

**Universidade Feevale  
Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Materiais  
e Processos Industriais**

**TAÍS CRISTINA SCHARLAU DA SILVA**

**DESENVOLVIMENTO DE ADESIVO A PARTIR DA GELATINA ORIUNDA DE  
RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DE PELES EM COURO**

**Novo Hamburgo  
2023**

**Universidade Feevale  
Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Materiais  
e Processos Industriais**

**TAÍS CRISTINA SCHARLAU DA SILVA**

**DESENVOLVIMENTO DE ADESIVO A PARTIR DA GELATINA ORIUNDA DE  
RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DE PELES EM COURO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais.

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Patrice Monteiro de Aquim

**Coorientador:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tiele Caprioli Machado

**Novo Hamburgo**

**2023**

---

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

---

Silva, Taís Cristina Scharlau da

Desenvolvimento de adesivo a partir da gelatina oriunda de resíduos da indústria de processamento de peles em couro / Taís Cristina Scharlau da Silva. – 2023.

84 f. : il. ; 30 cm

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Patrice Monteiro de Aquim.

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tiele Caprioli Machado.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Feevale – Pós-graduação em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais, Novo Hamburgo, 2023.

1. Processamento do couro. 2. Produção de adesivos. 3. Couro *Wet-blue*. 4. Economia circular. I. Aquim, Patrice Monteiro de, orient. II. Machado, Tiele Caprioli, coorient. III. Título.

CDU 675.1

CDD 675

---

Bibliotecária responsável  
Jéssica Paola Macedo Müller CRB10/2662

**Universidade Feevale  
Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Materiais  
e Processos Industriais**

**TAÍS CRISTINA SCHARLAU DA SILVA**

**DESENVOLVIMENTO DE ADESIVO A PARTIR DA GELATINA ORIUNDA DE  
RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DE PELES EM COURO**

Dissertação de Mestrado aprovada pela banca examinadora em 27 de março de 2023, necessária para conferir ao autor o título de Mestre em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais.

**Componentes da Banca Examinadora:**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Patrice Monteiro de Aquim  
da Universidade Feevale

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Aline Dettmer  
da Universidade de Passo Fundo

Prof. Dr. Vanusca Dalosto Jahno  
da Universidade Feevale

## RESUMO

A gelatina é um material com grande aplicabilidade, podendo ser utilizada para o desenvolvimento de produtos em diversos segmentos da indústria como a produção de adesivos. Essa pode ser obtida a partir de matérias-primas bovinas e suínas, ossos, peles e cartilagens e conseqüentemente os resíduos oriundos do processamento de couro. Nesse contexto, o presente trabalho visa desenvolver um adesivo utilizando gelatina oriunda de resíduos de couro *wet-blue* da indústria de processamento de peles em couro. A metodologia deste estudo consistiu em, primeiramente, desenvolver uma formulação de adesivo com gelatina comercial para ser utilizado como adesivo padrão na pesquisa. Na seqüência, foram realizadas hidrólises do resíduo para obtenção da gelatina oriunda dos mesmos. A gelatina comercial foi substituída pelas obtidas através das hidrólises, de forma equivalente, na formulação para produção do adesivo. Por fim, foram realizadas as análises de caracterização das gelatinas e dos adesivos por meio de: análise estrutural química por espectroscopia no infravermelho (FTIR), análises térmicas (DSC e TGA). Na gelatina obtida por hidrólise alcalina também foram feitas análises de cinzas e nitrogênio e nos adesivos foram realizadas as análises teor de sólidos, cromo VI, densidade e testes de resistência mecânica (resistência a tração e módulo de alongamento após a ruptura). Através da caracterização das gelatinas pode-se verificar que a gelatina extraída apresentou menor pureza quando comparada a gelatina comercial, entretanto através da análise de resistência mecânica, pôde-se perceber que esse fato não afetou o desempenho do adesivo elaborado com a gelatina extraída. A análise de infravermelho demonstrou similaridade entre as gelatinas, comercial e extraída, e para os adesivos elaborados com as mesmas. As análises de DSC e TGA, foram ensaios complementares para a caracterização das gelatinas e dos adesivos desenvolvidos, demonstrando uma pequena redução na estabilidade térmica na gelatina extraída e conseqüentemente no adesivo elaborado com a mesma, corroborando também com os resultados encontrados para as análises de cinzas e nitrogênio, onde percebeu-se um percentual menor de proteína e um teor maior de substâncias inorgânicas. Desta forma, os adesivos desenvolvidos têm potencial para serem utilizados para colagem de madeira, sendo uma alternativa sustentável ao descarte de resíduos de couro *wet-blue*, possibilitando uma economia circular.

Palavras-chave: Economia Circular, Hidrólise, Origem Natural, Reutilização de resíduos, *Wet-blue*.

## ABSTRACT

Gelatin is a material with great applicability and can be used for the development of products in various industry segments such as the production of adhesives. This can be obtained from bovine and porcine raw materials, bones, skins and cartilage and consequently the residues from leather processing. In this context, the present work aims to develop an adhesive using gelatin derived from wet-blue leather residues from the leather processing industry. The methodology of this study consisted of, firstly, developing an adhesive formulation with commercial gelatin to be used as a standard adhesive in the research. Subsequently, hydrolysis of the residue was carried out to obtain the gelatin derived from them. Commercial gelatine was replaced by those obtained through hydrolysis, in an equivalent way, in the formulation for producing the adhesive. Finally, characterization analyzes of gelatins and adhesives were carried out using: chemical structural analysis by infrared spectroscopy (FTIR), thermal analysis (DSC and TGA). In the gelatine obtained by alkaline hydrolysis, analyzes of ash and nitrogen were also carried out and in the adhesives, the analysis of solid content, chromium VI, density and tests of mechanical resistance (tensile strength and modulus of elongation after rupture) were carried out. Through the characterization of the gelatins, it was possible to verify that the extracted gelatin presented lower purity when compared to commercial gelatin, however, through the analysis of mechanical resistance, it was possible to perceive that this fact did not affect the performance of the adhesive elaborated with the extracted gelatin. The infrared analysis demonstrated similarity between the gelatins, commercial and extracted, and for the adhesives elaborated with them. The DSC and TGA analyzes were complementary tests for the characterization of the gelatins and the developed adhesives, demonstrating a small reduction in the thermal stability in the extracted gelatin and consequently in the adhesive made with it, also corroborating the results found for the analysis of ashes and nitrogen, where a lower percentage of protein and a higher content of inorganic substances were observed. In this way, the adhesives developed have the potential to be used for wood bonding, being a sustainable alternative to the disposal of wet-blue leather waste, enabling a circular economy.

Keywords: Circular Economy, Hydrolysis, Natural Origin, Waste Reuse, Wet-blue.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de colagem e seus componentes.....	17
Figura 2 – Fluxo de obtenção de fibra de colágeno, colágeno hidrolisado e colágeno parcialmente hidrolisado (gelatina) .....	25
Figura 3 – Fluxograma da metodologia utilizada do trabalho .....	33
Figura 4 – Extração alcalina da gelatina em fulão.....	37
Figura 5– Corpos de prova para análise de tracionamento.....	42
Figura 6 – Produto oriundo da extração com ácido cítrico .....	45
Figura 7 – Produto oriundo da extração alcalina (a) e gelatina extraída aquoso após filtração (b).....	46
Figura 8 – <i>Spray Dryer</i> (a) e gelatina extraída e seca (b) .....	47
Figura 9 – Gelatina comercial (a) e gelatina extraída a partir hidrólise alcalina (b) .....	47
Figura 10 – Adesivo padrão e adesivo elaborado com a gelatina extraída de resíduos .....	48
Figura 11 – Curvas de absorvância da gelatina comercial (C) e da extraída (E). .....	51
Figura 12 – Curvas de absorvância do adesivo com gelatina comercial (AC) e adesivo elaborado com a gelatina extraída (AE).....	52
Figura 13- Curva termogravimétrica da Gelatina Comercial(a) e Gelatina Extraída(b).....	53
Figura 14 - Curvas termogravimétricas do Adesivo Comercial(a) e Adesivo elaborado com Gelatina Extraída(b).....	55
Figura 15- Curvas de DSC Gelatina Comercial (a) e Gelatina Extraída (b) .....	57
Figura 16- Curvas de DSC Adesivo Comercial (a) e Adesivo Extraído (b).....	59

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais tipos de adesivos, suas composições, características e aplicações .....	18
Quadro 2 – Principais matérias-primas utilizadas em adesivos e suas características .....	22
Quadro 3 – Aplicações da gelatina para produtos da hidrólise alcalina de resíduos wet-blue .....	32
Quadro 4 – Testes de caracterização da gelatina comercial e gelatina extraída .....	39
Quadro 5 - Caracterização do adesivo comercial e adesivo elaborado com a gelatina extraída.....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Formulação orientativa para produção do adesivo a base de gelatina .....	35
Tabela 2– Quantidade de matéria-prima para extração ácida da gelatina .....	36
Tabela 3 – Quantidade de matéria-prima para extração alcalina da gelatina ..	38
Tabela 4- Caracterização físico-química do resíduo de couro wet-blue .....	44
Tabela 5- Caracterização físico-química da gelatina comercial e gelatina extraída .....	49
Tabela 6 – Resultados das análises de espectroscopia de infravermelho e comparativo com a literatura .....	52
Tabela 7 – Resultados do teste de análise de tracionamento dos adesivos ....	60
Tabela 8 – Resultados do teste de teor de sólidos, densidade e cromo VI dos adesivos .....	61

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>ASTM</b>	<i>American Society of Testing and Materials</i>
<b>CTL</b>	Centro de Tecnologias Limpas
<b>CP</b>	Corpo de prova
<b>DSC</b>	<i>Differential Scanning Calorimeter</i>
<b>FTIR</b>	<i>Fourier-transform infrared spectroscopy</i>
<b>MEV</b>	Microscópio Eletrônico de Varredura
<b>PU</b>	Poliuretano
<b>PVA</b>	Acetato de Polivinila
<b>TGA</b>	<i>Thermogravimetric Analysis</i>

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
1.1 OBJETIVO GERAL .....	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
2 REVISÃO DA LITERATURA .....	16
2.1 ADESIVOS .....	16
2.2 TIPOS DE ADESIVOS .....	17
2.3 MATERIAIS-PRIMAS UTILIZADAS NAS FORMULAÇÕES DE ADESIVOS .....	21
2.4.1 Fibra de Colágeno .....	26
2.4.2 Colágeno Hidrolisado .....	26
2.4.3 Gelatina .....	26
2.5 SECAGEM DA GELATINA .....	27
2.6 RESÍDUOS E SUBPRODUTOS DE PELE/COURO BOVINO COM POTENCIAL DE OBTENÇÃO DE GELATINA .....	28
2.6.1 Resíduo <i>Wet-blue</i> .....	29
3 METODOLOGIA .....	33
3.1 MATERIAIS .....	34
3.2 DESENVOLVIMENTO DO ADESIVO A PARTIR DA GELATINA COMERCIAL .....	35
3.3 CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO E EXTRAÇÃO DA GELATINA .....	36
3.3.1 Caracterização do resíduo <i>Wet-blue</i> .....	36
3.3.2 Hidrólise ácida .....	36
3.3.3 Hidrólise alcalina .....	37
3.4 CARACTERIZAÇÃO DA GELATINA COMERCIAL E EXTRAÍDA .....	38
3.5 DESENVOLVIMENTO DE ADESIVOS A PARTIR DAS GELATINAS OBTIDAS DAS HIDRÓLISES (ÁCIDA E ALCALINA) .....	40

	12
3.6 CARATERIZAÇÃO DOS ADESIVOS DESENVOLVIDOS .....	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO <i>WET-BLUE</i> .....	44
4.2 HIDRÓLISE ÁCIDA .....	44
4.3 HIDRÓLISE ALCALINA.....	46
4.4 ADESIVOS A PARTIR DA GELATINA COMERCIAL E EXTRAÍDA .....	48
4.5 CARACTERIZAÇÃO DA GELATINA EXTRAÍDA E ADESIVOS .....	49
4.5.1 Nitrogênio Total Kjeldahl e Teor de cinzas .....	49
4.5.2 Espectroscopia no Infravermelho das gelatinas e adesivos .....	50
4.5.3 TGA das Gelatinas e Adesivos.....	53
4.5.4 DSC das gelatinas e adesivos.....	57
4.5.5 Análise das Propriedades Mecânicas dos adesivos.....	60
4.5.6 Análise do Teor de Sólidos, Densidade e Cromo Hexavalente dos adesivos .....	61
5 CONCLUSÃO.....	63
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65
ANEXO A – CERTIFICADO DE ANÁLISE GELATINA COMERCIAL .....	80
ANEXO B – RELATÓRIO DE ENSAIO CERTIFICADO DE ANÁLISE GELATINA EXTRAÍDA .....	82
ANEXO C – RELATÓRIO DE ENSAIO CROMO HEXAVALENTE .....	83
ANEXO D – RELATÓRIO DE TRACIONAMENTO ADESIVOS.....	84

# 1 INTRODUÇÃO

A indústria do couro e seus produtos desempenham um papel relevante na economia mundial, com um valor comercial global de 271,21 bilhões de dólares no ano de 2021 (STATISTA, 2022). Essa indústria é uma das mais antigas e tradicionais, devido as suas diversas aplicações, como calçados, vestuários e bolsas (CHAUDHARY; PATI, 2016). Durante o processamento do couro, resíduos sólidos e efluentes líquidos são gerados, o que torna necessário o desenvolvimento de estudos para minimizar os impactos ambientais do setor. Para cada 1000 kg de pele verde, são produzidos cerca de 200 kg de couro acabado e 600 kg de resíduos sólidos e subprodutos. Entre os principais resíduos sólidos dessa atividade estão os farelos, pós e aparas de couros (*wet-blue*, semiacabados e acabados) (MORAES; BIDONE, 2002).

A gelatina é produzida a partir de hidrolisados de colágeno, sendo um material com grande aplicabilidade, assim quando extraído do resíduo de couro pode ser utilizado para o desenvolvimento de materiais (CAPPELLARO, 2020; KANAGARAJ; BABU; MANDAL, 2008). Sendo ela um material que apresenta propriedades biocompatíveis e adesivas, podendo se transformar em matéria prima para o desenvolvimento de produtos de diversos segmentos de indústrias, como filmes, microcápsulas, alimentação, fertilizantes, adesivos e entre outros (PENG; LI; SHEN, 2012; HANANI; ROOS; KERRY, 2014; DANG; SHAN; CHEN, 2016).

Pode-se encontrar colágeno em matérias-primas bovinas e suínas, ossos, peles e cartilagens e conseqüentemente os resíduos oriundos do processamento de couro, os quais quando hidrolisados são transformados em gelatina (GENNADIOS, 2002; WOLF, 2003; MASILAMANI *et al*, 2016).

Um dos principais produtos utilizados no processo de curtimento é o cromo trivalente, que se liga com o colágeno da pele estabilizando o material. A pele bovina após o tratamento de transformação, por meio do curtimento ao cromo, é denominada couro *wet-blue*. Apesar de receber esse tratamento, ainda é possível perceber no material a presença de colágeno, o qual é de grande

interesse como um subproduto para indústrias de adubos e fertilizantes (METZ, 2016).

Para realizar a extração da gelatina em resíduos de couro é necessário o emprego de temperatura e agentes químicos, os quais são responsáveis por realizar a quebra das ligações do complexo cromo-colágeno. Assim, para realizar a quebra dessas ligações é feita a hidrólise, que dependendo da finalidade do uso, pode ser ácida, alcalina ou enzimática. Após a hidrólise, para muitas aplicações, a gelatina obtida precisa ser seca, para isso podem ser utilizados métodos de secagem convencional ao ar, liofilização e secagem por *spray dryer* (FRIESS, 1998; MANCOPEs *et al.*, 2008; SCOPEL *et al.*, 2018; SUNDAR *et al.*, 2011; SIKORSKI; KOŁODZIEJSKA, 2002).

Uma das aplicações da gelatina oriunda da extração de subprodutos de origem mamífera, é a cola animal e esse tipo de adesivo, normalmente é encontrada na forma de sólido ou em pó, para reconstituição com água, e aplicadas a uma faixa de temperatura que varia entre 80 e 90 °C. São principalmente utilizados por indústrias de móveis, papel e têxteis (ADAMS; ÖCHSNER; SILVA, 2011). Para fabricação da cola animal, normalmente se utiliza gelatina oriunda de peles ou outras fontes e não de resíduos de couro.

De acordo com o estudo realizado pelo Centro das Indústrias de Curtumes do Brasil – CICB em 2022, está ocorrendo uma redução nas unidades produtivas ativas no setor de couro no Brasil. No ano de 2018, existiam 240 unidades e em 2020 chegou-se a 214 unidades. Porém, apesar da redução nas unidades, percebe-se um aumento em investimentos e equipamentos, assim como uma maior preocupação com a área ambiental. Em 2018 60% das empresas possuíam alguma certificação, já em 2021 esse percentual chegou em 78% (CICB, 2022). Sendo assim, é imprescindível a busca por procedimentos e métodos para reutilização dos resíduos gerados, transformando em um produto sustentável, buscando minimizar os impactos ambientais e gerando uma economia circular.

A presente pesquisa teve o apoio da empresa FCC por meio de doação de matérias primas e testes/ análises realizadas na mesma.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho é desenvolver um adesivo utilizando gelatina extraída de resíduos de couro *wet-blue* da indústria de processamento de peles em couro.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver uma formulação para um adesivo utilizando gelatina comercial como matéria-prima;
- Extrair gelatina a partir de resíduos de curtume, do tipo *wet-blue*;
- Replicar a formulação do adesivo desenvolvido, substituindo a gelatina comercial por gelatina extraída de resíduos de curtume;
- Avaliar as propriedades físico-químicas e mecânicas dos adesivos desenvolvidos.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Ao longo do referencial teórico estão dispostos conceitos básicos para compreensão do trabalho. São abordados conhecimentos gerais sobre adesivos e os tipos mais comuns, bem como as matérias-primas utilizadas para sua formulação. Além disso, são explanados aspectos teóricos sobre o colágeno bovino e seu uso como matéria-prima, tendo em vista resíduos e subprodutos de pele os quais possuem potencial de obtenção de colágeno e seus processos para extração de colágeno a partir dos resíduos.

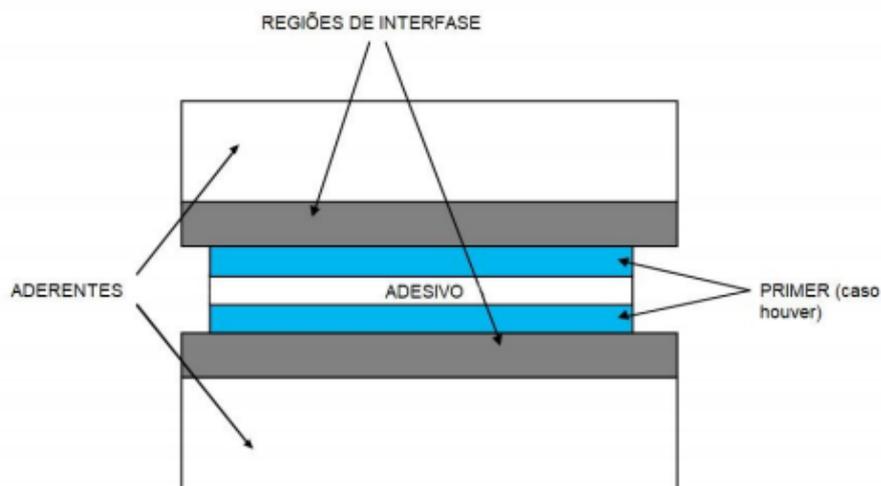
### 2.1 ADESIVOS

Adesivos são substâncias que tem a propriedade de realizar a união de duas superfícies, denominadas substratos, e a força de adesão é responsável por fazer com que o adesivo fique aderido ao substrato. Eles podem ser classificados em relação a sua composição, utilização e aplicação. Os adesivos apresentam vantagens em relação a outros sistemas de união de materiais, pois resultam em menor peso ao produto após a união dos substratos, em muitos casos os custos de fabricação são inferiores, agregam para um melhor acabamento do produto, pois normalmente ficam invisíveis (ADAMS; ÖCHSNER; SILVA, 2011; ANDREW, 2015).

