizado no momento da extração quando o objetivo for um produto com níveis baixos de lipídeos.

O percentual de pH nas amostras do colágeno em pó pode ser verificado na tabela 4. Os valores encontrados foram de 4,96 e 2,61 para a extração em ácido acético e ácido clorídrico, respectivamente. Os resultados desse trabalho foram semelhantes ao encontrado por Ferreira (2013) que ao determinar o pH da gelatina de pés de frango obteve resultados entre 2,60 a 4,34. Ainda assim, Bandeira (2009) encontrou pH de 4,10 ao caracterizar gelatina na cabeça de carpa extraída por hidróxido de sódio.

Portanto, vale salientar que a grande variação de pH dos autores citados está diretamente relacionada ao método (pré-tratamento e neutralização) utilizado durante a extração.

Os valores para acidez obtidos no presente trabalho são considerados relativamente altos, embora esse resultado já fosse previsto devido aos pré-tratamentos que foram empregados no processo de extração do colágeno. O pré-tratamento em meio acético obteve um melhor resultado em relação à acidez, já que o ácido clorídrico embora possua um peso molecular menor esteve por mais tempo em contato com as partes da cabeça, assim sendo transferiu maior acidez para o produto final. Para obter um menor valor de acidez deve-se atentar ao procedimento correto de neutralização da amostra bem como os processos de lavagem para diminuir consideravelmente a quantidade de ácido presente na amostra.

A higroscopicidade dos pós diferiu significativamente entre as amostras. Segundo Tonon *et al.* (2009) este comportamento se deve ao fato de a maltodextrina ser um material de baixa higroscopicidade e confirma a eficiência do seu uso como agente carreador no sentido de reduzir a higroscopicidade dos produtos desidratados.

A solubilidade das amostras do colágeno em pó foram analisadas para averiguar a capacidade de reidratação, ou seja, a capacidade de manter-se em mistura homogênea com a água (MAIA e GOLGHER, 1983). Os resultados encontrados foram muito satisfatórios, valores como os encontrados no presente trabalho mostram a alta qualidade do pó liofilizado e a sua interação com o solvente utilizado.

Como pode-se observar na tabela 4 a extração utilizando ácido acético é mais solúvel que a extração por meio do ácido clorídrico, cabe explicar que o ácido acético é

completamente miscível em água enquanto o ácido clorídrico não possui essa mesma propriedade química.

## 6. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que os pós de colágenos extraídos de subprodutos do pirarucu apresentam boa qualidade, contendo alto teor de proteínas e baixa umidade.

Entre o presente estudo destaca-se o colágeno extraído a partir da extração em ácido acético devido a sua alta solubilidade em água, maior força do gel, maior valor de proteínas, maior rendimento e menor acidez.

A alta quantidade de proteínas encontrada no colágeno e o método de conservação empregado demonstra a importância na busca de fontes alternativas que substituam a extração com derivados de mamíferos. Entretanto, os odores residuais indesejados no pó são prejudiciais na aceitabilidade sensorial do produto. Deste modo, há a necessidade de realizar um processo de desodorização para eliminação destes odores.

Conclui assim também que o aproveitamento deste subproduto mostra-se uma boa alternativa à indústria de pescado já que as mesmas dão origem a grandes quantidades de resíduos que são descartadas no meio ambiente de maneira inadequada.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABABOUC, L. **Fisheries and Aquaculture topics. Chemical elements of fish.** Topics Fact Sheets. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome: FAO; 2005 [cited 2012 Oct 20]. Available from: <http://www.fao.org/fishery/topic/14820/en>

ALFARO, A. T. **Otimização das condições de extração e caracterização da gelatina de pele de tilápia (*Oreochromis urolepis hornorum*).** Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial). Universidade Federal de Pelotas, 2008.

BANDEIRA, S. F. **Extração e caracterização da gelatina obtida de cabeças de carpa.** Dissertação de Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos. Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, 2009.

BARD, J.; Imbiriba, E.P. **Piscicultura do pirarucu, *Arapaima gigas*.** Embrapa – CPATU - Circular Técnica, 17.1986.

BARUFFALDI, R., OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos.** São Paulo: Atheneu, 1998. 317p.

BORDIGNON, A. C. **Caracterização da pele e da gelatina extraída de peles congeladas e salgadas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).** Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, 2010.

BOSCOLO, W.R.F, A. **Industrialização de tilápias.** Toledo: GFM, 2007. 172p.

BUENO, Camila Morais Marques. **Extração e Caracterização de Gelatina de Pele de Tilápia e Aplicação como Agente Encapsulante de Óleo de Salmão em Micropartículas Obtidas por Coacervação Complexa.** 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Alimentos e Nutrição, Unicamp, Campinas, 2008.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. **Production and Properties of Spray-dried *Amaranthus Betacyanin* Pigments.** Journal of food science, v. 65, n. 7, p. 1248-1252, 2000.

