

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
ENGENHARIA QUÍMICA**

**MARCELO BATISTELA LUCAS**

**EMBALAGEM BIOPOLIMÉRICA COM EXTRATO DE FOLHA DE OLIVEIRA  
PARA APLICAÇÃO NO SETOR COSMÉTICO**

**Bagé  
2022**

**MARCELO BATISTELA LUCAS**

**EMBALAGEM BIOPOLIMÉRICA COM EXTRATO DE FOLHA DE OLIVEIRA  
PARA APLICAÇÃO NO SETOR COSMÉTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientadora: Profa. Dra. Gabriela Silveira da Rosa

Coorientadora: Dra. Thamiris Renata Martiny

**Bagé  
2022**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados  
fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

L933e Lucas, Marcelo Batistela

EMBALAGEM BIOPOLIMÉRICA COM EXTRATO DE FOLHA DE OLIVEIRA  
PARA APLICAÇÃO NO SETOR COSMÉTICO / Marcelo Batistela Lucas.  
57 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Universidade  
Federal do Pampa, ENGENHARIA QUÍMICA, 2022.

"Orientação: Gabriela Silveira da Rosa".

1. Embalagens Ativas. 2. Biofilmes. 3. Carragenana. 4.  
Gelatina. 5. Extrato da folha de oliveira. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal do Pampa

**MARCELO BATISTELA LUCAS**

**EMBALAGEM BIOPOLIMÉRICA COM EXTRATO DE FOLHA DE OLIVEIRA PARA  
APLICAÇÃO NO SETOR COSMÉTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Química.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 24 de março de 2022.

Banca examinadora:

---

Profa. Dra. Gabriela Silveira da Rosa  
Orientadora  
(UNIPAMPA)

---

Dra. Thamiris Renata Martiny  
Coorientadora  
(UFSM)

---

Profa. Dra. Tânia  
Regina de Souza  
(UNIPAMPA)



---

Assinado eletronicamente por **Thamiris Renata Martiny, Usuário Externo**, em 17/08/2022, às 09:46, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



---

Assinado eletronicamente por **GABRIELA SILVEIRA DA ROSA, PROFESSOR DO MAGISTERIOSUPERIOR**, em 17/08/2022, às 21:33, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



---

Assinado eletronicamente por **TANIA REGINA DE SOUZA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/08/2022, às 15:05, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



---

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0899072** eo código CRC **023BBDE1**.

---

Referência: Processo nº 23100.016182/2022-21 SEI nº 0899072

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar forças para chegar até este momento.

Agradeço aos meus pais Arlene Garcia Batistella e Luiz Adalberto Lucas por me apoiarem incondicionalmente e sempre acreditarem no meu potencial e na minha capacidade.

Agradeço a minha orientadora e coorientadora, Professora Dr<sup>a</sup> Gabriela Silveira da Rosa e Dr<sup>a</sup> Thamiris Renata Martiny, que são e foram excepcionais comigo e ainda por todos ensinamentos, orientação, apoio, cobranças, empatia e suporte na execução deste trabalho.

Agradeço a Universidade Federal do Pampa pelo ensino gratuito e de qualidade e todas memórias boas e ruins vividas durante a graduação.

Agradeço a Consultoria dos Guris por tornarem a graduação mais leve e por toda parceria, conhecimento e experiências compartilhados ao longo da graduação.

Agradeço pela oportunidade que me foi dada de participar do Grupo de Pesquisa Engenharia de Processos em Sistemas Particulados.

Agradeço todo corpo docente do curso de Engenharia Química pelos conhecimentos, experiências e apoio ao longo dessa graduação.

Agradeço a todos aqueles que de certa forma contribuíram para a chegada deste momento.

Agradeço a todas as dificuldades enfrentadas no processo de graduação que contribuíram tanto para me tornar mais resiliente como mais preparado para o ambiente profissional.

Agradeço aos meus amigos de fora do ambiente da universidade que sempre compreenderam a dificuldade do curso de Engenharia Química e mesmo assim jamais deixaram de me incentivar para a chegada deste momento.

Agradeço o privilégio de estar rodeado de pessoas do bem e que sempre me apoiaram nos momentos de maior dificuldade seja na graduação ou na minha vida pessoal.

Agradeço a minha banca examinadora Professora Dr<sup>a</sup> Tania Regina de Souza, Professora Dr<sup>a</sup> Gabriela Silveira da Rosa, Dr<sup>a</sup> Thamiris Renata Martiny pelas contribuições, sugestões e ensinamentos compartilhados para a execução deste trabalho de conclusão de curso.

Agradeço por todas amizades construídas durante a graduação, principalmente aquelas que vou levar para a minha vida.

Agradeço por todas oportunidades que me foram apresentadas durante o curso de graduação, por todas oportunidades que perdi e por todas oportunidades que estão por vir.

Agradeço a Deus pela minha vida e minha saúde assim como dos meus familiares durante essa pandemia.

Agradeço ao dia de hoje, pois amanhã só pertence a Deus.

## RESUMO

A conscientização dos consumidores sobre os danos que resíduos de embalagens plásticas causam ao meio ambiente juntamente com a crescente busca por alternativas ambientalmente amigáveis (*eco-friendly*) na produção de embalagens, tem sido alvo de estudos de maneira a substituir os polímeros derivados do petróleo por polímeros naturais com adição de compostos ativos derivados de alimentos para obtenção de embalagens ativas. Nessa concepção, o objetivo deste trabalho de conclusão de curso foi produzir filmes biopoliméricos à base de carragenana e gelatina com extrato de folha de oliveira para aplicação como embalagem para cosméticos. A extração dos compostos da folha de oliveira foi realizada através da técnica de maceração e os compostos ativos foram caracterizados em relação à atividade antioxidante e compostos fenólicos totais. Os filmes biopoliméricos foram produzidos pelo método de *casting*, utilizando como matriz polimérica carragenana/gelatina, como plastificante o glicerol, como solvente a água e como aditivo o extrato da folha de oliveira. Nos filmes produzidos foram avaliados a espessura, a permeabilidade ao vapor (PVA), a tensão máxima na ruptura do filme e a porcentagem de alongação na ruptura do filme. Para avaliar a viabilidade de aplicação dos filmes produzidos, os mesmos foram testados na embalagem de sabonete líquido e sólido. Todas as formulações de filmes apresentaram-se flexíveis e fáceis de manusear, os filmes sem adição de extrato foram claros e transparentes, ao passo que os filmes adicionados de extrato apresentaram coloração característica do extrato. Os resultados obtidos nas análises de espessura, PVA, tensão máxima na ruptura e porcentagem de alongação na ruptura, para a primeira formulação de k-carragenana foram 0,02 mm,  $2,41 \cdot 10^{-09}$  g.m<sup>-1</sup>.Pa<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>, 67,22 MPa, 5,94%; para a formulação de gelatina foram 0,04 mm,  $3,44 \cdot 10^{-10}$  g.m<sup>-1</sup>.Pa<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>, 9,45 MPa, 45,05%; para a terceira formulação de k-carragenana e gelatina foram 0,041 mm,  $6,54 \cdot 10^{-11}$  g.m<sup>-1</sup>.Pa<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>, 27,47 MPa, 2,19%. O filme de k-carragenana e gelatina apontou os melhores valores. A adição de extrato na formulação alterou as propriedades dos filmes, sobretudo diminuindo a PVA. A aplicabilidade dos filmes na embalagem de sabonete líquido e sólido mostrou-se promissora, em ambos os casos foi possível conter o produto. Então, é possível a produção de filmes a base de k-carragenana e gelatina com potencial aplicação para embalagem, porém, são necessários mais estudos a fim de elucidar as propriedades mecânicas dos filmes conforme sua aplicação. Os resultados revelaram que os filmes produzidos são promissores para essa aplicação, especialmente o filme de composto pela blenda carragenana/gelatina. Dessa forma, conclui-se que os filmes biopoliméricos a base de carragenana/gelatina incorporados com extratos de folhas de oliveira apresentam-se como uma promissora embalagem ativa para o setor cosmético.

Palavras-chave: Embalagens ativas; Biofilmes; Carragenana; Gelatina; Extrato da folha de oliveira; Rotulagem Ambiental

## ABSTRACT

Consumer awareness about the damage that plastic packaging waste causes to the environment, together with the growing search for environmentally friendly alternatives (eco-friendly) in the production of packaging, has been the subject of studies in order to replace petroleum-derived polymers with natural polymers with the addition of active compounds derived from food and vegetables to obtain active packaging. In this conception, the objective of this course conclusion work was to produce biopolymeric films based on carrageenan and gelatin with olive leaf extract for application as packaging for cosmetics. Olive leaf extraction was performed using the maceration technique and the active compounds were characterized in relation to antioxidant activity and total phenolic compounds. The biopolymer films were produced by the casting method, using carrageenan/gelatin as a polymer matrix, glycerol as a plasticizer, water as a solvent and olive leaf extract as an additive. In the films produced, the thickness, the water vapor permeability (WVP), the maximum stress at breakage of the film and the percentage of elongation at breakage of the film were evaluated. To evaluate the feasibility of application of the films produced, they were tested in the packaging of liquid and solid soap. All film formulations were flexible and easy to handle, the films without the addition of extract were clear and transparent, while the films added with extract showed a characteristic coloring of the extract. The results obtained in the analysis of thickness, PVA, maximum stress at break and percentage of elongation at break, for the first k-carrageenan formulation were 0.02 mm,  $2.41 \cdot 10^{-09} \text{ g.m}^{-1}.\text{Pa}^{-1}.\text{s}^{-1}$ , 67.22 MPa, 5.94%; for the gelatin formulation they were 0.04 mm,  $3.44 \cdot 10^{-10} \text{ g.m}^{-1}.\text{Pa}^{-1}.\text{s}^{-1}$ , 9.45 MPa, 45.05%; for the third formulation of k-carrageenan and gelatin were 0.041 mm,  $6.54 \cdot 10^{-11} \text{ g.m}^{-1}.\text{Pa}^{-1}.\text{s}^{-1}$ , 27.47 MPa, 2.19%. The k-carrageenan and gelatin film showed the best values. The addition of extract in the formulation altered the properties of the films, mainly decreasing the WVP. The applicability of the films in the packaging of liquid and solid soap proved to be promising, in both cases it was possible to contain the product. So, it is possible to produce k-carrageenan and gelatin-based films with potential application for packaging, however, further studies are needed in order to elucidate the mechanical properties of the films according to their application. The results revealed that the films produced are promising for this application, especially the film composed of the carrageenan/gelatin blend. Thus, it is concluded that biopolymeric films based on carrageenan/gelatin incorporated with extracts of olive leaves present themselves as a promising active packaging for the cosmetic sector.

Keywords: Active packaging; Biofilms; carrageenan; Gelatin; Olive leaf extract; Environmental Labeling

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do polímero da gelatina .....	21
Figura 2 - Estruturas básicas das carragenanas .....	22
Figura 3 - A planta de oliveira e suas folhas .....	26
Figura 4 - Extração, caracterização e utilização do extrato em filmes biopoliméricos .....	32
Figura 5 - Produção dos filmes biopoliméricos .....	34
Figura 6 - Formulações preliminares de filmes biopoliméricos produzidos .....	39
Figura 7 - Aparência visual dos filmes biodegradáveis sem e com adição de extrato .....	40
Figura 8 - Aplicabilidade dos filmes como embalagem para sabonete líquido .....	42
Figura 9 - Acompanhamento dos filmes como embalagem de sabonete líquido .....	42
Figura 10 - Aplicabilidade dos filmes como embalagem para sabonete em barra .....	43
Figura 11 - Acompanhamento dos filmes como embalagem de sabonete sólido .....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Polímeros naturais e polímeros sintéticos. ....	18
Tabela 2 - Componentes de formulação de filmes biodegradáveis. ....	24
Tabela 3 - Rotulagem ambiental nos países com o nome e ano do programa. ....	28
Tabela 4 - Caracterização dos filmes elaborados. ....	39

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRE - Associação Brasileira de Embalagens

DPPH – 2,2 difenil-1-picrilhidrazila

EPS - Poliestireno expandido

EVOH - Etileno álcool vinílico

GAE – Equivalente de Ácido Gálico

PA - Poliamidas

PE - Polietileno

PE verde - Polietileno verde

PVC verde - Policloreto de vinila verde

PET - Politereftalato de etileno

PHA - Poli-hidroxi-alcanoato

PHB - Polihidroxibutirato

PLA - Ácido poli láctico

PP - Polipropileno

PS - Poliestireno

PU - Poliuretano

PVA - Permeabilidade ao vapor

PVC - Policloreto de vinila

## LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área	m <sup>2</sup>
A <sub>C</sub>	Absorbância da amostra controle	[nm]
A <sub>OLE</sub>	Absorbância da amostra	[nm]
A.antiox	Atividade Antioxidante	[%]
d <sub>i</sub>	Distância inicial entre as garras	[cm]
d <sub>r</sub>	Distância na ruptura	[cm]
e	Espessura	[m]
E%	Porcentagem de elongação na ruptura	[%]
F	Força de tração	[N]
m <sub>ab</sub>	Massa de umidade absorvida	[g]
m <sub>i</sub>	Massa inicial da amostra seca	[g]
m <sub>f</sub>	Massa final da amostra seca	[g]
PVA	Permeabilidade ao vapor de água	[g.m <sup>-1</sup> . Pa <sup>-1</sup> . s <sup>-1</sup> ]
t	Tempo de exposição	[s]
WS	Solubilidade em água	[%]
ΔP	Diferença de Pressão Parcial	Pa
σ	Tensão máxima de tração	[N.m <sup>-2</sup> ]

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>16</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 Embalagens para cosméticos .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Embalagens biopoliméricas .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.1 Gelatina .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2.2 Carragenana .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3 Embalagens ativas para cosméticos .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3.1 Utilização de extratos naturais em embalagens .....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.2 Extrato da folha de oliveira .....</b>	<b>25</b>
<b>3.4 Rotulagem Ambiental .....</b>	<b>27</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 Matéria-prima.....</b>	<b>31</b>
<b>4.2 Extração e caracterização do extrato.....</b>	<b>31</b>
<b>4.3 Produção dos filmes biopoliméricos.....</b>	<b>33</b>
<b>4.4 Caracterização dos filmes biopoliméricos .....</b>	<b>34</b>
<b>4.5 Aplicação dos filmes em cosméticos .....</b>	<b>36</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>5.1 Extrato da folha de oliveira .....</b>	<b>37</b>
<b>5.2 Caracterização dos filmes .....</b>	<b>37</b>
<b>5.3 Aplicabilidade dos filmes como embalagens para setor de cosméticos.....</b>	<b>41</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>46</b>
<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente as embalagens são feitas basicamente com plásticos petroquímicos e podem distinguir-se em embalagens rígidas e embalagens flexíveis (CINELLI *et al.*, 2019). A gestão de resíduos plásticos ainda é motivo de preocupação para a maioria dos países. Na indústria cosmética, tem-se analisado diferentes alternativas estratégicas para a gestão de um mesmo problema, que visam principalmente o planejamento dedicado de embalagens (AMBERG; FOGARASSY, 2019). Os biopolímeros são potenciais substitutos dos plásticos convencionais, principalmente para uso em embalagens, devido à sua disponibilidade na natureza e sua capacidade de degradação. Porém, para competir com os derivados fósseis, os polímeros naturais precisam apresentar propriedades mecânicas e de barreira compatíveis com a de seus antecedentes (EL MIRI *et al.*, 2015; VERSINO; GARCÍA, 2014; WOGGUM; SIRIVONGPAISAL; WITTAYA, 2014). Os biopolímeros são derivados de carboidratos e de proteínas, podem ser obtidos a partir da biomassa (amido, celulose, carreganana, gelatina), enquanto os sintéticos podem ser obtidos através da produção microbiana ou por fermentação, como o poli-hidroxi-alcianoato (PHA), ou por síntese química convencional, com a utilização de biomassa, como o ácido poli láctico (PLA) (OTHMAN, 2014).

