

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**ALÉXIA SILVA DA SILVEIRA**

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FOTOPROTETORAS DE  
FILMES BIOPOLIMÉRICOS CONTENDO EXTRATO PRODUZIDO A PARTIR DE  
BAGAÇO DE AZEITONA**

**Bagé  
2024**

**ALÉXIA SILVA DA SILVEIRA**

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FOTOPROTETORAS DE  
FILMES BIOPOLIMÉRICOS CONTENDO EXTRATO PRODUZIDO A PARTIR DE  
BAGAÇO DE AZEITONA**

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.

Orientador: Prof. Dr. Marcilio Machado Morais

**Bagé  
2024**

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) .

S587a Silva da Silveira, Aléxia

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FOTOPROTETORAS DE  
FILMES BIOPOLIMÉRICOS CONTENDO EXTRATO PRODUZIDO A PARTIR DE  
BAGAÇO DE AZEITONA / Aléxia Silva da Silveira.

63 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, ENGENHARIA QUÍMICA, 2024.

"Orientação: Marcilio Machado Morais".

1. Filmes biopoliméricos. 2. Azeitonas. 3. Clorofila. 4.  
Carotenóides. 5. Pigmentos. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal do Pampa

**ALÉXIA SILVA DA SILVEIRA**

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FOTOPROTETORAS DE FILMES  
BIOPOLIMÉRICOS CONTENDO EXTRATO PRODUZIDO A PARTIR DE BAGAÇO DE  
AZEITONA**

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: 16 de dezembro de 2024.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Marcilio Machado Morais  
Orientador  
UNIPAMPA

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Luisa Bataglin Avila  
UNIPAMPA

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Tânia Regina de Souza  
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **MARCILIO MACHADO MORAIS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 20/12/2024, às 10:46, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **LUISA BATAGLIN AVILA, PROFESSOR MAGISTERIO SUPERIOR - SUBSTITUTO**, em 20/12/2024, às 21:23, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **TANIA REGINA DE SOUZA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/12/2024, às 12:26, 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 **1635402** e o código CRC **5BC19452**.

Referência: Processo nº 23100.023104/2024-45 SEI nº 1635402

## RESUMO

A região Sul do Brasil tem se destacado na produção de azeite de oliva, gerando bagaço de azeitona rico em compostos bioativos, como carotenoides e clorofilas. Neste sentido, este trabalho explorou o potencial do bagaço de azeitona, extraíndo pigmentos naturais para melhorar as propriedades de barreira de filmes biopoliméricos, com potencial para aplicação em embalagens de cosméticos. Inicialmente, o bagaço de azeitona foi seco em estufa, submetido à separação pneumática em leito de jorro para separação de uma fração rica em polpa, moído em moinho analítico, peneirado e caracterizado. A polpa do bagaço de azeitona apresentou uma umidade de 4,70%, com clorofila total de 412,25 µg/g, clorofila a de 25,63 µg/g, clorofila b de 393,29 µg/g e carotenoides totais de 66,01 µg/g. A atividade antioxidante foi de 72,91%, com compostos fenólicos totais de 3,95 mg GAE/g ss. A massa específica aparente foi de 352,7 kg/m<sup>3</sup> e a massa específica real de 1250 kg/m<sup>3</sup>. Foram obtidos extratos fotoprotetores da polpa moída, utilizando etanol como solvente sob agitação constante. A análise dos extratos revelou teores de clorofila total de 615,75 µg/g, clorofila a de 352,30 µg/g e clorofila b de 263,45 µg/g. Foram elaborados filmes biopoliméricos à base de amido de batata sem (amostra controle) e com a presença dos extratos clorofilados. Os filmes controle e os adicionados com 30% e 40% de extrato etanólico apresentaram algumas diferenças entre si, respectivamente: a espessura aumentou de 0,19 mm para 0,28 mm e 0,34 mm, respectivamente; a resistência à tração subiu de 3,08 MPa para 3,31 MPa e 11,76 MPa; e a alongação variou de 341% (amostra controle) para 437% (com 30% de extrato) e 289% (com 40%). Em termos de cor,  $\Delta E$  foi de 77,49 com 30%, de extrato e 6,61 para 40%, com tonalidade amarela mais pronunciada em 40%, indicando a presença de pigmentos carotenoides, com potencial antioxidante e fotoprotetor. Esses resultados demonstraram o potencial dos filmes biopoliméricos a base de amido de batata, enriquecidos com extrato fotoprotetor de polpa de azeitona para aplicações industriais, como a cosmética, aprimorando a funcionalidade e a estética das embalagens. Novos estudos devem ser realizados para que sejam melhor evidenciadas as propriedades antioxidantes e de barreira dos referidos filmes, principalmente com relação à fotoproteção.

Palavras chave: pigmentos naturais, clorofilas, carotenoides, biofilmes, fotoproteção e propriedades de barreira.

## ABSTRACT

The southern region of Brazil has stood out in olive oil production, generating olive pomace rich in bioactive compounds, such as carotenoids and chlorophylls. In this sense, this work explored the potential of the pomace by extracting natural pigments to improve the barrier properties of biopolymer films, with potential application in cosmetic packaging. Initially, the olive pomace was dried in an oven, subjected to pneumatic separation in a fluidized bed to separate a pulp-rich fraction, ground in an analytical mill, sieved, and characterized. The olive pomace pulp showed a moisture content of 4.70%, with total chlorophyll at 418.92  $\mu\text{g/g}$ , chlorophyll a at 25.63  $\mu\text{g/g}$ , chlorophyll b at 389.43  $\mu\text{g/g}$ , and total carotenoids at 66.01  $\mu\text{g/g}$ . The antioxidant activity was 72.91%, with total phenolic compounds at 3.95 mg GAE/g ss. The apparent specific mass was 352.7  $\text{kg/m}^3$  and the real specific mass was 1250  $\text{kg/m}^3$ . Photoprotective extracts from the ground pulp were obtained using ethanol as a solvent under constant agitation. The analysis of the extracts revealed total chlorophyll at 615.75  $\mu\text{g/g}$ , chlorophyll a at 352.30  $\mu\text{g/g}$ , and chlorophyll b at 263.45  $\mu\text{g/g}$ . Biopolymer films based on potato starch were prepared without (control sample) and with the presence of chlorophyll extracts. The control films and those added with 30% and 40% ethanolic extract showed some differences among themselves, respectively: the thickness increased from 0.19 mm to 0.28 mm and 0.34 mm, respectively; the tensile strength rose from 3.08 MPa to 3.31 MPa and 11.76 MPa; and elongation varied from 341% (control sample) to 437% (with 30% extract) and 289% (with 40%). In terms of color,  $\Delta E$  was 77.49 with 30% extract and 6.61 with 40%, with a more pronounced yellow hue at 40%, indicating the presence of carotenoid pigments, with antioxidant and photoprotective potential. These results demonstrated the potential of biopolymer films based on potato starch, enriched with photoprotective olive pomace extract for industrial applications, such as cosmetics, enhancing the functionality and aesthetics of the packaging. Further studies should be conducted to better highlight the antioxidant and barrier properties of these films, especially concerning photoprotection.

Keywords: natural pigments, chlorophylls, carotenoids, biofilms, photoprotection, and barrier properties.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Regiões mundiais propícias à produção de azeite de oliva.....	15
Figura 2 - Produtividade da olivicultura no Brasil no ano de 2017 .....	15
Figura 3 - Organograma com os pigmentos utilizados em biofilmes.....	21
Figura 4 - Evolução da concentração individual de pigmentos nos cloroplastos em diferentes graus de maturação da azeitona .....	22
Figura 5 - Estruturas carotenóicas presentes nos pigmentos naturais - exemplos de xantofilas à esquerda e de carotenos à direita .....	24
Figura 6 - Estruturas químicas da clorofila a e clorofila b .....	26
Figura 7 - Esquema de extração sólido-líquido .....	27
Figura 8 - Etapas do processo de elaboração do biomaterial com as respectivas análises.....	33
Figura 9 - Processo de secagem do bagaço in natura .....	42
Figura 10 - Distribuição granulometria da polpa de azeitona do bagaço de azeitona.....	45
Figura 11 - Avaliação dos pigmentos presentes no extrato etanólico .....	46
Figura 12 - Elaboração de solução filmogênica.....	47
Figura 13 - Filmes biopoliméricos produzidos.....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção nacional de azeite de oliva de 2019 a 2023 .....	16
Tabela 2 - Presença de pigmentos naturais nos produtos secundários da indústria oleica .....	23
Tabela 3 - Composição de compostos bioativos na polpa do bagaço de azeitona moído .....	41
Tabela 4 - Avaliação dos pigmentos presentes no extrato .....	46
Tabela 5 - Pigmentação dos filmes .....	49
Tabela 6 - Resultados caracterização de filmes com extrato .....	50

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Estudos relacionados a corantes naturais aplicados a biofilmes .....	30
---	----

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AA - Atividade Antioxidante

ABIHPEC - Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos.

ASSOLIVE - Associação dos Olivicultores dos Contrafortes da Mantiqueira e Sudeste

ESL - Extração sólido-líquido

GEPESP - Grupo de Estudo e Pesquisa em Engenharia de Processos Sustentáveis

IBRAOLIVA - Instituto Brasileiro de Olivicultura.

LMTA - Laboratório de Modelagem, Tratamento e Análise.

RS – Rio Grande do Sul

SEAPI - Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural.

UNIPAMPA - Universidade Federal do Pampa

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
2.1 Objetivo Geral .....	13
2.2 Objetivos Específicos .....	13
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
3.1 Aspectos gerais da produção de azeite .....	14
3.1.1 Produção de azeite e seus resíduos .....	16
3.1.2 Aplicabilidade do bagaço de azeitona .....	17
3.1.3 O bagaço da azeitona e sua composição.....	18
3.2 Estruturas com potencial de barreira UV em embalagens de cosméticos .....	19
3.2.1 Pigmentos presentes no bagaço de azeitona e seu potencial para utilização de aditivos bloqueadores de UV .....	21
3.2.2 Carotenoides .....	23
3.2.3 Clorofilas .....	25
3.2.4 Extração de compostos naturais presentes em matrizes sólidas .....	26
3.3 Biofilmes a partir de pigmentos naturais .....	28
3.3.1 Bases e aditivos utilizados na elaboração de biofilmes .....	30
3.3.2 Produção e caracterização de biofilmes.....	31
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>33</b>
4.1 Matéria- prima .....	34
4.2 Preparo da matéria-prima .....	34
4.3 Extração dos compostos fotoprotetores e elaboração dos filmes biopoliméricos .....	35
4.4 Metodologia Analítica .....	35
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>40</b>
5.1 Preparo de matéria prima.....	40
5.2 Extração e elaboração de filme polimérico .....	45
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>51</b>
<b>7 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS .....</b>	<b>51</b>
<b>8 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>53</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de azeite de oliva no Rio Grande do Sul e no Brasil tem crescido muito nos últimos anos, gerando uma grande quantidade de resíduos, que normalmente são descartados no meio ambiente. Entretanto, é fundamental que se traga à luz das discussões atuais os mecanismos de aproveitamento dos subprodutos da produção de azeite, considerando o crescimento previsto da indústria oleica.

Embora as discussões sobre o destino desses subprodutos ainda sejam incipientes, é de suma importância que sejam tratadas com seriedade. A implementação de uma cadeia produtiva sustentável pode se tornar um diferencial competitivo em relação a outros métodos de extração de azeite, destacando-se pela responsabilidade ambiental, pela redução de impactos negativos e pelo valor agregado ao produto final, atraindo consumidores conscientes. À vista disso, a cada 1 tonelada de azeitonas processadas, apenas 20% é convertido em azeite, e o restante (800 kg) é constituído por resíduos sólidos (bagaço de azeitona) e líquidos (água ruça). Estima-se que no ano de 2023, o estado do Rio Grande do Sul gerou cerca de 2321 metros cúbicos de resíduo de bagaço, apenas no mês de fevereiro. O grande volume de resíduo estimula a investigação de todos os potenciais bioativos que podem ser extraídos deste subproduto (BRITO; PRÓ OLIVA, 2016, 2023).

O bagaço da azeitona, é uma biomassa rica em vários compostos que denotam grande importância do ponto de vista biológico, como compostos fenólicos com atividade antioxidante e pigmentos, como a clorofila, responsável pela cor verde da azeitona e os carotenoides, responsável pela pigmentação amarelada da azeitona, cujas quantidades presentes na matéria dependem do grau de maturação da azeitona (DIAS *et al.*, 2017).

Com o objetivo de aprimorar as características fotossensíveis dos biofilmes (estrutura de embalagens sustentáveis), autores como Vargas (2015), Assis (2017) e Maniglia (2012) tem estudado a adição de extratos derivados de resíduos de frutas como tomate, manga, amora acerola, pêssigo e mamão, os quais atuam como pigmentos e aditivos antioxidantes nos biofilmes, melhorando suas propriedades de barreira e também apresentando impacto sobre suas propriedades mecânicas. Embora o teor de corantes naturais presentes na azeitona seja menor do que nas referidas frutas, o resíduo oleícola é muito superior à quantidade de resíduos gerados por essas frutas. Isso torna o bagaço de azeitona uma matéria-prima de fácil acesso e escalabilidade industrial, em contraste com outras fontes naturais que são menos disponíveis.

A valorização do resíduo de bagaço de azeitona é essencial para promover uma economia circular sustentável, aproveitando subprodutos agroindustriais de maneira eficiente e

reduzindo o impacto ambiental. Pesquisas que enfocam o bagaço de azeitona têm gerado importantes avanços científicos e tecnológicos na Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). Trabalhos como a obtenção de lignina e seu processamento a partir do bagaço (RODRIGUES, 2021; ALMEIDA, 2022), a produção de sabonete esfoliante (SOARES, 2021), as condições de secagem do processo de obtenção de farinha (SILVA, 2021) e a obtenção de substâncias adsorventes (RAUPP, 2022), destacam a valorização do bagaço de azeitona. O Grupo de Estudo e Pesquisa em Engenharia de Processos Sustentáveis + Laboratório de Modelagem, Tratamento e Análise da UNIPAMPA está focado na recuperação sustentável de resíduos agroindustriais, com ênfase no desenvolvimento de biofilmes e membranas, já utilizaram rejeitos da indústria oleica, como folhas de oliveira, para criar extratos aplicáveis em curativos tópicos, incluindo membranas à base de quitosana e folhas de oliveira (ALVES, 2022).

Pelo exposto, o presente trabalho visou agregar valor ao bagaço de azeitona a partir de seu aproveitamento como fonte de compostos fotoprotetores, os quais podem ser adicionados em biofilmes ou embalagens de produtos que necessitem proteção contra a radiação ultravioleta, como é o caso dos cosméticos.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho foi avaliar o potencial do bagaço de azeitona como uma fonte de aditivos naturais com proteção UV para biofilmes.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Preparar o bagaço de azeitona para extração de compostos naturais, via operações de secagem, separação pneumática e moagem e caracterizá-lo por análises físicas e químicas.
- Realizar a extração de pigmentos presentes na fração leve do bagaço de azeitona moído (rica em polpa de azeitona) por maceração.
- Caracterizar os extratos obtidos quanto aos teores de clorofilas totais.
- Elaborar filmes biopoliméricos pelo método de *casting* contendo os extratos obtidos a partir da polpa de azeitona, comparando com uma amostra controle.
- Caracterizar os filmes biopoliméricos com relação a propriedades mecânicas e de barreira e verificar o efeito da adição dos extratos pigmentares na qualidade e nas propriedades dos biofilmes.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Aspectos gerais da produção de azeite

A Oliveira (*Olea europaea* L.) é uma planta conhecida milenarmente por seus derivados, como a azeitona de mesa e o azeite de oliva, sendo este último o responsável por promover benefícios como propriedades anti-inflamatória e antioxidantes. Apesar de sua tecnologia ter sido difundida pelas mãos de árabes, suas cultivares são produzidas em larga escala nos países da Europa sendo a Espanha, Itália e Grécia os maiores produtores. As práticas de olivicultura para produção de azeite de oliva datam de 3 mil a.c. nos territórios do Mediterrâneo, entretanto a “industrialização” aconteceu de forma mais significativa após sua chegada aos territórios como Grécia, Itália, Espanha e Portugal. O sucesso de desenvolvimento da olivicultura em tal região é explicado pela influência do Trópico de Câncer (paralelo localizado entre as latitudes 30° e 45°) que exerce influência climática das áreas próximas ao Mediterrâneo, ofertando condições ideais semelhantes às das áreas tropicais em termos de insolação. O clima mediterrâneo dessas áreas, com verões quentes e secos e invernos suaves e úmidos, impacta de forma positiva no cultivo de oliveiras, que prosperam em condições de baixa precipitação e muita luz solar (OLIVAPEDIA, 2022).

