

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**FERNANDA SARAIVA GOMES BRAZEIRO**

**NATHÁLIA DIAS IMTHON**

**FILMES BIODEGRADÁVEIS BASEADOS EM POLISSACARÍDEOS E  
PROTEÍNAS, EXTRAÍDOS DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS PARA APLICAÇÃO  
EM EMBALAGENS DE ALIMENTOS: REVISÃO SISTEMÁTICA DA  
LITERATURA**

**Bagé**

**2021**

**FERNANDA SARAIVA GOMES BRAZEIRO**

**NATHÁLIA DIAS IMTHON**

**FILMES BIODEGRADÁVEIS BASEADOS EM POLISSACARÍDEOS E  
PROTEÍNAS, EXTRAÍDOS DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS PARA APLICAÇÃO  
EM EMBALAGENS DE ALIMENTOS: REVISÃO SISTEMÁTICA DA  
LITERATURA**

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

Orientadora: Profa. Dra. Catarina Motta de  
Moura

Coorientadora: Dra. Jaqueline Motta de Moura

**Bagé**

**2021**

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) .

I541f Imthon, Nathalia Dias

Filmes biodegradáveis baseados em polissacarídeos e  
proteínas, extraídos de resíduos industriais para aplicação em  
embalagens de alimentos: revisão sistemática da literatura /  
Nathalia Dias Imthon.

77 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 2021.

"Orientação: Catarina Motta de Moura".

1. Biodegradação. 2. Biomateriais. 3. Embalagens  
Sustentáveis. 4. Matrizes Poliméricas. 5. Meio-ambiente. I.  
Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal do Pampa

**FERNANDA SARAIVA GOMES BRAZEIRO**

**NATHÁLIA DIAS IMTHON**

**FILMES BIODEGRADÁVEIS BASEADOS EM POLISSACARÍDEOS E PROTEÍNAS,  
EXTRAÍDOS DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS PARA APLICAÇÃO EM EMBALAGENS DE  
ALIMENTOS: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

Trabalho de conclusão de curso II apresentado ao curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Trabalho de conclusão de Curso defendido e aprovado em: 14, maio de 2021.

Banca examinadora:

---

Profa. Dra. Catarina Motta de Moura

Orientador

UNIPAMPA

---

Dra. Jaqueline Motta de Moura

Co-orientador

PESQUISADORA VISITANTE - UNIPAMPA

---

Msc. Camila Ramão Contessa

FURG



Assinado eletronicamente por **CATARINA MOTTA DE MOURA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 15/05/2021, às 16:21, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **CAMILA RAMAO CONTESSA, Usuário Externo**, em 16/05/2021, às 17:39, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Jaqueline Motta de Moura, Usuário Externo**, em 18/05/2021, às 21:04, 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 **0524573** e o código CRC **B579BABD**.

## AGRADECIMENTOS

Fernanda: Tenho que falar que a Universidade não é fácil, ela suga toda tua energia que às vezes tu te pergunta da onde tirar forças para estudar para a grade de disciplina que pegou, ter tempo de realizar projetos, de estudar para as provas e trabalhos. Tá ai, um verdadeiro aspirador de energias. Entretanto, assim como todo processo em nossa vida, existem pessoas que suavizam e/ou distribuem suas energias conosco. Deixando tudo mais suave ou um pouco mais suportável. Nesses anos de Universidade, tive altos e baixos, mais baixos do que altos. Enfrentei uma crise de pânico, desenvolvida no sexto/sétimo semestre, tive que fazer uso de remédios e cheguei ao ponto de querer desistir de tudo. Entretanto, estamos aqui! Esse ciclo que hoje se encerra, chamado graduação, é o encerramento de uma etapa sofrida sim, mas uma etapa onde encontrei e construí elos verdadeiros. Aqui nessa casa (Unipampa), fiz amizade com várias pessoas, tive oportunidades de crescer profissionalmente e humanamente. Aprendi que às vezes é necessário deixar todo o modo automático de lado, todo o excesso mental e cuidarmos de nós. Assim como aprendi que as vezes não teremos tempo para absolutamente nada, mas é a vida. Agradeço aos momentos que chorei, aos feriados, finais de semana que não fiquei perto da minha família, ficando longe de casa, agradeço aos dias sem dormir, agradeço as crises de ansiedade que desenvolvi, pois cresci! Agradeço a ti, amigo que esteve ao meu lado nos momentos bons e ruins (poderia aqui citar inúmeras pessoas mesmo, mas ficaria extenso demais), agradeço a minha família que com toda dificuldade me apoiou nessa estrada e agradeço por fim a pessoa mais importante dessa jornada, a mim mesma! Tu conseguiu queridinha, Parabéns!!