As embalagens biopoliméricas são filmes biopoliméricos que são produzidos a partir de biomateriais, que também são chamados de bioplásticos. Atualmente, existe uma grande demanda e crescente por embalagens feitas de bioplásticos. Em adição, as matrizes poliméricas biodegradáveis e de base biológica serão de alto valor agregado versus aos polímeros de base petroquímica, dos biomateriais disponíveis destacam-se a gelatina e a carragenana (UNI EN ISO 13432).

A gelatina é uma proteína obtida através da hidrólise ácida ou alcalina do colágeno, isolado a partir de pele, ossos ou tecido conjuntivo de animais. É facilmente solúvel em água sob temperatura média de 40°C e vem sendo amplamente explorada em estudos que envolvem a produção de filmes biodegradáveis e/ ou comestíveis (VERCELHEZE *et al.*, 2019).

A espécie *Kappaphycus alvarezii* é uma macroalga marinha do Filo Rhodophyta, utilizada para a extração da carreganana. A carragenana é um hidrocoloide de aplicação industrial, além de rica em biocompostos de interesse biotecnológico (GALDINO *et al.*, 2021).

Embalagens ativas podem ser produzidas no formato de filmes, que são caracterizados por serem finos, não tóxicos e não poluentes. Os filmes são elaborados a partir de uma matriz polimérica, um solvente, um agente plastificante e aditivos quando desejado, para obtenção de

propriedades mecânicas melhoradas ou com efeito ativo (BATISTA, 2004). Os plastificantes reduzem as interações entre as moléculas adjacentes, aumentando a flexibilidade do filme (COUPLAND *et al.*, 2000). Para utilização de um plastificante é de extrema importância, que este seja adequadamente compatível com o polímero utilizado e escolha da proporcionalidade entre os componentes a fim de obter a composição final para uma determinada aplicação com as propriedades desejadas (MADALENO *et al.*, 2009). As embalagens ativas com efeito antioxidante são de grande importância para indústria devido à oxidação ser uma das reações de degradação mais frequente nos produtos (NERÍN *et al.*, 2008).

Segundo López-de-Dicastillo *et al.* (2012), a adição de compostos bioativos que possuam função antioxidante e antimicrobianas em embalagens, podem promover o aumento da vida útil dos produtos. Extratos de folhas e de frutos, que são de origem vegetal e que têm por propriedades serem voláteis e orgânicos são exemplos de compostos bioativos naturais (GÓMEZ-ESTACA *et al.*, 2007). Alguns extratos de folhas apontam boa função antimicrobiana e/ou antifúngica (NORAJIT; KIM; RYU, 2010).

Os extratos das folhas da oliveira possuem capacidade antioxidante e poder de bloquear radicais livres (EL; KARAKAYA, 2009) e são nas folhas que existem compostos fenólicos de maior concentração, quando comparando com as restantes partes da árvore (DE BOCK *et al.*, 2013).

Reflexo de todo o exposto é a crescente implementação de rótulos ambientais por empresas que preocupadas com sua imagem e com a sustentabilidade buscam por alternativas de embalagens ambientalmente amigáveis, e que tragam algum benefício adicional. A rotulagem ambiental baseia-se em informações cedidas nos rótulos de embalagens para que os consumidores possam escolher por adquirir produtos de menor impacto ambiental em relação aos produtos concorrentes disponíveis no mercado. A rotulagem ambiental é, ao mesmo tempo, um instrumento de comunicação e também econômico, em vista que busca disseminar informações que alterem positivamente os padrões de produção e de consumo, elevando a consciência dos consumidores e produtores para o dever de usar os recursos naturais de forma mais responsável. Os programas de rotulagem devem ajudar os consumidores a fazer escolhas com melhores informações sobre o impacto ambiental dos produtos adquiridos (IPEA, 2011).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Desenvolver filmes biopoliméricos à base de carragenana e gelatina com extrato de folha de oliveira para aplicação como embalagem para cosméticos.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Elaborar filmes biopoliméricos à base de carragenana e gelatina;
- Obter e caracterizar o extrato da folha de oliveira;
- Elaborar filmes biopoliméricos à base de carragenana e gelatina com adição de extrato de folha de oliveira;
- Caracterizar os filmes quanto às propriedades mecânicas, de barreira e espessura.
- Aplicar os filmes como embalagens para produtos cosméticos

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Embalagens para cosméticos

Segundo a World Packing Organization, embalagens possuem uma valiosa importância à sustentabilidade e têm como função primária proteger o produto embalado (WORLD PACKING ORGANIZATION, 2022). As embalagens têm grande importância em função das suas diversas utilidades. Prezando pela qualidade e segurança elas têm a função de conter, conservar e proteger além de atuar como bloqueio a alterações químicas, físicas e de micro-organismos (JORGE, 2013). Grande parte dos materiais para embalagens é constituída de plásticos, sobretudo, embalagens para cosméticos. Os plásticos são polímeros formados através da união de moléculas simples, nomeados monômeros, os tipos mais comuns são o polietileno, de alta e baixa densidade, polipropileno e poliestireno (WARING; HARRIS; MITCHELL, 2018). Eles são amplamente utilizados em produtos cosméticos devido às suas propriedades desejáveis tais como translucidez, brandura, capacidade de selagem a quente e boa relação de resistência pelo peso do material.

Os produtos cosméticos são de alto valor agregado, porém são materiais facilmente alteráveis. Sendo assim, é importante considerar que a preservação de um produto embalado depende dos atributos dos materiais de embalagem e dos requisitos de logística do produto (Said *et al.*, 2014). Entre os tipos de polímeros de base petroquímica mais comum que são usados no setor de embalagens de cosméticos tem-se: o polietileno (PE), polipropileno (PP), etileno álcool vinílico (EVOH), politereftalato de etileno (PET), poliestireno (PS), poliestireno expandido (EPS), poliamidas (PA), poliuretano (PU) e policloreto de vinila (PVC), que apresentam excelentes propriedades físicas e mecânicas, fácil obtenção e baixo custo (MUTHURAJ; MISRA; MOHANTY, 2018). Esses materiais atuam também como barreiras para oxigênio, dióxido de carbono, anidrido e compostos aromáticos.

Porém, apesar de muitas vantagens os plásticos sintéticos representam uma ameaça ao meio ambiente devido sua persistência no meio, por isso, nos últimos anos se intensificaram as buscas por fontes alternativas de base biológica, biodegradáveis, recicláveis, assim como também bioplásticos com funcionalidades para aplicações específicas (BRITO, 2011). No setor de embalagem para área de cosméticos já se tem a utilização de materiais biodegradáveis como ácido poli láctico (PLA), bio-PE, ou bio-PET que são materiais renováveis que são mais utilizados e dessas aplicações incluem filmes e embalagens (AURAS; HARTE; SELKE, 2004).

Para embalagens de cosméticos são necessários requisitos especiais devido à instabilidade dos produtos cosméticos, assim como comparado com alimentos. Isto faz com que o mercado e a área de cosméticos específicos, nos últimos anos, analisem o uso de biopolímeros para trocar ou reduzir o uso dos polímeros sintéticos na produção de embalagens. A grande vantagem dos biopolímeros ou polímeros naturais como também são nomeados, é de serem biodegradáveis (PARK *et al.*, 2012; NISA *et al.*, 2015).

### 3.2 Embalagens biopoliméricas

Embalagens biopoliméricas são bioplásticos, biofilmes ou ainda filmes, que são polímeros de origem natural, formados basicamente por materiais de origem vegetal ou animal. Os materiais poliméricos são sólidos, não metálicos, de grande peso molecular. Eles apresentam macromoléculas repetidas e têm propriedades variadas dependendo da sua formulação. A palavra biopolímero (ou bioplástico) tem frequentemente sido utilizada em estudos para determinar os polímeros confeccionados em condições naturais a partir de matérias-primas de fontes renováveis entre alguns estão o milho, cana-de-açúcar, celulose e a quitina (JANSSEN; MOSCICKI, 2010)

Os biopolímeros têm uso frequente na fabricação de embalagens. Apesar de sua utilização nas embalagens, ainda apresentam limitações no processamento com as tecnologias habituais e apresentam desempenhos inferiores no quesito de propriedades funcionais e estruturais quando comparado com os polímeros comuns devido aos altos custos de produção além das limitações no processamento de forma contínua (AVÉROUS; POLLET, 2012). A Tabela 1 mostra alguns polímeros naturais e sintéticos.

Tabela 1 - Polímeros naturais e polímeros sintéticos.

Polímeros naturais	Polímeros sintéticos
Polissacarídeos	Poliestireno
Celulose	Poliacrilato
Dextrana	Polimetacrilato
Carragenana	Poliacrilamida
Amido	Metacrilato de hidroxialquil
Proteínas	Polimero de vinil
Colágeno	Polimero de anidrido maleico
Gelatina	Polietileno glicol

Os biopolímeros são materiais provenientes de fontes renováveis e são divididos em três classes de acordo com sua origem e produção:

- 1) Polímeros extraídos diretamente da biomassa e proteínas. Ex: Polissacarídeos – amido, quitina/quitosana, celulose, dextrana, carregenana, etc. Proteínas – colágeno/gelatina, caseína, seda, etc.
- 2) Polímeros produzidos por síntese química utilizando monômeros de fonte renovável. Ex: ácido poli lático (PLA).
- 3) Polímeros produzidos por microrganismos ou bactérias modificadas geneticamente. Ex: (polihidroxialcanoatos – PHAs, polihidroxibutirato – PHB, etc.) (WEBER, 2000).

A classificação de um material como bioplástico é dada se ele for de base biológica, biodegradável ou ambos. Em adição, existe também uma definição de bioplástico como polímeros que podem ser decompostos em dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), água (H<sub>2</sub>O) e compostos inorgânicos ou de biomassa, principalmente através dos efeitos enzimáticos dos microrganismos (JABEEN; MAJID; NAYIK, 2015).

Os polímeros biodegradáveis são aqueles em que a sua degradação ocorre da ação de microrganismos de forma natural, como bactérias, fungos e algas, tendo a capacidade de ser consumido em semanas ou meses dependendo das condições ambientais que favoreçam a biodegradação (MOHANTY *et al.*, 2005).

Polímeros que antes eram sintetizados a partir de matéria-prima de fontes fósseis, mas conforme os avanços tecnológicos passaram também a ser sintetizados a partir de matéria-prima de fontes renováveis têm sido nomeados polímeros verdes. O polietileno verde (PE verde) e o policloreto de vinila verde (PVC verde) são polímeros que são sintetizados a partir de fontes renováveis, porém mantêm as mesmas propriedades dos polímeros obtido de fontes fósseis, não são biodegradáveis, porém recicláveis (BRITO *et al.*, 2010).

A grande vantagem das embalagens biopoliméricas são pelo fato das mesmas serem provenientes de fonte renovável, indo de encontro ao conceito de sustentabilidade (COLTRO; SARANTÓPOULOS; JESUS, 2005). Outro benefício das embalagens biopoliméricas está associado com a capacidade de realizar adição de extratos naturais em sua formulação, que podem ter função antimicrobiana e antioxidante (AMARAL; SOLVA; LANNES, 2018). Com essa finalidade tem-se analisado formulações de biopolímeros na produção de filmes, de maneira que as características finais são melhoradas, apresentando uma grande série de estruturas com diferentes propriedades, tendo capacidade de guiar as propriedades para a aplicação desejada (JIMÉNEZ-ROSADO *et al.*, 2019).

Nessa concepção, a formulação de um bioplástico à base de ingredientes naturais é uma alternativa possível para produção de embalagens e o uso de gelatina/carragenana pode ser inovador para formulação de um filme biopolimérico. Porém, é necessário o uso de aditivos, que permitem mobilidade molecular e flexibilidade dos filmes em consequência da interação com as cadeias moleculares. O glicerol é um dos plastificantes mais aplicados na fabricação de filmes biodegradáveis (GARCÍA; MARTINO; ZARITZKY, 2000). Os plastificantes em sua grande maioria são poliálcoois de baixa massa molecular e sua utilidade se dá pela redução das forças intermoleculares polímero-polímero e facilitar um afastamento entre as cadeias, viabilizando que a rede polimérica tenha maior flexibilidade (RODRÍGUEZ-NÚÑEZ et al., 2013). Dentre os biopolímeros que vêm sendo utilizados para produção de embalagens biopoliméricas destacam-se a gelatina e a carragenana.

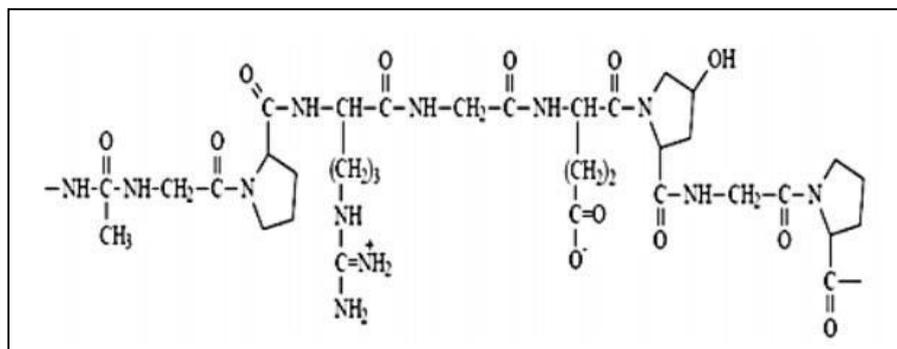
### **3.2.1 Gelatina**

A gelatina é uma proteína de procedência animal, oriunda do colágeno e apresenta a característica de gerar géis termo reversíveis, após aquecimento, solubilização e resfriamento. A estrutura de formação abrange interligações iônicas entre grupos amino e carboxil dos aminoácidos com auxílio de pontes de hidrogênio (KESTER; FENNEMA, 1989).