Na América do Sul a disseminação da oliveira foi difundida, inicialmente, através de conquistadores pelo Chile e Argentina. Além destes países a olivicultura “encontrou” clima propício e solo fértil na região sul do Brasil, onde o cultivo de oliveiras começa permear com sucesso o cenário da agroindústria brasileira em meados dos anos 2000. Wrege (2009) pesquisador da Embrapa, a partir de trabalhos e boletins técnicos produzidos pelo órgão, aponta o grande potencial e diversificação da olivicultura na metade sul do país; o autor descreve as regiões propícias para desenvolvimentos de olivicultura no estado do Rio Grande do Sul, evidencia necessidade de temperaturas quentes e índices pluviométricos baixos para o saudável crescimento da planta além de enunciar a tolerância das oliveiras a temperaturas relativamente baixas que estimulam a sua dormência.

Neste cenário, regiões do Rio Grande do Sul, compreendidas próximas ao Trópico de Capricórnio, como é mostrado na Figura 1 (entre as latitudes 30° e 45°) tem grande potencial, uma vez que apresentam clima e solo favoráveis a produção de azeitonas, matéria prima para a produção de azeite (OLIVAPEDIA, 2022).

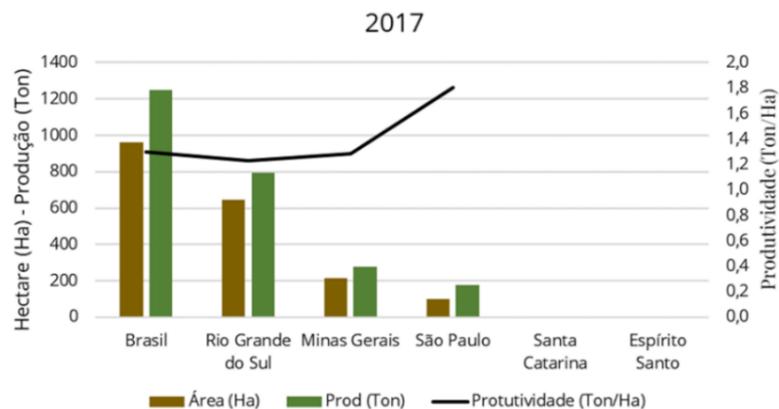
Figura 1 - Regiões mundiais propícias à produção de azeite de oliva



Fonte: Adaptado de In Vino Viajas (2014)

No quadro nacional, atualmente, o cultivo de oliveira se estende entre a região sul e sudeste, com presença remota em determinadas regiões do nordeste como a Bahia (Cardoso, 2014), evidencia que a região do planalto de Poços de Caldas e região da Alta Mantiqueira, no sul de Minas Gerais, estão em expansão, bem como manifestam condições edafoclimáticas interessantes para obtenção de matéria do azeite de oliva. De acordo com a Associação dos Olivicultores dos Contrafortes da Mantiqueira, a região sudeste contribuiu com a 42 mil litros de azeite em 2017, neste mesmo ano, no estado do Rio Grande do Sul, esta contribuição marcou consideravelmente a produção crescente nesta região, contribuindo assim, com mais de metade de toda a produção nacional de azeitona, apontando pelo menos três quartos da produtividade de azeitona do país, como é mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Produtividade da olivicultura no Brasil no ano de 2017



Fonte: OLIVAPEDIA (2017)

Ainda nos dias atuais o Rio Grande do Sul permanece pioneiro no cultivo de oliveiras e produção de azeite de oliva. Segundo relatório a Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação (SEAPI) e do Instituto Brasileiro de Olivicultura (IBRAOLIVA) na safra de 2023 aumentou a produção de azeite em 29% com relação à anterior, além de apresentar crescimento das marcas gaúchas de 32%. No relatório técnico de 2024, o IBRAOLIVA sinaliza que os municípios com maiores produções estão compreendidos na região da Campanha, sendo eles Pinheiro Machado, Caçapava do Sul, Santana do Livramento, São Gabriel e Bagé. O relatório também vincula o aumento da produtividade de azeite no Sul, a fatores determinantes como tolerância das oliveiras à estiagem e aperfeiçoamento de técnicas e manejos e maior assistência técnica por parte do Estado. Na Tabela 1 é apresentado o percentual da evolução da produção de azeite no estado (PRÓ-OLIVA, 2023).

Tabela 1 - Produção nacional de azeite de oliva de 2019 a 2023

Safra	Produção de azeite de Oliva (mil litros)	Avaliação do percentual de crescimento anual da produção
2019	198	*
2020	48	Reduziu a 1/3 da produção anterior
2021	202	Triplicou a produção
2022	448,5	Dobrou a produção
2023	580,2	Cresceu em 29% em relação à safra anterior

Fonte: Relatório Governo estadual RS, 2024.

### 3.1.1 Produção de azeite e seus resíduos

Apesar do cenário em ascensão atual da indústria oleica, a mesma produz grandes quantidades de resíduo líquidos (águas ruças) e sólidos (bagaço) o que confere um desafio para os lagares, uma vez que seus resíduos precisam ser tratados e destinados de forma a evidenciar práticas sustentáveis que minimizam os impactos ambientais, promovendo a reutilização de resíduos e adoção de práticas limpas. MONTEGIOVE *et al.* (2024) afirma que são produzidos mundialmente mais de 400 milhões de toneladas de resíduos sólidos provindos da indústria olivícola e entre 7 a 30 milhões de toneladas de águas ruças, produzidos principalmente por países da região do mediterrâneo como Espanha, Itália e Portugal. Segundo PAREDES *et al.* (1987), solos impregnados com tais resíduos do beneficiamento de azeite apresentam grande salinidade e elevado pH, deixando resultados negativos como a erosão e redução da atividade

microbiota do solo afetando sua fertilidade e a capacidade de sustentar o crescimento das plantas.

Segundo ROIG *et al.* (2006), os resíduos de lagares costumam ser mundialmente um problema ambiental, principalmente nas regiões de alta produção de azeite, implicado em uma alta geração de resíduos em um curto período de tempo, provocando fitotoxicidade aos ambientes terrestres e aquáticos onde são descartados.

(PAZ; MORAIS; CREXI, 2020), ao estudar a qualidade do azeite de oliva produzido pela região da Campanha (Bagé) afirmam que na região são aplicados métodos clássicos de obtenção de azeite, gerando majoritariamente dois resíduos: o bagaço da azeitona e as águas ruças. Ainda que haja diversas formas de agregar valor a estes resíduos e gerar economia circular, BRITO (2016) enfatiza que métodos antiquados como incineração e compostagem são soluções usuais para a destinação do resíduo da indústria oleica; o autor destaca que a alta concentração de bioativos no bagaço da azeitona, aponta para a perspectiva de novos produtos com diferentes especificidades, de modo a proporcionar maior eficiência e sustentabilidade ao processo de produção do azeite.

### **3.1.2 Aplicabilidade do bagaço de azeitona**

A composição do bagaço de azeitona está intimamente vinculada ao método utilizado para a obtenção do azeite de Oliva. MUNIZ (2021) descreve os percentuais de umidade, azeite, caroço e atividade antioxidante presentes no bagaço a partir do método de extração tradicional. O bagaço resultante do processamento de azeitonas representa aproximadamente 25-35% do peso total da azeitona e é composto pela parte sólida deixada após o processo de moagem no lagar, ou seja, caroço, polpa e casca. O bagaço de azeitona contém um elevado conteúdo orgânico e mineral. Em base seca, contém cerca de 15% de gordura, 6% de proteínas, 16% de carboidratos e 63% de fibras (MIRA, 2023).

Nas últimas décadas foi comumente utilizadas tecnologias de reaproveitamento do bagaço para a obtenção de adubo e ração animal; no entanto, tecnologias que compreendem a produção de biopolímeros, adsorventes e extração de pectinas, enzimas e antioxidantes, viabilizam um panorama nacional mais perene e sustentável (CARDOSO, 2014), com relação à gestão e utilização destes resíduos. Além disso, a presença de altas concentrações de fenóis, lipídeos e ácidos orgânicos conferem ao resíduo potencial antioxidante, anti-inflamatório e uma fonte valiosa de compostos nutracêuticos, o que pode gerar valor agregado ao resíduo, tornando-o matéria prima para variadas indústrias, desde a indústria alimentícia, de

biomateriais, farmacêutica, agroindustrial, a cosmética (ROIG; CAYUELA; SÁNCHEZ-MONEDERO, 2006).

RIPOLL *et al.* (2019) salienta que a presença na azeitona de alta concentração de ácidos graxos (maioria ácido oleico), agrega valor econômico ao resíduo, tornando-o interessante para a indústria farmacêutica, uma vez que seus derivados podem tornar-se importantes aliados ao combate de doenças que afetam o sistema cardiovascular. RIPOLL *et al.* (2019) investigou a atividade antifúngica dos extratos aquosos de bagaço de azeitona, demonstrando seu potencial contra fungos que causam candidíase, dermatofitose e esporotricose; a autora ainda relacionou a capacidade antimicrobiana dos extratos com a presença de fenóis na composição do bagaço de azeitona, a presença deste composto também explica a propensão de propriedades antitumoral, anti-inflamatória e antioxidante nos extratos.

Também são encontrados na composição do bagaço da azeitona, concentrações substanciais de carotenoides e clorofilas substâncias que podem conferir proteção cromática a superfícies. Carotenos são pigmentos comumente encontrados na natureza e que desempenham funções essenciais como pigmentos na fotossíntese e na proteção da degradação UV/Vís de superfícies de frutos e folhas (SILVA, 2017). GALLARDO-GUERRERO (2000) promoveu estudos que demonstram a migração dos pigmentos durante o processo de beneficiamento do azeite de oliva, fazendo com que o alpejo (resíduo sólido) fique com a maior parcela dos pigmentos encontrados no fruto. Dentre os pigmentos citados, os carotenoides são conhecidos por agir sobre a fotooxidação. PAULA; PERES; CARMO (2004) afirmou que esta função é consequência da estrutura conjugada do polieno dos carotenoides, permitindo que a molécula absorva luz ultravioleta e visível e inative oxigênio singlete e radicais livres, conferindo propriedade de barreira às estruturas nas quais estas substâncias estejam presentes. Embora haja poucos estudos sobre o bagaço de azeitona relacionado ao seu potencial fotoprotetor, este é considerado uma fonte potencial de pigmentos para embalagens, por apresentar estruturas carotenoides. A pigmentação das embalagens de produtos cosméticos, por exemplo, é fundamental para proteger os ingredientes ativos da degradação causada pela luz, além de garantir a estabilidade do produto e atrair visualmente os consumidores.

### **3.1.3 O bagaço da azeitona e sua composição**

SOARES (2019) afirma que o subproduto sólido da indústria oleica é dividido em componentes estruturais e os não estruturais. Os estruturais estão predominantemente no endocarpo, apresentando quantidade significativas de lignina, celulose e hemicelulose. Tais

estruturas são políssacarídeos que fornecem estrutura física ao fruto, as quais podem ser aplicadas como aditivos em biofilmes para melhora de propriedades físicas e mecânicas de biofilmes, além de possuírem propriedades adsorventes.

Já os compostos não estruturais são citados pelo mesmo autor como abundantes na polpa do fruto, sendo de natureza orgânica e podem ser extraídos através de processos de solubilização. Incluem uma diversidade de famílias e compostos químicos, como n-alcanos, ceras, triterpenos, ácidos graxos, glicerídeos, fenóis e polifenóis e compostos inorgânicos. É importante salientar que na polpa do bagaço há uma quantidade significativa de compostos bioativos, eles apresentam propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas, anticancerígenas, que trazem valor econômico ao resíduo, além de proporcionar especificidades aos extratos obtidos. Medeiros (2021) atrela a crescente busca destes compostos principalmente ao seu poder de inibir e ou retardar a ação oxidante de várias estruturas. Estão presentes no bagaço da azeitona diferentes tipos de antioxidantes, que atuam com funcionalidades diversas, principais estruturas presentes na composição da azeitona estão divididas em enzimáticas e não enzimáticas.

### **3.2 Estruturas com potencial de barreira UV em embalagens de cosméticos**

O apelo global por sustentabilidade impacta diretamente o consumo de produtos de beleza, exigindo que a indústria vá além da simples atividade de oferecer produtos com embalagens que protejam o produto de processos oxidativos, mas também deve adotar práticas que minimizem o impacto ambiental e alinhem-se com as expectativas ecológicas dos consumidores. Neste sentido, de acordo com dados fornecidos pela Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (2020), o Brasil é o quarto país que mais consome produtos cosméticos, apresentando 57,7% da sua população, motiva seu consumo à proteção da natureza. Desta maneira consumidores não somente são movidos por especificidades do produto, mas também pela sua cadeia de produção, promovendo uma série de mudanças tecnológicas, ambientais e econômicas que visam a utilização de “ingredientes” mais naturais.

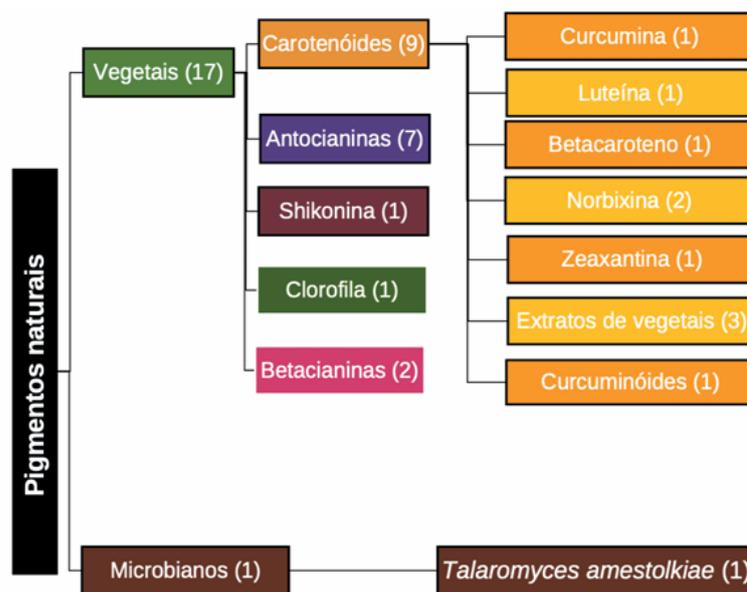
Neste contexto, a utilização de matéria primas de compostos naturais com capacidade antimicrobiana e antioxidante, tornam-se uma das práticas visadas para substituição de compostos sintéticos no desenvolvimento de cosméticos (MENDONÇA, 2023). Predominantemente, um produto cosmético, como sabonete, óleo e cremes é elaborado com base em óleo extraídos de sementes oleaginosas e polpa de frutos, ricos em triacilgliceróis

(95%) e mono e diacilgliceróis, entretanto, estas estruturas tendem a passar por processos oxidativos quando expostas ao calor, oxigênio e luz, prejudicando a qualidade do produto. Assim, frequentemente são adicionados na estrutura de sua embalagem, bloqueadores de UV contendo pigmentos e corantes, como alternativa economicamente viável de solucionar o problema de oxidação precoce (GUIMARÃES, 2016), aumentando a vida de prateleira do produto final.

A energia radiante de fontes luminosas pode causar instabilidade em cosméticos, medicamentos e alimentos, promovendo reações de degradação que resultam na formação de íons e radicais livres, o que prejudica a qualidade dos produtos. Para proteger tais produtos, embalagens plásticas podem conter aditivos que absorvem a radiação UV, dissipando-a como calor, e assim, evitam a fotossensibilização. Corantes e os pigmentos quando adicionados a embalagens desempenham um papel importante na proteção contra a luz, ajudando a manter a integridade do produto, por este motivo é plausível avaliar as propriedades relacionadas à cor, poder de recobrimento, transparência à luz, resistência às condições climáticas, estabilidade ao calor, migração e facilidade de incorporação em embalagens (ALVES *et al.*, 2008) (PAINE *et al.*, 2012).

Os corantes e pigmentos naturais oferecem benefícios antioxidantes e antimicrobianos que ajudam a preservar produtos, mantendo sua eficácia e prolongando a durabilidade. Eles podem ser de origem vegetal, animal ou microbiana, com características definidas pela sua fonte. A preferência por pigmentos vegetais deve-se à sua alta disponibilidade na natureza, encontrados em flores, frutos, caules e raízes. Entre os principais pigmentos sustentáveis estudados na área industrial, os carotenoides se destacam, com cerca de 700 variações que incluem cores como amarelo, laranja e vermelho. GOMES (2022) elencou as principais fontes de pigmentos naturais que tem potencial de aplicação industrial, figurando entre eles outras classes como clorofilas e antocianinas, como é mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Organograma com os pigmentos utilizados em biofilmes



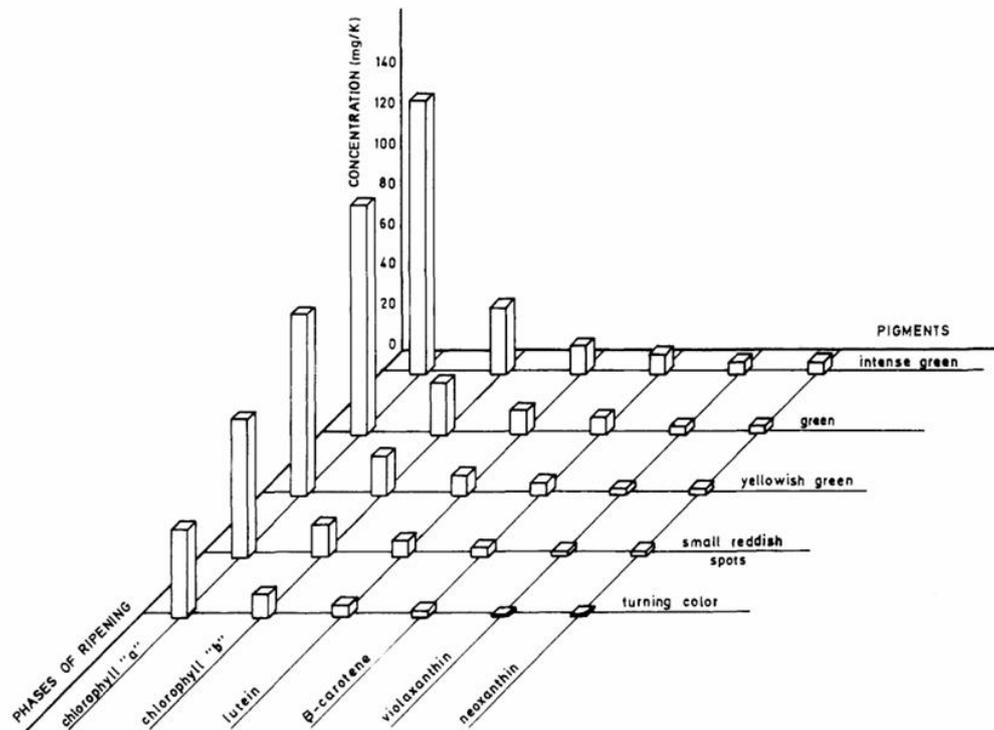
Fonte: GOMES 2022.