CAMPBELL, M.K.; FARREL S.O. **Bioquímica.** Versão COMBO. São Paulo: Cengage Learning, 2007.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. **Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization.** Innovative Food Science and Emerging Technologies, Oxford, v. 5, n. 4, p. 420-428, 2005.

CHOI S. S.; REGENSTEIN J. M.; **Physicochemical and sensory characteristics of fish gelatin.** Journal of Food Science, v. 65, p. 194-199, 2000.

COLE, C. G. B. **Gelatine Clarity**. Dr. Bernard Cole's Home Page. Disponível em: <http://www.gelatin.co.za/Gelatine%20Clarity.pdf> Acesso em 28 jan. 2014.

CORSINO., Maria Clara. **Pesquisa mostra que resíduos de peixes podem se transformar em novos produtos**. 2019. Disponível em: <https://www.cpt.com.br/noticias/pesquisa-mostra-que-residuos-de-peixes-podem-se-transformar-em-novos-produtos>>. Acesso em: 16 mar. 2019

CRUZ, Marcio. **Texturômetro na Determinação do Bloom ou Força do Gel**. 2014. Disponível em: <https://blogextralab.wordpress.com/2014/03/20/texturometro-na-determinacao-do-bloom-ou-forca-do-gel/>>. Acesso em: 05 abr. 2019.

DUARTE, F. O. S. **Propriedades funcionais do colágeno e sua função no tecido muscular**. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2011. Disponível na: [http://portais.ufg.br/uploads/67/original\\_semi2011\\_Francine\\_Oliveira\\_2.pdf](http://portais.ufg.br/uploads/67/original_semi2011_Francine_Oliveira_2.pdf)>. Acessado em: 21 mar.2019.

EASTMAN JE, Moore CO. **Cold water soluble granular starch for gelled food composition**. US Patent 4 465 702, 1984.

EBLSA. **Aplicação de produtos liofilizados na indústria**. Disponível em: Acesso em: 02 ago. 2011.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2ed. São Paulo: Atheneu, 284 2005. 652p.

FAO. 2018. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome**. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponível em: <http://www.aquaculturebrasil.com/2018/07/09/fao-atualiza-dados-da-pesca-e-aquicultura-mundial/>>. Acesso em: 15 mar.2019.

FERREIRA, M. F. **Extração e caracterização de gelatina proveniente de subprodutos do frango: pés**. 2013. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

FOGAÇA, F. H. S., Oliveira, E. G., Carvalho, S. E. Q., Santos, F. J. S. **Yield and composition of pirarucu fillet in different weight classes**. Acta Scientiarum. Animal Sciences, 95-99, 2011. 2011.

FRAZEN, et al. **Colágeno: uma abordagem para a estética**. Caçador, v. 2, n. 2, p. 49-61, 2013.

GADELHA, A. J. F. et al. **Avaliação de Parâmetros de Qualidade Físico-Químicos de Polpas Congeladas de Abacaxi, Acerola, Cajá e Caju**. Revista Caatinga. v. 22, n. 1, p. 115- 118, 2009.

GARCIA, L. P. **Liofilização aplicada a alimentos**. 2009. 45p. Trabalho Acadêmico (Graduação Bacharelado em Química de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS, 2009

GELSE, K., Pöschl, E. & Aigner, T. (2003). **Collagens—structure, function, and biosynthesis**. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 55:1531-1546

GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; GIMÉNEZ, B.; LÓPEZ-CABALLERO, M. E.; MONTERO, M. P. **Funcional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review**. *Food Hydrocolloids*, v. 25, p. 1813-1827, 2011.

HUANGA, C.; KUOA, J.; WUB, S.; TSAIA, H. **Isolation and characterization of fish scale collagen from tilapia (*Oreochromis sp.*) by a novel extrusion–hydro-extraction process**. *Food Chemistry*. v.190, p. 997–1006, jan. 2016.

INPA. **Carcaca de peixe é usada para enriquecer alimentos com baixo teor de proteína**. 2015. Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/tecnologia/2015/09/carcaca-de-peixe-e-usada-para-enriquecer-alimentos-com-baixo-teor-de-proteina>>. Acesso em: 16 mar. 2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos, 4ªEd.** São Paulo: IMESP, 2008

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção da pecuária municipal**. Rio de Janeiro, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção da pecuária municipal**. Rio de Janeiro, 2018.

KIRSCHNIK, Peter Gaberz; VIEGAS, Elisabete Maria Macedo. **Avaliação da estabilidade de produtos obtidos de carne mecanicamente separada de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*)**. Dissertação (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, UNESP, 2007. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/100195>>. Acesso em: 19 mar. 2019.