A gelatina é um hidrocolóide com diversas aplicabilidades, que tem a capacidade de se dissolver em água em temperatura média de 40°C (VERCELHEZE et al., 2019)

Ela tem sido estudada como um dos biopolímeros mais utilizados na elaboração de filmes maleáveis, contudo precisa da adição de aditivos, em vista que os filmes produzidos de proteínas são muito sensíveis as variações das condições ambientais. Filmes produzidos à base de polissacarídeos ou proteína, têm ótimas propriedades mecânicas e ópticas, mas tem sensibilidade à umidade e apresentam um coeficiente de permeabilidade ao vapor alto (MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010). Na Figura 1 apresenta a estrutura do polímero de gelatina.

Figura 1 - Estrutura do polímero da gelatina



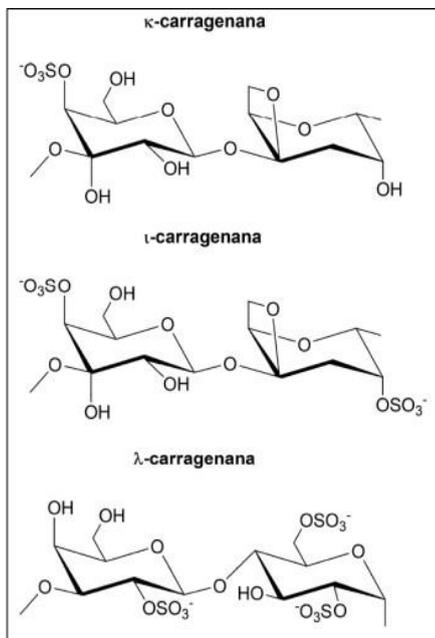
Fonte: (NUR HANANI; ROOS; KERRY, 2014)

Na produção dos polímeros biodegradáveis de colágeno, as proteínas são empregadas na forma natural em processos termoplásticos. No procedimento, há a mistura do polímero associado a plastificantes, com objetivo de melhorar algumas propriedades (VROMAN; TIGHZERT, 2009). O polímero à base de gelatina é categorizado como biodegradável, de fonte natural e proveniente do colágeno (MA *et al.*, 2012).

### 3.2.2 Carragenana

Carragenana é a designação dada à família dos polissacarídeos extraídos das algas vermelhas. Ficocolóides são substâncias complexas biopoliméricas no qual as carragenanas fazem parte, assim como o ágar e o alginato. É um dos hidrocolóides (gomos que se dissolvem em água) mais importantes na indústria alimentar, ficando atrás somente da gelatina e do amido (PEREIRA *et al.*, 2003; WEBBER *et al.*, 2012). São polímeros sulfatados de grande massa molecular e alto grau de polidispersividade que apresentam duas propriedades principais: são formadas a partir de um monômero, a galactose e contém grande proporção de ésteres sulfato (O-SO<sub>3</sub><sup>-</sup>) na sua composição. Sua classificação varia de acordo com a presença de ligações 3,6-anidro ligadas ao resíduo de galactose e com a posição e número de grupos sulfatos. Geralmente são divididas em três categorias conhecidas como Kappa-carragenana, Iota-carragenana e Lambda-carragenana, que foram categorizadas por suas estruturas primárias (CAMPO *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2009; WEBBER *et al.*, 2012). A Figura 2 abaixo apresenta as estruturas básicas das categorias citadas acima.

Figura 2 - Estruturas básicas das carragenanas



Fonte: Pereira *et al.*, 2009

Dentre as mais variadas espécies de algas, as mais importantes envolvem as carragenófitas, que são as algas que oferecem as carragenanas (PEREIRA, 2004). A principal propriedade dessa alga é que apresenta o pigmento ficoeritrina, encarregado pela cor com tonalidades do rosa-claro ao vermelho-escuro ((CARLUCCI *et al.*, 1997; PEREIRA, 2004)).

As algas têm sido alvos de estudos inovadores a fim de descobrir novos usos e potenciais aplicações no que se refere aos biopolímeros devido a ser fonte de materiais de alto valor agregado (PEREIRA *et al.*, 2009; WEBBER *et al.*, 2012).

### 3.3 Embalagens ativas para cosméticos

De acordo com Associação Brasileira de Embalagens (ABRE), existem vários tipos de embalagens com diferentes funções, de acordo com o que é desejado no produto final. (ABRE, 2020). Porém, alternativas inovadoras sustentáveis estão sendo introduzidas em substituição às embalagens tradicionais utilizadas. Destacam-se o uso de embalagens ativas, as quais apresentam funções adicionais. Suas funções adicionais são separadas em absorção e liberação de compostos. Os absorvedores removem compostos indesejáveis responsáveis pela degradação do produto enquanto os emissores liberam compostos que possam prolongar a vida útil do produto, seja agentes antioxidantes ou antimicrobianos (AHVENAINEN, 2003). As naturezas dos agentes ativos de interesse são variadas, como extrato de plantas naturais,

compostos aromáticos, bactericidas, antioxidantes (GAVARA *et al.*, 2013). Essas funções adicionais podem ser conseguidas a partir de incorporação de extratos naturais na formulação das embalagens.

Como polímeros de base biológica e biodegradáveis, os polihidroxialcanoatos (PHB) e polilactídeos (PLA) são os principais candidatos a substituir materiais poliméricos especialmente na indústria de embalagens (SIRACUSA *et al.*, 2020). Porém existem estudos que apresentam a possibilidade de utilização de gelatina/carragenana para produção de filmes com aplicação para embalagem ativa, por exemplo, os pontos de carbono derivados do cogumelo Enoki adicionados aos filmes de gelatina/carragenana exibiram forte atividade antioxidante conforme determinado pelos métodos DPPH, os filmes com propriedades físicas e funcionais melhoradas podem ser usados em aplicações de embalagens ativas (ROY; EZATI; RHIM, 2021). Segundo estudo de Syarifuddin *et al.* (2020) confirmaram que diferentes proporções de  $\kappa$ -carragenana/gelatina com óleo de canola podem ser usadas para moldar filmes emulsionados com propriedades de barreira melhoradas com aplicabilidade de embalagem ativa. Em adição, no estudo de LIU *et al.* (2019) foram desenvolvidos filmes antioxidantes e sensíveis ao pH à base de  $\kappa$ -carragenana incorporando diferentes quantidades de extrato polifenólico de amoreira, os resultados do estudo sugeriram que filmes de  $\kappa$ -carragenana-extrato polifenólico de amoreira podem ser usados como novos materiais ativos e inteligentes para embalagens.

### 3.3.1 Utilização de extratos naturais em embalagens

A Organização Mundial da Saúde refere que 65 a 80 % da população mundial procuram nas plantas fins medicinais (CALIXTO, 2000). Em vista que a biodiversidade brasileira não é absolutamente explorada, milhões de diferentes espécies de vegetais, microrganismos ou animais podem ser estudados (FRANKE *et al.*, 2005).

Nesse contexto, admite-se crescente proveito da procura por cosméticos planejados a partir de ingredientes de origem natural e sustentável, que possam substituir ingredientes sintéticos (IHA *et al.*, 2008).

Sabe-se que as plantas são capazes de produzir compostos antioxidantes naturais que têm a capacidade de controlar a oxidação. As formulações de cosméticos na maior parte contêm combinações de inúmeros extratos de plantas, como, chá verde, alecrim, semente de uva, mirtilo, tomate e casca de pinheiro. Os extratos citados acima apresentam antioxidantes

naturais, ou seja, estilbenos, flavonoides, poli fenóis e terpenos (KUSUMAWATI; INDRAYANTO, 2013).

A adição de extratos nos filmes biopoliméricos para embalagens tem como resultado mudanças nas propriedades físico-químicas, mecânicas, de barreira, antioxidantes e antimicrobianas. Com esse fundamento tem sido utilizada em amplas funções, em vista que os compostos não atuam somente como inibidores antimicrobianos e antioxidantes, mas como também melhorando as propriedades das embalagens no geral (MIR et al., 2018). As pesquisas nessa área são crescentes. A Tabela 2 faz uma compilação de pesquisas em filmes biodegradáveis com a utilização de biopolímeros e extratos naturais.

Tabela 2 - Componentes de formulação de filmes biodegradáveis.

Biopolímero	Extrato natural	Aplicação	Referência
Carragenana	Extrato de folha de Oliveira	Embalagem de carne de cordeiro	Martiny <i>et al.</i> (2020)
Ágar-Ágar/ Qitosana	Bacteriocina	Embalagem Ativa Antimicrobiana	Contessa (2021)
Carragenana	Extrato da Casca de Jaboticaba	Embalagem Ativa Antioxidante/Antimicrobiana	Ávila <i>et al.</i> (2020)
Carragenana	Extrato do bagaço de oliva	Embalagem Ativa Antioxidante	Pereira (2019)

Fonte: Autor (2022)

De acordo com a Tabela 2, as formulações das embalagens ativas foram utilizadas aditivos naturais evidenciando a busca por alternativas aos polímeros sintéticos juntamente com a mudança no estilo de consumo dos consumidores em que buscam produtos menos danosos ao

meio ambiente. Estão sendo realizados estudos sobre os diversos tipos de extratos naturais existentes, utilizados nas formulações dos filmes biopoliméricos e suas possíveis aplicações como embalagem para cosmético.

### 3.3.2 Extrato da folha de oliveira

A *Olea europaea* L, mundialmente conhecida como Oliveira é uma planta arbórea responsável pela produção das azeitonas e também utilizada na produção de azeite (COUTINHO *et al.*, 2009).

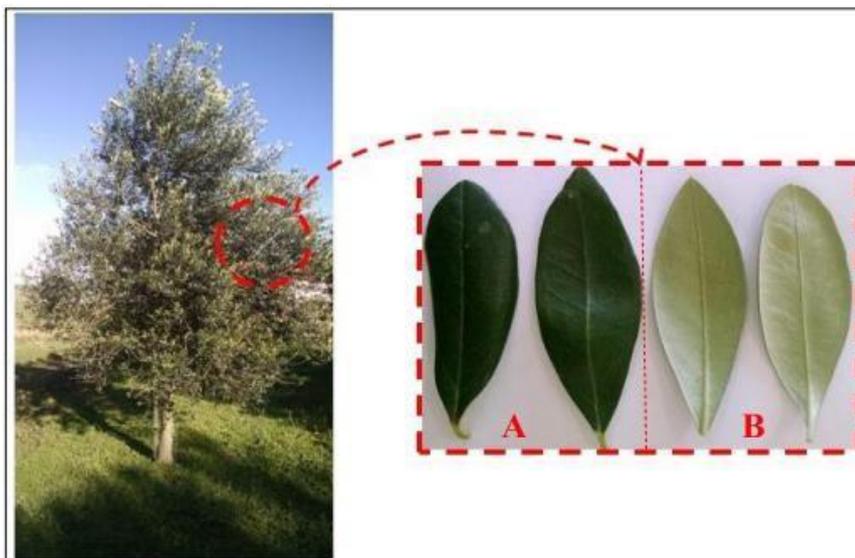
O Brasil aparece entre os maiores países importadores de azeitonas e azeite, sendo o quinto no quesito de consumo de azeite (WREGGE *et al.*, 2015). O cultivo de oliveiras no país é rudimentar, mas ao decorrer dos anos de análises laboratoriais em que confirmaram que o azeite produzido no país não é inferior em qualidade aos produzidos no exterior, motivando o plantio e produção no país no quais se destacam os estados das regiões Sul e Sudeste. No Rio Grande do Sul a produção comercial está localizada principalmente nas cidades de Bagé, Cachoeira do Sul, Caçapava do Sul, Dom Pedrito, Encruzilhada do Sul, Rio Grande, Santana do Livramento e Vacaria (COUTINHO *et al.*, 2009).

O aumento da procura em agregar valor aos resíduos e subprodutos do processamento de azeite motivou a indústria de alimentos a buscar alternativas inovadoras. Durante a produção do azeite, vários resíduos e subprodutos são produzidos. Entre os que se destacam pelo interesse nutricional e tecnológico estão o bagaço de azeitona, as águas residuais, as folhas de oliveira e a semente, que podem agregar valor na composição de novos produtos (NUNES *et al.*, 2016; RODRIGUES; PIMENTEL; OLIVEIRA, 2015).

Devido aos benefícios em relação à saúde que são constantemente divulgados em dados científicos, a folha de oliveira estimula o interesse das instituições acadêmicas e das indústrias no mundo (RODRIGUES; PIMENTEL; OLIVEIRA, 2015).

As folhas na fase adulta são compridas e finas, no formato elíptico, elíptico lanceolado e lanceolado. Tem comprimento entre 5 a 7 cm e largura entre 1 a 1,5 cm e de cor verde escura na região central e verde acinzentado na região dorsal. A Figura 3 ilustra a oliveira e suas folhas.

Figura 3 - A planta de oliveira e suas folhas



(A) Região ventral da folha. (B) Região dorsal da folha

Fonte: MARTINY, 2021.

As folhas são um subproduto gerado em grande volume no cultivo de oliveiras. Cada árvore de oliveira produz aproximadamente 25 kg de folhas e ramos que são descartados durante a poda da árvore e na produção do azeite quando as folhas são separadas por uma máquina sopradora. Com isso, tem-se interesse na valorização e aproveitamento deste subproduto devido ao seu acúmulo e baixo custo (EL; KARAKAYA, 2009; ROMERO-GARCÍA *et al.*, 2014; ROMERO *et al.*, 2018).

Diversas pesquisas mostraram a grande variedade de fenóis presentes nas folhas de oliveira (EL; KIRITSAKIS *et al.*, 2017; RODRIGUES; PIMENTEL; OLIVEIRA, 2015; SAHIN; BILGIN, 2018). O fenol presente em maior proporção é a oleuropéina (GIKAS; BAZOTI; TSARBOPOULOS, 2007). Muitas pesquisas têm apresentado a atividade antimicrobiana de compostos fenólicos, apresentando assim suas potenciais aplicações como alternativa aos conservantes químicos (NUNES *et al.*, 2016; SAHIN; BILGIN, 2018). Segundo De Castro e Capote (2010) e Japón-Luján; Luque-Rodríguez; Castro (2006), as folhas apresentam a maior concentração de compostos a serem extraídos com potencial bioativo.

Pereira *et al.* (2006) evidenciaram que os extratos de azeitonas coibiram o desenvolvimento das bactérias *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Klebsiella pneumoniae* enquanto Sudjana *et al.* (2009) analisaram o potencial de inibição do extrato de folhas de oliveira para *Salmonella enterica*, *Escherichia coli* e *Listeria Monocytogenes*.

Ferreira *et al.* (2021) verificaram que os extratos de folha de oliveira tiveram grande potencial como ingrediente anti-envelhecimento e como conservante cosmético. Al-Rimawi *et al.* (2014) utilizou extrato da folha de oliveira em formulações de creme hidratante, creme anti-envelhecimento e xampu em três concentrações (0.1%, 0.4% e 1.0% m/m).