### 3.2.1 Pigmentos presentes no bagaço de azeitona e seu potencial para utilização de aditivos bloqueadores de UV

A estrutura básica da azeitona apresenta três partes o epicarpo, onde estão presentes os pigmentos (clorofilas e carotenos), o mesocarpo que % do fruto (onde estão presentes o óleo, produto com valor nutracêutico e o endocarpo, caroço constituído principalmente por estruturas lenhosas (MATEUS, 2015).

MINGUEZ (1989) elaborou um estudo avaliando as mudanças de pigmentos presentes na azeitona conforme o grau de maturação, identificando grupos de clorofila e carotenoides de diferentes composições e em diferentes quantidades, fatores que estão intimamente ligados ao grau de maturação da azeitona no momento que é colhida (Figura 4). O autor detalhou a participação de cada pigmento natural ao longo do tempo de maturação. PESTANA (2011), também avaliaram as colorações de extratos de azeitona produzidas na região de Pelotas/RS, concluindo que a concentração de clorofilas é mais acentuada nas fases iniciais de maturação, enquanto a contribuição dos carotenos aumenta significativamente nas etapas finais, quando ocorre a colheita do fruto para a produção de azeite. Após a colheita, além dos carotenos, destaca-se a presença de antocianinas, compostos que desempenham um papel crucial na coloração do fruto pós-colheita; nesse sentido, os autores encontraram em sua biomassa 2,15 mg/100 g de carotenoides totais, 0,96 mg/100 g de clorofilas totais e 6,81mg/100 g de antocianinas totais.

Figura 4 - Evolução da concentração individual de pigmentos nos cloroplastos em diferentes graus de maturação da azeitona



Fonte: MINGUEZ (1989).

Outros subprodutos da indústria oleica, como as folhas das oliveiras, são citados como ricos em pigmentos naturais dos grupos carotenos e clorofilas. Na Tabela 2 há um compilado de estudos que demonstram a concentração (em base seca) dos principais pigmentos frequentemente encontrada nos subprodutos da indústria oleica. Ainda é evidente a necessidade de um aprofundamento na caracterização da pigmentação do bagaço, especialmente no que tange aos pigmentos presentes e passíveis de extração. Apesar da matéria-prima ser notoriamente rica nesses compostos, a literatura sobre as propriedades específicas desses pigmentos presente nos subprodutos é ainda limitada.

Tabela 2 - Presença de pigmentos naturais nos produtos secundários da indústria oleica

Subproduto	Clorofilas	Carotenoides	Antocianinas	Região de plantio	Referência
	(ug/g)	(ug/g)	(ug/g)		
Folhas da Oliveira	11,9	2,46	29,72	Pampa Gaúcho	JACQUES; ANTUNES; SANTOS (2017); BORTOLINI <i>et al.</i> (2021)
Azeitona sem caroço	9,60	25,00	68,10	Pelotas (RS) – Embrapa	PESTANA-BAUER; GOULARTE-DUTRA; ZAMBIAZI (2011)
Bagaço da azeitona sem caroço	*	29,97	*	Pampa Gaúcho	SILVA (2021)
Óleo do bagaço da azeitona	35,67	10,23	*	Beja (Portugal)	MIRA (2023)

Fonte: Autora (2024).

Pode-se observar na Tabela 2 quantidades interessantes de clorofilas e carotenoides foram detectadas no óleo extraído do bagaço de azeitona e no bagaço de azeitona sem o endocarpo, respectivamente.

### 3.2.2 Carotenoides

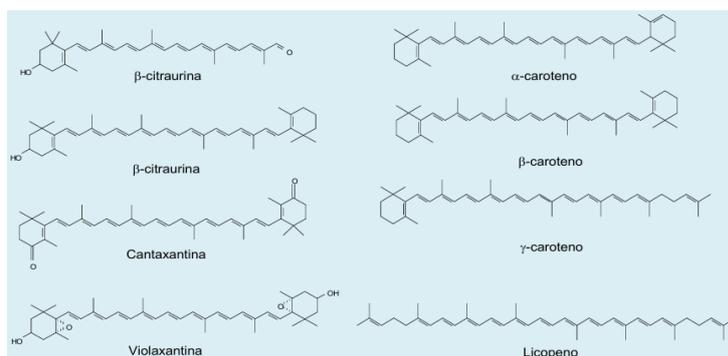
São encontrados quatro tipos de corantes em vegetais, a clorofila (verdes), os carotenoides (amarelo, laranja e vermelho), as antocianinas (vermelho, roxo e azul) e as betaninas (vermelho), sendo os carotenoides com utilização mais frequente em escala industrial. Nos carotenoides o sistema de ligações duplas, responsável pelo grupo cromóforo do composto, é quem confere a característica de maior relevância. A alteração de cor é proporcional ao aumento de duplas ligações, isso significa que a capacidade de absorver luz visível está diretamente relacionada à estrutura da molécula, sendo os comprimentos de onda de absorção máxima estão entre 410 – 510 nm (SILVA, 2023).

É importante destacar que a extração desses compostos é dificultada pela sensibilidade às temperaturas de fusão. Por exemplo, o alfa-caroteno suporta temperaturas de até 187°C, enquanto a actioeritina apresenta uma temperatura de fusão máxima em torno de 75°C (SILVA,

2023). As diferentes classes de carotenoides (carotenos e xantofilas), é distinguida pela presença de oxigênio no grupo funcional da estrutura; mesmo apresentando estruturas um pouco diferentes, salienta-se que as duas classes atuam como aditivos fotoprotetores (MESQUITA, 2017).

Os carotenos são caracterizados por sua cadeia carbônica possuírem apenas carbono e hidrogênio, na qual as extremidades das moléculas apresentam o mesmo arranjo, seja com ambos os terminais cíclicos ou ambos lineares. Já na classe de xantofilas são contidos os derivados que possuem oxigênio em sua cadeia carbônica como aldeído, epóxido, cetona e hidroxila. Carotenos, como o betacaroteno, são incorporados em biofilmes para melhorar suas propriedades fotossensíveis, atuando como potentes antioxidantes que protegem contra danos oxidativos. Xantofilas, como a luteína, são utilizadas em cosméticos para proteger a pele dos efeitos nocivos da radiação UV, contribuindo para a formulação de produtos antienvhecimento. Esses pigmentos são extraídos de fontes vegetais como cenoura e espinafre, onde oferecem uma proteção natural contra a degradação causada pela luz e pelo oxigênio tanto na embalagem quanto no produto. Na Figura 5, são mostradas as estruturas de pigmentos naturais que fazem parte dos carotenoides, incluindo o betacaroteno, licopeno e violaxantina, que são comumente encontrados em azeitonas e folhas de oliveira, também possível visualizar a presença quantitativa dos principais pigmentos potencialmente presentes no bagaço de azeitona (MINGUEZ, 1989).

Figura 5 - Estruturas carotenóicas presentes nos pigmentos naturais - exemplos de xantofilas à esquerda e de carotenos à direita



Fonte: MESQUITA (2017).

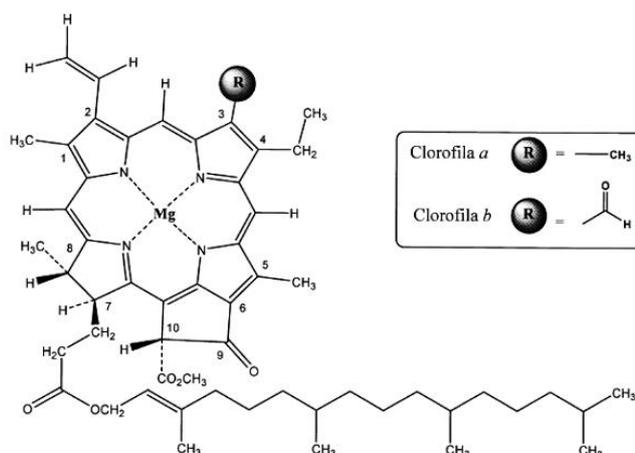
Espécies Reativas de Oxigênio (EROs) são moléculas altamente reativas que podem danificar estruturas poliméricas em embalagens, acelerando seu envelhecimento e degradação. Os carotenoides ajudam a neutralizar esses efeitos danosos por dois mecanismos principais. No

mecanismo físico, o oxigênio singlete transfere sua energia para o carotenoide, que a dissipa através de interações internas, retornando ao seu estado original e prevenindo danos. No mecanismo químico, o carotenoide reage diretamente com a ERO: pode ocorrer a transferência de elétrons, que oxida o carotenoide, ou a abstração de hidrogênio, que forma um radical neutro (MESQUITA, 2017). Carotenoides como luteína, zeaxantina e violaxantina, conhecidas como xantofilas, protegem contra a luz azul e UV. Carotenoides polares, como zeaxantina e violaxantina, também modificam a permeabilidade das bicamadas lipídicas, reduzindo a difusão de espécies reativas de oxigênio (EROs) e seus efeitos prejudiciais (HUMPHREY, 2004).

### 3.2.3 Clorofilas

Outro pigmento de fonte vegetal que é bastante usado é a Clorofila, estrutura confinada no cloroplasto das células da biomassa que possui propriedades de seletividade de luz nas regiões vermelha e azul. Para obtenção de pigmentos naturais a partir desta estrutura, são citados dois principais tipos: “clorofila a” de cor azul/verde que tem absorvância entre 660 nm e 665nm e “clorofila b”, que tem pigmento verde/ amarelo com absorvância entre 642 nm e 652 nm. Suas estruturas são diferenciadas a partir da presença da ligação dupla, como é mostrado nas estruturas da Figura 6. A clorofila é amplamente utilizada na indústria cosmética e como corante natural devido à sua capacidade de estabilização. Além disso, oferece benefícios medicinais, incluindo propriedades cicatrizantes e anti-inflamatórias, Como corante industrial, a clorofila é transformada em seu derivado denominado clorofilina. Este composto é mais estável e menos suscetível a desestabilização pelo pH do meio. A clorofilina é menos suscetível a alterações de cor e degradação causadas por variações no pH do meio. Isso se deve à sua estrutura química modificada, que inclui a substituição do grupo central de magnésio por um grupo de cobre ou ferro, tornando o complexo mais resistente a condições adversas. (MORCELLI, 2021).

Figura 6 - Estruturas químicas da clorofila a e clorofila b



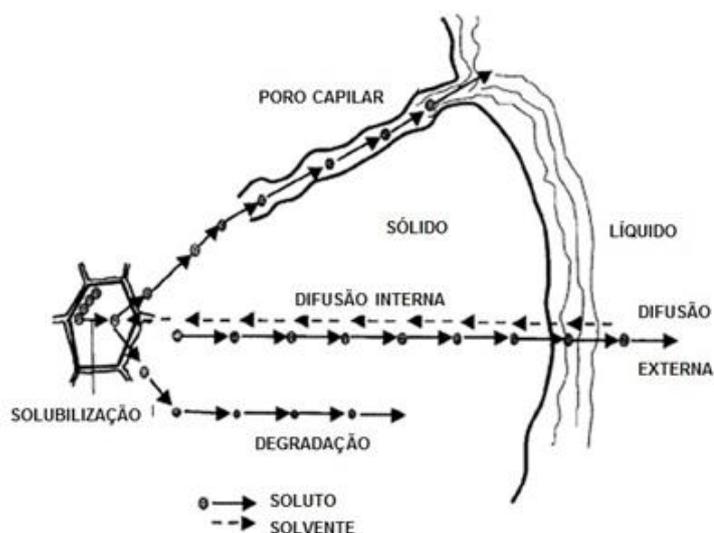
Fonte: CRUZ *et al.* (2007).

Diversos estudos mostram que as clorofilas e seus derivados têm propriedades antioxidantes. No entanto, algumas pesquisas indicam que a clorofila pode atuar como pró-oxidante na oxidação de óleos. A atividade antioxidante ou pró-oxidante das clorofilas depende da presença de luz: no escuro, elas são antioxidantes, enquanto na luz, se comportam como pró-oxidantes. A sua instabilidade faz com que sejam aditivos pouco utilizados, o uso de estabilizantes acoplados à sua estrutura justificam os eventos que estão suscetíveis, como modificações dependendo do pH: em meio alcalino, perde o fitol e se torna mais solúvel, enquanto em pH ácido a perda do íon magnésio altera sua cor. O calor e a presença de luz também afetam sua estabilidade, resultando em mudanças de cor e estrutura irreversíveis. Metais bivalentes como cobre e zinco podem substituir o magnésio, formando complexos mais estáveis, enquanto enzimas e alomerização podem degradar a clorofila em diferentes condições (CRUZ *et al.*, 2007 e SILVA, 2020).

### 3.2.4 Extração de compostos naturais presentes em matrizes sólidas

A extração sólido-líquido (ESL), ou lixiviação, é um método para separar compostos solúveis de uma matriz sólida usando um. O processo envolve a saturação do sólido com o solvente, permitindo a penetração e solubilização das substâncias, e depois o transporte dos solutos para o solvente circundante por difusão e/ou convecção. As principais etapas do processo incluem a saturação, solubilização e dispersão dos solutos, como é ilustrado na Figura 7 (GEANKOPLIS, 1998).

Figura 7 - Esquema de extração sólido-líquido



Fonte: TZIA (2003)

A extração eficiente dos compostos bioativos é essencial para a incorporação bem-sucedida em biofilmes, pois garante que as propriedades funcionais desejadas sejam plenamente aproveitadas e otimizadas no material final. Parâmetros como método de extração, temperatura, tempo, tipo de solvente e pH do meio extrator podem influenciar nas características do extrato e no teor de compostos extraídos. As técnicas clássicas de extração, como maceração e prensagem, apresentam algumas desvantagens como tempo longo, menor rendimento e impureza dos extratos, entretanto são frequentemente utilizadas por sua simplicidade na operação, além de custo de operação baixo. Métodos modernos, como fluidos supercríticos e ultrassom, oferecem maiores rendimentos e tempos mais curtos de extração, mas enfrentam desafios como altos custos e dificuldade de escala industrial. Extratos etanólicos são mais eficientes na extração de compostos bioativos, produzindo soluções com coloração mais intensa e, conseqüentemente, filmes mais espessos, ao contrário dos extratos aquosos que, devido ao maior teor de solvente, resultam em filmes mais finos após a evaporação. (BARRETO, 2021; CRUZ *et al.*, 2007; BENVEGNÚ, 2022).

O aumento do valor agregado aos resíduos do processamento de azeite, como bagaço de azeitona e folhas de oliveira, tem impulsionado a indústria de alimentos a explorar novas alternativas, devido aos benefícios nutricionais e tecnológicos desses subprodutos. Pereira *et*

*al.* (2006) mostraram que extratos de azeitonas inibem bactérias como *Bacillus cereus* e *Escherichia coli*, enquanto Sudjana *et al.* (2009) destacaram a eficácia do extrato de folhas de oliveira contra *Salmonella enterica* e *Listeria monocytogenes*. É um exemplo positivo também a eficácia de filmes biodegradáveis de amido, incorporados com extratos como própolis e folhas de oliveira, apresentam variações na espessura, com o extrato contribuindo para um aumento na espessura dos filmes, corroborando com estudos anteriores sobre a influência dos extratos na característica final dos materiais. Entretanto, estudos com a avaliação de cor dos biofilmes a partir de subprodutos da indústria oleica são mais escassos (LUCAS, 2022; BENVENÚ, 2022).