Nathalia: Primeiramente eu agradeço ao universo por eu estar onde estou, no momento em que estou, cercada de pessoas que me fazem tão bem e pelas oportunidades que se abriram e se fecharam durante esses anos de graduação.

Agradeço imensamente à minha família que sempre me apoiou e que nunca mediram esforços pra minha felicidade, em especial o meu avô, Lucas Dias, que sempre foi meu porto seguro e que desde cedo me ensinou a estar constantemente em busca de conhecimento, já que esse é um dos bens mais valiosos que podemos ter.

Agradeço à minha dupla, Fernanda, por me convidar para esse trabalho tão grande e importante, por confiar, compartilhar, rir, chorar, me escutar e principalmente pela amizade que desenvolvemos ao longo desse tempo. Palavras jamais serão suficientes para demonstrar esse sentimento de gratidão que tenho por ter você na minha vida e eu amo saber que não estive sozinha nessa etapa e que tudo deu sempre tão certo entre a gente.

Agradeço imensamente aos meus amigos, cada um deles, por todos os momentos de distração, apoio, suporte, risadas, sem eles, eu nada seria.

Agradeço ao meu namorado que esteve ao meu lado desde o início dessa jornada estando tão distante de casa, sempre me apoiando, incentivando a continuar e sendo suporte nos momentos que mais me senti só.

À nossa orientadora Catarina e nossa coorientadora Jaqueline, que são pessoas sensacionais e que nunca mediram esforços para nos ajudar.

À todos os docentes do curso que contribuíram para minha formação acadêmica.

Agradeço a mais essa etapa concluída, que embora tenha sido tão sofrida, foi essencial pra ser quem eu sou hoje.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a vida, por ser tão generosa comigo e colocar as pessoas certas nos momentos certos.

## RESUMO

Atualmente, o maior problema relacionado à agroindústria é a grande quantidade de resíduos gerados durante o processamento/beneficiamento de suas matérias primas. Na maioria dos casos, esses resíduos não são tratados e/ou reaproveitados, e em geral são descartados de maneira inadequada, com potenciais ricos de contaminação dos solos e águas. Com isso, diversas alternativas vêm sendo estudadas, visando novas aplicações para os subprodutos presentes nesses resíduos. Neste contexto, polímeros biodegradáveis vêm ganhando destaque devido ao acúmulo de lixo gerado pelas embalagens elaboradas de polímeros sintéticos, diminuindo assim, o impacto gerado por resíduos da indústria alimentícia. Polissacarídeos e proteínas podem ser encontrados de forma abundante em resíduos agroindustriais e são atóxicos, biodegradáveis, renováveis e naturais. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo elaborar uma revisão sistemática da literatura de filmes biodegradáveis baseados em polissacarídeos e proteínas extraídos de resíduos industriais. A pesquisa foi efetuada a partir de artigos publicados em periódicos disponíveis em três diferentes bases de dados, sendo o portal de Periódicos da Capes, Scielo e Web of Science durante o período de 01/01/2016 a 31/12/2020. Foram selecionados 21 artigos, nos quais os autores realizaram a extração diretamente dos resíduos industriais para elaboração de filmes biopoliméricos a base de amido, celulose, gelatina, pectina, quitosana, soro do leite onde analisaram espessura (e), resistência à tração (RT), alongamento (A), permeabilidade ao vapor de água (PVA), solubilidade (%), cor ( $\Delta E$ ), e atividade antimicrobiana dessas biomoléculas. A partir dos resultados, analisou-se que, ainda que utilizando as mesmas biomoléculas, os resultados são influenciados pelos diferentes processos empregados, seja na extração (uma vez que são extraídos de diferentes matérias primas), na formulação bem como na escolha e na concentração de plastificantes, dificultando a comparação direta entre as biomoléculas na produção dos filmes biodegradáveis. Porém, ainda sim a utilização das biomoléculas extraídas de resíduos da indústria são de caráter promissor, uma vez que agregam valor aos resíduos gerados, são economicamente viáveis e reduzem o impacto causado no meio ambiente.