Diante de todo o exposto fica evidente a crescente demanda por embalagens biopoliméricas ativas que possam atender as demandas e as expectativas dos consumidores, sobretudo por modelo de consumo mais consciente e sustentável. Assim, as empresas e o mercado de embalagens atentas a esse novo perfil comportamental de consumo que se importa com as questões ambientais vem desenvolvendo rótulos que atestem seu compromisso com o meio ambiente, a chamada rotulagem ambiental.

### 3.4 Rotulagem Ambiental

A rotulagem ambiental iniciou-se na década 1970 e o primeiro rótulo ambiental criado foi na Alemanha, em 1977, chamado *Der Blaue Engel* o Anjo Azul. Desde então, evoluiu rapidamente em diversos mercados, tanto em países desenvolvidos quanto nos países em desenvolvimento (BRASIL, 2002).

Sendo assim, ao introduzir um projeto de rotulagem ambiental, a companhia acredita que uma fração do mercado consumista pagará os elevados custos da produção necessários para alcançar os padrões ambientais. No curto prazo é esperado que a rotulagem ambiental auxilie para a contenção das vendas de produtos que poluem em prol daqueles com menor impacto ambiental. No longo prazo, espera-se o estímulo dos produtores no sentido a novas tecnologias menos impactantes ao ambiente (BLEDA; VALENTE, 2009).

Regularmente, rotulagem e certificação também são utilizadas como expressões com sentido aproximado, porém a rotulagem ambiental (*eco-labelling*) em geral refere-se às propriedades do produto e dirige-se aos consumidores, enquanto a certificação ambiental (*eco-certification*) está ligada aos métodos e processos de produção, sendo voltada, em especial, para as indústrias que utilizam os recursos, visando comprovar um ou mais atributos do processo de produção (MOURA; MOTA, 2011).

Os rótulos e declarações ambientais são alguns dos utensílios do gerenciamento ambiental, que são pauta da ISO 14000, são fornecidas informações em relação a um produto ou serviço em relação de suas propriedades ambientais gerais, ou de tópicos característicos. Clientes e possíveis consumidores conseguem utilizar essas referências para selecionar os produtos e serviços desejados baseados nas questões ambientais. O provedor da mercadoria ou

serviço tem a expectativa que a rotulagem ou as declarações ambientais induzam a escolha de aquisição do produto ou serviço em seu benefício. Se a rotulagem e a declaração ambiental obtiverem resultado positivo, a atuação do mercado do produto ou serviço pode crescer e demais fornecedores podem lidar, aprimorando as questões ambientais de seus produtos ou serviços, tornando-os aptos a utilização de rótulos ou realizar declarações ambientais, convertendo-se em menor impacto ambiental desempenhado pela classe do produto ou serviço fornecido (NBR ISO 14020, 2002).

O mecanismo de rotulagem ambiental fundamenta-se em dados fornecidos nos rótulos de embalagens para que os compradores consigam escolher produtos com menor impacto ambiental no que se refere aos produtos concorrentes à disposição no mercado. Outros símbolos também são utilizados para mostrar elementos sobre características ambientais gravadas nos rótulos de produtos, por exemplo, selo verde ou ecológico, rótulo ecológico, eco rótulo, eco selo, etiqueta ecológica e declaração ambiental (MOURA; MOTA, 2011). A Tabela 3 mostra um rol de exemplificativo da rotulagem ambiental.

Tabela 3 - Rotulagem ambiental nos países com o nome e ano do programa.

(continua)			
Rotulagem Ambiental	Países	Nome do Programa	Ano
	Alemanha	Der Blaue Engel	1977
	Canadá	Environmental Choice Program	1988
	Noruega Suécia Finlândia Dinamarca	O Cisne Nórdico	1988

---

	Estados Unidos	Green Seal	1989
	Japão	Eco-Mark	1989
	França	NF Environnement	1991
	Índia	GreenPro	1991
	Rússia	The Vitality Leaf	1991
	União Europeia	Flower	1992
	Brasil	Beija-Flor	1993
	China	China Environmental Labelling	1993

---



Israel

Israeli Green  
Label

1993



Austrália

Good  
Environmental  
Choice Australia

2000



Brasil

Selo Ecológico  
Falcão Bauer

2007

---

Fonte: Autor (2022).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) analisa matérias-primas atuais que poderão ser utilizadas em embalagens ou ingredientes alimentícios. Bioplásticos ou biopolímeros como são abordados pelos pesquisadores, são capazes de serem utilizados em embalagens biodegradáveis (OTONI *et al.*, 2018).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Matéria-prima

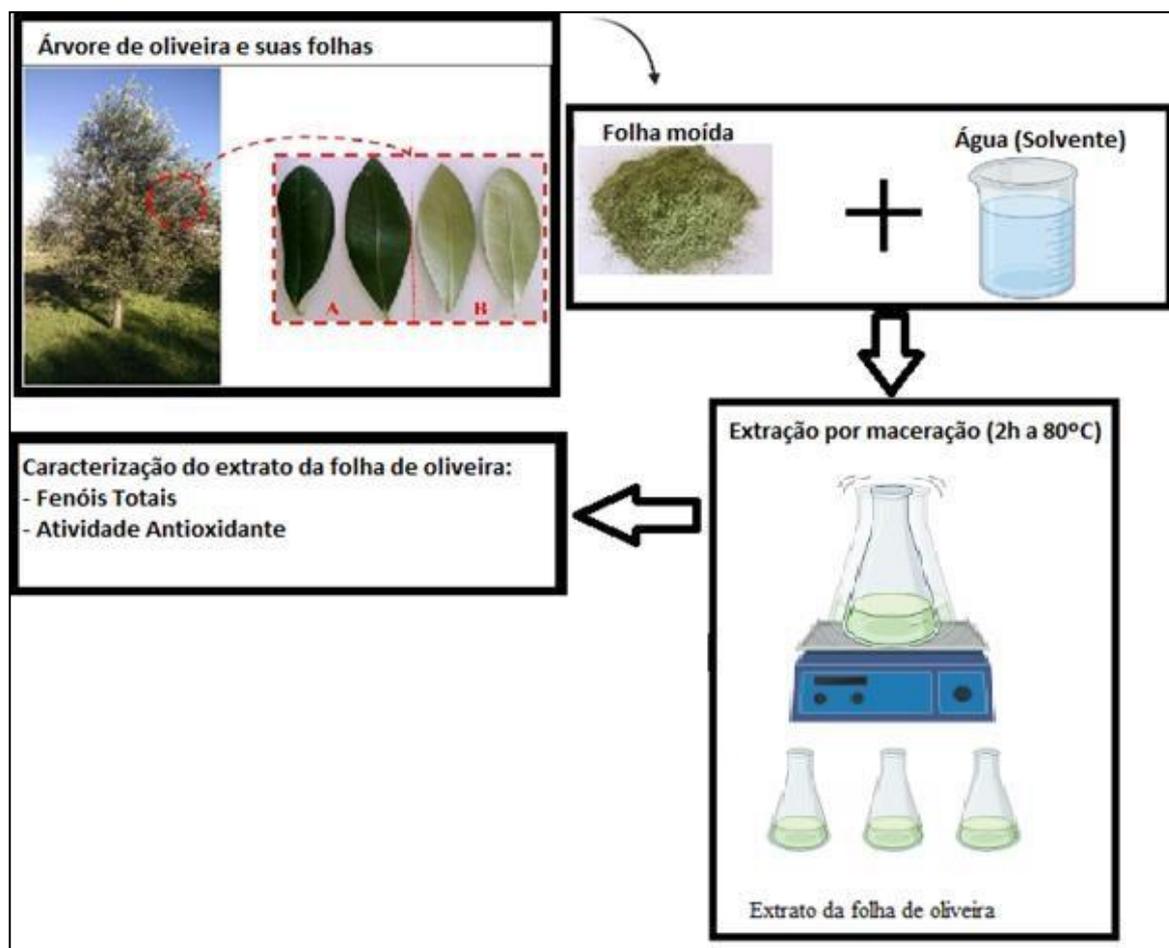
A carragenana utilizada foi do tipo K-carragenana adquirida da Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA), o plastificante utilizado foi o glicerol obtido na Mistura da Terra (Bagé, RS, Brasil), a gelatina utilizada foi incolor (marca Dr. Oetker), os seguintes reagentes de padrão analítico utilizados foram: reagente fenol de Folin Ciocalteu, 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), metanol, carbonato de sódio anidro, ácido gálico adquiridos da Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA).

As folhas de oliveira foram coletadas da Estância Guarda Velha – Azeite Batalha, localizada no município de Pinheiro Machado, Rio Grande do Sul, Brasil (31°30'04.0"S, 53°30'42.0"W).

### 4.2 Extração e caracterização do extrato

A obtenção do extrato da folha de oliveira foi realizada, baseado em Martiny *et al.* (2020). Inicialmente as folhas de oliveira foram lavadas com água destilada estéril e solução 2% de hipoclorito de sódio, após passaram por um processo de secagem a 40°C por 24 h para em sequência serem moídas e com auxílio de moinho analítico, com a granulometria padronizada por meio de peneira (60 *mesh*). A Figura 4 apresenta a extração e caracterização do extrato e sua utilização em filmes biopoliméricos.

Figura 4 - Extração, caracterização e utilização do extrato em filmes biopoliméricos



Fonte: Adaptado de Martiny *et al.* (2020)

A extração foi realizada pelo processo de maceração, as amostras foram misturadas com água e agitadas em banho metabólito por 2 h a 80°C. Após, o extrato foi filtrado e caracterizado em relação aos fenóis totais e a atividade antioxidante.

Os fenóis totais foram determinados através do método de análise de Singleton e Rossi (1965). As análises foram realizadas em triplicatas. Foi utilizado 0,5 mL do extrato, 10 mL de água, 1 mL do reagente Folin-Ciocalteu e 8 mL de carbonato de cálcio de sódio 20%. A solução ficou em ambiente sem iluminação para que ocorresse a reação durante o tempo de 2 h e posteriormente fosse feita a leitura de absorbância das amostras em espectrofotômetro no comprimento de onda 765 nm. A análise foi realizada em triplicata. O resultado foi expresso em mg de ácido gálico por grama de amostra seca, utilizando ácido gálico em diferentes concentrações (50 a 1000 mg/L) para construção da curva de calibração.

A atividade antioxidante foi determinada pelo método de Brand-Williams *et al.* (1995) adaptado. A solução DPPH foi preparada dissolvendo o DPPH em metanol. Foi misturado 0,2

mL de extrato com 7,8 mL de solução DPPH ( $6 \times 10^{-5}$  M), a mistura permaneceu em repouso durante 30 minutos em ambiente sem luz. Foram feitas amostras controle com a utilização de água. As absorbâncias das amostras de controle e de extrato foram medidas utilizando um espectrofotômetro no comprimento de onda 517 nm. A atividade antioxidante foi quantificada através do percentual de radicais consumidos, conforme a Equação 1. A análise foi realizada em triplicata.

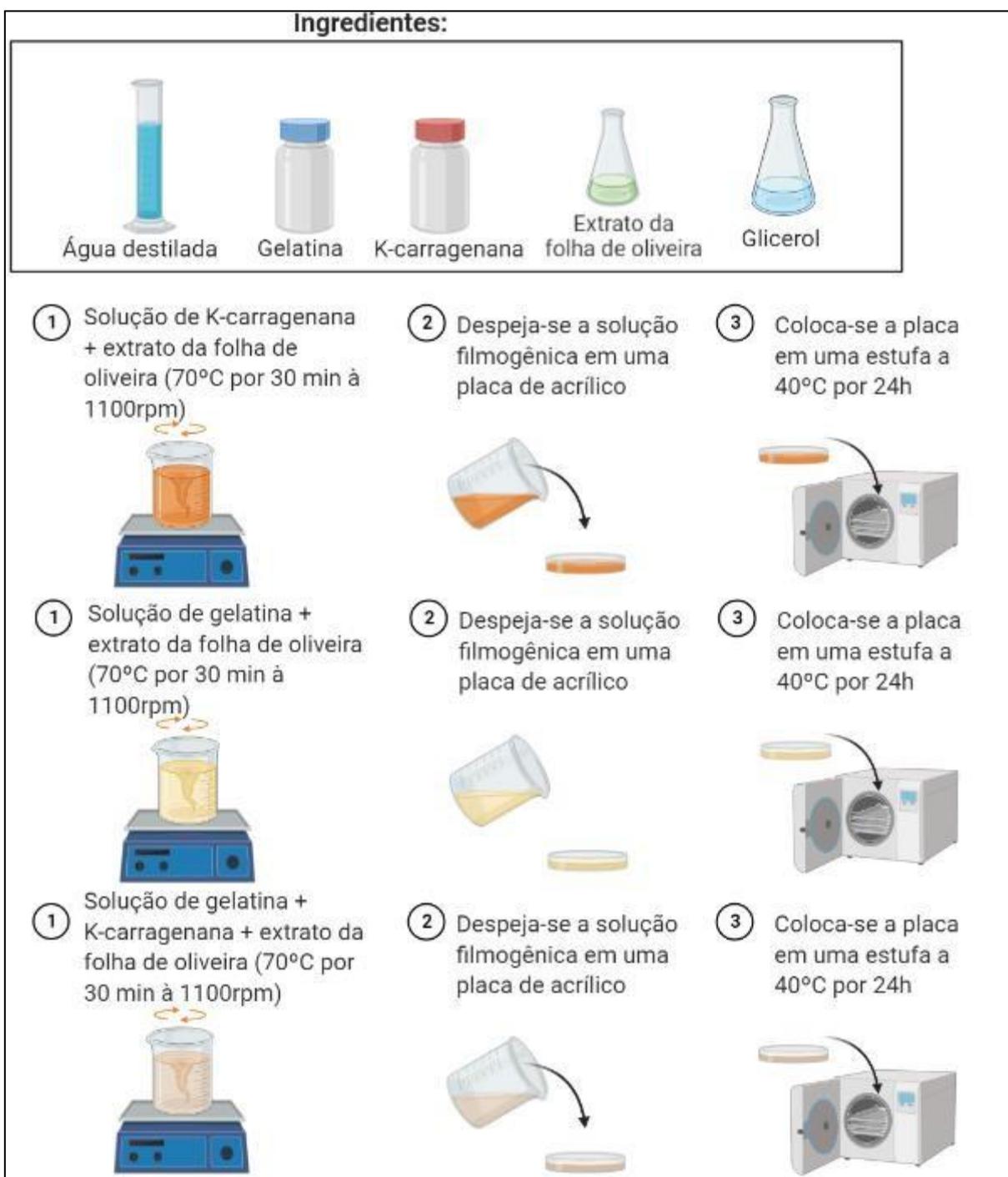
$$A. \textit{antiox} = \left( \frac{AC - AOLE}{AC} \right) \times 100\% \quad (1)$$

em que A.antiox é a atividade antioxidante expressa em porcentagem (%), AC é a absorbância da amostra controle, que era água, e AOLE é a absorbância das amostras com extrato de folha de oliveira.