Outro ponto importante dos adesivos, está relacionado à tensão na peça, como eles são aplicados, na sua grande maioria na totalidade das peças, tem-se uma área maior e conseqüentemente a tensão será distribuída e não mais concentrada em pequenas áreas (ADAMS; ÖCHSNER; SILVA, 2011; ANDREW, 2015; GOSSLER, 2020).

Após a ligação com o adesivo, os substratos são chamados de adendo ou aderente e a região entre o adesivo e o aderente, é conhecida como interfase ou camada limite. Os sistemas de colagem, necessitam de aderentes, adesivo, primer (dependendo do tipo de adesivo utilizado) e interfases, conforme demonstrado na Figura 1 (GOSSLER, 2020).

**Figura 1 – Sistema de colagem e seus componentes**



Fonte: Adaptado de Gossler, 2020.

A união entre os aderentes e o material adesivo, é denominada como junta adesiva ou ligação adesiva, ocorrendo em três estágios. O primeiro, é aplicação do material adesivo, que deve estar no estado líquido, de forma que sua molhabilidade e espalhamento ocorra da melhor forma e que seja possível criar o melhor contato entre o adesivo e o aderente. O segundo estágio, depende do tipo de adesivo empregado, podendo ser cura química ou secagem física. Já no último estágio, pode-se perceber as forças de interação entre adesivo e aderente, geradas pela força de adesão (MENDOZA *et al*, 2017).

## 2.2 TIPOS DE ADESIVOS

Existe uma ampla variedade de adesivos no mercado, todo adesivo tem suas características e sua finalidade específica de aplicação. Portanto, é importante verificar todos os adesivos disponíveis, para fazer a escolha correta, com base no objetivo. No quadro 1, são destacados os principais tipos de adesivos:

**Quadro 1 – Principais tipos de adesivos, suas composições, características e aplicações**

Continua.

<b>Tipo de adesivo</b>	<b>Composição</b>	<b>Característica</b>	<b>Aplicação</b>
Cola Animal	É produzida a partir da gelatina, que é uma proteína extraída da cartilagem, tendões, ossos, peles, e que pode ser de origem de mamíferos ou peixes.	Esse tipo de cola, normalmente é encontrado na forma de sólido ou pó, para reconstituição com água. O colágeno é uma proteína insolúvel em água, mas quando tratado com ácidos, álcali ou água quente, torna-se solúvel.	São principalmente utilizados por indústrias de móveis, papel e têxteis.
Adesivo à Base de Poliuretano	Dispersão de resina poliuretano dispersa em solvente orgânicos ou em água e adição de aditivos para conferir propriedades específicas.	Possui alta resistência mecânica, degradação controlada e afinidade celular. Nos adesivos base solventes, apresenta coloração variando do transparente ao translúcido branco e base água coloração de translúcida esbranquiçada à branca.	Embalagens, livros, calçados, moveleiro, entre outros.
Adesivo de Policloropreno(Neoprene)	Resina policloropreno dispersa em solventes orgânicos ou em água e adição de aditivos para conferir propriedades específicas.	Base solvente apresenta cor amarela e possui força, resistência ao envelhecimento, ao calor, à água, névoa e produtos químicos. Base água apresenta coloração de translúcida branca à amarelada, é sensível ao calor e ao cisalhamento.	Superfícies metálicas, moveleira e calçadista.
Adesivos Sólidos Termofusíveis (HM)	Adesivo termoplástico, produzido a partir da mistura de borrachas e outras resinas. Também são adicionados aditivos para conferir propriedades específicas	São reconhecidos por sua força e resistência ao calor. Em comparação com outros adesivos, o processo de configuração é reversível e a aproximadamente 77 °C, podendo ser resfriados e derretidos novamente, sem perder as propriedades.	Metais, plásticos, vidro, cerâmica, borrachas e madeira.

Continua.

Adesivo à Base de Acetato de Polivinila	Dispersão de PVA em água e adição de aditivos para conferir propriedades específicas.	Possui força e rigidez instantâneas após a sua aplicação. As colas de PVA devem ser aplicadas em temperaturas em torno de 16 e 32 °C.	Construção civil, fabricação de móveis, embalagens para produtos flexíveis e como um adesivo de revestimento para colar tecido isolante para tubos e dutos em usinas a vapor e navios.
Látex Natural	Emulsão de borracha natural em água e adição de aditivos para conferir propriedades específicas.	O látex natural refere-se ao material obtido, principalmente, a partir da fricção da seringueira. O adesivo apresenta coloração de translúcida à branca e se destaca para a elevada pegajosidade. Porém apresenta pouca resistência para colagem calçados e possui odor característico amoníaco, o qual é utilizado para estabilizar o adesivo.	Fita Adesiva.
Cianoacrilatos	Adesivo monocomponente, a base de cianoacrilato e não necessita de misturas.	Possuem potencial adesivo muito forte, apesar de sua coesão ser fraca, por serem polímeros lineares, isso implica que as ligações devem ser feitas usando os filmes mais finos, sob essas condições, quase todos os materiais podem ser ligados.	Pedra, metal, madeira, couro, cerâmica, papel, plástico.

Continuação

Adesivo à Base de Dextrina	Emulsão aquosa da Dextrina e adição de aditivos para conferir propriedades específicas.	São de origem vegetal e apresentam coloração marrom, são atóxicos, biodegradáveis, possuem baixo teor de umidade e são muito solúveis em água.	Superfícies porosas como embalagem de papel e papelão.
Adesivo à Base de Caseína	Dispersão aquosa da proteína do leite (caseína), extraída do leite desnatado e adição de aditivos para conferir propriedades específicas.	Existem três tipos de caseína: caseína ácida, caseína láctica e caseína coalho. São diferenciadas entre elas pelo processo de produção que é realizado em cada uma.	Rotulagem de vidro.
Adesivo à Base de Amido	Emulsão aquosa a base de amido de milho ou de mandioca e adição de aditivos para conferir propriedades específicas.	São muito solúveis em água fria e quente. Também se degradam muito facilmente em ambientes úmidos, por isso são comercializados na forma seca(pó).	Papel e papelão.

Fonte: Adaptado De Adams; Öchsner; Silva (2011), Agnol (2019), Andrew (2015), Coelho (2007), Cunha; Matos (2011), Ebnesajjad; Landrock, (2015), Gilio *et al* (2021), Fabrício; Mählmann (2014), Pizzi; Mittal (2003), Silva (2011), Silva *et al.* (2011) e Souza (2015).

### 2.3 MATERIAIS-PRIMAS UTILIZADAS NAS FORMULAÇÕES DE ADESIVOS

Em relação à formulação, os adesivos possuem muitas variações e muitos componentes na sua composição, onde para cada aplicação tem-se uma característica diferente, o qual cada tipo de adesivo possui uma formulação específica. Os principais componentes encontrados em adesivos comerciais são: polímero base, resinas, solventes, cargas, espessantes e aditivos. Mas não é uma regra, nem todos os componentes são encontrados em todos os adesivos, existem alguns adesivos que não possuem solventes ou cargas (EBNESAJJAD; LANDROCK, 2015).

O Quadro 2 apresenta as principais matérias-primas utilizadas na formulação de adesivos e suas características.

**Quadro 2 – Principais matérias-primas utilizadas em adesivos e suas características**

Continua.

<b>Matéria prima</b>	<b>Exemplos</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Polímero Base	Policloropreno, poliuretano, borracha termoplástica, PVA, borracha natural, EVA, poliamida e entre outros.	Realiza a ligação entre os substratos e é responsável pelas propriedades mecânicas dos adesivos.	Possui resistência, viscosidade e tempo adaptável.	Baixa adesão
Resina	Resinas naturais: breu, ésteres de breu, goma-laca. Resinas sintéticas: fenólicas.	Conferem ao adesivo adesão e <i>tack</i> .	Resistente ao calor dos filmes de adesivos e gerar a pegajosidade.	São prejudiciais ao meio ambiente, podendo ser, cancerígeno, patogênicos ou mutagênicos.
Solventes	Tolueno, acetona, metiletilcetona (MEK), água, acetato de etila, hexano e entre outros	Dissolvem as demais matérias primas do adesivo, como polímero base, resina e aditivos.	Reduzir a viscosidade e facilitar a sua espalhabilidade.	Nocivo ao meio ambiente.
Cargas ativas e cargas inativas	Ativa: óxido de magnésio e o óxido de zinco Inativas: CaCO <sub>3</sub> , BaSO <sub>4</sub> , pó de quartzo e entre outros	As cargas ativas têm como finalidade melhorar alguma propriedade específica do adesivo. E as cargas inativas são utilizadas com a função de reduzir custos do adesivo.	Possui expansão térmica, elétrica e condutividade térmica, encolhimento e resistência ao calor.	

Continuação.

Espessantes	Dispersões de poliacrilato modificado com carboxila, soluções de poliacrilato de sódio e entre outros	Utilizados em adesivos base água. Possui a finalidade de se obter uma consistência melhor ao adesivo. Também são utilizados para auxiliar na suspensão de pigmentos ou óxidos metálicos.	Torna o adesivo fácil de aplicar e com uma cobertura do substrato.	Causam grande aumento na viscosidade da resina.
Aditivos	Antioxidantes, plastificantes, ceras e entre outros	São aplicados para atingir uma característica específica do adesivo.	Melhoram características específicas, como por exemplo, conferir maior durabilidade ao longo do uso do adesivo.	

Fonte: adaptado de Coelho (2007), Andrew (2015), Silva (2008) e Pizzi e Mittal (2003).

## 2.4 COLÁGENO: ESTRUTURA, COMPOSIÇÃO E MÉTODOS DE EXTRAÇÃO

O colágeno e seus derivados são muito utilizados pelas indústrias e está virando uma tendência sua utilização como proteína para substituição de agentes sintéticos em diversos processos industriais. As indústrias farmacêuticas e alimentícia são as maiores consumidoras de colágeno, atuando como agentes espumantes, emulsificantes, estabilizantes, microencapsulantes e materiais formadores de filme biodegradáveis. Devido as suas características, o colágeno pode ser explorado por outros setores industriais, como de cosméticos, adesivos, para remoção de óleo de derramamentos, entre outros (BHAGWAT, 2018).

O termo “colágeno” é usado para denominar uma família de aproximadamente 27 isoformas de proteínas encontradas nos tecidos conjuntivos ao longo do corpo, como ossos, tendões, cartilagens, veias, pele, dentes e músculos, podendo ser extraído de diversas espécies de animais, como bovinos, suínos e peixes (SILVA; PENNA, 2012). No Brasil, a maior parte do colágeno é oriundo de subprodutos da indústria de carnes, em virtude da vasta produção do país para exportação, apenas no mês de abril de 2021, o país faturou US\$ 122 milhões com a exportação de couro e pele (CICB, 2021).

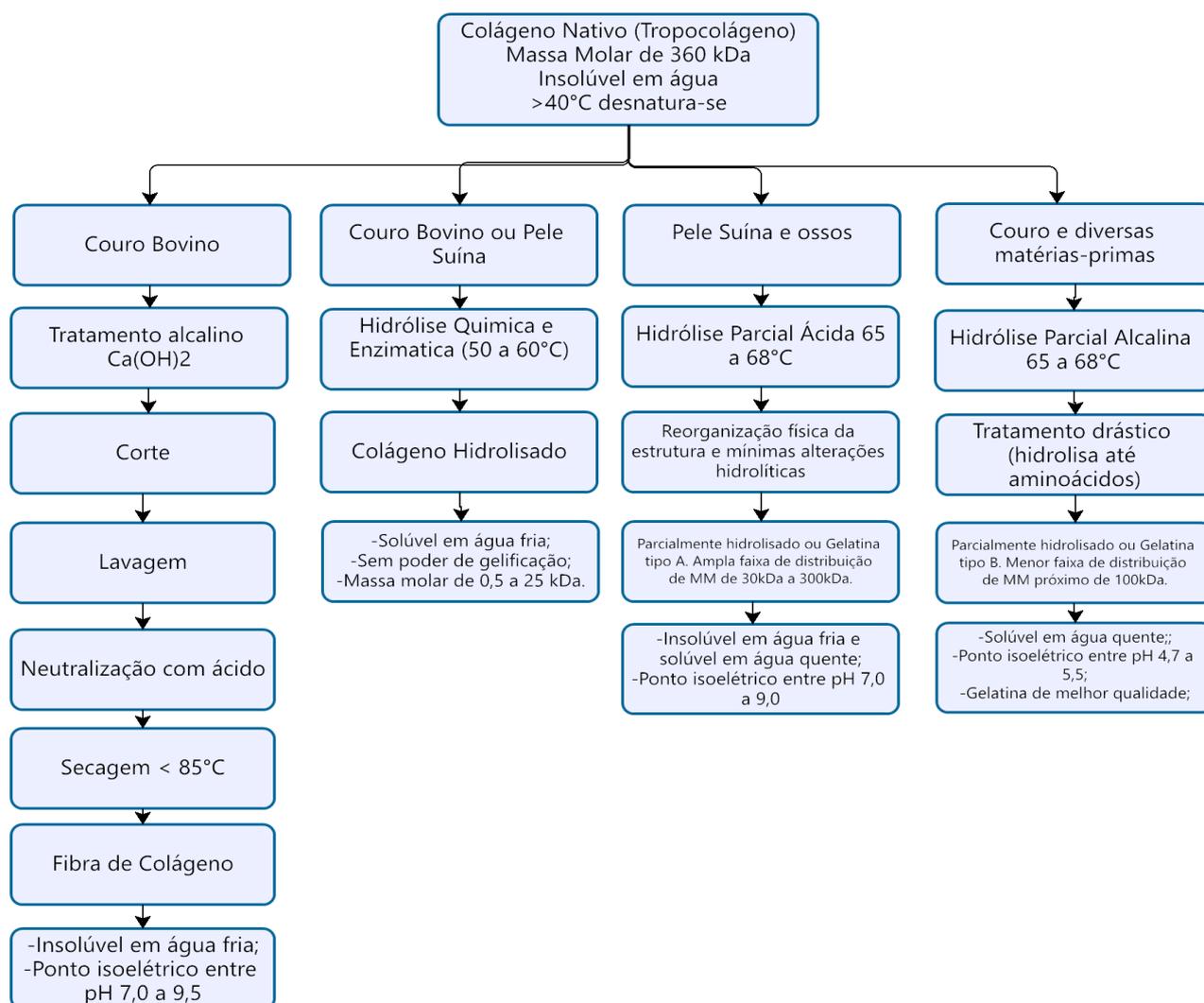
O colágeno é composto por grandes cadeias de aminoácidos ligados por ligações peptídicas, e que podem conter grupos funcionais ácidos e básicos. A diversidade da composição de aminoácidos presentes nos colágenos, leva a classificação em pelo menos quatro tipos, os colágenos mais comuns são tipo I, II, III e IV, e se diferem entre si pelas funções que desempenham e sua fórmula química (PRESTES *et al.*, 2013).

O tipo I, é o mais abundante e é encontrado em peles, tendões, ligamentos e ossos, apresenta forma de fibras grossas, é uma proteína de macromolécula, constituída por três cadeia polipeptídicas, as quais apresentam no centro da molécula forma helicoidal e nas extremidades amínica e carboxílica com forma globular. A partir do colágeno tipo I são obtidos o colágeno parcialmente hidrolisado, ou seja, a gelatina, e o colágeno hidrolisado. Para fins de produção industrial, a gelatina é obtida do colágeno por meio da hidrólise ácida ou alcalina (TORLEY; DARCY; TROUT, 2000).

O colágeno tipo II, pode ser encontrado em cartilagens, há a formação de fibrilas e não de fibras, o tipo III é constituído por fibras nas artérias, no músculo dos intestinos, são fibras que apresentam elasticidade. Já o tipo IV, está presente na membrana basal e atua como um filtro nos rins, esse tipo de colágeno não forma fibras e nem fibrilas (PRESTES, 2013).

A partir do colágeno nativo, insolúvel, que é encontrado em peles, ossos e tendões, é possível obter a fibra de colágeno, o colágeno hidrolisado e o colágeno parcialmente hidrolisado (comumente chamado de gelatina), como pode-se verificar na Figura 2. Cada um destes derivados do colágeno apresenta características distintas e dependem de processos de extração diferentes, tempo e temperatura para obtenção (PRESTES, 2013).

**Figura 2 – Fluxo de obtenção de fibra de colágeno, colágeno hidrolisado e colágeno parcialmente hidrolisado (gelatina)**



Fonte: Adaptado de Prestes, 2013.

### **2.4.1 Fibra de Colágeno**

A fibra de colágeno é obtida a partir do colágeno nativo, essa fibra passa por um tratamento alcalino, é desengordurada e posteriormente seca em baixas temperaturas. Devido ao tamanho da sua partícula, em torno de 1,80 a 1,92 mm, algumas aplicações são inviabilizadas, como por exemplo não pode ser injetada e em relação a sua forma física, apresenta característica como capacidade de retenção de água, agente de textura e coesão (SILVA *et al*, 2021).

### **2.4.2 Colágeno Hidrolisado**

O colágeno hidrolisado também é obtido a partir do colágeno nativo, sua extração é realizada por meio de hidrólise química e enzimática sob condições controladas. A sua principal característica é a sua composição de aminoácidos, com alto nível de glicina e prolina, os quais são essenciais para estabilidade e regeneração de cartilagens, podendo ser utilizado como matéria-prima em produtos benéficos para o organismo (BOMBANA; ZANARDO, 2018; SILVA; PENNA, 2012).

As condições de processamento, matérias-primas e a enzima utilizada na extração, estão diretamente ligadas a massa molar, estrutura, composição, características e propriedades funcionais do colágeno hidrolisado obtido (PRESTES, 2013).

### **2.4.3 Gelatina**

A gelatina ou também conhecida como colágeno parcialmente hidrolisado, é obtida por meio do processo de hidrólise ácida ou alcalina, sendo muito utilizada para reter água e como agente de gelificação (BOMBANA; ZANARDO, 2018). Na extração ácida a gelatina obtida é classificada como Tipo A, apresenta ponto isoelétrico entre 7 e 9, e nesse processo ocorre a reorganização física da estrutura e mínimas alterações hidrolíticas, resultando em ampla faixa de distribuição de massa molar. Já na hidrólise alcalina o produto é denominado

gelatina Tipo B, apresenta ponto isoelétrico entre 4,7 e 5,5, e este processo é mais drástico, hidrolisando até aminoácidos, o que resulta em menor faixa de distribuição de massa molar, esse processo ocorre em temperatura, tempo e pH altos, levando a degradação das proteínas (PRESTES *et al.*, 2013; SCOPEL *et al.* 2018).

A gelatina é uma proteína completamente desnaturada, podendo ser usada na indústria alimentícia apenas como um emulsificante e não como uma fonte de fibras nutricionais. A principal propriedade da gelatina é formar soluções para produção de géis estáveis, abaixo de 40 °C (SILVA, 2012).

A principal diferença entre o colágeno hidrolisado e a gelatina está relacionada a sua massa molar, sendo de 15-50kg/mol o colágeno hidrolisado e de 50-200kg/mol a gelatina (SCOPEL, 2020).

## 2.5 SECAGEM DA GELATINA

A gelatina é um produto comercializado na forma desnaturada e as suas características dependem do seu processo produtivo. O tipo da matéria-prima, o pré-tratamento escolhido, as condições de extração, temperaturas de extração e métodos de secagem utilizados, terão total influência no rendimento da produção e nas propriedades físico-químicas obtidas na gelatina seca. Sendo assim, a secagem é um ponto de muita importância no processo, uma vez que será decisiva para definir as propriedades da gelatina obtida. O processo de secagem é responsável por realizar transformações físico-químicas das proteínas, por meio da transferência de calor e massa, o calor envolvido pode resultar em algumas alternâncias ou modificações da estrutura da proteína, podendo influenciar em propriedades como solubilidade, gelificação, formação de espuma, emulsificação, propriedades de absorção de gordura e de água (ARAÚJO *et al.*, 2021; KANWATE; BALLARI; KUDRE, 2019).

Dessa forma, cada método de secagem e condições de secagem, podem gerar diferentes efeitos nas propriedades e características da gelatina. Os métodos mais comuns utilizados para secagem são a liofilização, a secagem em estufa a vácuo e o *Spray Dryer*. A secagem por *Spray Dryer* ou também

conhecida como secagem por pulverização, é um método de secagem muito utilizado nas indústrias alimentícias, pois é responsável pela obtenção de produtos de qualidade e gelatinas com menor odor, além de apresentar outra vantagem, que é o baixo custo (KANWATE; BALLARI; KUDRE, 2019).