Palavras-Chave: Biodegradação. Biomateriais. Embalagens Sustentáveis. Matrizes Poliméricas. Meio-ambiente. Sustentabilidade.



## ABSTRACT

Currently, the biggest problem related to agribusiness is the large amount of waste generated during the processing of raw materials. In most cases, these residues are not treated and/or reused, and are generally disposed of inappropriately, with rich potential for soil and water contamination. Thus, several alternatives have been studied, aiming at new applications for the by-products present in this waste. Biodegradable polymers are gaining prominence due to the accumulation of waste generated by the synthetic polymers packaging, reducing the impact generated by food industry waste. Polysaccharides and proteins can be found abundantly in agro-industrial residues and are non-toxic, biodegradable, renewable and natural. Therefore, the present study aims to elaborate a systematic review literature of biodegradable films based on polysaccharides and proteins extracted from industrial waste. The research was carried out based on articles published in journals available in three different databases, the Portal de Periódicos da Capes, Scielo and Web of Science during 01/01/2016 to 31/12//2020. Twenty one articles were selected, which the authors performed the extraction directly of industrial waste for the elaboration of biopolymeric films based on starch, cellulose, gelatin, pectin, chitosan and whey, than analyzed thickness ( $e$ ), tensile strength (RT), elongation (A), water vapor permeability (PVA), solubility (%), color ( $\Delta E$ ), and antimicrobial activity of these biomolecules. From the results, it was analyzed that, although using the same biomolecules, the results are influenced by the different processes employed, the extraction (since they are extracted from different raw materials), the formulation as well as in the choice and concentration of plasticizers, becoming difficult to directly compare biomolecules in the production of biodegradable films. However, the use of biomolecules extracted from industry waste is still promising, since they add value to the waste generated, they are economically viable and reduce the impact caused on the environment.

Keywords: Biodegradation. Biomaterials. Sustainable Packaging. Polymeric matrices. Environment. Sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Percentual da capacidade de produção global de bioplásticos em 2019. ....	16
Figura 2 – Estrutura química da (a) amilose e (b) amilopectina .....	20
Figura 3 – Estrutura molecular da celulose (celobiose). ....	23
Figura 4 – Estrutura química da pectina.....	25
Figura 5– Estrutura molecular (a) quitina e (b) quitosana.....	27
Figura 6 – Estrutura do colágeno e da gelatina. ....	29
Figura 7 – Estrutura da cadeia de gelatina.....	29
Figura 8 – Estrutura química da caseína.....	31
Figura 9 – Artigos selecionados e artigos excluídos das bases de dados. ....	34
Figura 10 – Aplicação de filme à base de farinha residual para cobrir e preservar morangos frescos armazenados a 5°C e 90% UR por 9 dias. ....	39

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Biomoléculas utilizadas para produção de filmes biodegradáveis.....	19
Quadro 2 - Autores encontrados e análises realizadas em filmes a base de amido.....	38
Quadro 3 – Autores encontrados e análises realizadas em filmes a base de celulose.....	41
Quadro 4 – Autores encontrados e análises realizadas em filmes a base de gelatina.....	43
Quadro 5 – Autores encontrados e análises realizadas em filmes a base de pectina.....	49
Quadro 6 – Autores encontrados e análises realizadas em filmes a base de quitosana.....	51
Quadro 7 – Autores encontrados e análises realizadas em filmes a base de soro do leite.....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A – Alongamento;

ABIA – Associação Brasileira da Indústria de Alimentos;

ABRE – Associação Brasileira de Embalagens;

AGU – Anidroglicose;

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária;

ATM – Alto teor de metoxilas;

BG – Gelatina Bovina;

BTM – Baixo teor de metoxilas;

C – Quitosana;

CG – Gelatina de Frango;

CH – Colágeno Hidrolisado;

CTLW – Couro Curtido ao Cromo;

DBO – Decomposição Bioquímica de Oxigênio;