### 4.3 Produção dos filmes biopoliméricos

Os filmes biopoliméricos foram formulados de acordo com a técnica de *casting* de Rosa *et al.* (2019). Primeiramente, foi produzida uma solução filmogênica com a utilização de carragenana/gelatina, glicerol, água destilada e com e sem adição de extrato de folha de oliveira. A carragenana/gelatina desempenharam a sua função como matrizes poliméricas, o glicerol como plastificante, a água destilada como solvente e o extrato de folha de oliveira como aditivo. Foram realizados testes preliminares para definir as proporções dos reagentes na formulação da solução filmogênica. A solução foi aquecida por 30 min em uma chapa de aquecimento com um agitador magnético na temperatura de 70°C e a 1100 rpm. Após o preparo da solução, ela foi colocada em uma placa de acrílico e levada para a estufa na temperatura de 40°C por 24 h. Após 24 h foram retiradas das placas, para caracterização dos filmes biopoliméricos. Cada formulação foi produzida em duplicata. A Figura 5 apresenta a produção dos filmes biopoliméricos.

Figura 5 - Produção dos filmes biopoliméricos



Fonte: Adaptado de Rosa *et al.* (2019)

#### 4.4 Caracterização dos filmes biopoliméricos

Com a obtenção dos filmes biopoliméricos foram realizadas análises para determinar: espessura, permeabilidade ao vapor (PVA), tensão e alongação.

O teste de PVA foi realizado pelo método ASTM E 96/E 96M – 05, no qual uma fração do filme biopolimérico foi colocado de modo a cobrir um frasco de vidro preenchido em aproximadamente 1/3 do seu volume com cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ). Os frascos foram mantidos durante 10 dias em um dessecador contendo  $\text{H}_2\text{SO}_4$  para garantir umidade relativa de 50%. Houve um monitoramento do ganho de massa devido à absorção de umidade pelo cloreto de cálcio através do filme e a massa obtida no 10º dia foi utilizada para determinação da permeabilidade ao vapor, conforme Equação 2.

$$PVA = \frac{m_{ab} \cdot e}{t \cdot A \Delta P} \quad (2)$$

em que PVA é a permeabilidade ao vapor de água ( $\text{g} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ),  $m_{ab}$  é a umidade absorvida (g), t é o tempo (s), e é a espessura (m), A é a superfície exposta do filme ( $\text{m}^2$ ), e  $\Delta P$  a diferença de pressão (Pa).

A espessura do filme foi obtida a partir da média aritmética das medidas tomadas em 10 pontos aleatórios distribuídos no filme com o uso de um micrômetro digital (Thickness Gauge).

Para avaliar as propriedades mecânicas do filme foram realizados testes de resistência à tensão e alongamento no ponto de ruptura em um texturômetro (Stable Micro Systems SMD, modelo TA. TX) de acordo com metodologia padrão ASTM D882-09. A equação 3 e 4 descrevem a tensão máxima de tração na ruptura ( $\sigma$ ) e a porcentagem de alongação na ruptura (%E), respectivamente:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3)$$

em que  $\sigma$  é a tensão máxima de tração na ruptura (MPa), F é a força máxima no momento de ruptura do filme (N), A é a área de seção transversal do filme ( $\text{m}^2$ ).

$$\%E = \frac{d_r}{d_i} \cdot 100 \quad (4)$$

em que %E é a porcentagem de alongação na ruptura,  $d_r$  é a distância no momento da ruptura (cm), DI é a distância inicial de separação (cm).

#### **4.5 Aplicação dos filmes em cosméticos**

Foram realizados ensaios para verificar o potencial de aplicação do filme elaborado como embalagem ativa para sabonete líquido e sabonete sólido. O sabonete líquido utilizado foi do tipo incolor, sem aroma e viscoso. Já os sabonetes sólidos foram do tipo glicerinado neutro. Foram produzidas embalagens com os filmes biopoliméricos de 3 cm de largura e 5 cm de comprimento que tiveram suas extremidades seladas para a contenção do produto. As embalagens continham 3 g sabonete líquido ou sólido. A análise foi realizada em triplicata e os sistemas de embalagens foram monitorados visualmente por um período de 30 dias, onde foram avaliados principalmente a capacidade de contenção do produto e o aspecto visual.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Extrato da folha de oliveira

O extrato da folha de oliveira apresentou características bioativas. O resultado para compostos fenólicos totais foi  $81,11 \pm 0,97 \text{ mgGAE}\cdot\text{g}^{-1}$  (b.s.) e para a atividade antioxidante foi  $97,44 \pm 0,98 \%$ . Os resultados obtidos foram através do processo de maceração. Martiny (2021) encontrou os resultados para compostos fenólicos totais de  $57,28 \pm 0,95 \text{ mgGAE}\cdot\text{g}^{-1}$  (b.s.) e para a atividade antioxidante de  $67,25 \pm 0,03 \%$ . Os resultados dos compostos fenólicos totais encontrados no presente estudo foram excelentes quando comparados aos dados relatados na literatura. Abaza et al. (2011) também produziram extratos aquosos de folhas de oliveira por maceração em temperatura ambiente e encontraram  $16,52 \text{ mgGAE}\cdot\text{g}^{-1}$  (d.b). Ahmad-Qasem et al. (2013) estudaram a extração fenólica de folhas de oliveira utilizando a maceração e encontraram o valor de  $66 \text{ mgGAE}\cdot\text{g}^{-1}$  (d.b.) para os compostos fenólicos totais.

### 5.2 Caracterização dos filmes

A Figura 6 apresenta o aspecto visual dos 3 filmes formulados sem adição de extrato. Os testes preliminares foram realizados apenas com as formulações sem adição de extrato de folha de oliveira. Esses resultados estão indicados na Tabela 4 como filmes de K-carragenana, Gelatina e KCar/Gel-C. Esses filmes caracterizam-se por apresentarem aspecto uniforme, homogêneo, manuseáveis, sem fraturas, sem a presença de bolhas e facilmente retirados das placas de acrílico. O aspecto visual descrito das três formulações inicialmente preparadas pode ser visto na Figura 6. Aspecto semelhante foi obtido, para filmes somente de gelatina, por Sobral (1999), que também se mostraram manuseáveis, transparentes e visualmente homogêneos.

Os filmes foram elaborados e caracterizados com relação as suas propriedades físicas, de barreira e mecânicas. Os resultados estão apresentados na Tabela 4, incluindo os resultados encontrados na literatura para o filme convencional de PVC, que serviram como base para análise dos resultados do filme produzido.

As espessuras para as três formulações preliminares variaram de 0,02 mm a 0,041 mm sendo a menor, para o filme de k-carragenana. Já a tensão variou de 9,45 MPa a 67,22 Mpa, sendo a formulação de KCAR/GEL-C a que mais se aproximou do filme convencional de PVC. Para o resultado de alongação o filme de gelatina apresentou um maior desempenho, chegando a 45,05 %. Por fim, o filme com menor PVA foi o KCAR/GEL-C, o que é uma característica

altamente desejável uma vez que quanto menor a interação do produto embalado com o ambiente externo melhor. Diante dos resultados das três formulações a selecionada para seguir adiante no trabalho foi a KCAR/GEL-C, na qual foi adicionada o extrato de folha de oliveira.

A escolha da formulação composta por KCAR/GEL-C deu-se em função do menor valor para a permeabilidade ao vapor de d'água, pois o resultado de permeabilidade ao vapor d'água se aproximou mais do valor de um filme comercial como o PVC, onde as embalagens requerem o menor valor de permeabilidade ao vapor d'água para evitar o contato do meio externo com o produto a ser embalado. Além disso, essa formulação apresentou um resultado de tensão que mais se aproximou do filme comercial de PVC.

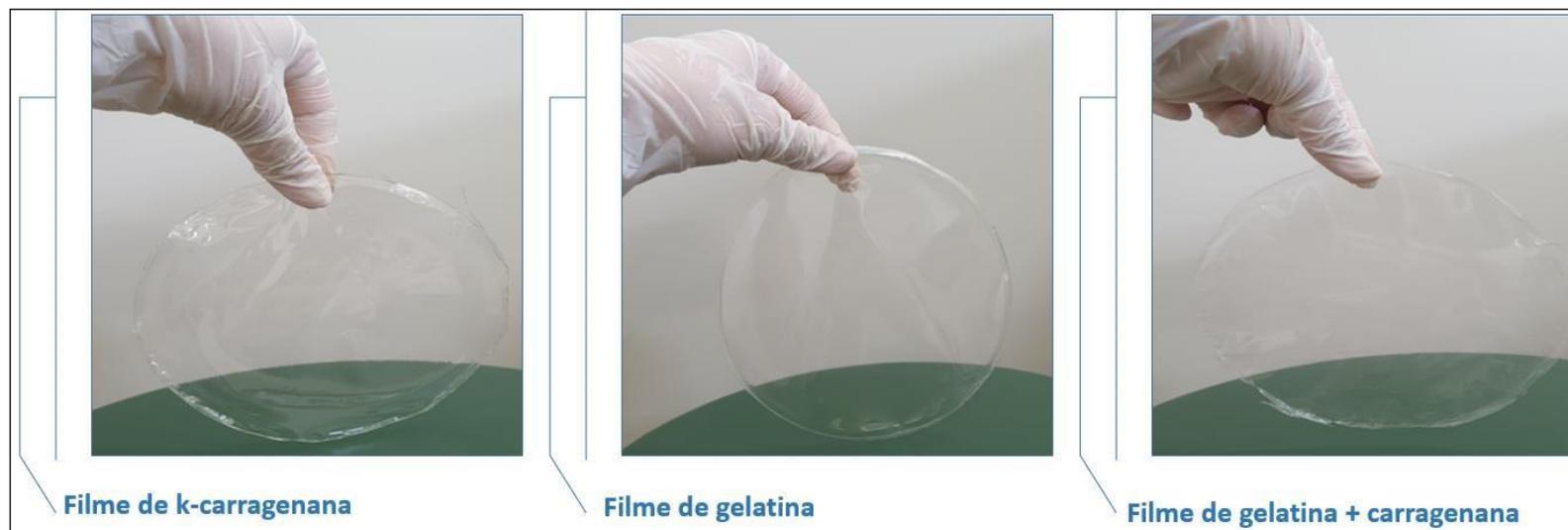
Os resultados da caracterização dos filmes são consistentes aos encontrados na literatura. Larotonda (2007) obteve em média 0,050 mm de espessura para filmes de carragenana e amido e  $7,5 \cdot 10^{-11} \text{ g.m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$  para PVA. Para filmes de carragenana (2,6 %) Rhim (2012) obteve 0,0582 mm de espessura e  $2,0 \cdot 10^{-9} \text{ g.m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$  para PVA.

Em seu trabalho Nishihora (2015), obteve a espessura de 0,086 mm para seus filmes produzidos com gelatina, glicerol e tratados com luz UV. Já, Henrique (2008), produziu filmes com amidos modificados de mandioca e obteve 0,0942 mm de espessura. Bertan (2008) encontrou espessuras que variaram entre 0,075 mm (gelatina 10 g/glicerol 5 %) e 0,128 (gelatina 15 g/glicerol 10 %), esta diferença relacionou-se ao aumento de matéria seca.

Martins et al. (2012) para filmes de carragenana, obtiveram 16,18 % de alongação e 19,95 MPa para a resistência à tração. Shojaee-Aliabadi et al. (2014) produziram filmes de carragenana (1 %), mesma proporção utilizada no presente estudo, e plastificados com glicerol, sendo que o resultado de alongação foi de 36,46 % e de tensão de ruptura 26,29 MPa. Park et al. (2001) produziram filmes biodegradáveis compostos de quitosana e carragenana incorporados com diferentes ácidos orgânicos, obtiveram para alongação a faixa de 1,5 - 6,5 % e para resistência à tração a faixa de 17 - 37 MPa.

Bertan (2008) obteve  $6,22 \cdot 10^{-11} \text{ g.m}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  para PVA de filmes de gelatina (10 g) também plastificados com glicerol (5%). Já Nishihora (2015) teve como resultado para seus filmes produzidos com gelatina e plastificados com glicerol a PVA de  $1,82 \cdot 10^{-10} \text{ g.m}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ . E Batista (2004) para filmes de pectina/gelatina obteve  $5,03 \cdot 10^{-11} \text{ g.m}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  de PVA.

Figura 6 - Formulações preliminares de filmes biopoliméricos produzidos



Fonte: Autor, 2022

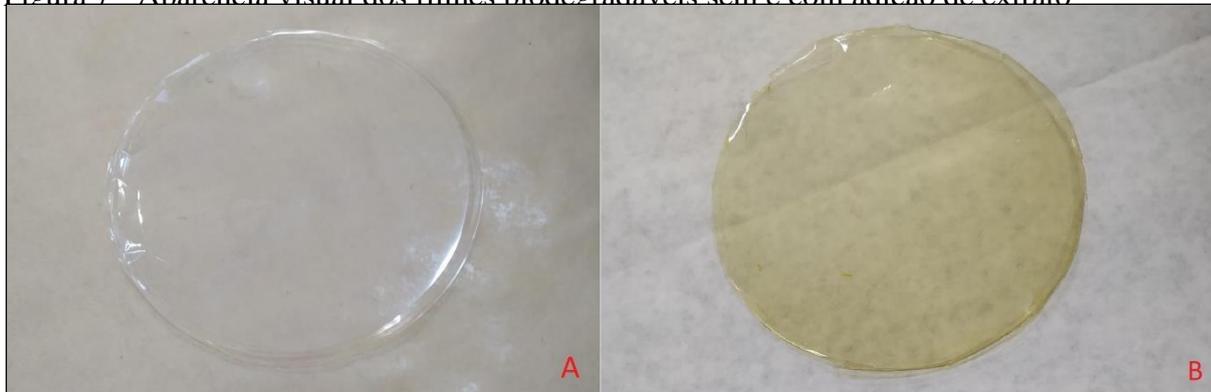
Tabela 4 - Caracterização dos filmes elaborados.

Propriedades Físicas	K-carragenana	Gelatina	KCAR/GEL-C	KCAR/GEL-EDO	PVC (Martiny <i>et al.</i> 2020)
Espessura (mm)	0,02 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,041 ± 0,041	0,057 ± 0,013	0,004 ± 0,001
Tensão (MPa)	67,22 ± 23,71	9,45 ± 2,69	27,47 ± 6,02	17,82 ± 5,26	21,55 ± 3,22
Elongação (%)	5,94 ± 1,81	45,05 ± 2,99	2,19 ± 0,30	2,93 ± 2,19	108,79 ± 15,71
PVA (g.m <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup> .Pa <sup>-1</sup> )	2,41.10 <sup>-09</sup> ± 2,84.10 <sup>-11</sup>	3,44.10 <sup>-10</sup> ± 2,76.10 <sup>-11</sup>	6,54.10 <sup>-11</sup> ± 4,17.10 <sup>-12</sup>	6,26.10 <sup>-11</sup> ± 4,87.10 <sup>-12</sup>	2,47.10 <sup>-13</sup> ± 3,67.10 <sup>-18</sup>

Dados relatados como valores médios ± desvio médio (n=3) KCAR/GEL-C: filme de k-carragenana e gelatina, KCAR/GEL-EDO: filme de k-carragenana e gelatina com extrato da folha de oliveira.