## 2.6 RESÍDUOS E SUBPRODUTOS DE PELE/COURO BOVINO COM POTENCIAL DE OBTENÇÃO DE GELATINA

Apesar dos curtumes utilizarem resíduos oriundos das indústrias de carne, o processo de transformação das peles em couro ocorre pelo alto consumo de produtos químicos, associado a diversos processos mecânicos, além do alto consumo de água, conseqüentemente, gerando um volume significativo de resíduos sólidos e líquidos, com alto grau de toxicidade (METZ, 2016). Gera-se nas indústrias do couro resíduos como gorduras, farelos do processo de rebaixe, efluentes dos processos, lodo, retalhos de couro, pó, entre outros resíduos, os quais grande parte são destinados aos aterros sanitários (RIEHL, 2015).

Em 2010 entrou em vigor a Política Nacional de Resíduos Sólidos (“PNRS”), lei nº 12.305/10, com diretrizes voltadas para a gestão integrada e de gerenciamento de resíduos sólidos, expondo a necessidade de primeiramente pensar na reciclagem dos resíduos, tratando apenas os rejeitos do final do ciclo, os quais já não exista possibilidade de reaproveitamento e encaminhando os mesmos para destinação final (RIEHL, 2015).

De acordo com o estudo realizado pelo Centro das Indústrias de Curtumes do Brasil – CICB em 2022, está ocorrendo uma redução nas unidades produtivas ativas no setor de couro no Brasil. No ano de 2018, existiam 240 unidades e em 2020 chegou-se a 214 unidades. Porém, apesar da redução nas unidades, pode-se perceber um aumento no nível de ocupação das instalações produtivas, saindo de 71% em 2018 para 80,9% em 2020, ocorrendo também um aumento de 39% em equipamentos e investimentos. Percebe-se também uma maior preocupação com a área ambiental e a responsabilidade pelo atendimento das legislações vigentes, de forma que em 2018 apenas 60% das empresas

possuíam alguma certificação, como: LWG (*Leather Working Group*), ISO (*International Organization for Standardization*) e CSCB (Certificação de Sustentabilidade do Couro Brasileiro), já em 2021 esse percentual chegou em 78% (CICB, 2022).

Políticas públicas e a mais investimentos nas indústrias de curtumes, convergem com a necessidade de uma gestão voltada para redução e descontaminação dos resíduos, buscando procedimentos e métodos para reutilização dos resíduos gerados, transformando em um produto sustentável, buscando minimizar os impactos ambientais e gerando uma economia circular. De forma que se transforme em trabalho e renda, tornando-se um bem econômico e que traga valor social (RIEHL, 2015; ROSA, 2020).

Conforme Metz (2016), acredita-se que os resíduos gerados pelas indústrias de processamento de peles, podem resultar em subprodutos ou coprodutos, valorizando-os economicamente e que das 44.400 toneladas de serragem e pó de couro geradas anualmente no Rio Grande do Sul, 30% são destinadas para aterros industriais. Esse resíduo destinado aos aterros, constam na sua composição colágeno, proteína que faz parte da integridade estrutural da pele, estando muito presente nos resíduos oriundos de processamento de peles em couro. Sendo assim, pode-se estimar que 13.000 toneladas do resíduo poderiam ser transformadas em aproximadamente 5.000 toneladas de gelatina anualmente (SCOPEL, 2020; SILVA, 2012).

### **2.6.1 Resíduo *Wet-blue***

Dentre os resíduos gerados pelos curtumes, os resíduos sólidos de pele, oriundos de recortes da pele bruta, os quais não são perigosos, apresentam um alto teor de colágeno. No resíduo *wet-blue*, também é possível encontrar colágeno na sua composição, o qual pode ser extraído e enriquecido com minerais, como fósforo e potássio, se transformando em grande interesse para uso como um subproduto para indústrias de adubos e fertilizantes (METZ, 2016).

A denominação de *wet-blue* é dada, a pele bovina após sofrer o primeiro tratamento de transformação no curtume, é realizada a estabilização da estrutura proteica através de reações químicas com o uso de curtentes. De forma, que o

couro passa a ter um aspecto úmido e azulado, esse processo visa preservar as peles e torná-las mais resistentes e os sais de cromo são os agentes curtentes mais usuais (DAUDT; GRUSZYNSKI; KÄMPF, 2007).

O processo de rebaixamento do couro visa a padronização de espessura do couro *wet-blue*, durante esse processo são geradas raspas e as chamadas serragens de rebaixamento, as quais representam um volume significativo de resíduos nesse tipo de processo produtivo (PINHEIRO, 2021).

Toda pele após o tratamento com cromo, transformada em couro, é classificada como classe I, perigosos, conforme a ABNT NBR 10.004, devido à presença de  $\text{Cr}^{+3}$ , o qual tem a possibilidade de sofrer oxidação e se transformar em  $\text{Cr}^{+6}$ , se tornando altamente tóxico (ABNT, 2004). Dessa forma, todo resíduo gerado do tipo *wet-blue* requer cuidado e descarte correto, sendo os aterros controlados uma medida paliativa para evitar descartes incorretos e demais contaminações (DAUDT; GRUSZYNSKI; KÄMPF, 2007).

Apesar da toxicidade do cromo, ele tem papel fundamental no processo de produção do couro, de forma que as fibras naturais do colágeno são estabilizadas pela formação *cross-links* intermoleculares e a reatividade do colágeno ao realizar as ligações químicas com os sais de cromo é possível devido os grupos radicais que estão presentes nos aminoácidos. A fixação dos sais de cromo com objetivo de estabilizar o colágeno, ocorre devido a associações químicas com as cadeias de polipeptídicas em nível intrafibrilar, criando assim uma maior estabilidade química e mecânica para o produto final (METZ, 2016)

A reutilização de resíduos que apresentam algum percentual de cromo, torna restrita à sua aplicação, não podendo ser aplicada a indústria alimentícia por exemplo. A gelatina apresenta caráter biodegradável e o alto teor de nutrientes, como nitrogênio, o que torna o seu uso mais comum para agricultura, visto que a sua degradação libera nutrientes para o solo (GARCIA, 2015).

Porém, o processamento químico permite uma maior aplicabilidade da gelatina oriunda de resíduos *wet-blue*. Através da hidrólise ácida, alcalina ou enzimática, torna possível o uso na produção de polímeros, borracha, fertilizantes e colas/adesivos, reciclando também o cromo, o qual pode ser utilizado na produção de pigmentos ou retornando para o processo de curtimento (CHAUDHARY; PATI, 2016; PRINGLE, 2016).

A hidrólise torna isso possível, pois o processo consiste na quebra das ligações, as quais geram estabilidade ao colágeno, de forma que as ligações do complexo cromo-colágeno precisam ser rompidas. Para isso, é necessário um meio aquoso, temperatura e produtos químicos (MANCOPES *et al.*, 2008).

Na hidrólise ácida é possível recuperar até 60% do cromo, no processo acaba sendo produzido um líquido rico em cromo e uma torta sólida com baixo teor de cromo. O líquido rico em cromo, pode retornar ao processo de recurtimento. Já na hidrólise alcalina, normalmente são gerados dois produtos em meio aquoso, o colágeno hidrolisado e a gelatina, e na torta um produto rico em cromo. E a hidrólise enzimática é dividida em duas etapas, primeiro processo químico, onde se obtém a gelatina e na segunda ocorre a adição de enzimas e é obtido o colágeno hidrolisado (BELTRÁNPRIETO *et al.*, 2011; FERREIRA *et al.*, 2010; MALEK; HACHEMI; DIDIER, 2009).

A principal razão para buscar diferentes extrações da gelatina e otimizações das condições de processos, está relacionada a sua propriedade gelificante e, conseqüentemente, a sua crescente valorização para uso em indústrias da gelatina, fotográfica, cosmética e farmacêutica (SILVA, 2012). Existem métodos, como a descromagem, que buscam a recuperação da gelatina e do cromo, com o objetivo de agregar mais valor aos produtos obtidos (ROSA, 2020).

Vários estudos têm sido realizados para buscar uma solução para resolver os problemas dos resíduos gerados pelos curtumes, buscando gerar novos produtos sustentáveis. Dessa forma, é possível perceber no quadro 3, que os autores testaram ou sugeriram o uso de gelatina extraída através de hidrólise alcalina de resíduos *wet-blue* em determinadas aplicações. Destacando os trabalhos de AFTAB *et al.*, 2006, CABEZA *et al.*, 1998, CATALINA *et al.*, 2006 e MOKREJS *et al.*, 2007, os quais sugerem o uso da gelatina para aplicação em adesivos (SCOPEL, 2020).

**Quadro 3 – Aplicações da gelatina para produtos da hidrólise alcalina de resíduos *wet-blue***

<b>Aplicação</b>	<b>Sugerida/Testada</b>	<b>Referência</b>
Gelatina Cosméticos, adesivos, fotografia, impressão, microencapsulação, filmes, acabamento do couro	Sugerida	(CABEZA <i>et al.</i> , 1998)
Microencapsulação	Testada	(CABEZA <i>et al.</i> , 1999)
Alimentação animal	Sugerida	(TING-DA; CHUN-PING; FEI, 2000)
Cosméticos, adesivos, fotografia, impressão	Sugerida	(AFTAB <i>et al.</i> , 2006)
Cosméticos, adesivos, fotografia, impressão, encapsulação, filmes	Sugerida	(CATALINA <i>et al.</i> , 2006)
Géis, adesivos, fotografia, impressão	Sugerida	(MOKREJS <i>et al.</i> , 2007)
Acabamento do couro	Testada	(CATALINA <i>et al.</i> , 2010)
Filmes	Testada	(CATALINA <i>et al.</i> , 2011)
Alimentação de aves	Testada	(PAUL <i>et al.</i> , 2013)
Filmes	Testada	(SCOPEL <i>et al.</i> , 2016)

**Fonte: Adaptado de Scopel, 2020.**

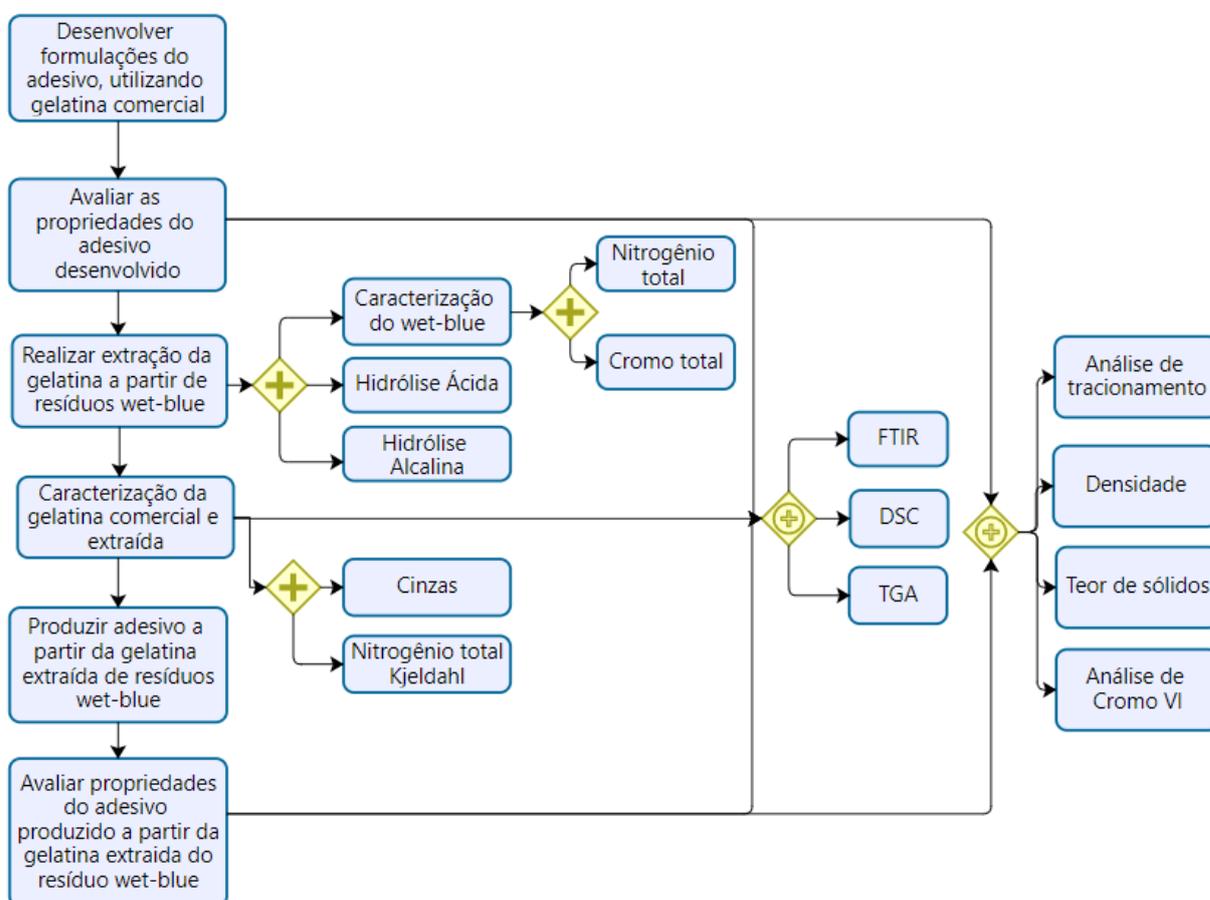
Assim como Scopel (2020), Rosa (2020) também destaca o uso da hidrólise como uma solução para o reaproveitamento dos resíduos *wet-blue*, reduzindo a concentração de cromo e gerando produtos os quais podem ser empregados como fertilizante e entre outros.

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os materiais e métodos que foram aplicados no processo de desenvolvimento de um adesivo a base de gelatina extraída de resíduos de curtume *wet-blue*, bem como os testes realizados para avaliar as suas propriedades físico-químicas e mecânicas.

A Figura 3 apresenta o fluxograma da metodologia utilizada no trabalho.

Figura 3 – Fluxograma da metodologia utilizada do trabalho



Fonte: Autora, 2023.

A metodologia foi dividida em etapas, onde primeiramente foram testadas gelatina comercial, na sequência foram realizadas análises para avaliar qual a melhor formulação desenvolvida, com objetivo de obter o melhor desempenho na aplicação. Os resíduos utilizados no presente trabalho como matéria-prima para obtenção da gelatina, são oriundos do processo de rebaxe do couro *wet-blue*, etapa referente a uniformização da espessura do couro, os quais foram

doados por um curtume da região do Vale dos Sinos e os mesmos foram caracterizados antes das extrações. Na sequência foram realizadas duas extrações da gelatina por meio da hidrólise ácida e alcalina de resíduos de curtume *wet-blue*, conforme o método de extração descrito nos trabalhos de SCOPEL *et al.*, (2018) e Rosa (2020) e realizada análise referente ao teor de umidade, para após realizar a secagem das gelatinas obtidas. Posteriormente, foi substituída a gelatina comercial, utilizada na formulação base, pelas gelatinas obtidas a partir das extrações do resíduo de curtume. Por fim, foram realizadas análises físico-químicas e mecânicas, com objetivo de comparar as propriedades obtidas utilizando gelatina comercial e as gelatinas oriundas de resíduos.

As atividades práticas foram realizadas nos laboratórios da Universidade Feevale, especificamente no Laboratório de Beneficiamento e Estudos Avançados em Materiais. Também foram utilizados laboratórios da empresa parceira, FCC, Pro-ambiente e Instituto Senai, com intuito de complementar as análises de caracterização dos materiais.

### 3.1 MATERIAIS

No desenvolvimento da formulação do adesivo foi utilizada gelatina comercial, que foi adquirida na farmácia de manipulação *In Corpore*, na cidade de Campo Bom (Certificado de Análise consta no Anexo A) e reagentes como taquificante, antiespumante, conservante e carga.

Após concluída a etapa de definição da formulação, foram utilizados resíduos de couro, do tipo *wet-blue*, para extração da gelatina e reagentes para promover a hidrólise, como Ácido Cítrico P.A para extração ácida e Óxido de Cálcio P.A para alcalina. Também foi utilizado um fulão de aço inox da marca 7way (modelo GB R-35 e R35-6), com capacidade para 5 kg para promover a mistura.

A gelatina extraída a partir dos resíduos, foi utilizada como matéria-prima para o desenvolvimento de um adesivo.

### 3.2 DESENVOLVIMENTO DO ADESIVO A PARTIR DA GELATINA COMERCIAL

No desenvolvimento do adesivo foi utilizado copo de Becker, banho maria com aquecimento controlado e agitação com uma haste do tipo pá. Foram realizados testes de formulações utilizando como base as seguintes matérias-primas: água, antiespumante, conservante, substância taquificante (agentes de pegajosidade), substância promotora de resistência (gelatina). A formulação orientativa, para obtenção do adesivo, foi desenvolvida com base em informações obtidas com técnicos da indústria parceira, conforme descrita na Tabela 1.

**Tabela 1 – Formulação orientativa para produção do adesivo a base de gelatina**

Matéria-Prima	Percentual em massa (%)
Água	37,05
Gelatina	34,90
Taquificante	18,30
Carga	8,80
Antiespumante	0,60
Conservante	0,35

**Fonte: Autora, 2023.**

Inicialmente foi misturado 98% da composição de água da formulação, 50% do antiespumante e a mistura foi aquecida até 45 °C, ao chegar na temperatura desejada, foi adicionada a gelatina. Essa mistura ficou sob agitação e aquecimento até atingir 65 °C, após ficou sob agitação por 50 minutos. Posteriormente, adicionou-se o taquificante, o biocida e a carga, mantendo agitação por 10 minutos. Por fim, foram adicionados o restante da água e do antiespumante, também sob agitação por mais 10 minutos.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO E EXTRAÇÃO DA GELATINA

Com o objetivo de se obter uma gelatina oriunda dos resíduos de couro *wet-blue* para produção de um adesivo, inicialmente realizou-se a caracterização o resíduo *wet-blue* e na sequência, foram realizadas suas extrações por meio da hidrólise ácida e da hidrólise alcalina, onde posteriormente seus resultados foram comparados.

#### 3.3.1 Caracterização do resíduo *Wet-blue*

Os resíduos *wet-blue* utilizados na hidrólise para obtenção da gelatina foram caracterizados pela central analítica da Universidade Feevale, através das análises físico-químicas de Nitrogênio Total Kjeldahl (método ASTM D 2868-96) e cromo (método Espectrofotometria de absorção atômica (EAA)).

#### 3.3.2 Hidrólise ácida

Na hidrólise ácida foi utilizado ácido cítrico, seguindo a metodologia de Rosa (2020). A hidrólise foi realizada em um conjunto de fulões piloto, o qual se encontra no laboratório de Beneficiamento da Universidade Feevale. Foram adicionados os resíduos de couro *wet-blue*, ácido cítrico e água ao fulão, conforme quantidade descrita na Tabela 2, e a mistura ficou sob agitação de 30 rpm no fulão durante 3 h a uma temperatura de 65 °C.

**Tabela 2– Quantidade de matéria-prima para extração ácida da gelatina**

Matéria-Prima	Percentual em massa (%)
Resíduo seco <i>wet-blue</i>	9
Ácido cítrico	1
Água	90

Fonte: Autora, 2023.

Após a hidrólise, mediu-se através do analisador de umidade, marca Ohaus (modelo MB25), a quantidade de umidade presente no produto obtido. O produto gerado pela hidrólise ácida, por se apresentar na forma sólida, inviabilizou a secagem por meio do equipamento *Spray Dryer*, que realiza a secagem de materiais na forma líquida.

### 3.3.3 Hidrólise alcalina

A hidrólise em meio alcalino também foi realizada a partir de resíduos de curtume *wet-blue*, utilizando o óxido de cálcio, conforme métodos descritos no trabalho de SCOPEL *et al.*, (2018).

A hidrólise com óxido foi realizada em um fulão, conforme Figura 4, o qual se encontra no laboratório de Beneficiamento da Universidade Feevale.

Figura 4 – Extração alcalina da gelatina em fulão



Fonte: Autora, 2023.

Foram adicionados os resíduos de couro *wet-blue*, óxido de cálcio e água, conforme quantidade descrita na Tabela 3, e a mistura ficou sob agitação de 30 rpm durante 3 h a uma temperatura de 80 °C.