LIMA, Adriana Ferreira et al. **A produção do pirarucu em cativeiro**. *Aquaculture Brasil*. Laguna-SC. 18 jan. 2018. Disponível em: <<http://www.aquaculturebrasil.com/2018/01/18/producao-do-pirarucu-em-cativeiro/>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

LIMA, Adriana Ferreira et al. **Alevinagem, recria e engorda de pirarucu**. Palmas-TO. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/pesca-e-aquicultura/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1071140/alevinagem-recria-e-engorda-de-pirarucu>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

MAIA, A. B. R., & GOLGHER, M. (1983). **Parâmetros para Avaliação da Qualidade de Reconstituição do Leite em pó Desidratado em Secador de Aspersão (“Spray-Drier”)**. Boletim SBCTA, 17(3), 235-254.

**Manual de Boas Práticas de Produção de Pirarucu em Cativeiro**. Brasília: Sebrae, 2013. 48 p.: il.; color. Disponível em: <[https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/6323e97693e93f8e5fb593037f196c28/\\$File/7707.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/6323e97693e93f8e5fb593037f196c28/$File/7707.pdf)>. Acesso em: 13 mar. 2019.

MARQUES, L. G. **Liofilização de frutas tropicais**. 2008. 255p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP, 2008.

MATOS, Paulo Guilherme. **Pirarucu: lenda, benefícios e preparos**. 2017. Disponível em: <<https://amazonia360.wixsite.com/amazonia360/single-post/2017/01/26/Pirarucu-lenda-benef%C3%ADcios-e-preparos>>. Acesso em: 13 mar. 2019.

MENEGASSI, B.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M.; PINHO, S. Z. **Efeito de parâmetros de extrusão na cor e propriedades de pasta de farinha de mandioquinha-salsa (Arracacia xanthorrhiza)**. Ciências e Agrotecnologia, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1780-1792, 2007.

MOLINARI, M. C. **Extração e caracterização de gelatina a partir de subprodutos de tilápia**. Trabalho de Conclusão de Curso para Obtenção do Título de Engenheiro de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

MONTEIRO, D., e M. Izquierdo. **Welfare and health of fish fed vegetable oils as alternative lipid sources to fish oil**. Taylor & Francis, CRC Press, Boca Raton, 439–485. 2010.

NERI, Robson Coelho de Araújo. **Extração e caracterização de colágeno obtido a partir das escamas obtidas no processamento do peixe Cioba (Lutjanus analis)**. / Recife: O Autor, 2013.

OETTERER, Marília. **Proteínas do pescado: processamento com intervenção na fração protéica**. In: *Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos* [S.l: s.n.], 2006.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. **Carnes: no caminho da pesquisa**. Cocal do Sul: Imprint; 2001.

ONO, E.A., Halverson M.R., Kubitza F. **Pirarucu – O gigante esquecido**. Panorama da Aquicultura, 14-25, 2004.

PEREIRA, Regina Célia. **Conheça os benefícios de 40 tipos de peixe**. 2017. Disponível em: <<https://saude.abril.com.br/alimentacao/conheca-os-beneficios-de-40-tipos-de-peixe/>>. Acesso em: 13 mar. 2019

PEREIRA-FILHO, M.; Roubach, R. **Pirarucu (Arapaima gigas)**. In: Baldisserotto, B.; Gomes, L. C. (Eds.). *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. 2ª ed. Santa Maria: Editora da UFSM, 27-56. 2010.

PITTIGLIAMI, A. H. **Resíduos de pescado: produção de biodiesel e extração de colágeno**. Porto Alegre, 2014

PRESTES, R. C. et al. **Caracterização da fibra de colágeno, gelatina e colágeno hidrolisado**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. v.15, n.4. Campina Grande, 2013.

RAMÍREZ-NAVAS, JUAN. (2007). **Liofilización de alimentos**. Revista ReCiTeIA. 6. 1-39.

ROJAS, Valquiria Maeda; GOZZO, Angela Maria. **Extração e caracterização de gelatina de subprodutos suínos**. *Brazilian Journal Of Food Research*. Curitiba-PR, p. 98-115. jun. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa>>. Acesso em: 18 mar. 2019.

SANSUY. **10 países do mundo que mais exportam pescado**. Disponível em: <<https://lojasansuyblog.com.br/10-paises-do-mundo-que-mais-exportam/>>. Acesso em: 17 mar. 2019.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. **Colágeno**. 2019. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/colageno.htm>>. Acesso em: 14 mar. 2019.

SANTOS, S.M.C.; Ceccarelli, P.S.; Luque, J.L. **Helintos parasitos do pirarucu, Arapaima gigas (Schinz, 1822) (Osteoglossiformes: Arapaimidae), no Rio Araguaia, 52 Estado de Mato Grosso, Brasil**. Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, 171-173. 2008.