A Figura 7 apresenta o resultado da preparação dos filmes da formulação selecionada com e sem a adição do extrato de folha de oliveira.

Figura 7 - Aparência visual dos filmes biodegradáveis sem e com adição de extrato



Aparência visual dos filmes biodegradáveis. (A) KCAR/GEL-C filme de k-carragenana e gelatina sem extrato da folha de oliveira. (B) KCAR/GEL-EDO filme de k-carragenana e gelatina com extrato da folha de oliveira.

Os filmes com adição do extrato da folha de oliveira apresentaram coloração amarelada enquanto os sem adição de extrato da folha de oliveira apresentaram coloração transparente. Esses resultados sugerem que os filmes podem ser melhorados em termos de suas propriedades físicas, onde a investigação de blendas biopoliméricas para este fim pode ser uma opção.

A adição do extrato na formulação selecionada provocou alterações nas propriedades dos filmes. A partir dos resultados apresentados na Tabela 4 constatou-se que os filmes produzidos com extrato apresentam uma espessura maior, resultado já esperado, uma vez que Sobral (2000) afirma que a espessura dos filmes aumenta linearmente com o aumento da massa da solução filmogênica, fato que ocorreu nesta pesquisa, pois com a adição do extrato à solução filmogênica há um incremento de massa (sólidos solúveis). Arenas (2012) incorporou antocianina e ácido cítrico em filmes biodegradáveis a base de fécula de mandioca e constatou que a adição desse compostos também aumentou a espessura dos filmes.

A espessura é um fator importante para as propriedades físico-químicas dos filmes, e quando controlada fornece a uniformidade do material e a validade das comparações entre suas propriedades (VICENTINO et al., 2011). Para explicar o aumento da espessura do filme Wu *et al.* (2013) e Rasid *et al.* (2018) explicam que os compostos

polifenólicos poderiam se encaixar na matriz de carragenana e estabelecer ligações cruzadas através de ligação de hidrogênio ou interação hidrofóbica com grupos reativos de carragenana e promover uma rede de filmes com um volume livre diminuído da matriz polimérica. Neste caso, a adição do extrato da folha de oliveira pode promover uma interação entre compostos fenólicos e biopolímeros que preenchem a matriz de carragenana, gerando assim um aumento na espessura do filme.

Outros dados reportados na literatura corroboram os resultados encontrados nesse trabalho. Segundo Villagómez-Zavala et al. (2008), em estudo comparativo das propriedades mecânicas de blendas poliméricas de Kappa carragenana e alginato, utilizados como matrizes na formulação de filmes também demonstraram que os filmes formulados somente com a kappa-carragenana também apresentaram a propriedade de maior resistência a tração.

Segundo Brasken (2002) encontrou-se valores na faixa de 120-250% para alongação dos filmes de PVC, 15-21(MPa) para valores de resistência à tração e  $4,4 \cdot 10^{-13}$  para valores de permeabilidade ao vapor d'água.

Avila *et al.* (2022) encontraram valores para o filme controle de  $0,039 \pm 0,002$  mm para espessura,  $10,75 \pm 2,10$  % para alongação,  $7,72 \pm 0,49$  para tensão a ruptura e  $1,89 \cdot 10^{-11} \pm 8,40 \cdot 10^{-11}$  para a permeabilidade ao vapor quando desenvolveram filmes de carragenana incorporado com extrato da casca de jabuticaba.

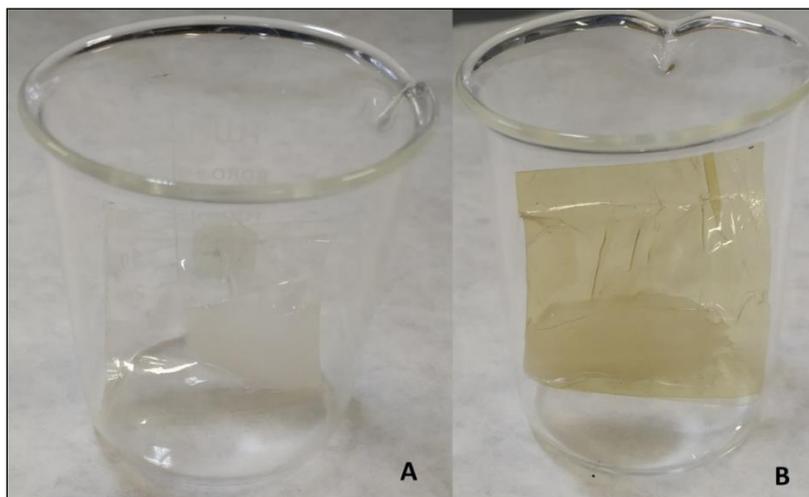
Na pesquisa de Martiny *et al.* (2020) encontraram valores para o filme controle de 0,032 mm para espessura, 29,51 % para alongação, 11,83 para tensão a ruptura e  $6,61 \cdot 10^{-11}$  para a permeabilidade ao vapor quando desenvolveram filmes de carragenana. Martiny *et al.* (2020), afirmaram que os filmes de carragenana produzidos apresentaram espessura e permeabilidade ao vapor d'água superiores e propriedades mecânicas inferiores ao do PVC comercial.

Portanto, os resultados obtidos neste estudo são positivos e promissores para aplicações em embalagens para o setor cosmético, pois implicam em alternativas para produção de embalagens como a redução da poluição do meio ambiente através dos biofilmes.

### 5.3 Aplicabilidade dos filmes como embalagens para setor de cosméticos

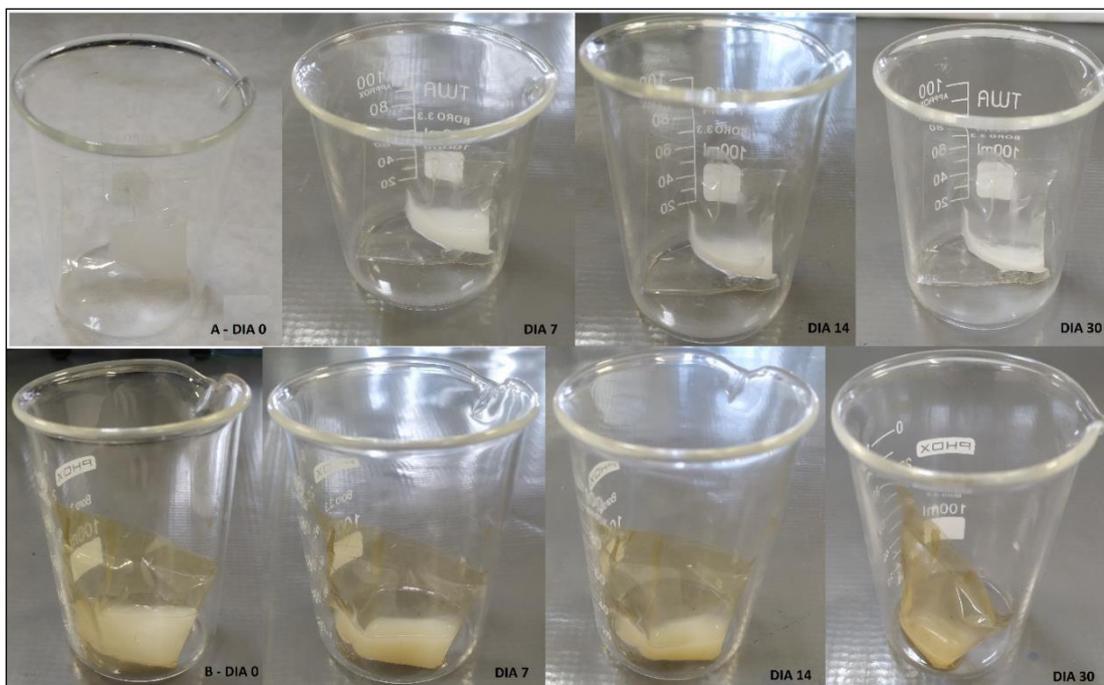
A Figura 8 apresenta os filmes elaborados e aplicados na forma de sachês com intuito de armazenar/acondicionar sabonete líquido.

Figura 8 - Aplicabilidade dos filmes como embalagem para sabonete líquido



(A) KCAR/GEL-C - Utilizado filme sem adição de extrato da folha de oliveira. (B) KCAR/GEL-EDO - Utilizado filme com adição de extrato da folha de oliveira.

Figura 9 - Acompanhamento dos filmes como embalagem de sabonete líquido

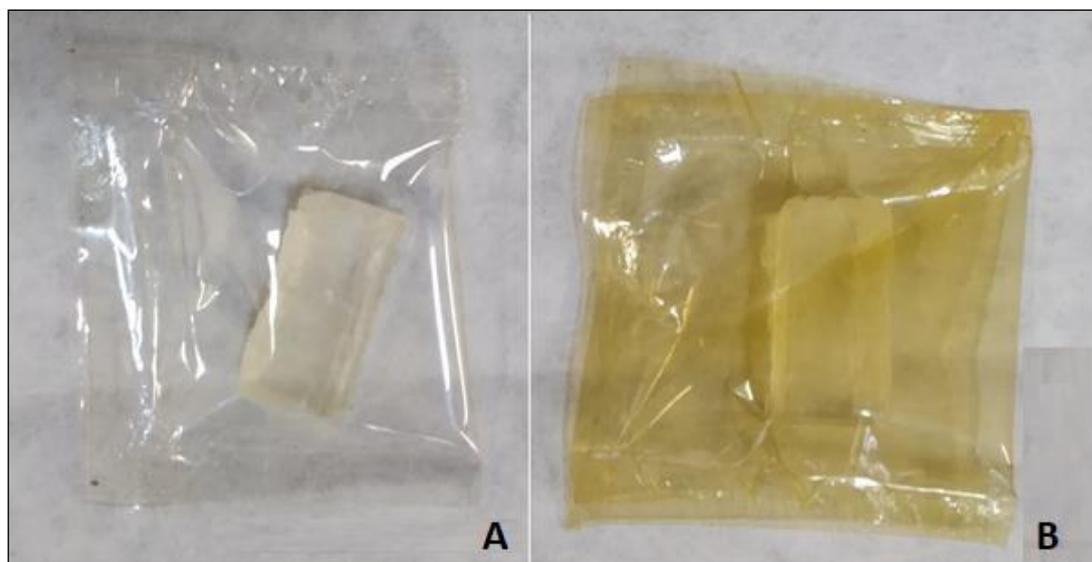


(A). KCAR/GEL-C – Utilizado filme sem adição de extrato da folha de oliveira. (B) KCAR/GEL-EDO – Utilizado filme com adição de extrato da folha de oliveira. Dia 0 – Dia inicial da análise. Dia 7 – Após 7 dias. Dia 14 – Após 14 dias. Dia 30 – Após 30 dias.

É possível verificar pela inspeção das Figuras 8 e 9 que as embalagens produzidas puderam conter com eficácia o sabonete líquido. No dia 0 o sabonete líquido ficou perfeitamente contido pelas formulações com e sem extrato. Com o passar dos dias de acondicionamento pode-se perceber que os filmes com a adição de extrato permaneceram mais íntegros do que aqueles sem extrato. De certo modo foi possível verificar que o sabonete líquido foi em parte absorvido pelo sistema de embalagem, sendo necessária mais análises para verificar sua capacidade de acondicionamento.

A Figura 10 apresenta os filmes elaborados e aplicados como embalagem de sabonete em barra.

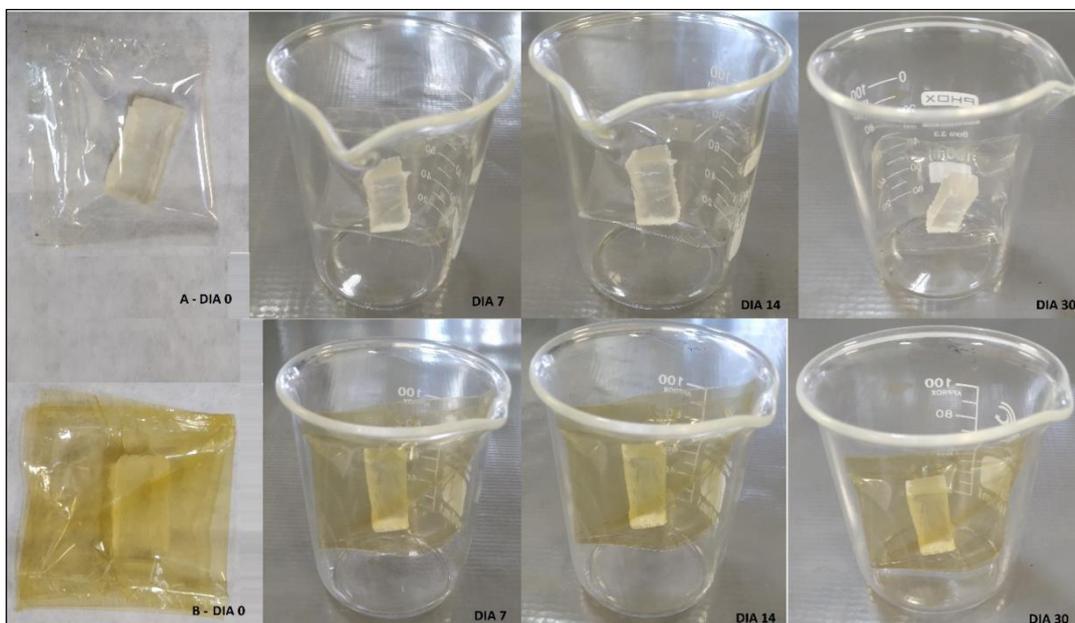
Figura 10 - Aplicabilidade dos filmes como embalagem para sabonete em barra



(A) KCAR/GEL-C – Utilizado filme sem adição de extrato da folha de oliveira. (B) KCAR/GEL-EDO – Utilizado filme com adição de extrato da folha de oliveira.

O aspecto visual das embalagens foi monitorado por um período de 30 dias, para verificar a capacidade de contenção do produto e está apresentado na Figura 11.

Figura 11 - Acompanhamento dos filmes como embalagem de sabonete sólido



(A) KCAR/GEL-C – Utilizado filme sem adição de extrato da folha de oliveira. (B) KCAR/GEL-EDO – Utilizado filme com adição de extrato da folha de oliveira. Dia 0 – Dia inicial da análise. Dia 7 – Após 7 dias. Dia 14 – Após 14 dias. Dia 30 – Após 30 dias.