**Tabela 3 – Quantidade de matéria-prima para extração alcalina da gelatina**

Matéria-Prima	Percentual em massa (%)
Resíduo seco <i>wet-blue</i>	15
Óxido de Cálcio	1
Água	84

**Fonte: Autora, 2023.**

O produto obtido após a hidrólise alcalina, foi submetido a filtração a vácuo, para separar os sólidos do líquido, uma vez que a gelatina se concentra na parte líquida no processo em meio básico. Também foi investigado o percentual de umidade presente na gelatina extraída através do analisador de umidade, marca Ohaus (modelo MB25). Dessa forma, sendo a parte líquida a de interesse e com o objetivo de remover a água presente na gelatina obtida realizou-se a secagem através do Spray Dryer, marca LabMaq (modelo MSD 0,5), Utilizando como parâmetros: vazão do ar de secagem: 0,80 m<sup>3</sup>/min, vazão de alimentação da gelatina: 0,10 L/h, temperatura do ar de secagem: 100 °C, temperatura do equipamento na alimentação: 84 °C e temperatura do equipamento: 100 °C.

### 3.4 CARACTERIZAÇÃO DA GELATINA COMERCIAL E EXTRAÍDA

Com o objetivo de caracterizar e comparar a gelatina comercial com a gelatina que a substituiu na formulação de adesivo, oriunda de resíduos, foram realizadas as análises de espectroscopia no infravermelho (FTIR), térmicas (DSC e TGA) e físico-químicas (Nitrogênio Total Kjeldahl e teor de cinzas), conforme procedimentos apresentados no Quadro 4.

**Quadro 4 – Testes de caracterização da gelatina comercial e gelatina extraída**

<b>Teste</b>	<b>Descrição/ Norma</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Laboratório</b>
<b>FTIR</b>	Infravermelho por Transformada de Fourier/ Norma ASTM E 1252: 2013	Cary 630 FTIR	Empresa parceira
<b>DSC</b>	Calorimetria Exploratória Diferencial	DSC 6000, marca Perkin Elmer	Feevale
<b>TGA</b>	Termogravimetria (thermogravimetric analysis)	TGA-51H, marca Shimadzu.	Feevale
<b>Nitrogênio Total Kjeldahl e teor de proteína total</b>	Método baseado ASTM D 2868-96	-	Instituto Senai de Tecnologia em Couro e Meio Ambiente
<b>Teor de cinzas</b>	Método baseado ABNT NBR 11042/2013	-	Instituto Senai de Tecnologia em Couro e Meio Ambiente

**Fonte: Autora, 2023.**

As análises de espectroscopia no infravermelho, foram realizadas na empresa parceira, onde foi utilizado um espectrofotômetro de infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), modelo Espectrômetro FTIR Cary 630, em modo reflectância total no intervalo de 4000 a 650  $\text{cm}^{-1}$ , seguindo método interno da empresa. As amostras foram analisadas na temperatura ambiente, na forma em pó e sem qualquer diluição com água. Foi possível determinar de forma gráfica as bandas de absorbância/transmitância pelo comprimento de onda em  $\text{cm}^{-1}$ .

Foram realizadas na Universidade Feevale, análises térmicas de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC), a curva foi obtida utilizando equipamento DSC-6000, da marca PerkinElmer® e foram utilizados os seguintes parâmetros para registro das temperaturas e entalpia do processo de desnaturação da gelatina: fluxo de ar de 50  $\text{mL} \cdot \text{minuto}^{-1}$ , taxa de aquecimento de 10  $^{\circ}\text{C} \cdot \text{minuto}^{-1}$  e faixa de aquecimento de -20 a 100  $^{\circ}\text{C}$ . (SILVA *et al*, 2021).

Outra análise térmica que também foi realizada na Universidade Feevale foi a análise de TGA, conhecida como análise termogravimétrica, com a finalidade de medir a massa de uma amostra enquanto ela é aquecida ou resfriada em determinada atmosfera e caracterizar os materiais em relação a sua degradação térmica. A análise de TGA foi realizada através do equipamento da

marca Shimadzu - modelo TGA-51H, na faixa de temperatura de 25 °C à 800 °C, sob taxa de aquecimento de 10 °C/min, em atmosfera inerte de nitrogênio, com vazão de 50 mL/min.

A caracterização da composição química da gelatina foi realizada por meio da determinação de cinzas, proteína (Nitrogênio Total Kjeldahl) e teor de proteína total. A determinação do teor de cinzas e de Nitrogênio Total Kjeldahl foi realizada pelo Instituto Senai de Tecnologia em Couro e Meio Ambiente e o teor de proteína total foi calculado multiplicando-se o valor de Nitrogênio Total Kjeldahl por 5,55 (JONES, 1941; SCOPEL, 2020).

O teor de nitrogênio foi determinado na forma de nitrogênio total Kjeldahl, conforme método ASTM D 2868-9, o qual foi executado em duas etapas, onde na primeira foi realizada a digestão da amostra e conversão do nitrogênio orgânico em amoniacal com o auxílio de catalisadores em meio ácido, durante 3h sob aquecimento. E na segunda etapa a destilação álcali, sob aquecimento, do extrato, convertendo o nitrogênio amoniacal em amônia, fixada com ácido bórico e titulada com ácido sulfúrico. O teor de cinzas, foi determinado através da calcinação da amostra em forno mufla, previamente seca, conforme método ABNT NBR 11042/2013 (AQUIM, 2004; SCOPEL, 2020).

### 3.5 DESENVOLVIMENTO DE ADESIVOS A PARTIR DAS GELATINAS OBTIDAS DAS HIDRÓLISES (ÁCIDA E ALCALINA)

A partir da formulação desenvolvida e validada para o adesivo com gelatina comercial, substituiu-se de forma idêntica a formulação pelo produto obtido na hidrólise ácida, após confeccionou-se igualmente também um adesivo com a gelatina seca extraída a partir da hidrólise alcalina, em ambos os adesivos se empregou os mesmos parâmetros e condições do adesivo obtido a partir da gelatina comercial.

Por fim, as análises de caracterização realizadas no adesivo padrão foram replicadas para os adesivos finais, com objetivo de comparar as propriedades obtidas em cada adesivo e verificar a viabilidade da utilização de uma gelatina

extraída de resíduos de couro *wet-blue*, para o desenvolvimento de um adesivo para colagem de madeira.

### 3.6 CARACTERIZAÇÃO DOS ADESIVOS DESENVOLVIDOS

No Quadro 5, é possível identificar as análises que caracterizaram as amostras, equipamento e local.

**Quadro 5 - Caracterização do adesivo comercial e adesivo elaborado com a gelatina extraída**

Teste	Descrição/ Norma	Equipamento	Laboratório
<b>FTIR</b>	Infravermelho por Transformada de Fourier/ Norma ASTM E 1252: 2013	Cary 630 FTIR	Empresa parceira
<b>DSC</b>	Calorimetria Exploratória Diferencial	DSC 6000, marca Perkin Elmer	Feevale
<b>TGA</b>	Termogravimetria (thermogravimetric analysis)	TGA-51H, marca Shimadzu.	Feevale
<b>Análise de tracionamento</b>	Determinação da força de adesão por cisalhamento - Adesivo de base elastomérica ABNT NBR 9908/2019	Dinamômetro marca Emic modelo DL-200	Empresa parceira
<b>Densidade</b>	Determinação da massa específica conforme a Norma ASTM D 792:2020.	Balança Analítica, Marca Shimadzu, Modelo ATX 224.	Empresa parceira
<b>Teor de sólidos 150°C</b>	ASTM D 6980 (2017) - Standard Method for Determination of Moisture in Plastic by Loss in Weight	Balança de Sólidos, Marca Ohaus, modelo: MB 45	Empresa parceira
<b>Análise de cromo VI</b>	Espectrofotometria de absorção atômica (EAA), método baseado no ABNT NBR ISO 17072-1 e 17072-2 de 2015.	-	Pro-ambiente

**Fonte: Autora, 2023.**

As análises de espectroscopia no infravermelho, DSC e TGA, realizadas nos adesivos, foram realizadas seguindo os mesmos parâmetros utilizados para

análise das gelatinas, conforme Quadro 4. As amostras foram analisadas na temperatura ambiente, na forma sólida e sem qualquer diluição com água.

A análise de tracionamento, foi realizada com corpos de prova utilizados foram de madeira tipo Pinus, com dimensões de 10 cm de comprimento, 2 cm de espessura e 2,5 cm de largura, com um furo na parte superior para encaixe das garras do dinamômetro, conforme demonstrado na Figura 5. O método utiliza um Dinamômetro marca Emic modelo DL-200 vinculado a um microcomputador com o programa Tesc.

**Figura 5– Corpos de prova para análise de tracionamento**



**Fonte: Autora, 2023.**

A colagem dos corpos de prova foi realizada aplicando-se uma camada de adesivo em cada corpo de prova, utilizando um pincel de espessura de 2,5 cm, em uma área de 2,5 cm x 2,5 cm (6,25 cm<sup>2</sup>). Após a colagem, os corpos de prova foram submetidos a um peso de 10 kg, onde ficaram em repouso por 120 horas, até a realização da análise de tracionamento.

A análise de densidade foi conforme na Norma ASTM D 792:2020 (*Density and specific gravity (relative Density) of plastics by displacement*). Para realizar a análise de teor de sólidos, a amostra foi espalhada sob um vidro, o qual foi colocado na balança de sólidos. A amostra então foi pré-aquecida e equilibrada na temperatura especificada (150 °C), de forma que o aquecimento vaporiza a umidade e o material volátil, a análise foi concluída quando a perda de massa ficou constante.

Ainda, foi realizada a análise de cromo VI, na amostra de adesivo produzido a partir da gelatina extraída de resíduos de couro do tipo *wet-blue*, através de Espectrofotometria de absorção atômica e método interno do laboratório externo, o qual se baseia na norma ABNT NBR ISO 17072-1 e 17072-2 de 2015.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da metodologia proposta são apresentados nesse capítulo os resultados obtidos no presente trabalho.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO *WET-BLUE*

A caracterização do resíduo *wet-blue*, o qual foi utilizado como matéria-prima para extração da gelatina, está apresentada na Tabela 4.

**Tabela 4- Caracterização físico-química do resíduo de couro *wet-blue***

Análise	Nitrogênio Total Kjeldahl (%)	Cromo total (mg kg <sup>-1</sup> )
Resíduo <i>wet-blue</i>	15,44	13.152,54
Rosa (2020)	14	25.579,00
Oliveira <i>et al.</i> (2008)	10,4	27.150,00

**Fonte: Autora, 2023.**

Conforme Rosa (2020) e Coelho *et al.* (2015), os resultados encontrados para nitrogênio são característicos do couro curtido ao cromo, utilizando como referência a NBR 13525 de 2016, Ensaio físicos e químicos em couro - valores orientativos para aceitação de couros. Os valores de cromo total encontrado no resíduo utilizado no presente trabalho, apresentaram valores mais baixos quando comparado a outros autores, como Rosa (2020) e Oliveira *et al.* (2008), mas mostra a possível variação deste em resíduos da indústria.

### 4.2 HIDRÓLISE ÁCIDA

Através da hidrólise ácida foi possível obter um produto que apresentou forma sólida e com alto teor de umidade, conforme Figura 6. O resultado obtido

é similar ao encontrado na literatura, conforme descrito no trabalho de Rosa (2020), onde descreve que através do processo de hidrólise do *wet-blue* obteve dois produtos, sendo um sólido (gelatina) e outro um efluente líquido rico em cromo.

**Figura 6 – Produto oriundo da extração com ácido cítrico**



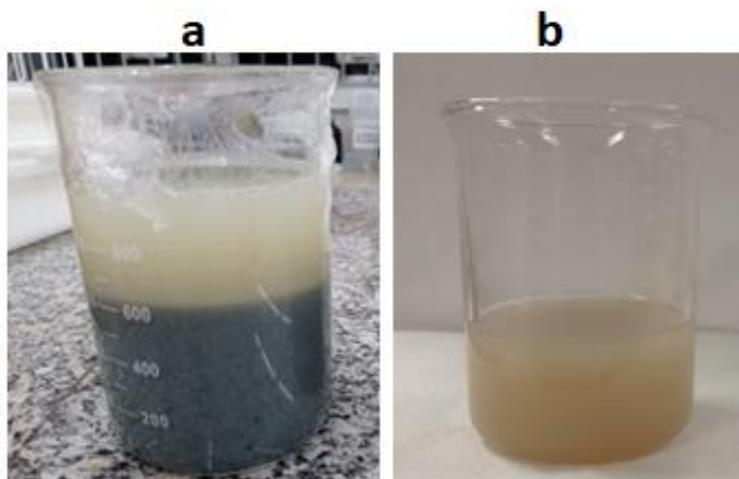
**Fonte: Autora, 2023.**

O produto gerado pela hidrólise ácida, por se apresentar na forma sólida, inviabilizou a secagem por meio do equipamento *Spray Dryer*, o qual realiza a secagem de materiais na forma líquida. A etapa de secagem é de suma importância após a extração, tendo em vista que o material desejado é apenas a gelatina e como o produto da extração possui o percentual de água em torno de 98%, essa umidade impacta na fórmula do adesivo, gerando um desbalanceamento na formulação base. Apesar de não ter passado pela secagem e apresentar alto teor de umidade, o produto oriundo da hidrólise do resíduo *wet-blue* com ácido cítrico foi utilizado como matéria-prima para confecção de um adesivo, onde não conferiu as características necessárias de adesão para que pudesse seguir com as demais análises de caracterização do adesivo, sendo a amostra descartada.

### 4.3 HIDRÓLISE ALCALINA

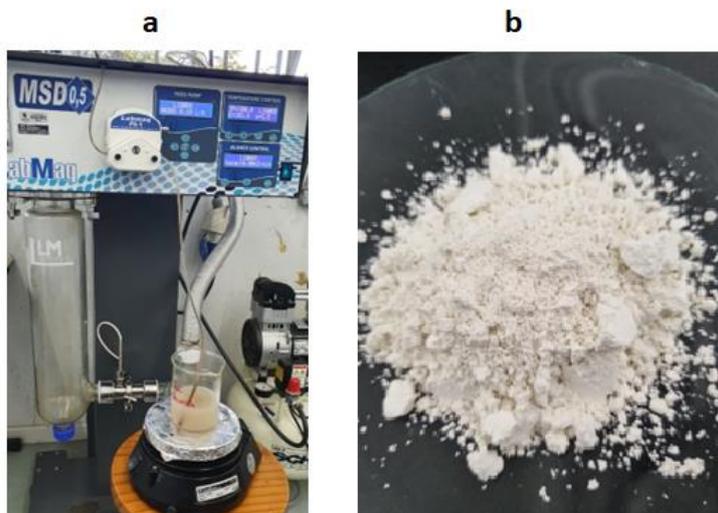
Na hidrólise alcalina obteve-se uma fase sólida e uma líquida, na figura 7 pode-se perceber o produto obtido antes e depois da filtração a vácuo. Os resultados encontrados convergem com os dados encontrados na literatura, conforme Scopel (2020), são dois os principais produtos obtidos a partir da extração alcalina de resíduos *wet-blue*, sendo um, a torta sólida (rica em sais de cromo) e o outro a gelatina em meio aquoso.

**Figura 7 – Produto oriundo da extração alcalina (a) e gelatina extraída aquoso após filtração (b)**



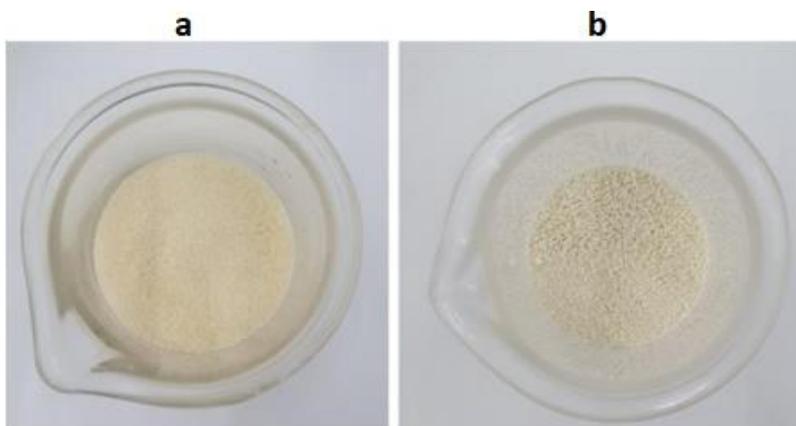
**Fonte: Autora, 2023.**

Tendo em vista, que a amostra após a filtração apresentava alto teor de umidade (97,35%), e que essa água influencia diretamente na formulação do adesivo e conseqüentemente nas características do adesivo, na sequência, utilizou-se o *Spray Dryer*, com o objetivo de remover a água presente na gelatina extraída. Dessa forma, pode-se obter um produto na forma em pó na cor branca, livre de água, conforme Figura 8.

**Figura 8 – Spray Dryer (a) e gelatina extraída e seca (b)**

Fonte: Autora, 2023.

Após a secagem no equipamento, a gelatina extraída a partir da hidrólise alcalina, ficou na forma de pó, com tom levemente mais escuro, quando comparado a gelatina comercial, o qual apresenta aspecto mais amarelado, conforme pode-se observar na Figura 9.

**Figura 9 – Gelatina comercial (a) e gelatina extraída a partir hidrólise alcalina (b)**

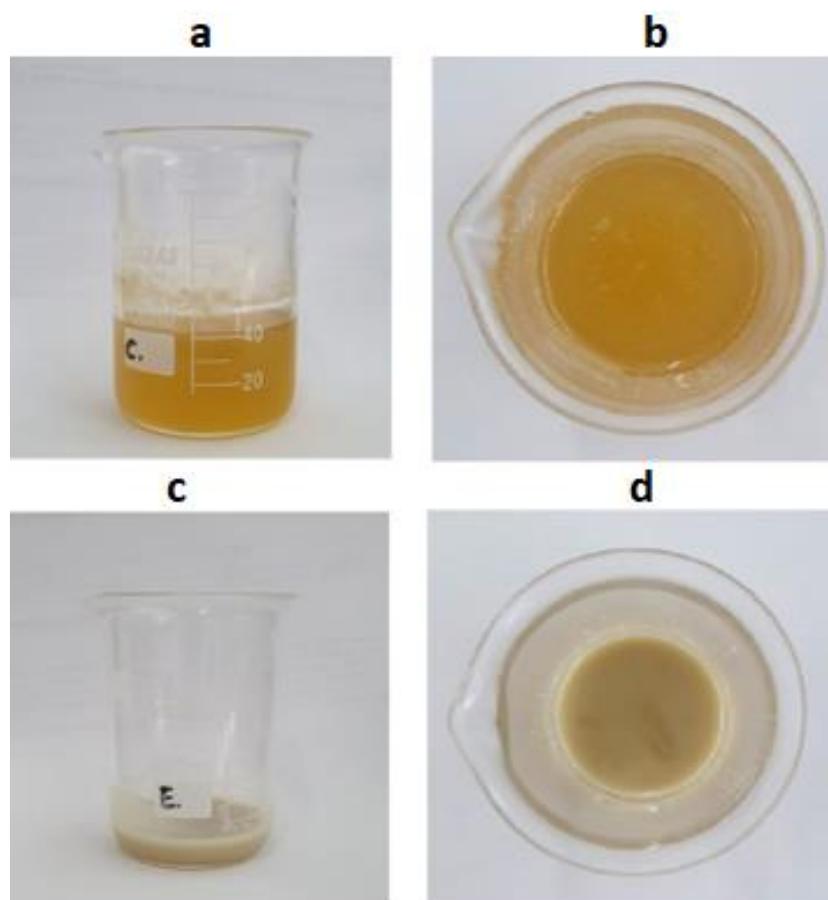
Fonte: Autora, 2023.

Diferentemente da hidrólise ácida, na alcalina o objeto de interesse é um produto líquido, o que permitiu a sua secagem, transformando-o em matéria-prima para produção de um adesivo, utilizando a formulação base já previamente testada com gelatina comercial. Dessa forma, a gelatina oriunda da extração alcalina foi caracterizada, assim como o adesivo produzido a partir da sua extração.

#### 4.4 ADESIVOS A PARTIR DA GELATINA COMERCIAL E EXTRAÍDA

O adesivo produzido com gelatina extraída apresentou uma aparência diferente do adesivo comercial. Apresentando um aspecto leitoso e amarronzado, enquanto o adesivo a base de gelatina comercial apresentou-se na forma amarela e opaco, conforme demonstrado na figura 10.