### **3.3 Biofilmes a partir de pigmentos naturais**

Os biofilmes em embalagens são aplicados sobre biopolímeros para melhorar a proteção e a funcionalidade de um produto, frequentemente utilizada para envolver alimentos e cosméticos. Apresenta-se como embalagens biopoliméricas os bioplásticos, biofilmes ou ainda filmes de origem natural, sendo produzidos a partir de uma matriz polimérica. Atualmente, os polímeros naturais mais frequentemente utilizados em embalagens são: polissacarídeos, celulose, dextrana, carragenana, amido, proteínas, colágeno e gelatina (LUCAS, 2022). Neste contexto, biofilme é definido por estrutura utilizada para envolver produtos capaz de ser completamente degradada por microrganismos (bactérias, fungos ou algas), podendo ter ciclo de deterioração entre algumas semanas ou meses (MOHANTY *et al.*, 2005; DIAS *et al.*, 2017).

Há dois tipos de biomoléculas frequentemente utilizada para elaboração de biofilmes, os hidrocolóides e os lipídeos. Hidrocolóides (proteínas e os polissacarídeos) são usualmente a base de biopolímeros utilizados em embalagens, permitem a obtenção de biofilmes com atributos aprimorados. Entretanto, hidrocolóides por ter natureza hidrofílica, apresentando uma barreira pobre à umidade, característica esta que é compensada com a adição de lipídeos na estrutura do biofilme. Polissacarídeos como amido, celulose, gomas ou proteínas são objeto de pesquisas que envolvem biofilmes com funcionalidades direcionadas (BARRETO, 2021; DOMINGOS *et al.*, 2018).

Os filmes de biopolímeros ainda são inferiores em desempenho comparados aos filmes tradicionais de polietileno e polipropileno. Para melhorar suas propriedades, são adicionados plastificantes, como glicerol, e extratos naturais, que ajudam na flexibilidade e oferecem resistência adicional. A inclusão de aditivos que bloqueiam raios UV também é usada para aumentar a proteção do produto e prolongar sua durabilidade. Diversos estudos estão sendo

conduzidos com o objetivo de melhorar a integridade do produto, focando no aprimoramento de biofilmes aplicados a embalagens. Entre os principais estudos, destacam-se a incorporação de pigmentos naturais, que melhora as características fotossensíveis e mecânicas dos filmes. No Quadro 1 é mostrado alguns estudos de incorporação de pigmentos a biofilmes, bem como seu desempenho (GUEIROS, 2022).

Quadro 1: Estudos relacionados a corantes naturais aplicados a biofilmes

<b>Objetivo</b>	<b>Biocompostos usados</b>	<b>Autores</b>	<b>Desempenho</b>
filmes compósitos antioxidantes de quitosana contendo extrato de <i>Chlorella vulgaris</i> obtidos por ultrassom	Desenvolvimento de um filme comestível e biodegradável à base de quitosana e extrato de carotenoides de <i>Chlorella vulgaris</i> .	ŞAHIN <i>et al.</i> , 2019	O filme apresentou bom conteúdo fenólico, capacidade antioxidante e boas propriedades mecânicas. Pode ser utilizado em embalagens alimentícias, cicatrização de feridas ou como adesivo dérmico.
Aplicação de corantes alimentícios naturais como indicadores de embalagens biodegradáveis e inteligentes	embalagens ecológicas feitas de polilactídeo e polihidroxibutirato, com adição de corantes naturais como beta-caroteno, clorofila, curcumina e luteína.	LATOS-BROZIO; MASEK, 2019	Os corantes alimentares naturais aumentam a temperatura de oxidação, o que melhora a resistência e a estabilidade dos materiais.
Filmes biodegradáveis ativos à base de fécula de mandioca incorporados com nanocápsulas de licopeno.	Desenvolvimento de filmes biodegradáveis de amido de mandioca com licopeno para melhorar suas propriedades antioxidantes.	ASSIS <i>et al.</i> , 2017	A adição de nanocápsulas de licopeno resultou em filmes com alta resistência à tração e alongamento, menor transmitância de luz UV e proteção contra oxidação. A utilização de licopeno livre reduziu a resistência à tração e alongamento, evidenciando as nanocápsulas como uma alternativa mais eficaz.
Embalagem biopolimérica com extrato de folha de oliveira para aplicação no setor cosmético	Biofilme de carragenana com adição de extrato de folha de oliveira	LUCAS, 2022	Melhora das propriedades dos filmes, proporcionando atividade antioxidante, flexibilidade e resistência e tornando-os uma alternativa promissora às embalagens plásticas convencionais.

Fonte: Autor, 2024.

### 3.3.1 Bases e aditivos utilizados na elaboração de biofilmes

As propriedades de barreira e mecânicas dos biofilmes estão intimamente ligadas a base do material que compõem sua formulação. A quitosana figura como o polímero mais utilizado em bases de pesquisas vinculadas a pigmentos, a ação deve-se a sua característica atóxica e possuir atributos inteligentes, como atividade antioxidante, antifúngica e possuir compostos fenólicos. Entretanto, esta base apresenta baixa resistência mecânica, muitas vezes necessitando ser adicionado outro polímero para melhorar tal característica. Biofilmes produzidos a partir de amido são eficazes e promissores devido à sua biodegradabilidade e boas propriedades de barreira; por exemplo; filmes de amido e acetato de celulose com adição de norbixina, zeaxantina ou licopeno responderam de maneira positiva nos efeitos de estabilidade oxidativa do óleo de girassol. Assim, biofilmes à base de amido podem ter uma boa eficácia na proteção de cosméticos, especialmente por serem adequados para produtos com elevado teor de óleo (GUEIROS, 2022).

O amido tem se destacado em diversos estudos como uma base promissora para a elaboração de biofilmes, devido à sua alta disponibilidade, baixo custo e bom desempenho. O amido pode ser extraído de diversos vegetais, como arroz, milho, batata e mandioca, aproveitando tanto as partes aéreas quanto as subterrâneas dessas plantas. Além disso, a cor dos biomateriais produzidos a partir do amido está diretamente relacionada à fonte do amido utilizado. O amido é composto por dois tipos polímeros de glicose: amilose e amilopectina, que possuem estruturas e funcionalidades distintas. A composição de amilose e amilopectina no amido é influenciada pela sua origem botânica. No caso do amido de mandioca, a proporção de amilose varia de 16 a 24%, enquanto a amilopectina varia de 76 a 84% (MOREIRA, 2019; SILVA, 2005; DEBEAUFORT; QUEZADA-GALLO; VOILLEY, 1998).

A amilose, por ser linear, é responsável pela formação de pastas opacas e filmes resistentes, criando ligações de hidrogênio entre as moléculas, o que reduz sua afinidade por água. Já a amilopectina é um polímero de glicose altamente ramificado, constituído por unidades de *D*-glicose unidas por ligações glicosídicas. Diferente da amilose, que tem uma estrutura linear, a amilopectina possui uma estrutura ramificada que se forma por ligações adicionais em ângulos variados, criando uma rede tridimensional. Essa configuração ramificada confere à amilopectina propriedades específicas, como uma maior solubilidade em água e uma capacidade aumentada de formar géis em comparação com a amilose.

Com relação ao amido de mandioca, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de mandioca, e sua importância econômica tem crescido, especialmente por ser usada na produção

de materiais biodegradáveis. No entanto, os filmes feitos unicamente com esses polímeros são rígidos e quebradiços, por isso é necessário adicionar plastificantes para torná-los mais flexíveis, garantindo que eles funcionem bem para o que se pretende (ROCHA *et al.*, 2005; MOREIRA, 2019).

Plastificantes são substâncias adicionadas à matriz polimérica dos biofilmes para aumentar sua flexibilidade e maleabilidade. Funcionam de modo a reduzir interações intermoleculares entre as cadeias poliméricas, permitindo que as moléculas do polímero se movam mais livremente, resultando em um material mais flexível e resistente ao estresse mecânico. Para usar um plastificante, é crucial que ele seja compatível com o polímero e que as proporções sejam ajustadas para atender às necessidades da aplicação. Dentre os mais utilizados, pode-se destacar os polióis como, a triacetina, o glicerol e o sorbitol.

O glicerol é comumente utilizado em estruturas onde se valoriza a opacidade; quando adicionado ao amido, reduz a espessura dos filmes e melhora o deslizamento entre as cadeias de amido, o que facilita a sua manipulação. Esse efeito é devido à sua capacidade de formar ligações de hidrogênio com o amido, promovendo uma lubrificação intramolecular. Como resultado, os biofilmes plastificados com glicerol mostram maior deformação plástica e comportamento de memória, semelhante ao de elastômeros (SOARES *et. al* , 2014).

De maneira geral aditivos naturais, como antimicrobianos e antioxidantes, são essenciais para aumentar a proteção e a vida útil dos filmes biopoliméricos. Pigmentos naturais, especialmente carotenoides, melhoram a opacidade e oferecem proteção fotossensível. A molécula de licopeno, pigmento carotenóico presente em frutas, proporciona maior barreira à luz visível e UV, menor permeabilidade ao vapor d'água através do biofilme, fornecendo um caráter hidrofóbico a biofilmes a base de fécula de mandioca. A vida útil de produtos sensíveis a intempéries pode ser significativamente prolongada com a utilização de biofilmes que incorporam extratos ricos em carotenoides em suas estruturas poliméricas (MORREIRA, 2019; GUEIROS, 2022; ASSIS, 2007).

### **3.3.2 Produção e caracterização de biofilmes**

A formação de biofilmes pode ser realizada pelo método de secagem por moldagem (método de *casting*), onde a solução filmogênica (contendo a matriz principal, o plastificante e o aditivo natural, por exemplo) é depositada em um molde ou superfície e seca em estufa em temperaturas relativamente baixas (40°C, por exemplo), resultando em filmes flexíveis e

altamente transparentes. A extrusão, um método rápido e eficiente, é amplamente utilizada, embora resulte em materiais mais rígidos e com menor transparência, mas com boa resistência à permeabilidade de água. Além disso, métodos como o uso de micro-ondas e irradiação têm sido aplicados para acelerar a secagem dos filmes (SILVA, 2005).

A produção de biofilmes a partir de fécula de mandioca pode ser realizada por vários métodos, mas destaca-se o método de *casting*. Neste processo, a fécula da mandioca é dissolvida em água para formar uma solução que pode ser misturada com aditivos, como plastificantes ou agentes antimicrobianos. A solução é então despejada em moldes ou sobre superfícies planas e seca ao ar ou em estufas. O método *casting* oferece vantagens significativas, como a facilidade de controle sobre a espessura e a uniformidade do filme, bem como a possibilidade de incorporar diversos aditivos para modificar suas propriedades. Esse método é amplamente utilizado devido à sua simplicidade e flexibilidade, permitindo a produção de filmes com características específicas para diferentes aplicações, como embalagem de alimentos ou proteção de cosméticos. (SANTOS, 2004).

A caracterização do biofilme avalia as propriedades funcionais e determina a adequação para aplicações específicas, sendo que são avaliadas características físicas, ópticas, de barreira, mecânicas e antioxidantes em embalagens biodegradáveis (MOREIRA, 2019).

Como a luz pode catalisar reações de oxidação, é crucial que as embalagens para cosméticos e alimentos apresentem uma barreira eficaz contra a luz. Para isso, essas embalagens devem ter baixa permeabilidade aos raios solares e incluir aditivos que absorvem luz UV ou pigmentos que interagem com os raios incidentes, garantindo a proteção do conteúdo do produto e contribuindo para as propriedades ópticas do biofilme. Entre os parâmetros ópticos dos filmes biodegradáveis, destacam-se a avaliação da opacidade e a cor. A opacidade indica a quantidade de luz que pode atravessar o material; portanto, quanto maior a opacidade, menor a quantidade de luz que alcança o produto. A elaboração de filmes opacos com ingredientes que absorvem luz UV-visível é eficaz para prevenir reações indesejadas. A incorporação de antioxidantes em extratos é uma boa alternativa para aumentar a opacidade dos filmes e proteger os componentes internos. Pigmentos naturais demonstram um bom desempenho na proteção contra UV, e técnicas de espectrofotometria UV-Vis avaliam o potencial de pigmentação clorofílica ou carotenoide dos biomateriais (GUIMARÃES, 2016; MIRA, 2023).

Propriedades mecânicas, de barreira e físicas estão altamente ligadas a fotoproteção de embalagens, sendo verificadas por análises como a Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) e a Análise Termogravimétrica (TGA), tais análises podem indicar mudanças estruturais e

estabilidade térmica que influenciam a aparência visual e a forma como a luz é transmitida ou absorvida. A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV-FEG) revela a morfologia superficial do filme, impactando a dispersão da luz e, conseqüentemente, a clareza do material. A medição direta de transparência e espessura é essencial para determinar a clareza e a qualidade visual do biofilme. O ensaio de degradação hidrolítica e a permeabilidade a vapor de água avaliam a estabilidade do biofilme em relação à umidade, o que também afeta sua transparência ao longo do tempo. Por fim, os ensaios de tração podem influenciar a aparência óptica devido a possíveis deformações que alteram a forma como o material reflete ou transmite luz (GUIMARÃES, 2016).

É importante mencionar que a atividade antioxidante dos biofilmes é essencial para assegurar sua eficácia na proteção contra a oxidação e, conseqüentemente, na extensão da vida útil dos produtos. Além disso, essa análise permite a otimização da formulação dos biofilmes, garantindo que os agentes antioxidantes naturais utilizados ofereçam uma proteção eficiente e adequada. O método DPPH avalia a atividade antioxidante dos filmes medindo a captura do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila) por antioxidantes. O DPPH, de cor púrpura, é reduzido a difenil-picril-hidrazina, amarela, resultando em uma diminuição da absorbância a 515 nm. Esse decréscimo é utilizado para determinar a porcentagem de atividade antioxidante dos filmes (MOREIRA, 2019).

#### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

Nesta seção, serão descritos os processos realizados na transformação da matéria-prima em biomaterial, conforme apresentado no fluxograma da Figura 8. O esquema destaca as etapas do processo e as respectivas caracterizações realizadas em cada uma delas.

Figura 8 - Etapas do processo de elaboração do biomaterial com as respectivas análises.



Fonte: Autora (2024)

#### 4.1 Matéria- prima

No presente trabalho o bagaço de azeitona que é matéria-prima para a produção do extrato contendo os compostos de interesse, foi obtido na empresa Azeites do Pampa Agroindústria Ltda, localizada em Bagé, município do Pampa Gaúcho, safra de 2024. Este bagaço é proveniente do processamento das azeitonas da cultivar Koroneiki. A coleta da biomassa ocorreu concomitantemente com a produção de azeite, entre os meses de janeiro a Março de 2024. Para preservar os compostos bioativos presentes, as amostras coletadas foram imediatamente congeladas em freezer a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Foi feita a caracterização química da matéria-prima sendo executadas as análises de umidade, compostos fenólicos totais, carotenoides, clorofilas e atividade antioxidante.

#### 4.2 Preparo da matéria-prima

O bagaço de azeitona foi previamente descongelado em geladeira ( $4-5^{\circ}\text{C}$ ) e, em seguida, submetido à redução de umidade por evaporação. Para isso, as amostras foram dispostas em bandejas metálicas com espessura de amostra equivalentes a  $0,7 \pm 0,1$  cm e colocadas em uma estufa com circulação forçada a  $40^{\circ}\text{C}$  durante 24 h. As amostras foram caracterizadas quanto à sua umidade final segundo a Equação 1.

A fração do bagaço rica em polpa foi separada do caroço via separação pneumática em um leito de jorro cilindro-cônico. O ar ( $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ) foi fornecido por um soprador centrífugo, promovendo o arraste das partículas mais leves (polpa) a uma vazão de  $0,0168 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  pelo período de 10 min. Essas partículas, consideradas a fração de interesse, foram coletadas em um

ciclone *Lapple*, conforme metodologia adaptada de Rodrigues (2021). Após a remoção das partículas leves, a vazão do ar foi aumentada para remover o material remanescente mais denso (caroço) do leito de jorro. Foi obtida a distribuição granulométrica das partículas, bem como a sua massa específica real e aparente. Foram determinadas também a atividade antioxidante e os teores de compostos fenólicos totais, clorofilas e carotenoides, calculadas pelas Equações 2 a 7 da seção da metodologia analítica. As partículas da fração rica em polpa de azeitona seca foram moídas utilizando um moinho analítico do tipo hélice (IKA, A11, Darmstadt, Alemanha). As partículas moídas foram caracterizadas pelos mesmos parâmetros que a polpa separada via leito de jorro.

### **4.3 Extração dos compostos fotoprotetores e elaboração dos filmes biopoliméricos**

Os compostos fotoprotetores foram extraídos da polpa moída utilizando etanol (96 GL) como solvente. Para tal, foi utilizado 1 g da amostra moída para cada 50 mL de solvente. O procedimento foi realizado em banho metabólico, seguindo a metodologia descrita por Vargas (2015), que identificou o uso de etanol absoluto como o mais eficiente para a extração de pigmentos carotênicos em polpa de pêssego.

O extrato etanólico contendo os compostos fotoprotetores foi incorporado a filmes biopoliméricos elaborados pelo método de *casting*, utilizando amido de batata (P.A.) como base, glicerol como agente plastificante e o extrato contendo pigmentos clorofílicos e carotenoides. Foi elaborada também uma amostra-controle, sem a adição do extrato etanólico.