É possível verificar pela inspeção das Figuras 10 e 11 que as embalagens produzidas puderam conter com eficácia o sabonete sólido. Diferentemente do sabonete líquido, ambas as embalagens contiveram com eficácia o sabonete sólido, não havendo comprometimento da embalagem com o passar dos dias. Esse resultado é altamente promissor, pois as embalagens biopoliméricas produzidas poderiam facilmente substituir os sachês convencionais não biodegradáveis utilizados na embalagem de sabonetes sólidos.

Vale ressaltar que as pesquisas de filmes biopoliméricos para embalagem de alimentos são amplas e numerosas, porém a aplicação para o setor cosmético ainda é incipiente, indicando a grande valia dos resultados apresentados.

## 6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento dessa pesquisa permitiu a elaboração e a caracterização de filmes biopoliméricos ativos, como também sua possível aplicação no acondicionamento de sabonete líquido e sabonete em barra. Obteve-se extrato de folhas de oliveira por maceração, com intuito de fornecer atividade antioxidante aos filmes. Os resultados apontam que a adição de extrato de folhas de oliveira em filmes a base carragenana promove alterações nas propriedades dos filmes, que melhoram o acondicionamento do sabonete líquido.

A caracterização dos filmes biopoliméricos demonstrou que estes foram flexíveis e manuseáveis e que a adição de extrato de folhas de oliveira alterou as propriedades dos filmes. A formulação mais promissora foi a blenda de k-carragenana e gelatina. As espessuras variaram de 0,02 a 0,057 mm. A PVA variou de  $2,41 \cdot 10^{-09}$  a  $6,26 \cdot 10^{-11}$  g. m<sup>-1</sup>. s<sup>-1</sup>. Pa<sup>-1</sup>. A resistência à tração e alongação variaram de 9,45 a 67,22 MPa e 2,19 a 45,05 %, respectivamente.

Obteve-se extrato de folhas de oliveira através da extração por maceração, com comprovada atividade antioxidante (97,44%) e alto teor de compostos fenólicos (81,11 mgGAE·g<sup>-1</sup> (b.s.)). Assim, o extrato de folhas de oliveira apresenta-se como uma alternativa para o uso na formulação de filmes biopoliméricos de k-carragenana e gelatina, com grande prospecção de aplicação no setor de embalagens ativas para cosméticos.

Foi demonstrado pela embalagem de sabonete líquido e sólido que os filmes biopoliméricos de k-carragenana e gelatina aditivados com extrato de folha de oliveira representam uma promissora alternativa às embalagens plásticas convencionais.

## SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nos resultados do presente estudo sugere-se como complementação da pesquisa:

- Obter extratos de folhas de oliveira a partir de diferentes metodologias de extração;
- Quantificar o teor de oleuropeína no extrato de folhas de oliveira;
- Avaliar a estrutura dos filmes biodegradáveis através de técnicas de microscopia;
- Avaliar os filmes por Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) e realizar Análise Termogravimétrica (TGA).
- Estudar a biodegradabilidade dos filmes;
- Avaliar a solubilidade dos filmes;
- Quantificar o conteúdo de compostos fenólicos totais nos filmes biopoliméricos incorporados com extrato de folhas de oliveira;
- Estudar a aplicação dos filmes biopoliméricos ativos em outros produtos cosméticos.
- Aumento de escala.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAZA, L. *et al.* Chétoui olive leaf extracts: influence of the solvent type on phenolics and antioxidant activities. **Grasas y Aceites**, v. 62, n. 1, p. 96–104, 2011.

ABDOU, E. S.; SOROUR, M. A. Preparation and characterization of starch / carrageenan edible films. **International Food Research Journal**, v. 21, n. 1, p. 189–193, 2014. Disponível em: [10.3989/GYA.044710](https://doi.org/10.3989/GYA.044710). Acesso em: 15 jun. 2022.

AHMAD-QASEM, M. H. *et al.* Kinetic and compositional study of phenolic extraction from olive leaves (var. Serrana) by using power ultrasound. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 17, p. 120–129, 2013. Disponível em: [10.1016/J.IFSET.2012.11.008](https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2012.11.008). Acesso em: 17 jun. 2022.

AHVENAINEN, R. **Novel Food Packaging Techniques - Google Livros**. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=6RWkAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA365&dq=AHVENAINEN,+2003&ots=NPH3S0QxCd&sig=U16-9WgzRXfNRgOBF5CgFp5ltP4#v=onepage&q=AHVENAINEN%2C%202003&f=false>. Acesso em: 15 dez. 2021.

AL-RIMAWI, F. *et al.* Natural Antioxidants, Antibacterials From Olive Leaf Extracts Used In Cosmetics, Pharmaceutical, And Food Industries. v. 2014, n. 1, p. HBPP0116, 18 nov. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5339/qfarc.2014.HBPP0116>. Acesso em: 07 dez. 2021.

AMARAL, A. B.; SOLVA, M. V. DA; LANNES, S. C. D. S. Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors – a review. **Food Science and Technology**, v. 38, p. 1–15, 20 dez. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/fst.32518>. Acesso em: 08 dez. 2021.

AMBERG, N.; FOGARASSY, C. Green Consumer Behavior in the Cosmetics Market. **Resources 2019, Vol. 8, Page 137**, v. 8, n. 3, p. 137, 30 jul. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/resources8030137>. Acesso em: 10 jan. 2022.

ARENAS, A. M. Z. **Filme biodegradável à base de fécula de mandioca como potencial indicador de mudança de pH**. 2012. 131 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: [10.11606/D.3012.tde-12032013-150645](https://doi.org/10.11606/D.3012.tde-12032013-150645). Acesso em: 21 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15448-1: embalagens plásticas degradáveis e/ou renováveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/25746/abnt-nbr15448-1-embalagens-plasticas-degradaveis-e-ou-de-fontes-renovaveis-parte-1-terminologia>. Acesso em: 10 dez. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14020: rótulos e declarações ambientais: princípios gerais**. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/22143/abnt-nbriso14020-rotulos-e-declaracoes-ambientais-principios-gerais>. Acesso em: 10 dez. 2021.

AURAS, R.; HARTE, B.; SELKE, S. An Overview of Polylactides as Packaging Materials. **Macromolecular Bioscience**, v. 4, n. 9, p. 835–864, 16 set. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/mabi.200400043>. Acesso em: 11 dez. 2021.

AVILA, L. B. *et al.* Carrageenan-based films incorporated with jaboticaba peel extract: an innovative material for active food packaging. **Molecules**, v. 25, n. 23, p. 5563, 2020. Disponível em: [10.3390/molecules25235563](https://doi.org/10.3390/molecules25235563). Acesso em: 15 jun 2022.

AVÉROUS, L.; POLLET, E. Biodegradable Polymers. **Green Energy and Technology**, v. 50, p. 13–39, 2012. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4108-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4108-2_2). Acesso em: 20 jan. 2022.

BATISTA, J. A. **Desenvolvimento, caracterização e aplicações de biofilmes a base de pectina, gelatina e ácidos graxos em bananas e sementes de brócolos**. 2004. 140 p. Dissertação (Mestrado em alimentos e nutrição) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

BERTAN, L. C. **Desenvolvimento e caracterização de biofilmes ativos à base de polímeros de fontes renováveis e sua aplicação no acondicionamento de pães de forma**. 2008. 188 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

BLEDA, M.; VALENTE, M. Graded eco-labels: A demand-oriented approach to reduce pollution. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 76, n. 4, p. 512–524, 1 maio 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.05.003>. Acesso em: 20 jan. 2022.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1 jan. 1995. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5). Acesso em: 15 fev. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Rotulagem Ambiental: documento base para o Programa Brasileiro de Rotulagem Ambiental. Brasília: MMA/SPDS, 2002. pp. 11-19.

BRITO, G.F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E.M.; MÉLO, T.J.A. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*. V.62. pp. 127-139. 2011. Disponível em: <http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/download/222/204>. Acesso em: 07 jan. 2022.

CALIXTO, J. B. Efficacy, safety, quality control, marketing and regulatory guidelines for herbal medicines (phytotherapeutic agents). **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 33, n. 2, p. 179–189, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/bjmb/v33n2/3704c.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2022.

CAMPO, V. L. *et al.* Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis – A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 77, n. 2, p. 167–180, 10 jun. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.01.020>. Acesso em: 08 dez. 2021.

CARLUCCI, M. J. *et al.* Antiherpetic and anticoagulant properties of carrageenans from the red seaweed *Gigartina skottsbergii* and their cyclized derivatives: correlation between structure and biological activity. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 20, n. 2, p. 97–105, 1 abr. 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0141-8130\(96\)01145-2](https://doi.org/10.1016/S0141-8130(96)01145-2). Acesso em: 20

CINELLI, P. *et al.* Cosmetic packaging to save the environment: Future perspectives. **Cosmetics**, v. 6, n. 2, p. 1–14, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/cosmetics6020026>. Acesso em: 15 de nov. 2021.

COLTRO, L.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; JESUS, I. A. BIOPOLÍMEROS USADOS EM EMBALAGEM: PROPRIEDADES E APLICAÇÕES. 2005. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbpol/2005/PDF/925.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2021.

CONTESSA, C. R. Bioplástico de Quitosana /ágar - ágar incorporado com bacteriocina para aplicação como embalagem ativa .74f.: il. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, Bagé, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/jpsui/handle/riiu/5480>. Acesso em: 01 dez. 2021

COUPLAND, J. N. *et al.* Modeling the effect of glycerol on the moisture sorption behavior of whey protein edible films. **Journal of Food Engineering**, v. 43, n. 1, p. 25–30, 1 jan. 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00129-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00129-6). Acesso em: 08 jan. 2022.

COUTINHO, E. F. *et al.* Cultivo de Oliveira (*Olea europaea* L.). 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/783494/1/sistema16.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2021.

Da Rosa, G.S.; Vanga, S.K.; Garipey, Y.; Raghavan, V. Comparison of microwave, ultrasonic and conventional techniques for extraction of bioactive compounds from olive leaves (*Olea europaea* L.). *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2019, 58, 102234, doi:10.1016/j.ifset.2019.102234.

DA ROSA, G. S. *et al.* Development of Biodegradable Films with Improved Antioxidant Properties Based on the Addition of Carrageenan Containing Olive Leaf Extract for Food Packaging Applications. **Journal of Polymers and the Environment** 2019 28:1, v. 28, n. 1, p. 123–130, 26 out. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10924-019-01589-7>. Acesso em: 18 nov. 2021.

DE BOCK, M. *et al.* Olive (*Olea europaea* L.) Leaf Polyphenols Improve Insulin Sensitivity in Middle-Aged Overweight Men: A Randomized, Placebo-Controlled, Crossover Trial. **PLOS ONE**, v. 8, n. 3, p. e57622, 13 mar. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057622>. Acesso em: 22 de jan. 2022.

DE CASTRO, M. D. L.; CAPOTE, F. P. Extraction of Oleuropein and Related Phenols from Olive Leaves and Branches. **Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention**, p. 259–273, 1 jan. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374420-3.00028-0>. Acesso em: 10 de jan. 2022.

EL MIRI, N. *et al.* Bio-nanocomposite films reinforced with cellulose nanocrystals: Rheology of film-forming solutions, transparency, water vapor barrier and tensile properties of films. **Carbohydrate Polymers**, v. 129, p. 156–167, 20 set. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.04.051>. Acesso em: 16 jan. 2022.

EL, S. N.; KARAKAYA, S. Olive tree ( *Olea europaea* ) leaves: potential beneficial effects on human health. **Nutrition Reviews**, v. 67, n. 11, p. 632–638, 1 nov. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00248.x>. Acesso em: 16 jan. 2022.

FERREIRA, M. S. *et al.* Trends in the Use of Botanicals in Anti-Aging Cosmetics. **Molecules** 2021, Vol. 26, Page 3584, v. 26, n. 12, p. 3584, 11 jun. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules26123584>. Acesso em: 21 jan. 2022.

FRANKE, C. R. *et al.* **Universidade Federal da Bahia: Mata Atlântica e Biodiversidade**. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/3014>. Acesso em: 12 dez. 2021.

GALDINO, L. *et al.* Aplicações Biotecnológicas da Macroalga *Kappaphycus alvarezii*: um estudo prospectivo. **Cadernos de Prospecção**, v. 14, n. 4, p. 1145–1158, 1 out. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.9771/cp.v14i4.42328>. Acesso em: 12 jan. 2022.

GARCÍA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E. Lipid Addition to Improve Barrier Properties of Edible Starch-based Films and Coatings. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 6, p. 941–944, 1 set. 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb09397.x>. Acesso em: 13 jan. 2022.

GAVARA, R. *et al.* **Practical Guide to Antimicrobial Active Packaging - Rafael Gavara - Google Books**. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=6\\_9MDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=info:b7e-WGwkChAJ:scholar.google.com&ots=Dp6mcencaC&sig=\\_WjLrj-0\\_EJ6fdxILa59wvTvs70&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=6_9MDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=info:b7e-WGwkChAJ:scholar.google.com&ots=Dp6mcencaC&sig=_WjLrj-0_EJ6fdxILa59wvTvs70&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 17 fev. 2022.

GIKAS, E.; BAZOTI, F. N.; TSARBOPOULOS, A. Conformation of oleuropein, the major bioactive compound of *Olea europea*. **Journal of Molecular Structure: THEOCHEM**, v. 821, n. 1–3, p. 125–132, 1 nov. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.theochem.2007.06.033>. Acesso em: 28 nov. 2021.

GÓMEZ-ESTACA, J. *et al.* Effect of functional edible films and high pressure processing on microbial and oxidative spoilage in cold-smoked sardine (*Sardina pilchardus*). **Food Chemistry**, v. 105, n. 2, p. 511–520, 1 jan. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.006>. Acesso em: 30 nov. 2021.

GONTARD, N.; GUILBERT, S. Bio-packaging: technology and properties of edible and/or biodegradable material of agricultural origin. **Food Packaging and Preservation**, p. 159–181, 1994. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2173-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2173-0_9). Acesso em: 02 dez. 2021.

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n.1, p. 231-240, 2008.

IHA, S. M. *et al.* Estudo fitoquímico de goiaba (*Psidium guajava* L.) com potencial antioxidante para o desenvolvimento de formulação fitocosmética. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 3, p. 387–393, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2008000300013>. Acesso em: 02 dez. 2021.

IPEA. **Sustentabilidade Ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano**. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6474:sustentabilidade-ambiental-no-brasil-biodiversidade-economia-e-bem-estar-humano&catid=265:2010&directory=1](https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=6474:sustentabilidade-ambiental-no-brasil-biodiversidade-economia-e-bem-estar-humano&catid=265:2010&directory=1). Acesso em: 11 fev. 2022.

JABEEN, N.; MAJID, I.; NAYIK, G. A. Bioplastics and food packaging: A review. v. 1, n. 1, p. 1117749, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1117749>. Acesso em: 15 dez. 2021.