**Figura 10 – Adesivo padrão e adesivo elaborado com a gelatina extraída de resíduos**



Legenda: (a) Visão lateral do adesivo com gelatina comercial (b) Visão superior do adesivo com gelatina comercial (c) Visão lateral adesivo com gelatina extraída (d) Visão superior do adesivo com gelatina extraída

**Fonte: Autora, 2023.**

Esse fato é consequência da origem e composição da matéria-prima utilizada, demonstrando que a gelatina extraída apresenta impurezas, enquanto a gelatina comercial apresenta maior pureza. Podemos correlacionar esse evento com as curvas termogravimétricas obtidas para gelatina extraída, onde percebe-se degradações acima de 750°C, as quais segundo Batista *et al.* (2007),

são referentes degradações de resíduos inorgânicos e impurezas, no resultado de teor de cinzas também pode-se observar esse comportamento, onde a gelatina extraída apresentou valores superiores a gelatina comercial, confirmando a novamente a presença de substâncias inorgânicas.

#### 4.5 CARACTERIZAÇÃO DA GELATINA EXTRAÍDA E ADESIVOS

Os resultados das análises dos materiais são apresentados a seguir.

##### 4.5.1 Nitrogênio Total Kjeldahl e Teor de cinzas

A caracterização da gelatina comercial e gelatina extraída estão apresentadas na tabela 5.

**Tabela 5- Caracterização físico-química da gelatina comercial e gelatina extraída**

<b>Amostras</b>	<b>Nitrogênio Total Kjeldahl (%)</b>	<b>Proteína Total (%)</b>	<b>Teor de Cinzas (%)</b>
Gelatina Comercial	16,08	89,24	0,84
Gelatina Extraída	10,6	58,83	4,4

\*Valores para Gelatina Comercial e Extraída obtidos através do anexo A e B.

**Fonte: Autora, 2023.**

É de suma importância conhecer o teor de nitrogênio, uma vez que é a proteína que será convertida em gelatina, pois sabe-se que o teor de nitrogênio está relacionado ao teor de proteína total da gelatina (CAPPELLARO, 2020; SCOPEL, 2020). Quando comparado o teor de nitrogênio total Kjeldahl encontrado na caracterização da gelatina comercial com a literatura, percebe-se que Damin (2019) encontrou 17,56%, valor um pouco acima do encontrado para gelatina comercial, tendo em vista que o autor destaca no trabalho a realização de purificação dessa gelatina, fator que tem grande influência. Em relação a gelatina extraída, percebe-se teores ainda menores quando comparado a

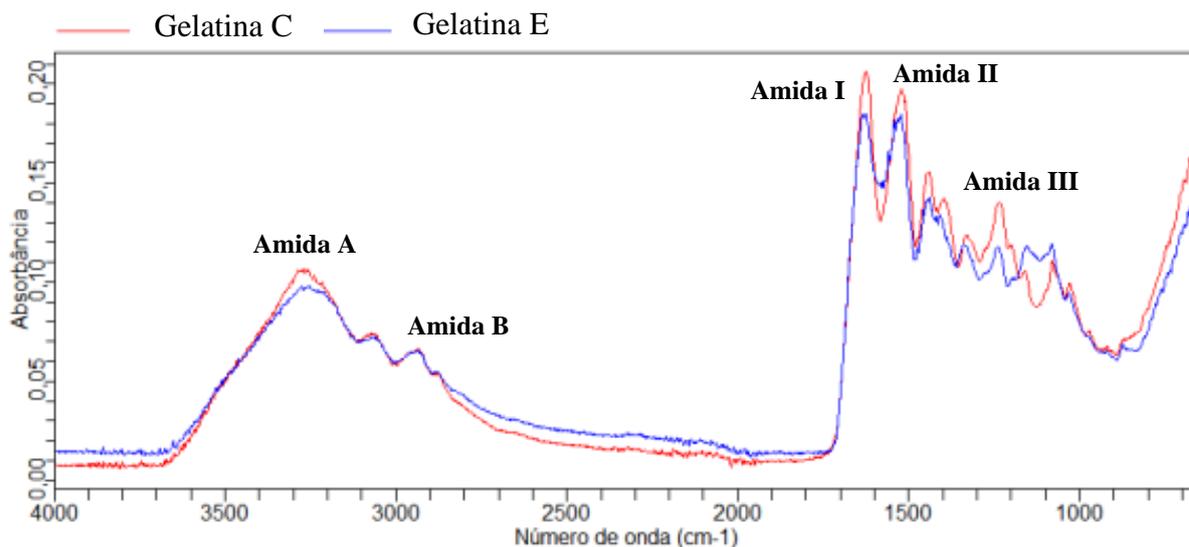
literatura e a gelatina comercial, devido ao processo utilizado para obtenção, o qual não foi realizado nenhum tipo de purificação da mesma. Os resultados encontrados para proteína total são consequência dos teores de nitrogênio total Kjeldahl, de forma que Damin (2019) obteve 97,46% e os valores encontrados para gelatina extraída se mostraram menores quando comparados a gelatina comercial e com a literatura.

O teor de cinzas em gelatinas refere-se ao resíduo inorgânico e conforme Alfaro, 2008 e Oliveira, 2017, o valor máximo recomendado de cinzas em gelatinas para aplicações alimentícias é de 2,6%. Damin (2019), obteve valores acima dos encontrados no presente trabalho, encontrando teor de cinzas igual a 0,324%. Tendo em vista, a matéria-prima utilizada para obtenção da gelatina extraída e o método, os valores encontrados para cinzas estão coerentes e demonstram que para aplicação em adesivos esse valor não é relevante, mas para outras aplicações pode ser necessário mais processos de purificação.

#### **4.5.2 Espectroscopia no Infravermelho das gelatinas e adesivos**

Por meio da análise de infravermelho, através da Figura 11, pode-se observar com a sobreposição das bandas de absorvância que a gelatina extraída a partir da extração alcalina apresentou bandas similares a gelatina comercial. Demonstrando que a hidrólise alcalina utilizada é um método eficaz para obtenção de gelatina.

**Figura 11 – Curvas de absorvância da gelatina comercial (C) e da extraída (E).**



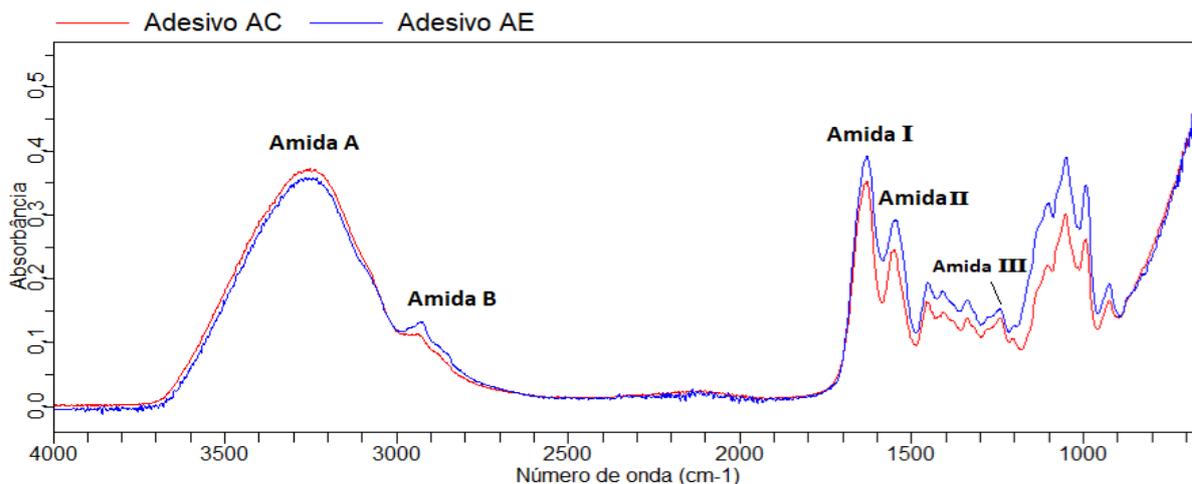
**Fonte: Autora, 2023.**

Em concordância com a literatura, através das análises realizadas pelo infravermelho, é possível identificar bandas do grupo amida, as quais são características da gelatina. Schmidt *et al.* (2020), afirma que a banda de  $3325\text{ cm}^{-1}$ , está associada a amida A, vibrações de estiramento NH quando envolvido em ligações de hidrogênio, e a banda de  $2924\text{ cm}^{-1}$ , indica a presença da amida B, alongamento assimétrico da vibração de alongamento do CH e a absorção devido à cadeia alquila do CH.

Conforme estudos Pellegrini *et al.*, (2015), apontou que a banda de  $1650\text{ cm}^{-1}$  indica o grupo amida I, alongamento de CO, e a banda  $1550\text{ cm}^{-1}$  é respectiva ao alongamento de CN e flexão de NH, característico do grupo amida II. A banda em  $1239\text{ cm}^{-1}$  é referente ao estiramento das ligações envolvendo carbono e nitrogênio (C - N) e as ligações de nitrogênio e hidrogênio (N - H), que são características da amida III. Também é possível evidenciar bandas próximas a  $1450\text{ cm}^{-1}$ , as quais indicam a presença de estrutura tripla-hélice do colágeno (MOHAMMADI *et al.*, 2018).

A partir da Figura 12, pode-se perceber a sobreposição das bandas de absorvância para os adesivos, comercial e a extraída, demonstrando a presença de bandas similares as da gelatina, indicando a presença da mesma na formulação do adesivo desenvolvido. Também é possível visualizar que não existem diferenças visíveis entre os dois adesivos.

**Figura 12 – Curvas de absorvância do adesivo com gelatina comercial (AC) e adesivo elaborado com a gelatina extraída (AE)**



**Fonte: Autora, 2023.**

Na Tabela 6, é possível evidenciar os resultados encontrados nas análises de espectroscopia de infravermelho para a gelatina comercial e gelatina extraída, bem como para os respectivos adesivos, no qual indica as bandas de absorção correspondentes a suas respectivas ligações. O intuito da Tabela 6 é realizar um comparativo dos resultados encontrados na literatura, com os resultados encontrados no presente trabalho, visando verificar a compatibilidade dos resultados obtidos.

**Tabela 6 – Resultados das análises de espectroscopia de infravermelho e comparativo com a literatura**

Tipo de ligação	Bandas de absorção (cm <sup>-1</sup> )						
	Gelatina Comercial	Gelatina Extraída	Adesivo (Gelatina Comercial)	Adesivo (Gelatina Extraída)	Pellegrini <i>et al.</i> (2015)	Mohammadi <i>et al.</i> (2018)	Schmidt <i>et al.</i> (2020)
Amida A	3274	3274	3252	3280	-	3259	3325
Amida B	2935	3060	3062	2929	-	2946	2924
Amida I	1625	1680	1630	1630	1650	1658	1600 a 1700
Amida II	1522	1530	1552	1545	1550	1544	1556
Amida III	1235	1239	1243	1243	-	1239	1240

**Fonte: Autor, 2023.**

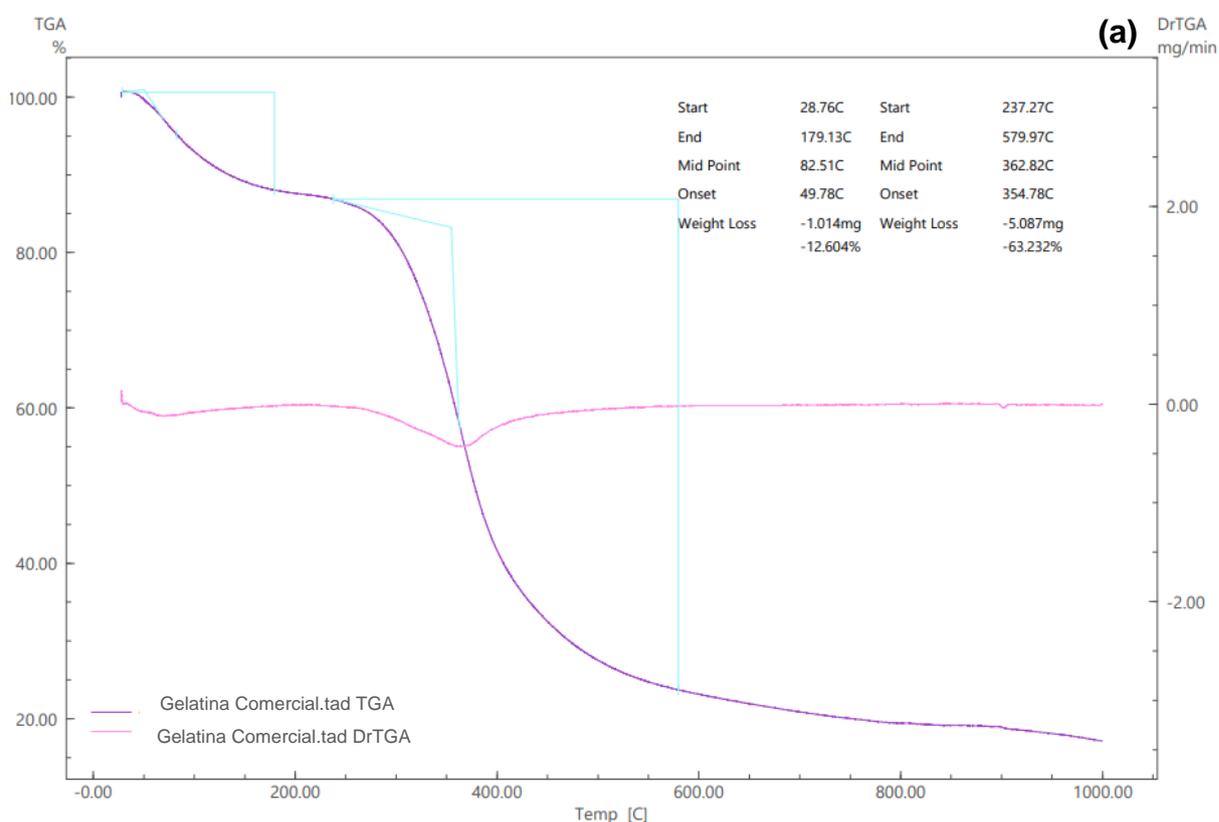
A partir da análise de espectroscopia de infravermelho e pesquisa bibliográfica, percebe-se que as gelatinas, comercial e extraída, apresentam resultados iguais ou muito similares entre si, os quais convergem também com os resultados encontrados nos trabalhos de Pellegrini *et al.* (2015), Mohammadi

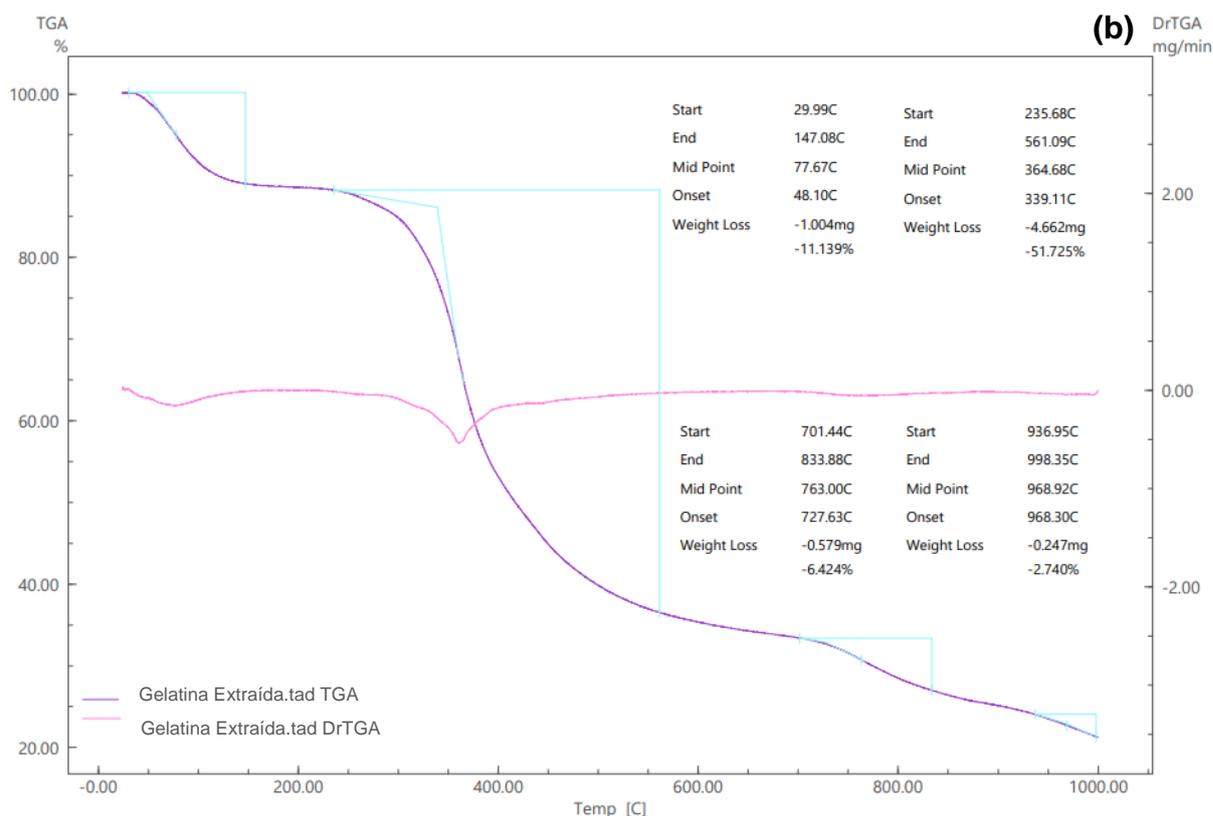
*et al.* (2018) e Schmidt *et al.* (2020). Nas análises dos adesivos produzidos, percebe-se resultados similares, indicando que os produtos não apresentam diferenças significativas ou variações nas suas composições.

#### 4.5.3 TGA das Gelatinas e Adesivos

As curvas termogravimétricas da gelatina comercial e gelatina extraída a partir de resíduos *wet-blue* através da hidrólise alcalina estão apresentadas na figura 13.

Figura 13- Curva termogravimétrica da Gelatina Comercial(a) e Gelatina Extraída(b)





Fonte: Autor, 2023.

A curva apresenta duas etapas de decomposição na gelatina comercial. Na primeira etapa ocorre uma perda de massa de 12,60%, referente a perda de água e ocorre entre 28,76 °C e 179,13 °C. A segunda etapa ocorre entre 237,27 °C e 579,97 °C, com a maior perda de massa, que é de 63,23% e essa perda de massa, conforme Cappellaro (2020), refere-se à decomposição das proteínas, lipídios, ácidos nucleicos e carboidratos.