G – Glicerol;

GD – Grau de desacetilação;

GM – Grau de metilação;

HDPE – Polietileno de Alta Densidade;

LDPE – Polietileno de Baixa Densidade;

MM – Massa molar;

ONU – Organização Nacional das Nações Unidas;

PHAs – Polihidroxicarboxilatos;

PHB – Polihidroxibutirato;

PLA – Poliacido Láctico;

P – Pectina;

PP – Polipropileno;

PS – Poliestireno;

PTFE – Politetrafluoretileno;

PVA – Permeabilidade ao vapor de água;

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada;

RT – Resistência à Tração;

UR – Umidade Relativa;

Wh – Soro de Leite.

## LISTA DE SÍMBOLOS

$e$  – Espessura;

$\Delta E$  – Cor.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Resíduos da indústria de alimentos e reaproveitamento .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Embalagens plásticas para alimentos .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3 Embalagens biodegradáveis .....</b>	<b>16</b>
<b>2.4 Polissacarídeos utilizados em embalagens biodegradáveis.....</b>	<b>19</b>
<b>2.4.1 Polissacarídeos de origem vegetal .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4.1.1 Amido.....</b>	<b>19</b>
<b>2.4.1.2 Celulose.....</b>	<b>22</b>
<b>2.4.1.3 Pectina .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.2 Polissacarídeos de origem animal .....</b>	<b>26</b>
<b>2.4.2.1 Quitosana.....</b>	<b>26</b>
<b>2.5 Proteínas utilizadas em embalagens biodegradáveis.....</b>	<b>28</b>
<b>2.5.1 Proteínas de origem animal .....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.5.1 Gelatina .....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.5.2 Soro de leite .....</b>	<b>30</b>
<b>2.5.2 Proteínas de origem vegetal.....</b>	<b>32</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>33</b>
<b>4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>
<b>4.1 Filmes a base de amido.....</b>	<b>36</b>
<b>4.2 Filmes a base de celulose.....</b>	<b>39</b>
<b>4.3 Filmes a base de gelatina.....</b>	<b>41</b>
<b>4.4 Filmes a base de pectina.....</b>	<b>48</b>
<b>4.5 Filmes a base de quitosana.....</b>	<b>50</b>
<b>4.6 Filmes a base de soro do leite.....</b>	<b>51</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos, a globalização, a busca por praticidade e versatilidade no dia a dia vêm causando impactos negativos para a sociedade, principalmente no que se refere a poluição ambiental (KOHLBECK *et al.*, 2020). De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Alimentos (ABIA), a indústria alimentícia é o maior setor industrial do país e conseqüentemente o maior, na geração de resíduos, sejam esses advindos de resíduos de alimentos durante os processos de produção, quanto na elaboração e utilização de embalagens plásticas (ABIA, 2020; BARBOSA; CONCEIÇÃO, 2016). Sendo assim, empresas que visam tanto o reaproveitamento de resíduos quanto à sustentabilidade têm ganhado destaque no mercado, pois aliam os fatores econômicos aos fatores socioambientais (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Resíduos alimentícios, geralmente apresentam alta composição de polissacarídeos, proteínas, lipídeos, fibras e compostos antioxidantes importantes que são descartados, e em muitas situações de maneira indevida, quando poderiam dar origem a novos produtos, evitando o desperdício e promovendo aumento nos lucros das empresas (KOHLBECK *et al.*, 2020). Boa parte das embalagens alimentícias são formadas por polímeros sintéticos, não biodegradáveis, hidrofóbicos, de elevada massa molar, e alta toxicidade, características que resultam em materiais extremamente prejudiciais quando acumulados no meio ambiente (LUCENA *et al.*, 2017; LANDIM *et al.*, 2016).