Na elaboração dos filmes biopoliméricos, uma solução filmogênica foi preparada, vertida sobre uma superfície plana e seca, formando um filme uniforme. A suspensão aquosa contendo os insumos (50 mL de água e 5 g de amido) foi aquecida por 30 min em uma chapa de aquecimento para a solubilização do amido, utilizando um agitador mecânico tipo âncora, a 85°C ( $\pm 5$  °C) e 1100 rpm. Foi adicionado 1,8 g do glicerol na solução aquosa e 50 mL de água deionizada (amostra controle) ou do extrato etanólico, cuja mistura foi mantida sob agitação por 10 min. Após o preparo, 64 g da solução filmogênica foi vertida em placas de acrílico (15 cm de diâmetro) e colocada para secar em estufa com circulação forçada de ar a 35°C por 24 h. Sendo que para os filmes com incorporação de extrato utilizou-se tempo de estufa igual a 34h. Após esse período, os filmes biopoliméricos foram removidos das placas para caracterização de suas propriedades.

### **4.4 Metodologia Analítica**

Teor de umidade: os ensaios de umidade das amostras foram realizados em triplicata, utilizando a metodologia 12/IV do a. No referido método, 5 g de amostra foram pesados em um cadinho utilizando uma balança analítica (Marte – Classe II) e submetidos à secagem em estufa (Nova Ética) a 105°C por 24 h. A determinação do teor de umidade foi calculada por meio da Equação 1, onde  $M_{fu}$  representa a massa da amostra após a secagem e  $M_{IU}$  corresponde a massa de amostra inicial, sendo ambas expressas em gramas.

$$U (\%) = \left( 1 - \frac{M_{fu}}{M_{IU}} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Compostos fenólicos totais (CFT): a determinação de compostos fenólicos totais seguiu a metodologia de Singleton e Rossi (1995), em que 1 g de amostra foi diluída em 10 mL de metanol (P.A.). A mistura foi mantida em banho-maria a 25°C durante 3 h e filtrada em funil de vidro; o extrato obtido foi transferido para um balão volumétrico de 50 mL, sendo o volume completado com metanol. Em seguida, 1 mL do extrato foi pipetado para um tubo Falcon de 15 mL, ao qual adicionou-se 10 mL de água e 0,5 mL do reagente *Folin-Ciocalteu*, deixando-se reagir por 3 min. Posteriormente, acrescentaram-se 1,5 mL de uma solução de carbonato de sódio 20%, deixando-se a reação ocorrer por mais 2 h. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Equilam, 775B), no comprimento de onda de 765 nm, com o equipamento previamente calibrado utilizando metanol. Através da equação 2 (curva padrão de ácido gálico,  $R^2 = 0,99$ ) foi determinada a concentração de compostos fenólicos totais expressa em termos de miligramas de ácido gálico por litro de solução e da Equação 3, a concentração de CFT em termos de miligramas de ácido gálico por grama de amostra seca (onde  $Abs$  é a leitura da absorbância da amostra em espectrofotômetro e  $C$  é a concentração de CFT expressa em mg/L).

$$C \left( \frac{mg_{GAE}}{g_{ss}} \right) = \frac{Abs}{0,002} \quad (2)$$

Atividade antioxidante (AA): a determinação da atividade antioxidante foi feita conforme o método de Brand-Willians (1995), a qual utiliza o DPPH para avaliar a capacidade de eliminação de radicais livres. Foram pesados 2,5 g da amostra em tubos Falcon contendo 10 mL de metanol (P.A.) e agitados em Ultra Turrax por 30 s. As amostras foram armazenadas sob

refrigeração, em temperatura entre 3 e 4°C durante um período de 24 h e centrifugadas (15 min a 29000.g). Foi coletado 0,1 mL do sobrenadante e misturado a 3,9 mL de uma solução de DPPH ( $Abs = 1,106$  no comprimento de onda 517 nm), a qual reagiu com a amostra na ausência de luz (perturbação) e em temperatura ambiente por 24 h, sendo medida a absorvância em espectrofotômetro (Equilam, 775B) com comprimento de onda ajustado para 517 nm. A atividade antioxidante (% AA) foi expressa em termos do percentual de redução do DPPH, conforme é indicado pela equação 3. Sendo  $Abs_{DPPH}$  igual a 1,106 nm e  $Abs_{bagaço}$  a absorvância da amostra.

$$\% AA = \left( \frac{Abs_{DPPH} - Abs_{bagaço}}{Abs_{DPPH}} \right) * 100 \quad (3)$$

Carotenoides totais (CT): a quantificação de carotenoides foi através do método Rodrigues- Amaya (2001), sendo utilizado 5 g de amostra misturados a 2 g de celite e 20 mL de acetona (P.A.) gelada (). O processo de extração foi promovido sob agitação com vidro bastão por 10 min, seguida de filtração em funil de *Büchner* até que o extrato ficasse incolor. O filtrado foi transferido para um funil de separação, onde foram adicionados 30 mL de éter de petróleo (P. A.) e cerca de 100 mL de água destilada. A fase aquosa foi descartada, e o procedimento foi repetido quatro vezes para remoção completa da acetona. O extrato superior, fração a qual apresenta coloração verde foi transferido para um balão volumétrico de 50 mL e avolumado com éter de petróleo. A leitura da absorvância foi realizada em espectrofotômetro a 450 nm, utilizando éter de petróleo como branco. A concentração dos carotenoides foi expressa em termos de miligramas de betacaroteno por gramas de sólido seco (Equação 4) , onde  $Abs$  é a leitura do extrato no espectrofômetro,  $U$  é a umidade da amostra e  $m_{am}$  é a massa de amostra em gramas.

$$\frac{mg_{\beta \text{ caroteno}}}{g_{ss}} = \frac{Abs * 50 * 10^6}{2500 * 100 * U * m_{am}} \quad (4)$$

Clorofilas “a” e “b” e totais: na determinação dos compostos clorofilados, foram maceradas 1 g de amostra em almofariz com 5 mL de metanol a 80% (v/v). O material foi centrifugado a  $4000 \pm 5000$  g por 10 min, e o sobrenadante foi transferido para um balão

volumétrico de 25 mL, completando-se o volume com metanol a 80% (v/v). A absorvância da solução foi medida em espectrofotômetro nas leituras de 647, 663 e 470 nm. Os teores de clorofilas totais, clorofilas 'a' e 'b', foram determinados por meio de equações previamente estabelecidas por Lichtenthaler (1987), descrita na equação 5; 6 e 7, onde os resultados são expressos em micrograma por grama de amostra.

$$Cl\ totalis\ \left(\frac{\mu g}{g_{amostra}}\right) = 7,15 (Abs_{663}) + 18,71 (Abs_{647}) \quad (5)$$

$$Cl\ "a"\ \frac{\mu g}{g_{amostra}} = 12,25 (Abs_{663}) - 2,79 (Abs_{647}) \quad (6)$$

$$Cl\ "b"\ \frac{\mu g}{g_{amostra}} = 21,5 (Abs_{647}) + 5,10 (Abs_{663}) \quad (7)$$

Distribuição granulométrica: aos ensaios de distribuição granulométrica foram aplicados duas metodologias diferentes, empregada no matéria prima após a secagem a distribuição granulométrica a partir de peneira (*BERTEL*) submetidas a agitação por 25 minutos, logo após foi determinado o diâmetro de sauter. E para a distribuição granulométrica após o processo de moagem foi determinada a partir do granulômetro a laser (*CILAS*, 1190 Líquido), equipamento o qual possui uma faixa de análise que abrange de 0,04 a 2.500  $\mu m$  no dimensionamento de partículas, empregando três lasers. Além disso, conta com sistema de imagem capaz de avaliar o tamanho e a forma das partículas e determinar o diâmetro médio de partícula.

A massa específica de uma substância é definida pela quantidade de massa que ocupa dado volume, podendo ser analisada de forma aparente (quando não se leva em conta a porosidade do material) e real.

Massa específica aparente: Na determinação da massa específica aparente empregou-se ensaio de proveta que consiste na utilização de uma proveta de 100mL previamente tarada a qual foi preenchida com o bagaço e submetida a pesagem em balança analítica (Marte – Classe II). Neste ensaio não há efeito de parede uma vez que o diâmetro de partícula da amostra é muito menor que o diâmetro da proveta, foi feito através de triplicata.

Massa específica real: foi realizada através de ensaio de picnometria gasosa a hélio (Quantachrome Instruments, ULTRAPYC 1200e). O ensaio foi realizado para determinar o volume de sólidos, incluindo materiais porosos, utilizando gás hélio devido à sua característica

inerte e à facilidade de penetração nos poros da amostra. O sistema consiste em duas câmaras de volumes previamente determinados, conectadas por uma válvula, com suporte de uma balança analítica. Uma câmara acomoda a amostra, enquanto a outra é utilizada para a expansão do gás. Caracterização dos filmes biopoliméricos: avaliou-se suas propriedades.

- **Espessura:** A espessura dos filmes foi medida com um micrômetro digital da marca INSIZE – IP65. Foram realizadas 10 medições aleatórias em diferentes partes da superfície dos filmes para obter uma média aritmética precisa.
- **Permeabilidade ao vapor de água (PVA):** O PVA foi determinado conforme é mostrado na equação 8, seguiu-se a norma ASTM E 96/E 96M-16 (2016). Utilizando tubos Falcon contendo 3 g de cloreto de cálcio, o filme foi envolto ao tubo, e as células de permeação foram previamente acondicionadas em dessecadores, mantidos à temperatura ambiente e com 0% de umidade relativa. O ganho de massa do cloreto de cálcio foi utilizado para calcular a quantidade de vapor de água que atravessou o filme.

$$PVA = \frac{M_{AB} * E}{t * A * \Delta P} \quad (8)$$

Onde  $M_{AB}$  é a quantidade de água absorvida (g), E a espessura média do filme (m), t o tempo total de análise (s), A é a área da superfície exposta do filme ( $m^2$ ), e  $\Delta P$  é a diferença de pressão de vapor parcial entre as amostras (Pa).

- **Propriedades Mecânicas:** a resistência à tração e a porcentagem de alongação foram avaliadas com um texturômetro da marca TA-XT *plus Texture Analyser* (SMS, Surrey, UK), seguindo o método ASTM D 882-83. Os corpos de prova, com dimensões de 100 mm x 25 mm, foram testados a uma velocidade de 50 mm/s. A resistência à tração foi calculada pela tensão máxima dividida pela área transversal mínima original, e a porcentagem de alongação determinada pela distância percorrida na ruptura.
- **Propriedades Ópticas:** foi feita avaliação óptica das propriedades do filme através do ensaio de cor pela metodologia adaptada da Comissão Internacional de Iluminação (1970). Aplicando fotos dos biofilmes no software “*Color Gear Circulo*

*Cromático*”, obteve-se a evolução de luminosidade dos biofilmes após a adição dos extratos nos filmes e determinou-se os parâmetros  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (verde-vermelho) e  $b^*$  (azul-amarelo). A diferença de cor é dada por  $\Delta E$  foi calculada para comparar as cores dos filmes com um padrão branco, sendo determinada pela equação 9 .

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (9)$$

Onde  $\Delta L^*$  representa a diferença na claridade (luminosidade) entre duas cores.  $\Delta a^*$  a diferença no eixo verde-vermelho,  $\Delta b^*$  a diferença no eixo azul-amarelo e  $\Delta E^*$  A diferença de cor total.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Preparo de matéria prima

A umidade inicial do bagaço úmido (matéria prima) encontrada no presente trabalho foi de  $71,9 \pm 1,53\%$ , valor que está em acordo com a literatura, sendo os valores encontrados de 78% Soares (2021), 65% Santos (2019), 73% Mira (2023) e 64 % Silva (2021).

De acordo com Brito (2016), o bagaço de azeitona contém um teor de umidade elevado, aproximadamente 75%, portanto, quando utilizado em métodos de extração de compostos fenólicos, por exemplo, é necessário submetê-lo a um processo de secagem, concentrando os compostos de interesse e diminuindo a atividade de água no material

Os valores de umidade do bagaço moído após a secagem (Tabela 3) apresentaram-se maiores que a o que a literatura evidencia, quando comparado ao processo de secagem utilizando secagem em estufa a  $40^\circ\text{C}$  por Soares (2021), que encontrou o valor de 24%. Esta diferença pode estar relacionada com a diferença da espessura da amostra utilizada durante a secagem, visto que o tempo e a temperatura foram os mesmos da autora ( $40^\circ\text{C}$  por 24 h). No presente trabalho utilizou-se uma espessura de amostra sobre a bandeja de secagem de 0,7 cm, configurando uma camada delgada. Neste contexto, autores que elaboraram a secagem do bagaço de azeitona em camadas delgadas frequentemente encontram valores mais próximos ao do presente trabalho que foi de  $4,7 \pm 0,21\%$ . Os autores Silva (2021), Santos (2019) e Rodrigues (2022) determinaram os valores de umidade pós secagem em 15%, 8,24% e 8,49% respectivamente, tais resultados foram obtidos em temperatura de  $50^\circ\text{C}$  e espessura de amostra

nas bandejas de 0,07 a 0,10 cm. Na Tabela 3 são apresentados os resultados de compostos bioativos do bagaço de azeitona (após secagem e moagem).

Tabela 3 - Composição de compostos bioativos na polpa do bagaço de azeitona moído

<b>Análises</b>	<b>Resultado</b>
Umidade B.U (%)	4,70 ± 0,21
Clorofila total B.S (µg/g <sub>ss</sub> )	418,92 ± 10,93
Clorofila a B.S (µg/g <sub>ss</sub> )	25,63 ± 4,29
Clorofila b B.S (µg/g <sub>ss</sub> )	389,43 ± 6,65
Carotenóides B.S (µg/g <sub>ss</sub> )	66,01 ± 0,28
A. Antioxidante B.S (%)	72,905 ± 2,38
CFT B.S (mg GAE/ g ss)	3,950 ± 0,37

Fonte: Autora (2024).

A composição química final dos compostos bioativos avaliados neste projeto, foram afetadas principalmente no processo de secagem o qual reduziu significativamente a biodisponibilidade de clorofilas e compostos fenólicos quando comparado a quantidades encontrada na polpa úmida, reduzindo em 90,42 e 84,93 % respectivamente. As clorofilas são pigmentos presentes no azeite de oliva, com destaque para a feofitina-a e a feofitina-b. Estes pigmentos são responsáveis pelas colorações que variam de verde escuro a quase preto nas azeitonas e seus derivados Böhmer (2018). A redução de clorofila era esperado uma vez que são composto termosensíveis, segundo Minguez clorofilas da azeitona apresentam fotodegradação na presença de ambientes com temperaturas superiores a 35°C, fato qual explica a redução da quantidade de clorofilas, principalmente a clorofila “a”. O processo de secagem teve um impacto distinto nos dois tipos de pigmentos. Enquanto a secagem reduziu drasticamente a quantidade de pigmentos clorofilinos, ela não afetou de forma significativa a concentração dos pigmentos carotenoides. Essas diferenças podem ser atribuídas às diferentes estabilidades térmicas e propriedades químicas dos pigmentos durante o processo de secagem. Mira (2024) encontrou valores de concentração de pigmentos clorofilicos menores que o do presente trabalho, sendo de 35 µg/g, entretanto, valor de pigmentos carotenóicos menores, sendo de 10,23 µg/g. Estes valores são corroborados no trabalho de Minguez (1997 e 1989), os quais apresentam 57 µg/g para pigmentos clorofílicos sendo a contribuição de clorofilas do tipo “a” inferior a 10% da porcentagem total de pigmentos em azeitonas frescas. Já para pigmentos carotenóides presentes na azeitona Minguez (1989) aponta a concentração de 12,97 µg/g de azeitona, valor cinco vezes menor do que o encontrado no presente trabalho. Silva

(2021), submeteu a polpa da azeitona a secagem e obteve valor menor ao resultado indicado na Tabela 3, que foi 29,98  $\mu\text{g/g}$ .

A atividade antioxidante da polpa foi reduzida a 72,90% valor o qual indica uma boa quantidade de antioxidantes na matéria prima, tais componentes podem atuar também na fotoproteção da matéria. O valor encontrado está em concordância com os valores encontrados nas literaturas que visam a extração de compostos bioativos, Silva (2021) 73%, Mira (2024) de 67%, Duarte (2011) 90%. De acordo com Mira (2024), a determinação da atividade antioxidante do bagaço é essencial, pois os compostos antioxidantes retardam ou previnem a oxidação. Isso os torna altamente valorizados pelas indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica, devido à sua capacidade de evitar a oxidação dos lipídios.

Já os compostos fenólicos totais encontrados no presente trabalho foram menores que os encontrados por Mira (2024), sendo que este último encontrou valores de 28,8 mg GAE/ g ss. Entretanto, é comum este parâmetro variar entre 2 a 44 mg GAE/ g ss no bagaço. Silva (2021) encontrou o valor de 4,5 mg GAE/g ss, valor 15% maior do que o encontrado no presente trabalho. Schmidt (2024) indica que o aumento de compostos fenólicos no bagaço da azeitona, estão intimamente ligados ao tamanho de partículas, podendo aumentar a eficiência de extração destes componentes em até 15% quando no processo de extração se utiliza partículas na faixa de 2 – 20  $\mu\text{m}$ .