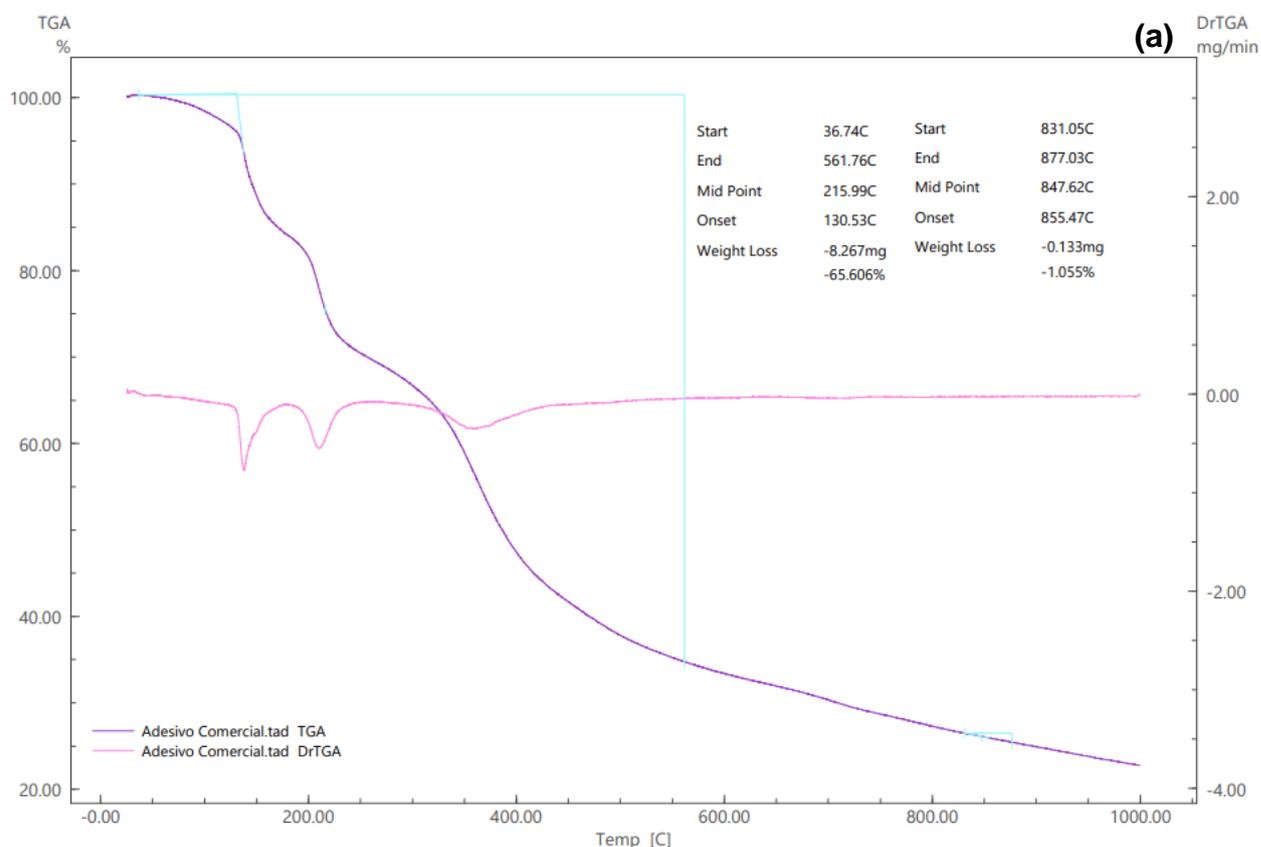
Pode-se perceber nas curvas da gelatina extraída um comportamento muito parecido com a gelatina comercial, onde na primeira etapa, de 29,99 °C-147,08 °C, tem-se 11,14% referente a perda de água e na segunda etapa, de 235,68 °C - 561,09 °C, apresentou perda de 51,73% referente a decomposição das proteínas, lipídios, ácidos nucleicos e carboidratos. Porém, a gelatina extraída apresentou mais etapas de decomposição, quando comparada com a gelatina comercial. Esse comportamento era esperado, tendo em vista a origem da gelatina extraída, a qual é oriunda de resíduos *wet-blue* e não sofreu nenhum tipo de purificação, podendo conter substâncias inorgânicos, compostos provenientes de produtos químicos empregados no processamento do couro e

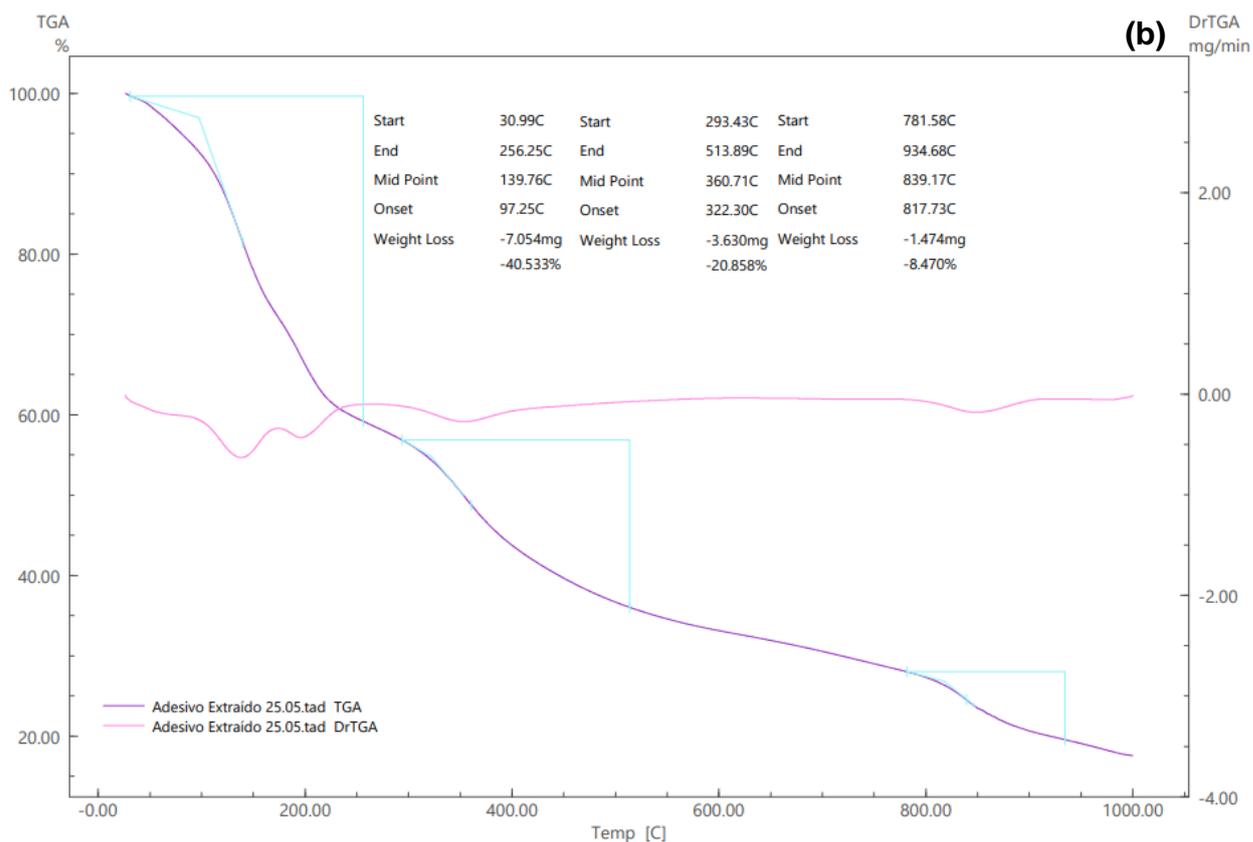
subprodutos oriundos da hidrólise alcalina. A análise de cinzas também corrobora com o resultado obtido no TGA, indicando um teor de cinzas maior na gelatina extraída, quando comparada com a comercial.

Na literatura pode-se identificar trabalhos os quais corroboram com os resultados encontrados no presente trabalho, a exemplo do autor Batista *et al.* (2007), onde demonstrou a decomposição entre 25-150 °C sendo relacionada a perda de água em peles de suínos, os autores Anuar *et al.* (2019), os quais a partir da decomposição térmica de resíduo de pele de frango, evidenciaram decomposição dos constituintes orgânicos da pele entre 225-450 °C e no trabalho de Nunes (2014), que observou a decomposição de aminoácidos da gelatina bovina em 276 °C, o qual também converge com o trabalho.

Na figura 14 estão apresentadas as curvas termogravimétricas referente ao adesivo elaborado com gelatina comercial e o adesivo elaborado com gelatina extraída a partir de resíduos *wet-blue*.

**Figura 14 - Curvas termogravimétricas do Adesivo Comercial(a) e Adesivo elaborado com Gelatina Extraída(b)**





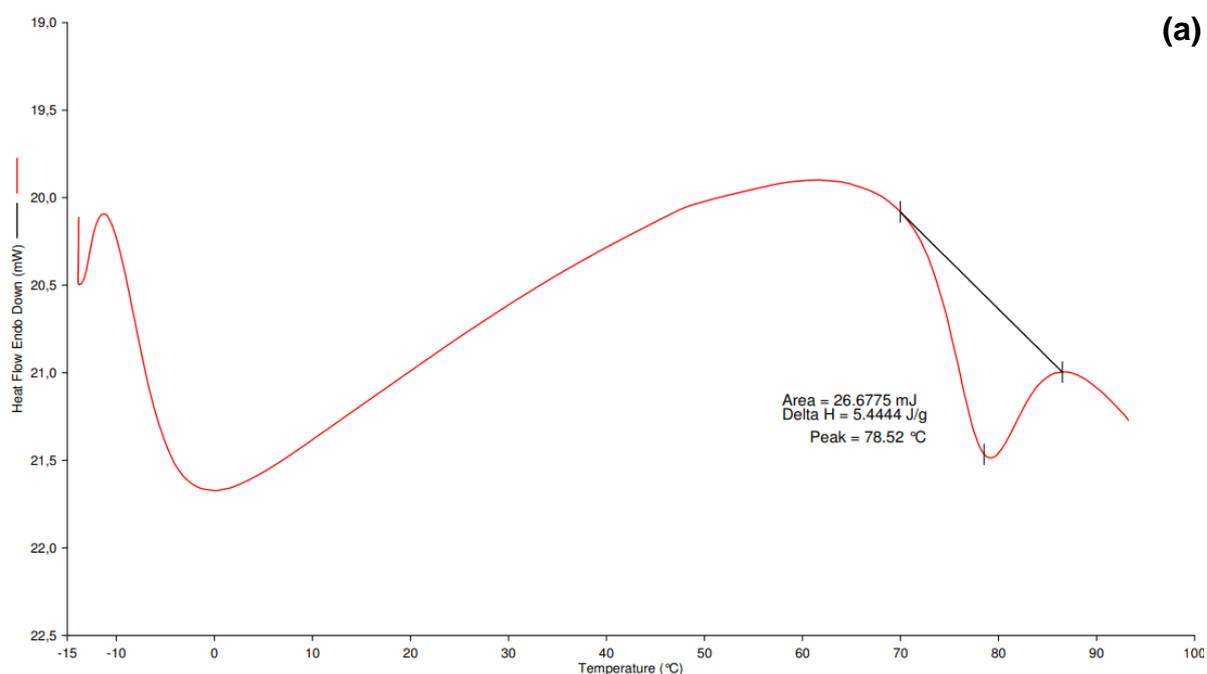
Fonte: Autor, 2023.

Para os adesivos produzidos, tanto com gelatina comercial, quanto com gelatina extraída, percebe-se uma perda maior de massa no primeiro estágio, demonstrando uma decomposição orgânica. De forma que o adesivo com gelatina comercial apresentou 65,61% de perda de massa entre 36,74 °C e 561,76 °C e para o adesivo elaborado com gelatina extraída, a perda de massa foi bem próxima, sendo 61,39% entre 30,99 °C e 513,89 °C. O resultado encontrado para o adesivo elaborado com gelatina extraída, se mostrou bastante coerente levando em consideração as análises de nitrogênio, proteína e cinzas, os quais demonstraram um percentual menor de proteína e um maior teor de substâncias inorgânicas, o que resultou em uma perda um pouco menor de massa na faixa de temperatura referente a decomposição orgânica.

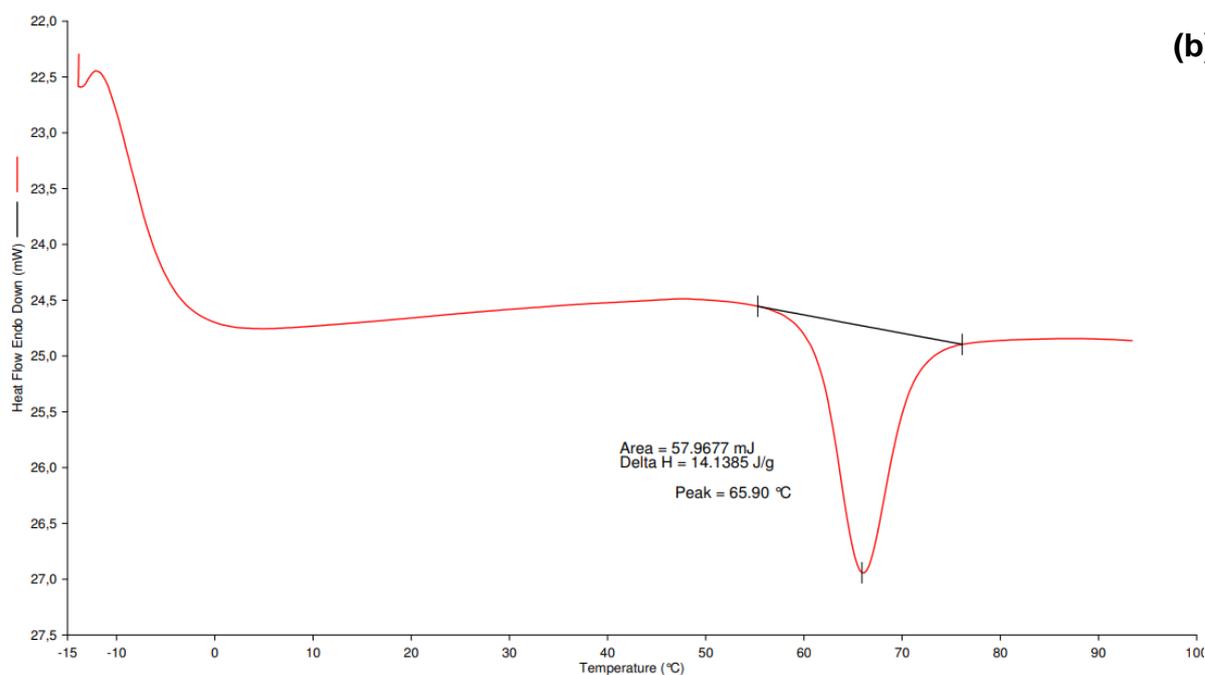
#### 4.5.4 DSC das gelatinas e adesivos

A análise de DSC foi utilizada com o intuito de avaliar a característica térmica das gelatinas e dos adesivos. Na figura 15(a), consta o DSC referente a gelatina comercial, onde percebe-se um pico de desnaturação em 78,52 °C. E na figura 15(b), consta o DSC da gelatina extraída e percebe-se um pico em 65,90 °C.

Figura 15- Curvas de DSC Gelatina Comercial (a) e Gelatina Extraída (b)



(b)



Fonte: Autor, 2023.

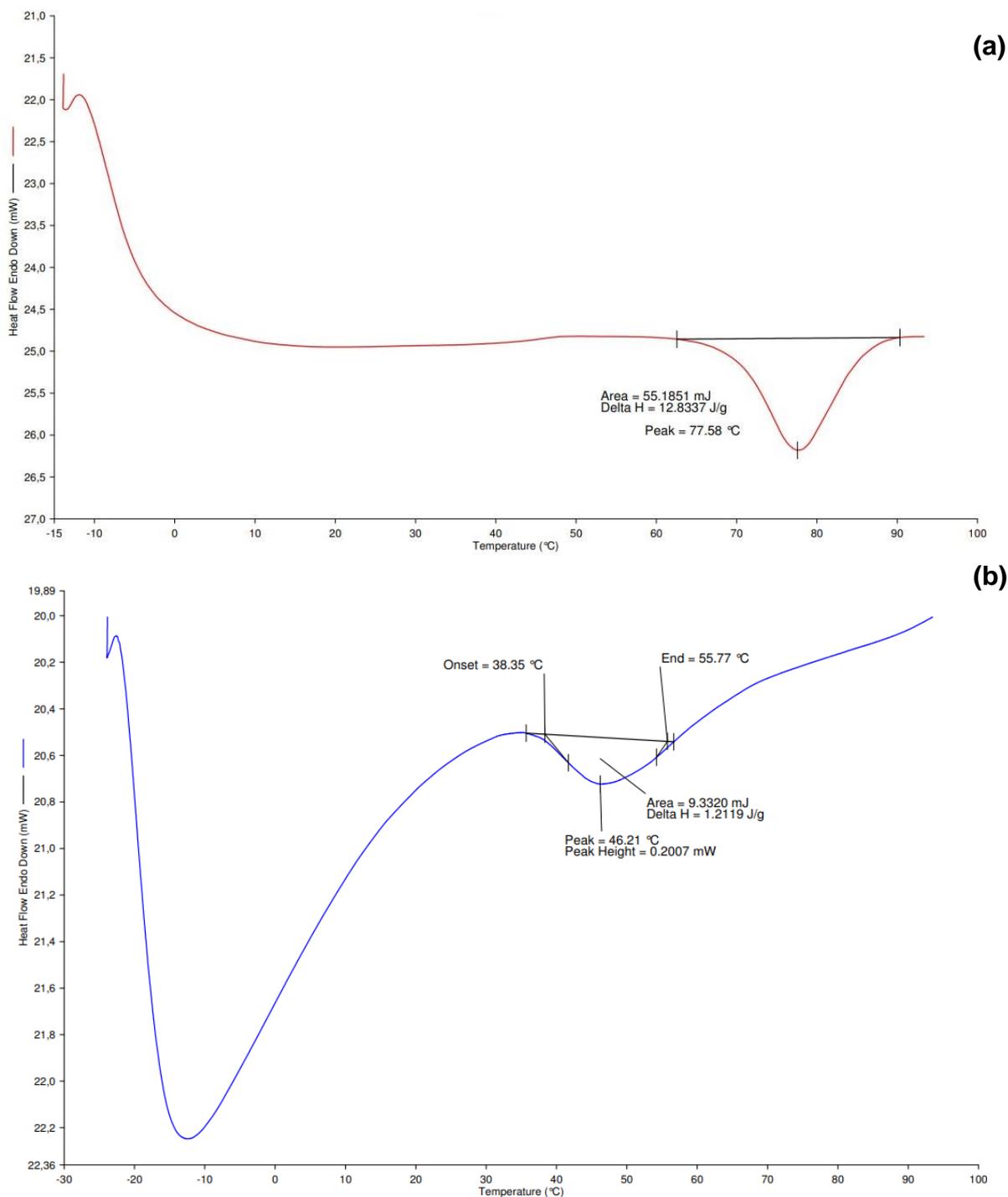
As temperaturas de transição vítrea encontradas para a gelatina comercial e gelatina extraída, estão de acordo com a literatura, de forma que apresentaram valores similares a gelatinas de origem bovina, peixe e frango. Liu *et al.* (2012), Santos (2017) e Silva *et al.* (2021) analisaram as curvas de DSC de gelatinas extraídas da pele de peixe e obtiveram evento endotérmico entre 38-42°C, 88-92°C e 69,42°C, respectivamente. Já Schmidt *et al.* (2020) evidenciou em gelatinas de origem de frango temperaturas de transição vítrea próximos a 46°C e para gelatinas de origem bovina, Kempka *et al.* (2014) obteve valores em torno de 58,18°C. A partir da análise dos dados obtidos, com a literatura, percebe-se que existe variação entre os eventos endotérmicos, os quais podem sofrer influência devido a origem e ao método de extração da gelatina.

Segundo SILVA *et al.*, (2021), a estabilidade térmica das gelatinas está diretamente relacionada a concentração dos aminoácidos prolina e hidroxiprolina da gelatina. Outro ponto relatado o qual influencia na estabilidade térmica da gelatina, é referente ao peso molecular das cadeias de proteínas, os quais contribuem para formação de uma forte estrutura de rede tridimensional. Quanto maior o conteúdo de aminoácidos maior a estabilidade térmica da gelatina, ou seja, baixas temperaturas de desnaturação menor estabilidade.

Assim como demonstrado na análise de TGA e cinzas, os resultados obtidos no DSC para as gelatinas, corroboram com fato da gelatina comercial apresentar uma pureza maior quando comparada a gelatina extraída.

As curvas de DSC dos adesivos, estão apresentadas na Figura 16.

Figura 16- Curvas de DSC Adesivo Comercial (a) e Adesivo Extraído (b)



Fonte: Autor, 2023.

Na curva do adesivo comercial encontra-se um evento endotérmico na temperatura de 77,58 °C e para o adesivo elaborado com gelatina extraída percebe-se o mesmo evento em 46,21 °C. Através dos resultados obtidos para os adesivos, pode-se perceber que a qualidade da gelatina utilizada influenciou no evento endotérmico do adesivo, percebendo uma estabilidade maior para o adesivo confeccionado com gelatina comercial. De forma que os valores encontrados reforçam os demais resultados obtidos nas análises realizadas, como TGA e cinzas, onde se observa um percentual maior de impurezas e outros contaminantes na gelatina extraída, e conseqüentemente um teor mais elevado de proteína na gelatina comercial.

#### 4.5.5 Análise das Propriedades Mecânicas dos adesivos

Os laudos referentes a análise de tracionamento constam no Anexo D e resultados da análise de tracionamento estão descritos na tabela 7.