Sendo assim, uma alternativa para a redução desses resíduos são o seu reaproveitamento por parte das indústrias, visto que estes possuem biomoléculas com grande potencial para formação de filmes biodegradáveis, como é o caso dos polissacarídeos e proteínas. Esses dois tipos de polímeros têm chamado a atenção devido a sua biodegradabilidade, pois é uma responsabilidade da gestão das empresas buscar novas aplicações, processos e metodologias que ofereçam a preservação de recursos naturais e consciência socioeconômica (DIAS e REIS, 2019; PAGNO *et al.*, 2016). Além disso, polissacarídeos e proteínas são abundantes, econômicos, capazes de formar matrizes contínuas e principalmente, são facilmente encontrados como resíduos da indústria alimentícia (LUCHESE, 2018). Entre os polissacarídeos utilizados para a produção de filmes a partir de resíduos das indústrias alimentícias, destacam-se os polissacarídeos de origem vegetal, como amido, celulose e pectina e de origem animal a quitosana (CRUZ, 2018). Já os filmes a base de proteínas, destacam-se as proteínas de origem animal como gelatina e soro do leite e de origem vegetal como proteína de soja, glúten e zeína (FELIPINI, 2019).

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo geral elaborar uma revisão sistemática da literatura de filmes biodegradáveis baseados em polissacarídeos e proteínas extraídos de resíduos industriais, tendo como objetivos específicos:

- Levantamento de artigos publicados nos últimos 5 anos sob o tema em questão;
- Analisar a influência das biomoléculas e sua interação com outros materiais, nas propriedades de barreira, propriedades mecânicas e de conservação em filmes biodegradáveis nos artigos selecionados.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Resíduos da indústria de alimentos e reaproveitamento

Os modelos tradicionais de progresso induzem a um consumo excessivo de recursos, o que resulta em uma geração significativa de resíduos. Assim, há uma grande necessidade de garantir a sustentabilidade das atividades produtivas, considerando o equilíbrio entre os pilares econômico, social e ambiental (OLIVEIRA, 2018; BARBOSA *et al.*, 2016).

Com o aumento da preocupação com o meio ambiente em âmbito mundial, vários estudos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de buscar possíveis alternativas para a redução da degradação do meio ambiente a partir da minimização na geração de resíduos, bem como do reaproveitamento destes materiais para o desenvolvimento de novas tecnologias (HASAN *et al.*, 2018; CARNEIRO, 2019). O processamento de resíduos tem como principal objetivo a alteração do produto que anteriormente era descartado em subprodutos com potencial comercial (SILVA *et al.*, 2017).

Pode-se citar como exemplos de reaproveitamento na indústria de alimentos:

- Indústria de produção de queijos, utilizando o resíduo do soro lácteo na produção de bebidas fermentadas (REINALDO, 2018);
- Indústrias sucroalcooleiras utilizando o bagaço oriundo da produção de etanol, para fornecimento de energia nos fornos industriais das usinas (FILHO *et al.*, 2017);
- O bagaço de uva como das vinícolas para produção de energia (BESINELLA *et al.*, 2017);
- O bagaço de azeitona encapsulado para aplicação na indústria (MORRUDO *et al.*, 2020).
- Desenvolvimento de filmes a partir da quitosana obtida como subproduto da indústria pesqueira, entre outros (SOUSA, 2019).

### 2.2 Embalagens plásticas para alimentos

A RDC nº 91 de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) define embalagem de alimentos como sendo um invólucro, recipiente ou qualquer forma de acondicionamento, removível ou não, destinada a cobrir, empacotar, envasar, proteger, sem adulterações do alimento (BRASIL, 2001). As embalagens também são consideradas um

veículo de venda, pois ficam expostas ao consumidor, possuindo função estratégica de *marketing*, levando informação sobre o produto ao consumidor (GUIMARÃES *et al.*, 2017).

O surgimento do plástico em embalagens de alimentos, surgiu em meados do século XIX, com a necessidade de armazenar e conservar os alimentos, devido a sua versatilidade, preço e durabilidade (LAZAROTTO, 2017). Atualmente o Brasil é o quarto maior produtor de lixo plástico no mundo (CARRANÇA, 2020), um terço do lixo doméstico é constituído por embalagens que são utilizadas apenas uma vez, causando significativo acúmulo desses resíduos em aterros, lixões e oceanos (GUIMARÃES e SILVA, 2020).

De acordo com a Associação Brasileira de Embalagens (ABRE), em 2019 foi atingido o valor bruto na produção de embalagens de R\$ 80,2 bilhões, um aumento de 6,5% em relação aos R\$ 75,3 bilhões alcançados em 2018, sendo 41% do valor bruto de plásticos. Ainda em exportação, a produção de embalagens plásticas gerou em torno de US\$ 165,6 milhões. A produção de embalagens registrou um crescimento de 1,1% ao ano, entre 2014 e 2018, devendo alcançar 1,6% até 2024 (ABRE, 2019).