Na Figura 09 pode-se observar que o processo de secagem do bagaço influenciou nas suas características visuais, principalmente com relação a sua cor, onde pode-se perceber que inicialmente o bagaço rico em água apresenta coloração verde intensa e após ser seco apresenta coloração mais escura.

Figura 9 - Processo de secagem do bagaço in natura



Fonte: Autora, 2024.

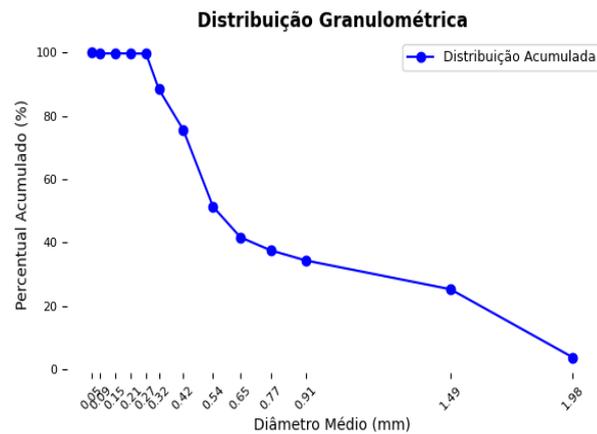
Além da mudança de coloração da matéria prima é possível também observar grânulos de coloração mais clara, tanto no bagaço in natura quanto no bagaço seco; tal característica

indica a presença de partículas de caroço, os quais são indexados na extração, pois em sua estrutura não há os pigmentos, os quais são objetos deste trabalho. Minguez-Mosquera (1989) estudaram a pigmentação da azeitona segundo o seu grau de maturação, e seus estágios de colheita, o trabalho versou sobre a caracterização química das azeitonas sendo identificado que na polpa e casca existem compostos bioativos como clorofilas, carotenóides secoiridoides, flavonols, ácidos fenólicos e álcoois fenólico. Já no endocarpo (caroço), são encontradas estruturas ligninas, celulose e hemicelulose. Estudos como os de Minguez apontam para o fato de quando há interesse nos compostos bioativos é necessário fazer a separação do endocarpo e do mesocarpo visando a otimização da extração dos compostos.

Rodrigues (2021) aplicou técnicas de separação pneumática em bagaço de azeitona, na qual indica valores ótimos de separação com fração mássica de polpa entre 30 a 35% em volume, valores os quais são frequentemente evidenciados em literatura como Brito (2019) que indica valores entre 35 – 45 % em volume. Böhmer (2018) indica que valores de frações mássicas de polpa em bagaço de azeitona estão na faixa de 60 -75 %. No presente trabalho, a fração de polpa separada por transporte pneumático correspondeu a 68,21% do bagaço seco, valor o qual está dentro da faixa estimada pela literatura.

Os compostos bioativos do bagaço de oliva têm efeitos benéficos, mas sua biodisponibilidade é geralmente baixa (5-10%). Para melhorar essa biodisponibilidade, Shimidt (2024) afirma que técnicas de redução de tamanho podem ser utilizadas, impactando positivamente nas propriedades benéficas dos compostos bioativos do bagaço de azeitona. A autora estudou o metabolismo de digestão das partículas de diâmetros de 20 – 100  $\mu\text{m}$ ; os resultados mostraram que quanto menor o diâmetro de partícula da farinha de bagaço de azeitona, maior é a eficiência dos processos de digestão e extração dos compostos bioativos presentes na matéria prima. No presente trabalho, as partículas após moagem apresentaram diâmetro volumar médio de  $75\mu\text{m}$ , o que representou uma redução do tamanho de partícula em 86,11%, este resultado é evidenciado pelas Figuras 10 e 11, os quais mostram a distribuição granulométrica da partícula de polpa antes e após processo de moagem.

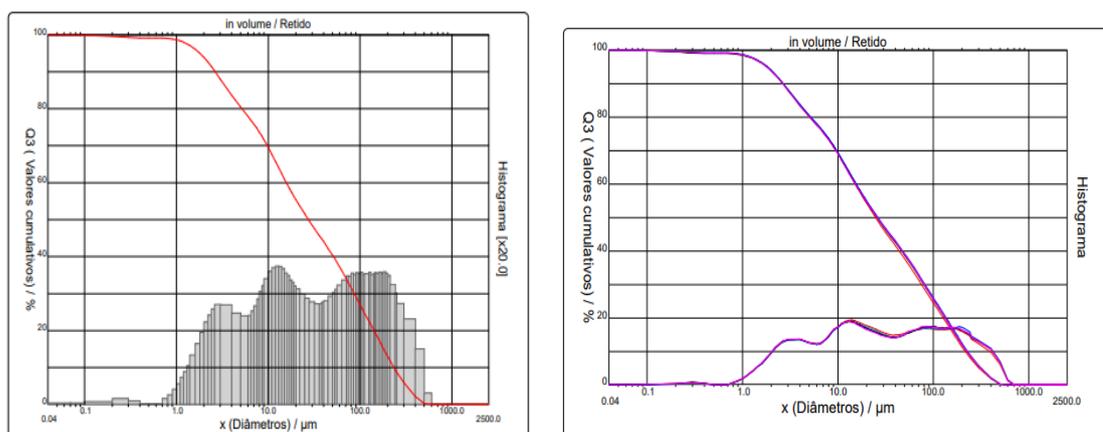
Figura 10: Distribuição granulométrica da fração correspondente a polpa de azeitona.



Fonte: Autora (2024).

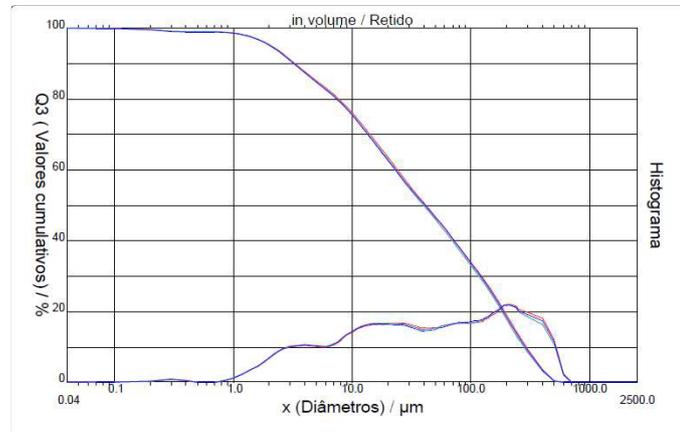
A Figura 10 mostra que a distribuição granulométrica do bagaço após a secagem evidenciando que 76% matéria prima apresentou diâmetros de partícula entre 0,42 – 1,93 mm, não sendo a faixa ideal para melhor extração de compostos bioativos apontados do Schimdt (2024) e Böhmer (2018). Após a moagem a partícula de polpa da azeitona apresentou diâmetro médio de 75  $\mu\text{m}$ , valor que confere com o que autor Silva (2021) indica em seu trabalho de 97,98  $\mu\text{m}$ . Na Figura 11 pode-se observar que após a moagem, as partículas moídas apresentaram uma ampla faixa de distribuição granulométrica, compreendida de 1 – 500  $\mu\text{m}$ . Ainda é possível inferir que 72% da polpa moída apresentou diâmetro menor que 100  $\mu\text{m}$  o que é interessante para fins de extração de compostos bioativos e de barreira, conforme apontado por Silva (2021) e Schimdt (2024), em cujos trabalhos as partículas estavam na faixa de 10-100  $\mu\text{m}$ . As variações de picos sobrepostos indicando homogeneidade da amostra também foi encontrado no trabalho de Silva (2021), apresentado na Figura 12.

Figura 11: Distribuição granulométrica da fração correspondente a polpa de azeitona após moagem.



Fonte: Autora (2024).

Figura 12 - Distribuição granulometria da polpa de azeitona do bagaço de azeitona

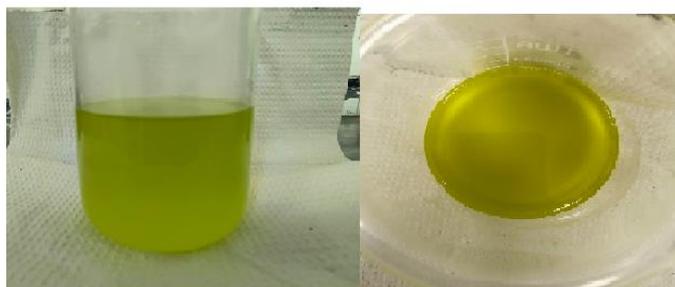


Fonte: Silva (2021)

## 5.2 Extração e elaboração de filme polimérico

Os extratos a partir de etanol e polpa do bagaço da azeitona, contendo os pigmentos clorofilicos e carotenóicos foram produzidos como é mostrado na figura 11 , onde percebe-se pigmentação verde intensa indicando a presença de pigmentos clorofilicos e carotênicos resultado do processo de extração. Ainda sobre o extrato foi possível afirmar sensorialmente que o extrato possui fração carotênica uma vez que apresenta aspecto gorduroso após centrifugação. Os extratos foram avaliados quanto a presença de seus pigmentos, os quais são apresentados na tabela 4.

Figura 11: Avaliação dos pigmentos presentes no extrato etanólico



Fonte: Autora (2024)

Tabela 4: Avaliação dos pigmentos presentes no extrato

<b>Analises</b>	<b>Extrato com Etanol</b>
Clorofila total ( $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{SS}}$ )	615,75 $\pm$ 36,94
Clorofila a ( $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{SS}}$ )	352,30 $\pm$ 11,22
Clorofila b ( $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{SS}}$ )	263 $\pm$ 36,94
Carotenóides ( $\mu\text{g}/\text{g}_{\text{SS}}$ )	14,11 $\pm$ 0,33

Fonte: Autora (2024).

A pesquisa sobre a exploração de extratos obtidos do bagaço geralmente se concentra na otimização da extração de compostos fenólicos e antioxidantes. Diante disso, é pertinente comparar as quantidades de pigmentos encontradas nesses extratos contendo os pigmentos de frutos comumente utilizados em processo de extração de resíduos de frutos sendo eles, o pêssego, a manga e o tomate. Considerando a sensibilidade de clorofilas a mudança de temperaturas, extração se mostrou eficiente. Os resultados para a extração de pigmentos carotenicos foram satisfatórios uma vez que Vargas (2015) indica a eficiência de extração de pelo menos 66% dos pigmentos carotenicos presentes no pêssego, apresentando valores de grandezas superiores a encontrado na polpa da azeitona. Vargas (2015) indica que encontrou 168  $\mu\text{g}$  de carotenoides/gss na polpa do pêssego, onde foi possível extrair 68  $\mu\text{g}$  de betacaroteno por grama de amostra e Nunes (2021) encontra valores de 230  $\mu\text{g}$  de carotenoides/gss em estudos de extração de pigmentos carotênicos e Silva (2020), valores na mesma ordem de grandeza. A presença em abundância dos pigmentos no pêssego facilita a área de contato entre amostra e etanol, outro fator que impacta no processo de extração segundo Vargas (2015) é o modo de extração o qual submete-se a amostra, extrações feitas com rotaevaporados ou que os bagaços tenham passado por processo de liofilização tendem a perder cerca de 25% menos pigmentos carotenicos. Maglinia (2012) elabora otimização do processo de extração de pigmentos presente em cúrcuma, a partir dos solventes metanol e acetona, apresentando melhor eficiência de extração com o solvente metanol, entretanto o metanol não é bem visto de maneira ecológica, uma vez que apresenta grau elevado de toxicidade, já a acetona apesar de mostra eficiências menores, na ordem de 40% de eficiência de extração é mais amigável ao meio ambiente. Mesmo com a baixa concentração de pigmentos extraídos foi possível desenvolver coloração nos filmes biopoliméricos a base de amido, tal evento é apresentado na figura 12, onde a figura “a” é a solução filmogênica controle e a “b” é a solução com a adição do extrato.

Figura 12: Elaboração de solução filmogênica



Fonte: Autora (2024).

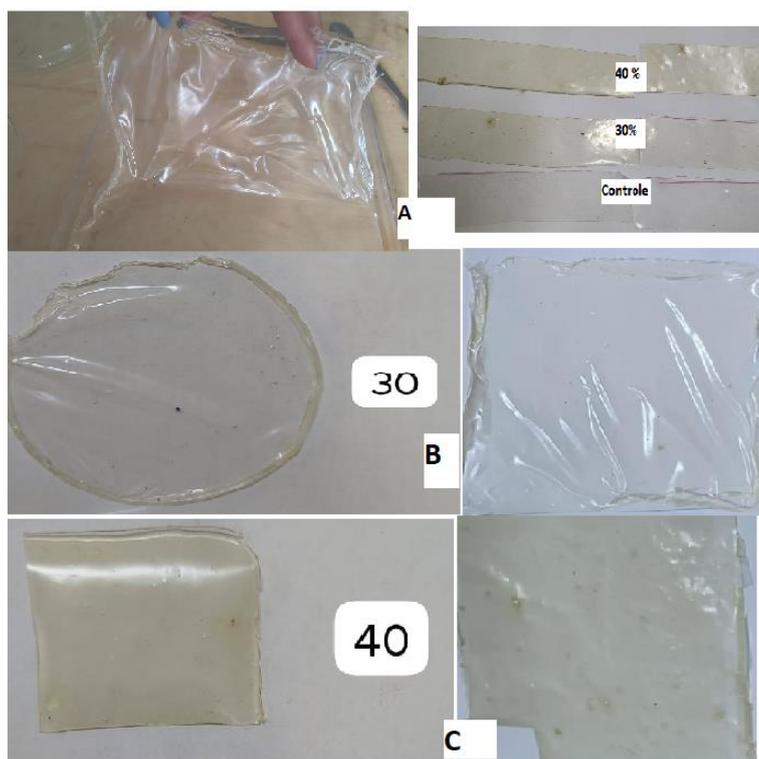
Os efeitos da incorporação do extrato à solução filmogênica podem ser analisados na Figura 13. Na subfigura "A", observa-se inicialmente a estrutura do filme controle, que apresentou características homogêneas, isento de rachaduras, flexível e livre de bolhas. Essas propriedades foram intensificadas nos filmes biopoliméricos contendo extrato, conforme evidenciado nas subfiguras "B" e "C" da Figura 13. De acordo com Lucas (2022) e, aspectos intrínsecos à qualidade de embalagens cosméticas incluem elevada homogeneidade, maleabilidade, facilidade na remoção do material da placa de acrílico, bem como a ausência de bolhas ou fissuras. Esses fatores corroboram o potencial deste estudo na investigação do desenvolvimento de filmes biopoliméricos elaborados a partir de extratos da polpa de azeitona, visando à proteção contra radiação UV, proporcionada pela pigmentação, logo sendo uma embalagem ativa, pela presença em abundância de compostos antioxidantes e pigmentos carotênicos presentes no extrato utilizado.

Batista (2004) que estudou sobre embalagens ativas, evidencia que filmes utilizados em embalagens ativas são conhecidos por serem finos, seguros para uso e ambientalmente amigáveis. Sua produção envolve o uso de uma matriz polimérica combinada com um solvente, um plastificante e, opcionalmente, aditivos que podem melhorar suas propriedades mecânicas ou conferir características funcionais específicas. Uma embalagem ativa é projetada para desempenhar funções adicionais além de conter e proteger o produto. Ela interage diretamente com o conteúdo ou com o ambiente ao redor para melhorar a conservação, a segurança ou as características do produto embalado. Isso pode ser alcançado por meio da incorporação de agentes antimicrobianos, antioxidantes ou outras substâncias funcionais como pigmentos naturais na estrutura da embalagem AHVENAINEN (2003).

Para Lucas (2022) os filmes biopoliméricos empregados como embalagens ativas precisam apresentar duas funções, sendo elas de absorvedores e liberadores. Os absorvedores são responsáveis pela inibir a ação de compostos responsáveis pela degradação do produto e os

Liberadores ou ainda emissores são responsáveis por oferecer compostos que prolongam a vida útil do produto. No presente trabalho a presença de carotenóides no bagaço e no seu extrato evidencia o potencial de atuar como absorvedores de luz, através da degradação do oxigênio cintilante, estrutura que causa rancificação de produtos cosméticos, logo garante proteção natural contra a degradação causada pela luz e pelo oxigênio. Já as clorofilas presentes no extrato atuam como absorvedores de luz na faixa de luz de 470 a 663 nm conferindo assim propriedades de seletividade e desvio da luz para estruturas presente. Nos extratos do presente trabalho são apontados como estruturas capazes de fornecer a função de emissores a curcumina, luteína e o betacaroteno, pigmentos responsáveis pela alta atividade antioxidante alta da matéria prima em como também responsáveis pela pigmentação amarela dos biofilmes com extrato, como é mostrado na figura 13 (MORCELLI, 2021, AHVENAINEN 2003 e LUCAS , 2022).

Figura 13: Filmes biopoliméricos produzidos.



Fonte: Autora (2024)

Resultados que evidenciam o fato que o extrato proporciona uma camada de fotoproteção do filme é dado pelas propriedades ópticas, no presente trabalho foi mensurado a diferença de luminosidade, e as coordenadas verde e amarelo dos filmes com extrato quando comparados com o filme controle, na tabela 5 são mostrados os resultados para a avaliação de cor e pigmentação dos filmes.