**Tabela 7 – Resultados do teste de análise de tracionamento dos adesivos**

Parâmetros	Comercial (35% gelatina)	Extração alcalina (35% gelatina)
Força máxima/área (kgf/cm <sup>2</sup> )	23,83	21,27
Coeficiente de variação (Força máxima/área) (%)	53,74	10,33

**Fonte: Autora, 2023.**

Na literatura, Bianche et al, 2017, encontrou força máxima/área de 39,32 kgf/cm<sup>2</sup> para um adesivo de silicato de sódio e Santos, 2016, encontrou 32,12 kgf/cm<sup>2</sup> para adesivo lignina-fenolformaldeído, demonstrando que os adesivos desenvolvidos no presente trabalho, apresentam valores próximos a outros trabalhos realizados. Com os resultados obtidos, pode-se perceber que a extração alcalina, seguida da secagem com Spray Dryer, tornou possível obter gelatina, o qual foi utilizado como matéria-prima para desenvolvimento de um adesivo com propriedades de Resistência ao cisalhamento muito próximas ao

adesivo padrão (gelatina comercial), desenvolvendo um adesivo com boa adesão, podendo ser aplicado para realizar colagem de madeira.

#### 4.5.6 Análise do Teor de Sólidos, Densidade e Cromo Hexavalente dos adesivos

Na Tabela 8, são apresentados os valores encontrados da análise de teor de sólidos e densidade dos adesivos, pode-se confirmar a similaridade dos adesivos produzidos, além dos mesmos apresentarem característica encontrada na literatura.

**Tabela 8 – Resultados do teste de teor de sólidos, densidade e cromo VI dos adesivos**

Parâmetros	Adesivo Gelatina Comercial	Adesivo Gelatina Extraída
Teor de Sólidos à 150 °C (%)	46,41	52,5
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,230	1,222
Cromo Hexavalente	-	Não detectado

**Fonte: Autora, 2023.**

Conforme Skeist (1989), os teores de sólidos dependem da formulação da cola animal e podem variar entre 35% e 65% de sólidos. Em relação a densidade específica da cola animal, Skeist (1989) descreve aproximadamente 1,27 g/cm<sup>3</sup>.

A partir dos resultados obtidos na análise de teor de sólidos, pode-se correlacioná-los com as curvas termogravimétricas obtidas nas gelatinas (comercial e extraída). Nas análises de TGA e cinzas, percebe-se uma pureza maior na gelatina comercial, quando comparada com a gelatina extraída, o que consequentemente resultou em um teor de sólidos mais acentuado no adesivo produzido a partir da gelatina extraída.

A partir da produção em escala laboratorial do adesivo com gelatina extraída, de forma que o laudo com resultado é apresentado no Anexo C, não

foi detectado a presença de  $\text{Cr}^{+6}$  no adesivo, na amostragem realizada. Entretanto, é de suma importância ressaltar, que se faz necessária a investigação de cromo hexavalente em amostras produzidas através do processo de hidrólise alcalina, uma vez que sabe-se que o mesmo é tóxico para humanos, animais e para a vida aquática. Na literatura apesar de alguns autores descrevem que o cromo hexavalente não seria gerado no processo de hidrólise alcalina na extração de gelatina (JIANG; ZHANG; QIN, 2000; KOLOMAZNIK *et al.*, 2008), percebe-se que Scopel (2020), encontrou em todas as amostras oriundas da hidrólise em meio alcalino, teores de cromo hexavalente. Demonstrando que variações no resíduo utilizado, no método e parâmetros, podem influenciar na formação do cromo hexavalente, sendo indispensável a análise em todas as amostras produzidas.

## 5 CONCLUSÃO

Pode-se concluir com o presente estudo que é possível extrair gelatina a partir de resíduos de couro do tipo *wet-blue*, aplicando o método de extração da hidrólise alcalina, utilizando óxido de cálcio, e transformá-la em um adesivo sustentável para colagem de madeira.

Através das análises químicas de nitrogênio total Kjeldahl e cinzas, pode-se concluir que a gelatina extraída a partir de resíduos *wet-blue*, apresentou um teor maior de substâncias inorgânicas e outras impurezas, quando comparada a gelatina comercial e a literatura.

As análises de espectroscopia de infravermelho das gelatinas, comercial e obtida a partir de resíduos *wet-blue*, confirmaram a presença de bandas características de uma gelatina. Para os adesivos, foi possível identificar a presença destas bandas de gelatina e não foi constatada diferença entre o adesivo confeccionado com gelatina comercial e gelatina extraída.

As análises de TGA e DSC mostraram que a gelatina extraída apresenta um percentual menor de proteína e um teor maior de substâncias inorgânicas, resultando em uma pequena redução na estabilidade térmica na gelatina extraída e conseqüentemente no adesivo elaborado com a gelatina extraída.

Em relação aos testes físico-mecânicos, de tracionamento, o adesivo produzido com gelatina extraída, apresentou resultados próximos ao adesivo com gelatina comercial. De forma que o teor de impurezas encontrado na gelatina extraída não impactou na boa aderência entre os substratos madeira/madeira, característica que também pôde ser confirmada visualmente.

Quanto ao teor de cromo hexavalente, no presente trabalho, através da análise realizada no adesivo desenvolvido a partir destes resíduos, não foi detectada a presença de tal contaminante. Entretanto torna-se uma análise que deve ser realizada sempre que o adesivo for desenvolvido a partir de resíduos de couro *wet-blue*.

Dessa forma, o presente estudo mostrou uma alternativa para resíduos de couro *wet-blue* com potencial de ser comercializável, possibilitando uma economia circular.

## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A seguir, seguem algumas sugestões para trabalhos futuros:

- a) Realizar um estudo mais aprofundado em relação a capacidade de adesão aos substratos madeira/madeira dos adesivos desenvolvidos;
- b) Testar os adesivos desenvolvidos em mais substratos, buscando maior aplicabilidade do produto;
- c) Testar processos de purificação da gelatina obtida através da hidrólise alcalina de resíduos *wet-blue*;
- d) Estimar os custos do adesivo desenvolvido com gelatina comercial e gelatina extraída e comparar os custos dos adesivos desenvolvidos com adesivos de mercado;
- e) Testar meios de reciclagem para torta oriunda do processo da hidrólise alcalina, buscando reaproveitamento de todo resíduo *wet-blue*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, 2004. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ADAMS, R.D.; ÖCHSNER, A.; SILVA, L.F.M. (Eds.). Handbook of Adhesion Technology. [S.l.: s.n., s.a.],2011.

AFTAB, M. N.; HAMEED, A.; IKRAM-UL-HAQ; RUN-SHENG, C. Biodegradation of Leather Waste by Enzymatic Treatment. The Chinese Journal of Process Engineering, 6, n. 3, p. 462-465, 2006.

AGNOL, Lucas Dall, et.al. **Adesivo à base de poliuretano: uma estratégia para reparação pós-cirúrgica do disco intervertebral**. 2019. Artigo (15 Congresso Brasileiro de Polímeros) – Bento Gonçalves, RS.

ALEXANDRE, A. C. S.; FARIAS, C. R.; SANTOS, L. J. **Otimização da extração de colágeno a partir de tendões bovinos pela metodologia de superfície de resposta**. 2017. Cad. Ciênc. Agrá., v. 9, n. 3, supl. 1, pg. 38–48.

ALFARO, Alexandre da Trindade. **Otimização das condições de extração e caracterização da gelatina de pele de tilápia (*Oreochromis urolepis hornorum*)**. 130f. 2008. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

ALMEIDA, V. C. **Efeito da adição de carga e extensor nas propriedades do adesivo uréia-formaldeído e dos compensados de pinus e paricá**. 2009. 75p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

AMORIM, Karina Golfetto Freitas de. **ROADMAP TECNOLÓGICO DE ADESIVOS ESTRUTURAIS, SUSTENTÁVEIS E DE ALTO DESEMPENHO**. 2017. 234 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química da Ufrj, Rio de Janeiro, 2017.

ANDREW, W. **Adhesives Technology Handbook**. 3. ed. New York: [s.n.], 2015.

AQUIM, Patrice Monteiro de. **Balanço de massa: uma ferramenta para otimizar os processos de ribeira e curtimento.** 196f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

KEMPKA, A. *et al.* **Utilização Da Calorimetria Exploratória Diferencial (Dsc) Para Avaliação Da Desnaturação Térmica De Diferentes Colágenos Bovinos.** In: Anais Do Congresso Brasileiro De Engenharia Química, 2014. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2014.

ANUAR, Nur Faradila *et al.* **Thermogravimetric analysis of slow pyrolysis in chicken skin waste.** Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, p. 1-13, 11 jul. 2019. Informa UK Limited.

ARAÚJO, Cleidiane da Silva; PINO-HERNÁNDEZ, Enrique; BATISTA, Jáira Thayse Souza; JOELE, Maria Regina Sarkis Peixoto; REGO, José de Arimateia Rodrigues do; LOURENÇO, Lúcia de Fátima Henriques. **Optimization of fish gelatin drying processes and characterization of its properties.** Scientific Reports, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 1-14, 19 out. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-99085-3>.

BATISTA, Thelma M. *et al.* **Efeito do pH na calcificação in vitro de pele porcina.** *Polímeros*, v. 17, n. 4, p. 289-293, dez. 2007. FapUNIFESP. SciELO.

BELTRÁN-PRIETO, J. C.; VELOZ-RODRÍGUEZ, R.; PÉREZ-PÉREZ, M. C.; NAVARRETE-BOLAÑOS, J. L. *et al.* **Chromium recovery from solid leather waste by chemical treatment and optimisation by response surface methodology.** Chemistry and Ecology, 28, n. 1, p. 89-102, 2011.

BHAGWAT, Prashant K.; DANDGE, Padma B.. **COLLAGEN AND COLLAGENOLYTIC PROTEASES: A REVIEW.** Biocatalysis And Agricultural Biotechnology, [S.L.], v. 15, p. 43-55, jul. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2018.05.005>.

BIANCHE, Juliana Jerásio; TEIXEIRA, Ana Paula Mendes; LADEIRA, João Paulo Silva; CARNEIRO, Angélica de Cássia Oliveira; CASTRO, Renato Vinícius Oliveira; DELLA LUCIA, Ricardo Marius. **Cisalhamento na Linha de Cola de**

**Eucalyptus sp. Colado com Diferentes Adesivos e Diferentes Gramaturas.** Floresta e Ambiente, [S.L.], v. 24, p. 1-9, 3 ago. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.077114>.

CABEZA, L.F.; TAYLOR, M.M.; DIMAIO, G.L.; BROWN, E.M.; MARMER, W.N.; CARRIÓ, R.; CELMA, P.J.; COT, J.. **Processing of leather waste: pilot scale studies on chrome shavings. isolation of potentially valuable protein products and chromium.** Waste Management, [S.L.], v. 18, n. 3, p. 211-218, jun. 1998. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0956-053x\(98\)00032-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0956-053x(98)00032-4).

CABEZA, L. F.; TAYLOR, M. M.; BROWN, E. M.; MARMER, W. N. **Potential Applications For Gelatin Isolated From Chromium-Containing Solid Tannery Waste: Microencapsulation.** Journal of The American Leather Chemists Association, 94, n. 5, p. 182, 1999.

CAPPELLARO, Gabriela Costa. **Desenvolvimento de polímero biodegradável a base de gelatina de pele bovina calcirada.** 2020. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Materiais e Processos Industriais, Programa Profissional em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais, Universidade Feevale, Novo Hamburgo, 2020.

CATALINA, M.; ATTENBURROW, G.; COT, J.; COVINGTON, A. D. et al. **Isolation and characterization of gelatin obtained from chrome-tanned shavings.** In: IULTCS - EUROCONGRESO 2006, Istambul.

CATALINA, M.; ATTENBURROW, G.; COVINGTON, A. D.; ANTUNES, A. P. M. **Application of Gelatin Extracted from Chrome Shavings for the Glazed Finishing of Leather.** Journal of The American Leather Chemists Association, 105, p. 138-144, 2010.

CATALINA, M.; ATTENBURROW, G. E.; COT, J.; COVINGTON, A. D. et al. **Influence of crosslinkers and crosslinking method on the properties of gelatin films extracted from leather solid waste.** Journal of Applied Polymer Science, 119, n. 4, p. 2105-2111, 2011.

CICB, 2022. **RELATÓRIO SETORIAL- ESTUDO DO SETOR DE CURTUMES NO BRASIL 2022.** Brasília – DF: CICB - Centro das Indústrias de Curtumes do Brasil, nov. 2022.

CHAUDHARY, Rubina; PATI, Anupama. **Purification of protein hydrolyzate recovered from chrome tanned leather shavings waste**. Journal of the American Leather Chemists Association, v. 111, n. 01, p. 10-16, 2016.

CHAMBERLAIN, P.; DREWELLO, R.; KORN, L.; BAUER, W.; GOUGH, T.; AL-FOUZAN, A.; COLLINS, M.; VAN DOORN, N.; CRAIG, O.; HERON, C.. **CONSTRUCTION OF THE KHOJA ZAYNUDDIN MOSQUE: use of animal glue modified with urine\***. *Archaeometry*, [S.L.], v. 53, n. 4, p. 830-841, 17 mar. 2011. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-4754.2010.00577.x>.

COELHO, Livia Cristina; FERREIRA, Mozart Martins; BASTOS, Ana Rosa Ribeiro; OLIVEIRA, Luiz Carlos Alves de; FERREIRA, Ewerton Dilelis. **Resíduo de Curtumes como Fonte de Nitrogênio para Trigo e Arroz em Sucessão**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, [S.L.], v. 39, n. 5, p. 1445-1455, out. 2015. FapUNIFESP (SciELO) <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20140608>.

COELHO, Luís José. **Adesivos para Calçados - Produtos e Aplicações /** Assintecal by Brasil. Novo Hamburgo, 2007. 82 p

CUNHA, A. B.; MATOS, J. L. M. **Avaliação da rigidez de vigas estruturais de madeira laminada colada unidas por adesivo poliuretano**. Out./dez. 2011. V. 17. N. 4. Pg. 593 – 600.

DAMIN, BRENDA ISADORA SOARES; et al. **Caracterização e concentração de gelatina extraída de resíduo de couro curtido ao cromo (III)**", p. 742-748 . In: Anais do XIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. São Paulo: Blucher, 2019. ISSN 2359-1757, DOI 10.5151/cobecic2019-EAT95.

DANG, Xugang; SHAN, Zhihua; CHEN, Hui. **The Preparation and Applications of One Biodegradable Liquid Film Mulching by Oxidized Corn Starch-Gelatin Composite**. *Applied Biochemistry And Biotechnology*, [S.L.], v. 180, n. 5, p. 917-929, 20 maio 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12010-016-2142-4>.

DAUDT, Rafael Henrique Schüür; GRUSZYNSKI, Cirilo; KÄMPF, Atelene Normann. **Uso de resíduos de couro *wet-blue* como componente de substrato para plantas.** Ciência Rural, [S.L.], v. 37, n. 1, p. 91-96, fev. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782007000100015>

EBNESAJJAD, Sina; LANDROCK, Arthur H.. **Characteristics of Adhesive Materials.** Adhesives Technology Handbook, [S.L.], p. 84-159, 2015. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-323-35595-7.00005-x>.

EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE COUROS E PELES. CICB. **Centro das indústrias de curtume do Brasil.** Brasília, 2021. Disponível em: <https://cicb.org.br/storage/files/repositories/phppKpefL-total-exp-abr21-vr.pdf>.

FABRÍCIO, Rosane Furtado; MÄHLMANN, Cláudia Mendes. **Desenvolvimento de adesivo à base de amido de milho e mandioca.** Tecno-Lógica, Santa Cruz do Sul, v. 18, n. 1, p. 1-12, maio 2014. ISSN 1982-6753. Disponível em: <<https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/3836>>.

FERREIRA, M. J.; ALMEIDA, M. F.; PINHO, S. C.; SANTOS, I. C. **Finished leather waste chromium acid extraction and anaerobic biodegradation of the products.** Waste Manag, 30, n. 6, p. 1091-1100, Jun 2010.

FREITAS, Renata Fialho Rocha. **Adesivos termofundíveis: correlação da natureza química com suas propriedades adesiva, reológica e térmica.** 2016. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Tecnologia de Materiais, Pucrs, Porto Alegre, 2016.

FRIESS, W. **Collagen – biomaterial for drug delivery**<sup>1</sup>. European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 45, p. 113-136, 1998.

GARCIA, Nelissa G. **Descontaminação do resíduo industrial de couro: uma proposta para o desenvolvimento sustentável nos curtumes.** São Paulo. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais, Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2015.

GENNADIOS, A. **Protein-based films and coatings.** Boca Raton, US: CRC Press, 2002. 650 p. 1587161079.

GILIO, Caroline Graminha *et al.* **Produção de painéis aglomerados empregando seringueira, teca e poliuretano derivado de óleo de mamona.** Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do Ifpb, [S.L.], n. 57, p. 86, 19 dez. 2021. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id5825>.

GÓMEZ-GUILLÉN, M.C.; GIMÉNEZ, B.; LÓPEZ-CABALLERO, M.e.; MONTERO, M.P.. **Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: a review.** Food Hydrocolloids, [S.L.], v. 25, n. 8, p. 1813-1827, dez. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.02.007>.

GOSSLER, Fabiana Soares. **AVALIAÇÃO DO USO DO AMIDO COMO EMULSIFICANTE NA POLIMERIZAÇÃO EM EMULSÃO DE POLI (ACETATO DE VINILA) EM ADESIVOS.** 2020. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de O em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

HANANI, Z.A. Nur; ROOS, Y.H.; KERRY, J.P.. **Use and application of gelatin as potential biodegradable packaging materials for food products.** International Journal Of Biological Macromolecules, [S.L.], v. 71, p. 94-102, nov. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.04.027>.

HEPWORTH. DG; SMITH, JP. **As propriedades mecânicas dos compósitos fabricados a partir de fibras de tendão e cola pérola (cola animal).** 2002. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Bath. Reino Unido. Pg. 797-803.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída.** 2. ed. Curitiba: FUPEF, 2005. 254p.

JONES, D. B. **Factors for converting percentages of nitrogen in foods and feeds into percentages of proteins.** AGRICULTURE, U. S. D. o. Washington D.C. 1941.

JÚNIOR, Z., Botta, S., Ana, P. et al. **Efeito do gel à base de papaína no colágeno tipo I - espectroscopia aplicada para análise microestrutural**. Sci Rep 5, 11448 (2015). <https://doi.org/10.1038/srep11448>.

KANAGARAJ, J.; SENTHILVELAN, T.; PANDA, R.C.; KAVITHA, S.. **Eco-friendly waste management strategies for greener environment towards sustainable development in leather industry: a comprehensive review**. Journal Of Cleaner Production, [S.L.], v. 89, p. 1-17, fev. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.013>.

KANAGARAJ, J.; BABU, N.K. Chandra; MANDAL, A.B.. **Recovery and reuse of chromium from chrome tanning waste water aiming towards zero discharge of pollution**. Journal Of Cleaner Production, [S.L.], v. 16, n. 16, p. 1807-1813, nov. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.12.005>.

KANWATE, Balaji Wamanrao; BALLARI, Rajashekhar V.; KUDRE, Tanaji G.. **Influence of spray-drying, freeze-drying and vacuum-drying on physicochemical and functional properties of gelatin from Labeo rohita swim bladder**. International Journal Of Biological Macromolecules, [S.L.], v. 121, p. 135-141, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.015>.

LUZ, P. T. **Influência do tempo de processo produtivo de um adesivo poliuretano base solvente sobre as propriedades do produto**. 2015. Dissertação para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais. Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul.

MALEK, A.; HACHEMI, M.; DIDIER, V. **New approach of depollution of solid chromium leather waste by the use of organic chelates: economical and environmental impacts**. J Hazard Mater, 170, n. 1, p. 156-162, Oct 15 2009.

MANCOPE, F.; GUTTERRES, M.; DETTMER, A.; BARRIONUEVO, P. **Colagênio: estrutura, propriedades e processos**. In: GUTTERRES, M. (Ed.). A ciência rumo à tecnologia do couro. Porto Alegre: Tríplica Assessoria e Soluções Ambientais Ltda., 2008. v. 1, p. 505.

MASILAMANI, Dineshkumar; MADHAN, Balaraman; SHANMUGAM, Ganesh; PALANIVEL, Saravanan; NARAYAN, Bhaskar. **Extraction of collagen from raw**

**trimming wastes of tannery: a waste to wealth approach.** *Journal Of Cleaner Production*, [S.L.], v. 113, p. 338-344, fev. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.087>.