SHONGCHOTIKUNPAN, P.; TATTIYAKUL, J. SUPAPHOL, P. **Extraction and electrospinning of gelatin from fish skin**. International Journal of Biological Macromolecules. v.42, p.247-255, 2008.

SILVA, R. S. G.; BANDEIRA, S. F.; PETRY, F. C.; PINTO, L. A. A. **Extração de gelatina a partir das peles de cabeças de carpa comum**. Ciência Rural, v. 41, n. 5, p. 904-909, 2011.

SILVA, Tatiane Ferreira da; PENNA, Ana Lúcia Barretto. **Colágeno: Características químicas e propriedades funcionais**. Revista do Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, v. 71, n. 3, 2012. Disponível em: <[http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0073-98552012000300014&lng=pt](http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0073-98552012000300014&lng=pt)>. Acesso em: 20 mar. 2019.

SIONKOWSKA, A. **The influence of UV light on collagen/poly(ethylene glycol) blends**. Polymer Degradation and Stability, v. 91, n.2, p. 305-312, 2006.



TERRONI, Henrique Cesar et al. **LIOFILIZAÇÃO**. *Revista Científica Unilago*, São José do Rio Preto-sp, p.271-284, 2013. Disponível em: <<http://www.unilago.edu.br/revista/edicaoanterior/Sumario/2013/downloads/2013/LIOFILIZA%C3%87%C3%83O.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2019.

TONON, R. V., BRABET, C., HUBINGER, M. D. **Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó**. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.29, p.444-450, 2009.

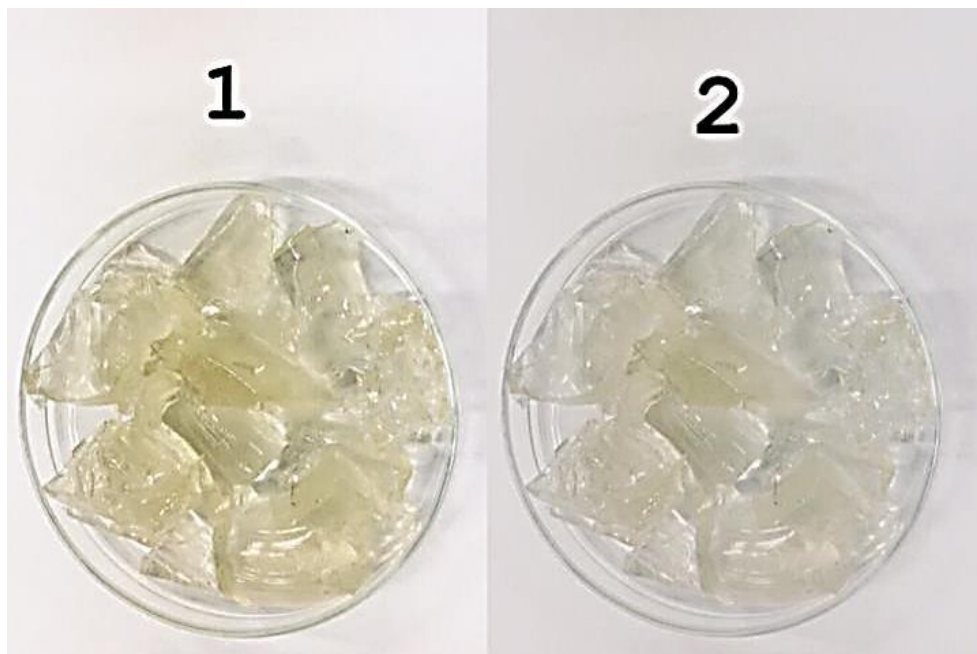
TRINDADE, F. **Desenvolvimento de biofilmes de gelatina de pele de peixe e aplicação para conservação de frutas**. Relatório Final de Atividades (Programa Institucional de Iniciação Científica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão, 2010.

WWF-BRASIL. **Manejo do Pirarucu: sustentabilidade nos lagos do Acre**. Disponível em: <[https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/wwf\\_manejo\\_pirarucu\\_web\\_final.pdf](https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/wwf_manejo_pirarucu_web_final.pdf)>. Acesso em: 11 mar.2019.

ZHANG, Y. et al. **Isolation and partial characterization of pepsin-soluble collagen from the skin of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*)**. *Food Chemistry*, v. 103, n. 3, p. 906–912, 2007.

**APÊNDICE A – FIGURAS DO COLÁGENO GELATINOSO E EM PÓ**

Figura 8- Amostras do colágeno gelatinoso



\*(1) Ácido acético; (2) Ácido clorídrico

Fonte: Autor, 2019.

Figura 9- Amostras do colágeno em pó



\*(1) Ácido acético; (2) Ácido clorídrico

Fonte: Autor, 2019.