Tabela 5 – Pigmentação dos filmes

Filme	Parâmetros medidos			
	DELTA E	L	a	b
40% de extrato	6,61	58,7	-0,64	9,33
30% de extrato	77,49	76,01	2,20	0,41

Fonte Autora (2024).

Segundo Rocha (2023) a intenção de usar deltaE ( $\Delta E$ ) é descrever a distância entre duas cores, a Diferença Apenas Perceptível (JND – Just Noticeable Difference) de deltaE geralmente é 1. Em outras palavras, se duas cores têm um deltaE menor que 1 é imperceptível e maior que 1 é perceptível. Os dados mostram que o filme com 40% de extrato tem um  $\Delta E$  de 6,61, enquanto o filme com 30% de extrato tem um  $\Delta E$  de 77,49, indicando que a diferença de cor é muito mais perceptível no segundo. Em termos de luminosidade (L), o filme com 40% de extrato é mais escuro ( $L = 58,7$ ) comparado ao filme com 30% de extrato, que é significativamente mais claro ( $L = 76,01$ ). Nos valores a (eixo verde-vermelho), o filme com 40% tem uma tonalidade ligeiramente verde (-0,64), enquanto o filme com 30% de extrato apresenta uma leve tonalidade vermelha (2,20). No eixo azul-amarelo (b), o filme com 40% de extrato possui uma coloração amarela mais intensa (9,33) em comparação com o filme com 30% de extrato (0,41), que quase não apresenta tonalidade amarela. Essas diferenças nas propriedades de cor indicam como a concentração de extrato pode afetar significativamente a aparência final dos filmes, tornando-os visualmente distintos e potencialmente influenciando sua aplicação.

Segundo Gaia (2020) além de aprimorar a barreira em filmes biopoliméricos extratos com biocompostos ativos também otimizam as propriedades mecânicas das embalagens, tornando-as mais resistentes a estresses físicos e mecânicos durante o transporte e armazenamento. Dessa forma, essas embalagens não apenas aumentam a eficiência e a segurança, mas também atendem às exigências da indústria por soluções inovadoras e sustentáveis. O presente trabalho não só avaliou propriedades de barreira e mecânicas, bem como as propriedades físicas do material produzido, na tabela 6 são mostrados todos os resultados de ensaio de tais propriedades.

Tabela 6 : Resultados caracterização de filme com extrato

<b>Análise</b>	<b>Controle</b>	<b>30%</b>	<b>40%</b>
Espessura (mm)	0,19 ±0,007	0,28 ±0,030	0,34 ±0,0011
PVA ( $g^{-1} \cdot Pa^{-1} \cdot s^{-1}$ )	2,97E-08 ±8E-9	8,23E-09 ±5E-9	4,53E-09 ±1E-9
Tração (Mpa)	3,08 ±0,01	3,31 ±1,46	11,76 ± 0,628
Elongação (%)	341 ± 1,85	436,94 ± 0,004	288,9 ± 0,025

Fonte: Autora (2024)

Os resultados das demais propriedades mensuradas estão de acordo com o esperado. Sendo que a espessura dos biofilmes contendo extrato aumentou, evidenciando a deposição dos compostos de interesse no filme. Lucas (2022) estudou sobre filmes biopoliméricos na aplicação cosmética observou o mesmo efeito em seus experimentos, quanto maior a concentração do extrato, maior foi a espessura encontrada. Entretanto encontrou valores de ordem diferente dos resultados da tabela, sendo eles na faixa de 0,02 mm a 0,041 mm, tal diferença consiste na utilização de diferentes tipos de biopolímero, polímeros mais densos como amido apresentam valores de espessura na ordem de 0,10 a 0,7 mm, outra fator é a quantidade de solução filmogênica disposta em determinada área, quanto maior a quantidade, maior será a espessura. Jacobs (2011) que utilizou amido como biopolímero indica valores espessura de 0,30 e 0,36 mm para biofilmes com adição de extrato de acerola a 40% e de 30% respectivamente.

Larotonda (2007) e Avila *et al.* (2022) que trabalharam com adição de extratos a filmes de amido e carragenana respectivamente, encontraram valores consideravelmente menores, sendo respectivamente de  $7,5 \cdot 10^{-11}$  e  $1,89 \cdot 10^{-11} \text{ g} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$ . Ainda que valores menores de PVA tenham sido determinados a propriedade de barreira do filme, melhorou com o aumento da concentração de extrato. O valor de PVA diminuiu de  $2,97 \cdot 10^{-8}$  no controle para  $8,23 \cdot 10^{-9}$  com 30% de extrato e ainda mais para  $4,53 \cdot 10^{-9}$  com 40% de extrato, valores menores de PVA indicam uma melhor barreira contra a umidade. Maniglia (2012) que estudou a extração de pigmentos naturais e aplicação em filmes, encontrou o valor de PVA de  $1,89 \cdot 10^{-9}$  e  $4,90 \cdot 10^{-10}$  valores os quais correspondem a utilização de solventes de metanol e acetona.

A capacidade de alongação dos filmes, ou seja, a habilidade de esticar-se antes de romper, varia de maneira interessante com a adição de extrato. O controle tem uma alongação de 341%, que aumenta significativamente para 436,94% com 30% de extrato. No entanto, com 40% de extrato, a alongação diminuiu para 288,9%. Isso sugere que, embora o aumento inicial de extrato melhore a flexibilidade, uma concentração muito alta pode tornar o filme mais rígido.

A resistência à tração dos filmes também apresenta variações significativas. No controle, a resistência é de 3,08 MPA, enquanto com 30% de extrato aumenta ligeiramente para 3,31 MPA. Contudo, com 40% de extrato, a resistência à tração aumenta dramaticamente para 11,76 MPA, indicando uma maior resistência mecânica. Fonseca (2015) avaliou as propriedades mecânicas de filmes a partir de amido encontrando valores de próximos ao presente trabalho entretanto alongação de 33% apenas, a autora explica que tal propriedade depende fortemente da quantidade de plastificante usada.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise das propriedades mecânicas e de cor dos filmes com diferentes concentrações de extrato revela mudanças significativas. A espessura dos filmes aumenta conforme a concentração de extrato, passando de 0,19 mm no controle para 0,28 mm com 30% de extrato e 0,34 mm com 40% de extrato, refletindo a adição de volume. Em termos de resistência à tração, os filmes mostram um aumento substancial com a adição de extrato: de 3,08 MPA no controle para 3,31 MPA com 30% de extrato, e até 11,76 MPA com 40%, indicando uma maior resistência mecânica. A capacidade de alongação, que mede a flexibilidade, apresenta um comportamento variável. O controle tem uma alongação de 341%, que aumenta para 436,94% com 30% de extrato, mas diminui para 288,9% com 40%, sugerindo que concentrações mais altas de extrato podem tornar o filme mais rígido. Além das propriedades mecânicas, os resultados de cor também são notáveis. O valor de  $\Delta E$ , que indica a diferença de cor, é de 6,61 para o filme com 40% de extrato e 77,49 para o filme com 30% de extrato, mostrando que a cor é significativamente mais perceptível no segundo. Os parâmetros de cor L (luminosidade), a (eixo verde-vermelho), e b (eixo azul-amarelo) indicam que o filme com 40% de extrato é mais escuro ( $L = 58,7$ ) e possui uma tonalidade amarela mais pronunciada ( $b = 9,33$ ), enquanto o filme com 30% de extrato é mais claro ( $L = 76,01$ ) e quase não apresenta tonalidade amarela ( $b = 0,41$ ). A pigmentação amarela presente no filme com 40% de extrato indica uma presença significativa de pigmentos carotenóides, que são conhecidos por suas propriedades antioxidantes e fotoprotetoras.

## **7. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS**

- Investigar a morfologia, degradação térmica, solubilidade em água, compostos fenólicos e atividade antioxidante de biofilmes com fécula de amido;
- Estudar a interação dos pigmentos atuais com diversos biopolímeros;
- Estudar a caracterização lipídica do extrato, biofilme e matéria prima;
- Investigar a ação de diversos solventes na extração de clorofilas e suas eficiências;

## 8. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. S. F.. **Obtenção de lignina a partir do caroço do bagaço da azeitona oriundo da extração do azeite**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) — Universidade Federal do Pampa, Bagé, 48 p. 2022. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/handle/riu/6917>. Acesso em: 20 maio 2024.

ALVES, R. M. V.; JAIME, S. B. M.; GONÇALVES, M. P.; SUZUKI, P. W. Embalagens plásticas e de vidro para produtos farmacêuticos: avaliação das propriedades de barreira à luz. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 29, n. 2., 2008. Disponível em: [Embalagens plásticas e de vidro para produtos farmacêuticos: avaliação das propriedades de barreira à luz | Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada (unesp.br)]. Acesso em: 22 ago. 2024.

ALVES, R. C. **Membranas curativas com princípio ativo de folhas de oliveira e potencial para aplicações tópicas**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 63 p. 2022. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/handle/riu/7456>. Acesso em: 10 ago. 2024.

AVILA, L. B. et al. Carrageenan-based films incorporated with jaboticaba peel extract: an innovative material for active food packaging. **Molecules**, New Jersey, v. 25, n. 23, p. 55. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33260859/>. Acesso em: 11 ago. 2024.

AVILA, L. B. et al. Extração de compostos bioativos da casca da jaboticaba (*Plinia cauliflora*) liofilizada: análise da influência da temperatura de extração e pH do solvente. **XXXIX Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados ENEMP 2019**, Belém. Anais eletrônicos. Campinas, Galoá, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/enemp/enemp-2019/trabalhos/extracao-de-compostos-bioativos-da-casca-da-jaboticaba-plinia-cauliflora-liofiliz?lang=pt-br>. Acesso em: 13 ago. 2024.

BARRETO, E. R. C. **Filme biopolimérico multicamada à base de quitosana incorporado com compostos bioativos da casca de jaboticaba (*Plinia cauliflora*)**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/handle/riu/5982>. Acesso em: 20 ago. 2024.

BENVEGNÚ, I. A. **Filme biopolimérico utilizando extrato de própolis marrom como agente ativo**. 2022. Universidade Federal do Pampa, Engenharia Química. Bagé. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/handle/riu/7025>. Acesso em: 13 ago. 2024.

BOHMER, B. W. **Potencial antimicrobiano e antitumoral de compostos fenólicos extraídos do bagaço oriundo da obtenção de azeite de oliva (*Olea europaea* L.)**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil. (2018). Disponível em: Potencial antimicrobiano e antitumoral de compostos fenólicos extraídos do bagaço oriundo da obtenção de azeite de oliva (*Olea europaea* L.). Acesso em: 18 out de 2024.

BORTOLINI, V. M. S; SANTOS, M. P; ROCKENBACH, R; SHIRMANN, G. S; BRAGANÇA, G. C. M; MOTA, B. B; VERBES, M. P. Efeito da infusão de folhas de oliveira (*Olea europaea* L.) em diferentes concentrações em um modelo experimental. **Brazilian**

**Journal of Health Review**, Curitiba, v. 4, n. 4, p. 16538-16545, jul./ago. 2021. ISSN 2595-6825. DOI: <https://doi.org/10.34119/bjhrv4n4-169>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/33991>. Acesso em: 13 ago. 2024.

BRAND–WILLIAMS W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT – Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643895800085>. Acesso em: 15 ago. 2024.

BRITO, R. F. **Valorização Integrada de Resíduos e Subprodutos da Extração do Azeite: Extração e Caracterização de Compostos Bioativos do Bagaço de Azeitona**. Dissertação (Tecnologia de Alimentos) - Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.1/8667>. Acesso em: 04 jul. 2024.

CARDOSO, J. L. **Tratamento, caracterização química e estudo in vivo do bagaço de azeitona residual da extração do azeite de oliva**. 2014. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014. Disponível em: [http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/4941/1/TESE\\_Tratamento%2C%20caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20qu%C3%ADmica%20e%20estudo%20In%20vivo%20do%20baga%C3%A7o%20de%20azeitona%20resultante%20da%20extra%C3%A7%C3%A3o%20do%20azeite%20de%20oliv.pdf](http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/4941/1/TESE_Tratamento%2C%20caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20qu%C3%ADmica%20e%20estudo%20In%20vivo%20do%20baga%C3%A7o%20de%20azeitona%20resultante%20da%20extra%C3%A7%C3%A3o%20do%20azeite%20de%20oliv.pdf). Acesso em: 04 jul. 2024.

CRUZ, A. C. F; SANTOS, R. P.; IAREMA, L; FERNANDES, K. R; KUKI, K. N; ARAÚJO, R. F; OTON, W. C. Métodos Comparativos na Extração de Pigmentos Foliares de Três Híbridos de Bixa orellana L. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 777-779, jul. 2007. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/rbrasbioci/article/view/115255>. Acesso em: 11 jul. 2024.

DEBEAUFORT, F; QUEZADA-GALLO, J. A.; VOILLEY, A. Edible Films and Coatings: Tomorrow's Packaging: a Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.38, nº 4, p.299-313, 1998. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9626488/>. Acesso em: 30 jul. 2024.

DEDAVID, B. A., GOMES, C. I.; MACHADO, G. Microscopia eletrônica de varredura: Aplicações e preparação de amostras. Porto Alegre: **EdiPUCRS**. Página 33. (2007). Disponível em: *Microscopia Eletrônica de Varredura: Aplicações e preparação de amostras*. Acesso em: 15 set. 2024.

DIAS, A. S; RODRIGUES, R. S; GONÇALVES, W. L. F; DIAS, C. S; CREXI, V. T.; Gigante, M. L. Composição fitoquímica do azeite e do bagaço de azeitona de uma agroindústria da Região da Campanha. **Congrega** 2017. Disponível em: <http://revista.urcamp.edu.br/index.php/rcjgpg/article/view/744>. Acesso em: 20 jul. 2024.

DIAS, Lucas Weber. **Preparação de filmes poliméricos biodegradáveis para aplicação em embalagens para cosméticos**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/8178>. Acesso em: 14 maio 2024.

DOMINGOS, A. L. M.; PEREIRA, A. C. M.; NOLETTO, A. P. R.; REIS, A. B. Caracterização de revestimento biopolimérico visando aplicação em embalagens celulósicas. **The Journal of Engineering and Exact Sciences** – JCEC, v. 04, n. 02, p. 196-201, 2018. Disponível em: <https://jcec.ufv.br>. DOI: <https://doi.org/10.18540/jcecvl4iss2pp0196-0201>. Acesso em: 24 ago. 2024.

DUARTE, C. S. C. **Extração e Encapsulamento de Compostos Bioactivos do Bagaço de Azeitona**. Dissertação de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa (2011). Disponível em: <https://repositorio.ulisboa.pt/bitstream/10400.5/4195/1/Extrac%20a7%20a3o%20e%20Encapsulamento%20dos%20Compostos%20Bioactivos%20do%20Baga%20a7o%20de%20Azeitona.pdf>. Acesso em: 14 out. 2024.

FONSECA, L. M. **Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de batata (*Solanum tuberosum* L.) para aplicação em embalagens de alimentos**. 2024. Dissertação de Mestrado Acadêmico em Engenharia- Universidade Federal do Pampa, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/handle/riu/2428>. Acesso em: 12 dez. 2024.

GAIA, N. S. **Emprego de embalagens ativas e inteligentes**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Escola de Engenharia, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://dspace.mackenzie.br/items/44579363-a9a6-4ff1-832e-6a0aca1488d2>. Acesso em: 12 dez. 2024.

GALLARDO-GUERRERO, L. Clorofilas e carotenóides em produtos alimentícios de oliveira. In: BOSKOU, D. (Ed.). Produtos de Oliveira. IntechOpen, **Journal of the American Oil Chemists Society** 2002. DOI: 10.5772/64688. Distribuição de clorofilas e carotenóides em azeitonas maduras e entre azeite e alperujo quando processadas usando um sistema de extração bifásico - Gallardo-Guerrero - 2002 - Journal of the American Oil Chemists' Society - Wiley Online Library - Products from Olive Tree - Google Livros. Acesso em: 24 ago. 2024.

GALLARDO-GUERERERO, L; HOMERO-MENDEZ, D. (2000). Pigments present in virgin olive oil. **Pesquisa Alimentar Internacional**, 67, 192-196. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02539624>. Acesso em: 5 dez. 2024.

GOMES, M. A. S; RIBEIRO, D. S. Aplicação de pigmentos naturais em embalagens biodegradáveis: uma revisão sistemática. [S.l.: s.n., Date]. **Open Science Research**. ISBN 10.37885/2230084833. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/books/chapter/aplicacao-de-pigmentos-naturais-em-embalagens-biodegradaveis-uma-revisao-sistemica>. Acesso em: 09 ago. 2024.

GUIMARÃES, P. V. **Caracterização de embalagens PET com aditivos absorvedores de raios UV**. 2016. Trabalho de Conclusão de Mestrado em Ciências dos Materiais — Universidade Federal de Alfenas, Campus Poços de Caldas, Poços de Caldas, 2016. Disponível em: <https://bdtd.unifal-mg.edu.br:8443/handle/tede/1058>. Acesso em: 12 maio 2024.