MEDRI, W. **Curso de Especialização “Lato Sensu” em Estatística - Análise Exploratória de Dados.** Londrina/Pr, p. 30-40, 2011.

MENDOZA, Z. M. S. H. **Efeito da inclusão laminar nas propriedades de painéis aglomerados fabricados com resíduos da indústria laminadora.** 2010. 128p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, MG, 2010.

MENDOZA, Zaira Morais dos Santos Hurtado de; BORGES, Pedro Hurtado de Mendoza; RIBEIRO, Anatólya dos Santos; FERNANDES, Francisco Batista. **Aspectos gerais sobre adesivos para madeira.** *Multitemas*, [S.L.], v. 22, n. 51, p. 1-20, 16 maio 2017. Universidade Católica Dom Bosco. <http://dx.doi.org/10.20435/multi.v22i51.1412>.

METZ, Lisiane Emilia Grams. **Avaliação ambiental dos resíduos sólidos oriundos da produção de couros no Rio Grande do Sul.** Rio Grande do Sul. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2016.

MOHAMMADI, Reza et al. **Physico-mechanical and structural properties of eggshell membrane gelatin- chitosan blend edible films.** *International Journal Of Biological Macromolecules*, v. 107, p.406-412, fev. 2018. Elsevier BV.

MOKREJS, P.; SUKOP, S.; LANGMAIER, F.; KOLOMAZNIK, K. et al. Properties of Collagen Hydrolyzates Obtained from Leather Shavings. *Asian Journal of Chemistry*, 19, n. 2, p. 1207-1216, 2007.

MOREIRA, Silvana Cláudia Pereira Araújo. **Estudo da obtenção de Gelatina a partir de Raspa *Wet-Blue* da Indústria de Curtumes.** 2008. 89 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Isep - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal, 2008.

NISHIHORA, Rafael Kenji. **Propriedades de filmes de gelatina reticulados por via enzimática e física**. 2015. 96f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2015.

NUNES, Yana Luck. **Preparação e caracterização de bioblendas poliméricas a partir de gelatina bovina e de tilápia com amido de milho**. 2014. 113f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2014.

OLIVEIRA, Diana Quintão Lima de. et al. **Utilização de resíduos da indústria de couro como fonte nitrogenada para o capim-elefante**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, [S.L.], v. 32, n. 1, p. 417-424, fev. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832008000100039>.

OLIVEIRA, Jakson Martins de. **Géis de colágeno e gelatina do resíduo da tilápia (*oreochromis niloticus*) para incorporação e liberação controlada in vitro da astaxantina**. 2017. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

PENG, Zhiyuan; LI, Zhiping; SHEN, Yongqiang. **Preparation and in vitro Characterization of Gelatin Microspheres Containing 5-fluorouracil**. Journal Of Macromolecular Science, Part B, [S.L.], v. 51, n. 6, p. 1117-1124, 23 abr. 2012. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00222348.2011.625901>.

PAUL, H.; ANTUNES, A. P. M.; COVINGTON, A. D.; EVANS, P. et al. **Towards zero solid waste: utilising tannery waste as a protein source for poultry feed**. In: 28th International Conference on Solid Waste Technology and Management, 2013, Philadelphia - USA.

PINHEIRO, Nadini Sandi Carvalho. **Estudo e aplicação de diferentes farelos de rebaixamento como adsorventes de baixo custo para corantes da indústria coureira**. 2021. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

PIZZI, A.; MITTAL, K. L. **Handbook of Adhesive Technology**. 2003. Livro (Second Edition). New York – EUA. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=XYbHqiapRjsC&lpg=PP1&hl=pt-BR&pg=PR2#v=onepage&q&f=false>

POPIOLSKI, Ariana Secco. **Extração de cromo (cr) presente em couro “wet-blue” residual com recuperação dos princípios ativos**. 2017. 95 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - Uri, Erechim, 2017.

Prashant K. Bhagwat, Padma B. Dandge, **Collagen and collagenolytic proteases: a review**, Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, Volume 15, 2018, Pages 43-55, ISSN 1878-8181.

PRESTES R.C. Colágeno e seus derivados: **Collagen and Its derivatives: characteristics and applications in meat products**. Unopar Científica Ciências Biológicas e da Saúde, v.15:1, p. 65-74, 2013

PRESTES, R. C.; GOLUNSKI, S. M.; TONIAZZO, G.; KEMPKA, A. P.; LUCCIO, M. D. **Caracterização da fibra de colágeno, gelatina e colágeno hidrolisado**. 2013. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.15, n.4, p.375-382.

PRINGLE, T.; BARWOOD, M.; RAHIMIFARD, S. The Challenges in Achieving a Circular Economy within Leather Recycling. *Procedia CIRP*, 48, p. 544-549, 2016.

RATTI, C. **Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review**. *Journal Of Food Engineering*, [S.L.], v. 49, n. 4, p. 311-319, set. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0260-8774\(00\)00228-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0260-8774(00)00228-4).

RIEHL, Alice. **Caracterização de resíduos de couro provenientes de um aterro industrial**. Rio Grande do Sul. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2015.

RODRIGUES, Vergimari. **Análise dos efeitos do colágeno bovino e derivados na proliferação celular e biossíntese de colágeno em**

**fibroblastos humanos**. 2009. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

ROSA, Márcio. **Hidrólise com ácido cítrico para extração do cromo do resíduo de couro *wet-blue***. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais). 2020. Novo Hamburgo – RS.

ROSA, Márcio; JAHNO, Vanusca Dalosto; AQUIM, Patrice Monteiro de. **Valorização dos produtos oriundos do resíduo de couro *wet-blue* hidrolisado**. Revista Tecnologia e Tendências, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 90, 15 set. 2020. Associação Pro-Ensino Superior em Novo Hamburgo. <http://dx.doi.org/10.25112/rtt.v11i1.2280>.

SAE-LEAW, Thanasak; BENJAKUL, Soottawat. **Physico-chemical properties and fishy odour of gelatin from seabass (*Lates calcarifer*) skin stored in ice**. *Food Bioscience*, [S.L.], v. 10, p. 59-68, jun. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2015.02.002>.

SANTOS, Jaqueline Pozzada dos. **Efeito da reticulação química nas gelatinas de peles e ossos de tilápia e de carpa e na produção de filmes biopoliméricos**. 2017. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2017.

SANTOS, Larissa Carvalho. **Síntese e caracterização de adesivos lignina-fenolformaldeído para madeira e derivados**. 2016. 55 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

SCHMIDT, Michele Mantelli; FONTOURA, Andrine Menna da; VIDAL, Alessandra Roseline; DORNELLES, Rosa Cristina Prestes; KUBOTA, Ernesto Hashime; MELLO, Renius de Oliveira; CANSIAN, Rogério Luis; DEMIATE, Ivo Mottin; OLIVEIRA, Cristina Soltovski de. **Characterization of hydrolysates of collagen from mechanically separated chicken meat residue**. *Food Science And Technology*, [S.L.], v. 40, n. 1, p. 355-362, jun. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/fst.14819>.

SCOPEL, Bianca Santinon. **Gelatina extraída de resíduo de couro curtido ao cromo por meio de hidrólise alcalina assistida por explosão a vapor e sua**

**aplicação em filmes poliméricos aplicados na agroindústria.** 2020. 211 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

SCOPEL, B. S. *et al.* **Collagen Hydrolysate Extraction from Chromed Leather Waste for Polymeric Film Production.** JOURNAL OF THE AMERICAN LEATHER CHEMISTS ASSOCIATION, v. 111, p. 30-40, 2016.

SCOPEL, B. S.; BALDASSO, C.; DETTMER, A.; SANTANA, R. M. **Hydrolysis of Chromium Tanned Leather Waste: Turning Waste into Valuable Materials – A Review.** 2018. Rio grande do Sul, Brasil. Vol. 113. Pg. 122-129.

SIKORSKI, Zdzisław E.; KOŁODZIEJSKA, Ilona. **Microbial Risks in Mild Hot Smoking of Fish. Critical Reviews In Food Science And Nutrition,** [S.L.], v. 42, n. 1, p. 35-51, jan. 2002. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10408690290825448>.

SILVA, Camila Giacomelli da; RODRIGUES, Angela Souza; TONIASSO, Daniela Pedrolo Weber; MORISSO, Fernando dal Pont; CAMPAGNOL, Paulo Cezar Bastianello; MELLO, Renius de Oliveira; DORNELLES, Rosa Cristina Prestes; KUBOTA, Ernesto Hashime. **Jundiá Fish Skin (Rhamdia quelen): an unexplored by-product with great potential to be used as a novel source of collagen.** Journal Of Aquatic Food Product Technology, [S.L.], v. 30, n. 8, p. 1002-1016, 8 ago. 2021. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10498850.2021.1963379>.

SILVA, Gilmar Correia; LELIS, Roberto Carlos Costa; OLIVEIRA, Gisely de Lima; SILVA, Bruno Couto da; LOSSANO, Wagner César da Silva; ABREU, Heber dos Santos. **Propriedades de adesivo aplicado em painéis a partir da substituição por lignossulfonato do processo sulfito.** Ciência Florestal, [S.L.], v. 29, n. 1, p. 322-335, 4 abr. 2019. Universidad Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509818414>.

SILVA, L. F. M.; OCHSNER, A.; ADAMS, R. D. **Handbook of Adhesion Technology.** 2011. Livro. Vol.1. Disponível em: [https://www.google.com.br/books/edition/Handbook\\_of\\_Adhesion\\_Technology/](https://www.google.com.br/books/edition/Handbook_of_Adhesion_Technology/)

[CsKoeKzXvl8C?hl=ptR&qbpv=1&dq=Handbook%20of%20Adhesive%20Technology&pg=PR17&printsec=frontcover.](https://www.researchgate.net/publication/312188887/CsKoeKzXvl8C?hl=ptR&qbpv=1&dq=Handbook%20of%20Adhesive%20Technology&pg=PR17&printsec=frontcover)

SILVA, S. A. **Estudo do comportamento reológico dos adesivos *hot melt* PSA e a relação com a composição e as propriedades adesivas.** 2008. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

SILVA, Tatiane Ferreira da; PENNA, Ana Lúcia Barretto. **Colágeno: características químicas e propriedades funcionais.** Revista do Instituto Adolfo Lutz, v. 71, n. 3, p. 530-539, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/122273>.

SKEIST, I. **Handbook of Adhesives.** 3 ed. New York, USA: Van Nostrand Reinhold Co, 1989.

SOUZA, E. M. M. **Adesivo de contato de policloropreno base aquosa nanoaditivado e condicionado magneticamente.** 2015. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. São Paulo.

SUNDAR, V. John et al. **Recovery and utilization of chromium-tanned proteinous wastes of leather making: A review.** Critical Reviews in Environmental Science and Technology, v. 41, n. 22, p. 2048- 2075, 2011.

TEPHEN, AM; PHILLIPS, GO. **Food Polysaccharides and their Applications.** 2006. Livro. 2ª ed. CRC. Disponível em: [https://ttnngmai.files.wordpress.com/2012/10/foodpolysaccharidestheirapplication\\_s.pdf](https://ttnngmai.files.wordpress.com/2012/10/foodpolysaccharidestheirapplication_s.pdf)

TING-DA, J.; CHUN-PING, Z.; FEI, Q. **Reclamation treatment of the chrome leather scrap.** Journal of Environmental Sciences, 12, n. 3, p. 375-379, 2000.

TORLEY, Peter J; D'ARCY, Bruce R; TROUT, Graham R. **The effect of ionic strength, polyphosphates type, pH, cooking temperature and preblending on the functional properties of normal and pale, soft, exudative (PSE) pork.** Meat Science, [S.L.], v. 55, n. 4, p. 451-462, ago. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0309-1740\(00\)00004-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0309-1740(00)00004-8).

WOLF, F. A. **Collagen and Gelatin. In: Progress in Biotechnology.** Amsterdam: Elsevier Science B.V., 2003. cap. V, p. 219-269.

WOLF, Kleber Luís. **Propriedades físico-químicas e mecânicas de biofilmes elaborados a partir de fibra e pó de colágeno.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, SP.

## **ANEXOS**

## ANEXO A – CERTIFICADO DE ANÁLISE GELATINA COMERCIAL

SM EMPREENDIMENTOS FARMACÊUTICOS LTDA



## CERTIFICADO DE ANÁLISE

Insumo:	Gelatina Po	Data de Análise:	12-12-2020
Lote Interno:	20L08-B029-070989	Lote Fabricante:	2809685
Data de Fabricação:	12-10-2020	Data de Validade:	11-10-2025
Origem:	Brasil	Procedência:	Brasil
Condições de Armazenamento:	Temperatura Ambiente	Ordem de Fraclonamento:	070989

DCB:	04413	DCI:	-
CAS:	9000-70-8	Peso Molecular:	-
Fórmula Molecular:	-		

Testes	Especificações	Resultados	Unidade	Referências
Descrição *	Pó amarelo a âmbar, com odor característico.	Conforme		Fabricante
Perda por dessecação *	<= 13,00 (5g/ 17 horas/ 105°C)	9,93	%	Fabricante
pH *	5,00 - 6,00 (Solução 6,67%)	5,41		Fabricante
Cinzas totais *	<= 2,00	0,84	%	Fabricante
Bloom	215 - 235 (Solução 6,67%)	221	g	Fabricante
Viscosidade	2,70 - 3,70 (Solução 6,67%)	3,03	mPa.S	Fabricante
Sulfitos (SO <sub>2</sub> )	<= 40,00	4,10	mg/kg	Fabricante
Cromo (ICP - OES)	<= 5,00	0,55	mg/kg	Fabricante
Arsênio (ICP - OES)	<= 1,00	< 1,00	mg/kg	Fabricante
Nitrogênio *	>= 15,00	16,08	%	Fabricante
Granulometria	30	30	mesh	Fabricante
Testes microbiológicos				
Contagem total de bactérias	<= 1000	< 1000	UFC/g	Fabricante
Coliformes totais	Ausente	Ausente		Fabricante
Coliformes fecais	Ausente	Ausente		Fabricante
Salmonella	Ausente	Ausente		Fabricante
Escherichia coli	Ausente	Ausente		Fabricante
Staphyl. coagulase positivo	Ausente	Ausente		MG MB/001

## SM EMPREENDIMENTOS FARMACÊUTICOS LTDA



## CERTIFICADO DE ANÁLISE

Insumo:	Gelatina Po	Data de Análise:	12-12-2020
Lote Interno:	20L08-B029-070989	Lote Fabricante:	2809685
Data de Fabricação:	12-10-2020	Data de Validade:	11-10-2025
Origem:	Brasil	Procedência:	Brasil
Condições de Armazenamento:	Temperatura Ambiente	Ordem de Fracionamento:	070989

DCB:	04413	DCI:	-
CAS:	9000-70-8	Peso Molecular:	-
Fórmula Molecular:	-		

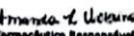
Testes	Especificações	Resultados	Unidade	Referências
Testes adicionais				
Densidade aparente *	Informativo (Sem compactação)	0,39	g/mL	MG FB - VI
Cinzas insolúveis em ácidos *	<= 1,5	0,06	%	MG FB - VI
Matéria estranha microscópica *	Ácaros mortos <= 5,0	< 5,0		MG FB - VI
Atividade de água *	<= 0,6	0,4486	aw	MG-FQ/149

\* Resultados obtidos em análises realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade SM EMPREENDIMENTOS FARMACÊUTICOS LTDA. E os demais foram transcritos conforme certificado de análise do fabricante.

## Conclusão:

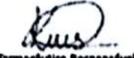
Aprovado (X)  
Reprovado ( )

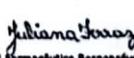
  
Farmacêutico Responsável  
João Paulo Barte Mendes  
CRP-GO: Nº 7.385  
Fagron Services Brasil

  
Farmacêutico Responsável  
Amanda B. Victorino  
CRP-SP: Nº 50.836  
Fagron Brasil  
SAP: (11) 4785-9600

  
Farmacêutico Responsável  
Eliete Juliana Figueira de Silva  
CRP-SP: Nº 61.431  
Infinity Pharma  
BATEC: (19) 2101-4005

  
Farmacêutico Responsável  
Bruno Taveira Gomes de Sena  
CRP-SP: Nº 73.801  
Via Farma  
SAC: (11) 4785-5643

  
Farmacêutico Responsável  
Karina Maria da Silva  
CRP-SP: Nº 66.627  
Florien Fitotivos  
SAC: (19) 8429-1199

  
Farmacêutico Responsável  
Juliana Ferraz  
CRP-SP: Nº 84.260  
Organic Compounding  
SAC: (11) 3016-8461  
Loreville  
SAC: (11) 2165-9289

Fim do Documento

## ANEXO B – RELATÓRIO DE ENSAIO CERTIFICADO DE ANÁLISE GELATINA EXTRAÍDA



Laboratório de Ensaios	Relatório de Ensaio	Ordem de Serviço	Folha
Físico-Químicos	Nº 2934/23	Nº 1245/23	Nº 1/1

**Requisitante:** TAIS CRISTINA SCHARLAU DA SILVA.

**Endereço:** Rua São João, 157 – Novo Hamburgo – RS.

**Data de recebimento da amostra:** 22/05/2023.

**Caracterização da amostra:** 01 amostra de insumo, identificada pelo requisitante como: "GELATINA EXTRAÍDA".

**Amostragem:** a/c requisitante.

**Tomada do corpo-de-prova:** a/c laboratório.

ENSAIOS	RESULTADOS			
	Numérico		Unidade	Procedimento
	Base úmida	Base seca		
1 – Cinza total	0,64	4,4	%	Procedimento Interno*
2 – Nitrogênio total	1,55	10,6	%	Procedimento Interno

\*3 gramas de amostra calcinada em forno mufla a 800 °C até massa constante.

**DATA DE REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:** 22/05 a 25/05/2023.

**EQUIPAMENTOS RASTREÁVEIS UTILIZADOS NO ENSAIO:**

- NI 101 Balança Analítica com Certificado de Calibração RBC nº 06037/2022, emitido pelo INSTITUTO SENAI DE INOVAÇÃO EM METALMECÂNICA – CETEMP e válido até 04/2024;
- NI 115 Controlador de temperatura e sensor termopar do Forno Mufla, com certificado de calibração RBC 6793/22, emitido pelo Laboratório de Metrologia NOVUS e válido até 05/2024.

Estância Velha, 26 de maio de 2023.

NICOLAS NATAN  
AMADO  
ANSCHAU:04408937045  
Técnico Analista  
CRQ 054010437

Assinado de forma digital por  
NICOLAS NATAN AMADO  
ANSCHAU:04408937045  
Data: 2023.05.26 09:59:42 -03'00'

Revisão 01  
BRC

**Instituto SENAI de Tecnologia em Couro e Meio Ambiente**  
Rua Gregório de Mattos, 111 – Centro – Estância Velha/RS  
(51) 3904-2735 | laboratorios.couro@senairs.org.br | senairs.org.br/institutos/couro-e-meio-ambiente

Os resultados contidos no presente relatório de ensaio se aplicam somente à amostra ensaiada conforme recebida.  
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

## ANEXO C – RELATÓRIO DE ENSAIO CROMO HEXAVALENTE



## RELATÓRIO DE ENSAIO - nº 94944

Cliente: ASSOCIAÇÃO PRO ENSINO SUPERIOR EM NOVO HAMBURGO  
 Solicitante: TAI SCHARLAU  
 Endereço: ROD RS-239, 2755  
 Cidade: NOVO HAMBURGO/RS

## Dados da Amostra

Identificação: ADESIVO DESENVOLVIDO A PARTIR DE RESÍDUOS DE CURTUME - AMOSTRA 1  
 Recebimento: 16/01/2023 às 15:41 H.

## Dados da Coleta

Responsável: Interessada. Dados fornecidos pelo Cliente.

## RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Parâmetro Método/Norma	Resultado/Unidade	Limites Data do Ensaio
Cromo Hexavalente Espectrofotometria	Não detectado	0,012 ppm (*LD) 19/01/2023

(\*LD) = Limite de Detecção

Porto Alegre, 19 de janeiro de 2023.

Luiz Augusto da Silva Rosa  
CRQ 05101121

Conferência Eletrônica

Os resultados acima se referem somente a amostra ensaiada.  
 As análises foram realizadas nas instalações do Laboratório Pro-Ambiente.  
 Na declaração da conformidade, o Laboratório não considerou a incerteza de medição.  
 Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na sua íntegra. A reprodução parcial somente com autorização do emitente.