JANSSEN, L. P. B. M.; MOSCICKI, L. Thermoplastic Starch: A Green Material for Various Industries. **Thermoplastic Starch: A Green Material for Various Industries**, p. 978–978, 25 jan. 2010. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=nHbLfoCoMvQC&lpg=PR5&ots=sIs3PvS9qe&dq=Thermoplastic%20Starch%3A%20A%20Green%20Material%20for%20Various%20Industries&lr&hl=pt-BR&pg=PR5#v=onepage&q=Thermoplastic%20Starch:%20A%20Green%20Material%20for%20Various%20Industries&f=false>. Acesso em: 09 dez. 2021.

JAPÓN-LUJÁN, R.; LUQUE-RODRÍGUEZ, J. M.; LUQUE DE CASTRO, M. D. Dynamic ultrasound-assisted extraction of oleuropein and related biophenols from olive leaves. **Journal of Chromatography A**, v. 1108, n. 1, p. 76–82, 3 mar. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2005.12.106>. Acesso em: 19 jan. 2022.

JIMÉNEZ-ROSADO, M. *et al.* Bioplastics based on wheat gluten processed by extrusion. **Journal of Cleaner Production**, v. 239, p. 117994, 1 dez. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117994>. Acesso em: 21 nov. 2021.

JORGE, N. EMBALAGENS PARA ALIMENTOS. 2013. Disponível em: [https://www.academia.edu/download/61732996/EMBALAGENS\\_PARA\\_ALIMENTO\\_S\\_Neuza20200109-8625-s198jd.PDF](https://www.academia.edu/download/61732996/EMBALAGENS_PARA_ALIMENTO_S_Neuza20200109-8625-s198jd.PDF). Acesso em: 25 nov. 2021.

KESTER, J. J.; FENNEMA, O. R. **Edible films and coatings: a review**. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US8836195>. Acesso em: 11 dez. 2021.

KIRITSAKIS, K. *et al.* Valorization of Olive Leaves: Spray Drying of Olive Leaf Extract. **Waste and Biomass Valorization** 2017 9:4, v. 9, n. 4, p. 619–633, 19 jul. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0023-x>. Acesso em: 23 jan. 2022.

KUSUMAWATI, I.; INDRAYANTO, G. Natural antioxidants in cosmetics. In: **Studies in Natural Products Chemistry**. [s.l.] Elsevier, 2013. v. 40p. 485–505. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59603-1.00015-1>. Acesso em: 27 nov. 2021.

LAROTONDA, F. D. S. **Biodegradable films and coatings obtained from carrageenan from *Mastocarpus stellatus* and starch from *Quercus suber***. 2007. 315 p. Tese (Doutorado em Fisiologia em Engenharia Química e Biológica) - Universidade do Porto, Portugal, 2007.

LIU, Y. *et al.* Preparation of pH-sensitive and antioxidant packaging films based on  $\kappa$ -carrageenan and mulberry polyphenolic extract. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 134, p. 993–1001, 1 ago. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.05.175>. Acesso em: 17 fev. 2022.

LÓPEZ-DE-DICASTILLO, C. *et al.* Active antioxidant packaging films: Development and effect on lipid stability of brined sardines. **Food Chemistry**, v. 131, n. 4, p. 1376–1384, 15 abr. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.002>. Acesso em 09 jan. 2022.

MA, W. *et al.* Characterization of gelatin-based edible films incorporated with olive oil. **Food Research International**, v. 49, n. 1, p. 572–579, 1 nov. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.037>. Acesso em: 31 jan. 2022.

MADALENO, E. *et al.* Estudo do uso de plastificantes de fontes renovável em composições de PVC. **Polímeros**, v. 19, n. 4, p. 263–270, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.037>. Acesso em: 21 dez. 2021.

MALI, S.; *et al.* Starch films: production, properties and potential of utilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 1, p. 137–156, 30 abr. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n1p137>. Acesso em: 23 jan. 2022.

MARTINS, J. T *et al.* Synergistic effects between  $\kappa$ -carrageenan and locust bean gum on physicochemical properties of edible films made thereof. **Elsevier, Food Hydrocolloids**, v. 29, p. 280–289, 2012.

MARTINY, T. R. *et al.* Bio-Based Active Packaging: Carrageenan Film with Olive Leaf Extract for Lamb Meat Preservation. **Foods 2020, Vol. 9, Page 1759**, v. 9, n. 12, p. 1759, 27 nov. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods9121759>. Acesso em: 30 nov. 2021.

MIR, S. H. *et al.* Review—Organic-Inorganic Hybrid Functional Materials: An Integrated Platform for Applied Technologies. **Journal of The Electrochemical Society**, v. 165, n. 8, p. B3137–B3156, 4 maio 2018. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/2.0191808jes/pdf>. Acesso em: 28 de jan. 2022.

MOHANTY, A. K. *et al.* Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites: An Introduction. p. 17–51, 2005. Disponível em: [http://lib3.dss.go.th/fulltext/c\\_book/620-629/620.192NATRef.pdf](http://lib3.dss.go.th/fulltext/c_book/620-629/620.192NATRef.pdf). Acesso em: 03 dez. 2021.

MOURA, A. M. M. DE; MOTA, J. A. O uso do poder de compra para a melhoria do Meio Ambiente. 1 mar. 2011. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/110301\\_comunicadoipea82.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/110301_comunicadoipea82.pdf). Acesso em: 04 jan. 2022.

MUTHURAJ, R.; MISRA, M.; MOHANTY, A. K. Biodegradable compatibilized polymer blends for packaging applications: A literature review. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 135, n. 24, p. 45726, 20 jun. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/app.45726>. Acesso em: 18 fev. 2022.

NISHIHORA, R. K. **Propriedades de filmes de gelatina reticulados por via enzimática e física**. 2015. 96 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/135492>. Acesso em: 15 jun. 2022.

NISA, I. *et al.* Development of potato starch based active packaging films loaded with antioxidants and its effect on shelf life of beef. **Journal of Food Science and Technology** **2015 52:11**, v. 52, n. 11, p. 7245–7253, 7 maio 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1859-3>. Acesso em: 19 fev. 2022.

NORAJIT, K.; KIM, K. M.; RYU, G. H. Comparative studies on the characterization and antioxidant properties of biodegradable alginate films containing ginseng extract. **Journal of Food Engineering**, v. 98, n. 3, p. 377–384, 1 jun. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.01.015>. Acesso em: 19 fev. 2022.

NUNES, M. A. *et al.* Olive by-products for functional and food applications: Challenging opportunities to face environmental constraints. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 35, p. 139–148, 1 jun. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.04.016>. Acesso em: 05 jan. 2022.

NUR HANANI, Z. A.; ROOS, Y. H.; KERRY, J. P. Use and application of gelatin as potential biodegradable packaging materials for food products. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 71, p. 94–102, 1 nov. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.04.027>. Acesso em: 13 dez. 2021.

OTHMAN, S. H. Bio-nanocomposite Materials for Food Packaging Applications: Types of Biopolymer and Nano-sized Filler. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 2, p. 296–303, 1 jan. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.042>. Acesso em: 16 dez. 2021.

OTONI, C. G. *et al.* On the effects of hydroxyl substitution degree and molecular weight on mechanical and water barrier properties of hydroxypropyl methylcellulose films. **Carbohydrate Polymers**, v. 185, p. 105–111, 1 abr. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.01.016>. Acesso em: 18 jan. 2022.

PARK, S. Y *et al.* Biopolymer composite films based on k-carrageenan and chitosan. **Materials Research Bulletin**, v. 36, p.511-519, 2001.

PARK, H. Y. *et al.* Development of Antioxidant Packaging Material by Applying Corn-Zein to LLDPE Film in Combination with Phenolic Compounds. **Journal of Food**

**Science**, v. 77, n. 10, p. E273–E279, 1 out. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02906.x>. Acesso em: 17 fev. 2022.

PEREIRA, J. A. *et al.* Table Olives from Portugal: Phenolic Compounds, Antioxidant Potential, and Antimicrobial Activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 22, p. 8425–8431, 1 nov. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf061769j>. Acesso em: 12 dez. 2021.

PEREIRA, L. *et al.* Use of FTIR, FT-Raman and <sup>13</sup>C-NMR spectroscopy for identification of some seaweed phycocolloids. **Biomolecular Engineering**, v. 20, n. 4–6, p. 223–228, 1 jul. 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1389-0344\(03\)00058-3](https://doi.org/10.1016/S1389-0344(03)00058-3). Acesso em: 08 jan. 2022.

PEREIRA, L. *et al.* Identification of selected seaweed polysaccharides (phycocolloids) by vibrational spectroscopy (FTIR-ATR and FT-Raman). **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 7, p. 1903–1909, 1 out. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.11.014>. Acesso em: 25 jan. 2022.

PEREIRA, L. C. DOS R. T. Estudos em macroalgas carragenófitas (Gigartinales, Rhodophyceae) da costa portuguesa-aspectos ecológicos, bioquímicos e citológicos. 2004. Disponível em: <https://search.proquest.com/openview/ccc1e1520c06ec379cc24dbd83e1647a/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>. Acesso em: 15 dez. 2021.

RHIM, J. W. Physical-Mechanical Properties of Agar/ $\kappa$ -Carrageenan Blend Film and Derived Clay Nanocomposite Film. **Journal of Food Science**, v. 77, n. 12, p. 66-73, 2012.

RODRIGUES, F.; PIMENTEL, F. B.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Olive by-products: Challenge application in cosmetic industry. **Industrial Crops and Products**, v. 70, p. 116–124, 1 ago. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.027>. Acesso em: 16 dez. 2021.

RODRÍGUEZ-NÚÑEZ, J. R. *et al.* Chitosan/Hydrophilic Plasticizer-Based Films: Preparation, Physicochemical and Antimicrobial Properties. **Journal of Polymers and the Environment** 2013 22:1, v. 22, n. 1, p. 41–51, 8 nov. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10924-013-0621-z>. Acesso em: 18 jan. 2021.

RODRÍGUEZ, G. *et al.* Olive stone an attractive source of bioactive and valuable compounds. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 13, p. 5261–5269, 1 set. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.11.027>. Acesso em: 03 fev. 2022.

ROMERO-GARCÍA, J. M. *et al.* Biorefinery based on olive biomass. State of the art and future trends. **Bioresource Technology**, v. 159, p. 421–432, 1 maio 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.03.062>. Acesso em: 04 fev. 2022.

ROMERO, C. *et al.* New by-products rich in bioactive substances from the olive oil mill processing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 1, p. 225–

230, 1 jan. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8460>. Acesso em: 02 dez. 2021.

ROY, S.; EZATI, P.; RHIM, J. W. Gelatin/Carrageenan-Based Functional Films with Carbon Dots from Enoki Mushroom for Active Food Packaging Applications. **ACS Applied Polymer Materials**, v. 3, n. 12, p. 6437–6445, 10 dez. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acsapm.1c01175>. Acesso em: 18 fev. 2022.

SAHIN, S.; BILGIN, M. Olive tree (*Olea europaea* L.) leaf as a waste by-product of table olive and olive oil industry: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 4, p. 1271–1279, 1 mar. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8619>. Acesso em: 13 jan. 2022.

SAVARESE, M.; DE MARCO, E.; SACCHI, R. Characterization of phenolic extracts from olives (*Olea europaea* cv. Pisciottana) by electrospray ionization mass spectrometry. **Food Chemistry**, v. 105, n. 2, p. 761–770, 1 jan. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.037>. Acesso em: 20 fev. 2022.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, 1965. Disponível em: <https://www.ajevonline.org/content/16/3/144>. Acesso em: 20 fev. 2022.

SOBRAL, P. J. A. Influência da espessura de biofilmes feitos à base de proteínas miofibrilares sobre suas propriedades funcionais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1251-1259, 2000.

SHOJAEE-ALIABADI, S. et al. Characterization of  $\kappa$ -carrageenan films incorporated plant essential oils with improved antimicrobial activity. **Carbohydrate Polymers**, v. 101, n. 1, p. 582–591, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.09.070>. Acesso em: 17 jun. 2022.

SUDJANA, A. N. *et al.* Antimicrobial activity of commercial *Olea europaea* (olive) leaf extract. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 33, n. 5, p. 461–463, 1 maio 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2008.10.026>. Acesso em: 20 jan. 2022.

SYARIFUDDIN, A. *et al.* CHARACTERIZATION OF EDIBLE FILM BASED ON DIFFERENT RATIOS OF  $\hat{\text{P}}^{\circ}$ -CARRAGEENAN/GELATINE WITH THE ADDITION OF CANOLA OIL. **Jurnal Teknologi**, v. 82, n. 2, p. 85–91, 4 fev. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.11113/jt.v82.13972>. Acesso em: 21 fev. 2022.

VERCELHEZE, A. E. S. *et al.* Development of biodegradable coatings for maize seeds and their application for *Azospirillum brasilense* immobilization. **Applied Microbiology and Biotechnology** **2019 103:5**, v. 103, n. 5, p. 2193–2203, 26 jan. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09646-w>. Acesso em: 23 jan. 2022.

VERSINO, F.; GARCÍA, M. A. Cassava (*Manihot esculenta*) starch films reinforced with natural fibrous filler. **Industrial Crops and Products**, v. 58, p. 305–314, 1 jul. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.04.040>. Acesso em: 08 jan. 2022.

VROMAN, I.; TIGHZERT, L. Biodegradable Polymers. **Materials 2009, Vol. 2, Pages 307-344**, v. 2, n. 2, p. 307–344, 1 abr. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ma2020307>. Acesso em 04 fev. 2022.

WARING, R. H.; HARRIS, R. M.; MITCHELL, S. C. Plastic contamination of the food chain: A threat to human health? **Maturitas**, v. 115, p. 64–68, 1 set. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2018.06.010>. Acesso em: 20 dez. 2021.

WEBBER, V. *et al.* Otimização da extração de carragenana de *kappaphycus alvarezii* utilizando metodologia de superfície de resposta. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n. 4, p. 812–818, dez. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000111>. Acesso em: 11 jan. 2022.

WEBER, C. J. **Biobased packaging materials for the food industry: status and perspectives, a European concerted action**. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DK2001001126>. Acesso em: 11 fev. 2022.

WOGGUM, T.; SIRIVONGPAISAL, P.; WITTAYA, T. Properties and characteristics of dual-modified rice starch based biodegradable films. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 67, p. 490–502, 1 jun. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.03.029>. Acesso em: 23 jan 2022.

WORLD PACKING ORGANIZATION. **OUR FOCUS | World Packaging Organisation**. Disponível em: <https://www.worldpackaging.org/wpo/6/>. Acesso em: 22 dez. 2021.

WREGGE, M. S. *et al.* **DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DE OLIVEIRAS NO BRASIL E NO MUNDO**. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/SK4d3XwgmYhPjNSCw5pLRPk/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 22 dez. 2021.