HUMPHREY, A. M. Chlorophyll as a Color and Functional Ingredient. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 5, p. C422–C425, 1 jun. 2004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/227818169\\_Chlorophyll\\_as\\_a\\_Color\\_and\\_Functional\\_Incident](https://www.researchgate.net/publication/227818169_Chlorophyll_as_a_Color_and_Functional_Incident). Acesso em: 10 maio 2024.

JACOBS, V., SOUZA, F. S., HAMM, J. B., & MANCILA, F. S. (2020). Produção e caracterização de biofilmes de amido incorporados com polpa de acerola. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, 21(3), Universidade La Salle, Canoas, Rio Grande do Sul.

JACQUES, A. C; ANTUNES, B. F; SANTOS, L. G. Determinação de carotenóides e clorofilas em farinha de folha de oliveira (*Olea europaea* L.) obtida por liofilização. **Revista da Pós-Graduação Pesquisa - Congrega**, 2017. ISSN 2526-4397. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/227818169\\_Chlorophyll\\_as\\_a\\_Color\\_and\\_Functional\\_Ingredient](https://www.researchgate.net/publication/227818169_Chlorophyll_as_a_Color_and_Functional_Ingredient). Acesso em: 21 maio 2024.

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. Disponível em: Biodegradable films and coatings obtained from carrageenan from *Mastocarpus stellatus* and starch from *Quercus suber*. Acesso em: 11 dez. 2024.

LUCAS, M. B. **Embalagem biopolimérica com extrato de folha de oliveira para aplicação no setor cosmético**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/handle/rii/9231>. Acesso em: 12 maio 2024.

LUTZ, I. A. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 1ª Edição Digital. São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/ial/publicacoes/livros/metodos-fisico-quimicos-para-analise-de-alimentos>. Acesso em: 12 maio 2024.

MENDONÇA, B. M. R; ALVES, P. E. ; SANTOS, E. P. Green Cosmetics: bibliographic review about the sustainable trend in cosmetics development. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 2, 2023. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i2.39888>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/39888>. Acesso em: 24 ago. 2024.

MANIGLIA, B. C. **Elaboração de filmes biodegradáveis a partir do resíduo da extração do pigmento de cúrcuma**. 2012. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2012. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/59/59138/tde-28112012-094523/fr.php>. Acesso em: 28 abr. 2024.

MEDEIROS, M. A. C., SANTOS, B., MARQUES, F. M. C.; LEITE, M. F. M. da S. Avaliação da atividade fotoprotetora do extrato aquoso de *Rhaphidion echinus* (Nees & Mart.) Schauer. **Scientia Plena** (2021). Disponível em: <https://examplelink.com>. Acesso em: 03 dez. 2024.

MATEUS, T. I. P. **Contribuição para o estudo de produção de azeitona de mesa da cultivar Cobrançosa: Caracterização microbiológica**. 2015. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Alimentos) - Universidade do Algarve, 2015. Disponível em: <https://sapientia.ualg.pt/entities/publication/e34955c8-782d-42cc-8eb1-035e70fd9939>. Acesso em: 18 abr. 2024.

MESQUITA, Q. S. S.; TEIXEIRA, C. C. da M. L.; SERIBELI, E. F. Carotenoides: Propriedades, Aplicações e Mercado. **Revista Virtual de Química**, 2017, 9(2), p. 662-688.

Disponível em: <https://rvq-sub.s bq.org.br/index.php/rvq/article/view/1761>. Acesso em: 05 jun. 2024.

MINGUEZ, M. I., & GARRIDO, L. (1989). Chlorophyll Content and Color Related Traits in Olives (*Olea europaea*): Influence on Virgin Olive Oil Quality Produced by Different Cultivars in the Dry Farming System. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 37(1), 1-5. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/266735009\\_Evaluation\\_of\\_Virgin\\_Olive\\_Olea\\_europaea\\_L\\_Oil\\_Quality\\_from\\_Cultivars\\_Zard\\_Roghani\\_and\\_Mari\\_Kazeroon\\_Region](https://www.researchgate.net/publication/266735009_Evaluation_of_Virgin_Olive_Olea_europaea_L_Oil_Quality_from_Cultivars_Zard_Roghani_and_Mari_Kazeroon_Region). Acesso em: 15 jun. 2024.

MIRA, A. M. B. **Caraterização físico-química do Bagaço de Azeitona**. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) – Escola Superior Agrária de Beja, Instituto Politécnico de Beja, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ipbeja.pt/server/api/core/bitstreams/75370e04-3b0d-46ca-8ea3-4fe9faef1c08/content>. Acesso em: 03 abr. 2024.

MOHANTY, A. K.; M.; M.; DIZAL, L. T.; SELKE, S. E.; HARD, B. R. **Natural Fibers, biopolymers, and Biocomposites: An Introduction In: Mohanty**. A. K. 2005. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/9780203508206/natural-fibers-biopolymers-biocomposites-lawrence-drzal-manjusri-misra-amar-mohanty>. Acesso em: 13 abr. 2024.

MONTEGIOVE, N; GAMBELLI, A. M; CALZONI, E.; BERTOLDI, A.; PUGLIA, D.; ZADRA, C.; EMILIANI, C.; GIGLIOTTI, G. **Biogas Production with Residuals Deriving from Olive Mill Wastewater and Olive Pomace Wastes: Quantification of Produced Energy, Spent Energy, and Process Efficiency**. 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/14/3/531>. Acesso em: 10 ago. 2024.

MORCELLI, A. V. **Aplicação de tecnologias de extração de clorofilas e carotenoides de microalgas e uso da biomassa microalgal na adsorção de metais pesados**. 2021. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Química, Porto Alegre, 2021. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/231595>. Acesso em: 01 ago. 2024.

MUNIZ, F. G. **Mapeamento de resíduos e subprodutos derivados da extração de azeites da região do Alentejo**. Universidade de Lisboa- Intituto Superior de Agronomia, Lisboa. (2021). Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.5/24179>. Acesso em: 02 jun. 2024.

NUNES, I. L.; MERCADANTE, A. Z. **Obtenção de cristais de licopeno a partir de descarte de tomate**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/Z385YxRgcDYDggmtvW9fB3r/>. Acesso em: 22 jun. 2024.

OLIVAPEDIA. **Evolução da olivicultura no Brasil** (2023). Disponível em: <https://olivapedia.com/evolucao-da-olivicultura-no-brasil-ate-2023-01-de-04/> . Acesso em: 05 jun. 2024.

PAINE, F A.; LOCKHART, H. **Packaging of Pharmaceuticals and Healthcare Products**. Springer Science & Business Media, 2012. 211 p.

PAREDES, M.J.; MORENO, E.; RAMOS-CORMENZANA, A.; MARTINEZ, J. Características do solo após poluição com águas residuais de plantas de extração de azeite. **Quimiosfera**, v. 16, n. 7, p. 1557-1564, 1987. DOI: 10.1016/0045-6535(87)90096-8. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/7vW76hdn747M8h5fr3QMWXS/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 19 jun. 2024.

PAULA, T. P; PERES W; CARMO M. G. T. **Carotenoids in treatment and prevention of cancer**. Revista Brasileira de Nutrição Clínica., Recife-Pe, v.19 p.100, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/23874/1/SILVA%2C%20GABRIELA%20M%20ARIA%20DA.pdf>. Acesso em: [22/06/2024].

PAZ, D. A., MORAIS, M. M., & CREXI, V. T. (2020). **Azeites de Oliva da Região da Campanha Gaúcha: Extração, Composição Fitoquímica, Padrões de Identidade e de Qualidade** (1ª ed.). Belém: RFB Editora.. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/643967?mode=full>. Acesso em: 11 jul. 2024.

PESTANA-BAUER, V. R; GOULARTE-DUTRA, F; L; ZAMBIAZI, R. **Caracterização do fruto da oliveira (variedade Carolea) cultivada na região sul do Brasil. Alimentos e Nutrição**. Araraquara, v. 22, n. 1, p. 79-87, jan./mar. 2011. ISSN 0103 4235. Disponível em: <https://biblat.unam.mx/pt/revista/alimentos-e-nutricao/articulo/caracterizacao-do-fruto-da-oliveira-variedade-carolea-cultivada-na-regiao-sul-do-brasil>. Acesso em: 04 jul. 2024.

PRÓ-OLIVA. **Produção de azeites do RS: Safra 2022/23. Reconhecimento do desenvolvimento da olivicultura no RS**. Dados da safra 2022/23: panorama atual. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: [17150335-olivicultura-do-rs-e-safra-de-azeites-2023.pdf](https://repositorio.agricultura.rs.gov.br/bitstream/handle/17150335-olivicultura-do-rs-e-safra-de-azeites-2023.pdf) (agricultura.rs.gov.br). Acesso em: 17 jul. 2024.

RAUPP, I. N. **Síntese de material carbonáceo a partir de resíduos da olivicultura para adsorção de contaminantes emergentes**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2022. Disponível em: [https://repositorio.unipampa.edu.br/handle/rii/6887?locale=pt\\_BR](https://repositorio.unipampa.edu.br/handle/rii/6887?locale=pt_BR). Acesso em: 09 jul. 2024.

RIPOLL, M; MARTINS, O. A; SILVA. A.L; WALLER. S. B . . **Atividade antifúngica in vitro de extratos aquosos de bagaço de azeitona (Olea europaea L.) contra fungos causadores de candidíase, dermatofitose e esporotricose em humanos e animais**. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) — Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/367721478\\_Atividade\\_antifungica\\_in\\_vitro\\_de\\_extratos\\_aquosos\\_do\\_bagaco\\_da\\_Oliveira\\_Olea\\_europaea\\_L\\_frente\\_a\\_isolados\\_fungicos\\_causadores\\_de\\_candidiase\\_dermatofitose\\_e\\_esporotricose\\_em\\_humanos\\_e\\_animais](https://www.researchgate.net/publication/367721478_Atividade_antifungica_in_vitro_de_extratos_aquosos_do_bagaco_da_Oliveira_Olea_europaea_L_frente_a_isolados_fungicos_causadores_de_candidiase_dermatofitose_e_esporotricose_em_humanos_e_animais)>. Acesso em: 19 ago. 2024.

ROCHA, G. O.; FARIAS, M. G.; CARVALHO, Carlos Wanderlei Piler de; ASCHERI, José Luis Ramírez; GALDEANO, Melicia Cintia. Filmes compostos biodegradáveis à base de amido de mandioca e proteína de soja: Biodegradable Composite Films Based on Cassava Starch and

Soy Protein. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 782-785, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/bbqcc37qRy4sSGBByLLjgnCf/>. Acesso em: 12 abr. 2024.

ROCHA, A. L. F. **Biofilmes comestíveis de amido de cará-roxo, alginato de sódio e timol para revestimento de maçãs e morangos**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil (2023). Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/9507>, Acesso em: 05 dez de 2025

RODRIGUES, T. L. **A Acetilação de compostos lignocelulósicos oriundos do reaproveitamento de resíduo da olivicultura**. 70 p. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, Bagé, 2021. Disponível em: <https://dspace.unipampa.edu.br/handle/rii/5774>. Acesso em: 27 abr. 2024.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A Guide to Carotenoid Analysis in Foods**. Internacional Life Sciences Institute Press, Washington, 2001. Disponível em: [ [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/Pnacq929.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacq929.pdf). Acesso em: 15 jun. 2024.

ROIG, A.; CAYUELA, M. L.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A. Uma visão geral sobre os resíduos do lagar de azeite e seus métodos de valorização. **Gestão de Resíduos**, v. 26, n. 9, p. 960-969, 2006. DOI: 10.1016/j.wasman.2005.07.024. Disponível em: Uma visão geral sobre os resíduos do lagar de azeitona e seus métodos de valorização - ScienceDirect. Acesso em: 01 jun. 2024.

SANTOS, P. V. **Elaboração, aditivação e caracterização de biofilmes à base de fécula de mandioca**. 2004. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1597676> . Acesso em: 18 jun. 2024.

SANTOS, L. G. **Secagem do bagaço de oliveira (*Olea europaea* L.) em camada delgada utilizando escoamento paralelo e perpendicular do ar: influência sobre os compostos bioativos da farinha obtida**. 2019. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/handle/rii/6030>. Acesso em: 10 out de 2024.

SCHMIDT, L. **Compostos fenólicos biodisponíveis do bagaço de oliva apresentam efeito antioxidante em *Caenorhabditis elegans* e em células da microglia**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas: Bioquímica, Porto Alegre. (2024). Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/276750>. Acesso em: 05 nov. 2024.

SIAZ. **Campanha 2019-2020 | Azeite | SIAZ | Sistemas de Informação | ESTATÍSTICAS E ANÁLISES**. Disponível em: [https://gpp.pt/SIAZ\\_Campanha\\_2019\\_2020](https://gpp.pt/SIAZ_Campanha_2019_2020). Acesso em: 25 jun. 2024.

SILVA, G. M. **Estabilidade de licopeno e  $\beta$ -caroteno em extrato de tomate submetido a luz e calor**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Centro Acadêmico

de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco, Vitória, 2017. Orientador: Professor Dr. Leandro Finkler. Disponível: RI UFPE: Estabilidade de licopeno e b-caroteno em extrato de tomate submetido a luz e calor. Acesso em: 03 jul. 2024.

SILVA, J. N. R. **Pigmentos naturais de origem vegetal: clorofila, antocianinas e betalaínas: alterações e benefícios**. 2020. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional, Departamento de Tecnologia de Alimentos, João Pessoa – PB, 2020. Disponível em: Repositório Institucional da UFPB.: PIGMENTOS NATURAIS DE ORIGEM VEGETAL: CLOROFILA, ANTOCIANINAS E BETALAÍNAS ALTERAÇÕES E BENEFÍCIOS . Acesso em: 19 jun. 2024.

SILVA, L. H. **Secagem do bagaço de azeitona (*Olea europaea* L.) para obtenção e caracterização de farinha**. 2021. 75 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pampa, Engenharia de Alimentos, Bagé, 2021. Disponível em: Repositorio Institucional da UNIPAMPA: Secagem do bagaço de azeitona (*Olea europaea* L.) para obtenção e caracterização de farinha Acesso em: 11 jul. 2024.

SILVA, W. A; PEREIRA, J; CARVALHO, C. W. P.; FERRUA, F. Q. **Determinação da cor, imagem superficial topográfica e ângulo de contato de biofilmes de diferentes fontes de amido**. Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência dos Alimentos, Lavras, Minas Gerais, Brasil, 2005. Disponível e: [<https://www.scielo.br/j/cagro/a/MXgwp6N9yRrxhxfvTDDWwL/?format=pdf>]. Acesso em: 21 jul. 2024.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144–158, 1965. Disponível em: Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents | American Journal of Enology and Viticulture (ajevonline.org). Acesso em: 02 maio 2024.

SOARES, G. M. L. **Reaproveitamento e integração do bagaço de azeitona na produção de sabonete com potencial para esfoliação do tipo física**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química). Universidade Federal do Pampa, Engenharia Química, Bagé Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/handle/ri/5983>. Acesso em: 17 jul. 2024.

SOARES, B. M. **Pré-tratamentos aquosos do bagaço e caroço de azeitona para obtenção de compostos de valor acrescentado**. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 2019. Disponível em: Repositório da Universidade de Lisboa: Pré-tratamentos aquosos do bagaço e caroço de azeitona para obtenção de compostos de valor acrescentado (utl.pt). Acesso em: 05 ago. 2024.

SOUZA, C. O. **Preparação, caracterização e avaliação da eficácia de biofilmes à base de fécula de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e incorporados com polpas de manga (*Mangifera indica* L.) e de acerola (*Malpighia emarginata* L.) como aditivos antioxidantes**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Farmácia, Salvador, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/8786> Acesso em: 20 jul. 2024.

TZIA, C.; IADAKIS, G.; AGUILERA, J. M. Extraction Optimization in Food Engineering. **Marcel Dekker, Inc.** USA, 2003, p. 33 – 34. Disponível em: [https://www.dekker.com/Extraction\\_Optimization](https://www.dekker.com/Extraction_Optimization).

VARGAS, E. F. **Obtenção de corantes naturais a partir do resíduo da indústria de polpa de morango, amora e pêssego**. 2015. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/115575/000964315.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2024.

VINO VIAJAS. **Azeite de oliva “made in Brazil”: produção ainda pequena, mas que já está competindo em qualidade com produtores europeus**. 2014. Disponível em: <https://www.invinovias.com/azeite-de-oliva-made-in-brazil-producao/#:~:text=com%20produtores%20europeus,Azeite%20de%20oliva%20%E2%80%9Cmade%20in%20Brazil%E2%80%9D%3A%20produ%C3%A7%C3%A3o%20ainda%20pequena,em%20qualidade%20com%20produtores%20europeus&text=Em%20outubro%20de%202013%20a,francesas%20vendidas%20no%20mercado%20brasileiro>. Acesso em: 12 jul. 2024.

WREGGE, M. S., C; E. F; PANTANO, A. P; JORGE, R. O. (2015). Distribuição Potencial de Oliveiras no Brasil e no Mundo. **Journal of Agricultural Studies**, vol. 1, pp. 1-15. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-174/14>. Acesso em: 4 dez. 2024.