O grande problema do uso de plásticos sintéticos, está na sua composição, pois apresentam elevada resistência e estabilidade física e química, o que dificulta muito a sua decomposição no meio ambiente (RODRIGUES, 2018). Quando descartados, provocam um grande acúmulo em lixões e aterros, que acabam formando uma espécie de película na superfície dificultando a circulação de líquidos que auxiliam da decomposição do lixo (LANDIN *et al.*, 2016). Segundo a Organização Nacional das Nações Unidas (ONU), o plástico representa 80% do lixo marinho, podendo até em 2050 ser superior a quantidade de peixes (MORAES, 2019). O que acaba afetando toda a biodiversidade, contribuindo fortemente para o aumento do efeito global (TESTA *et al.*, 2020). Uma alternativa para a diminuição do acúmulo de plástico nos oceanos, seria a queima dessas embalagens, no entanto, esta também é inadequada, pois quando incineradas liberam compostos tóxicos como o dióxido de carbono, furanos, mercúrio e bifenilos policlorados, poluindo a atmosfera e contribuindo para o efeito estufa e o aquecimento global (MARTINS, 2017).

Assim, novas tecnologias estão sendo desenvolvidas visando medidas que conservem o alimento com qualidade e segurança e que reduzam os impactos ambientais causados pelas embalagens convencionais (GAZILLO, 2018).

### 2.3 Embalagens biodegradáveis

Em busca de novas tecnologias que substituam os polímeros sintéticos utilizados em embalagens, por um material natural que reduza os índices de poluição, os biopolímeros vem ganhando grande visibilidade. Pois, junto com o apelo de diminuir o impacto no meio ambiente, estas embalagens possuem tecnologias que as tornam mais efetivas quanto ao ataque de micro-organismos, sendo denominadas de embalagens ativas, ou ainda inteligentes, que podem interagir com o consumidor através da mudança de coloração, por exemplo, indicativo de alteração na qualidade do produto (MOURA, 2018; LANDIN *et al.*, 2016; VIÉGAS *et al.*, 2016).

Filmes biopoliméricos são produzidos a partir de biomateriais, que são também chamados de bioplásticos. Sendo assim, a European Bioplastics (2020) define como bioplástico todo material plástico que for de base biológica, biodegradável ou ambos ao mesmo tempo, que substituem as embalagens sintéticas, diminuindo o impacto gerado ao ambiente. Os bioplásticos representam cerca de 1% de mais de 359 milhões de toneladas de plástico produzidas anualmente (EUROPEAN BIOPLASTIC, 2020). A Figura 1 apresenta a produção global de bioplásticos em 2019.

Figura 1 - Percentual da capacidade de produção global de bioplásticos em 2019.



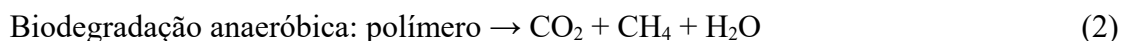
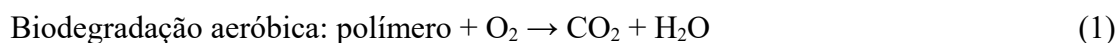
Fonte: European Bioplastic (2020)

Os biopolímeros são polímeros naturais e renováveis e sua utilização na produção de embalagens de alimentos se deve a sua baixa toxicidade, biodegradabilidade, acessibilidade, biocompatibilidade e características filmogênicas. Tendo como outra característica importante sua capacidade de ser degradado por enzimas, facilitando sua biodegradação (LIMA, 2019; CRUZ, 2018).

Os biopolímeros provenientes de matérias-primas naturais renováveis, são divididos em classes de acordo com seus componentes, sendo eles: (FILHO; SANFELICE, 2019; FRANCO, 2019).

1. Polímeros extraídos diretamente da biomassa: polissacarídeos e proteínas, como amido, celulose, quitina e quitosana, gelatina, caseína, etc.
2. Polímeros produzidos por síntese química usando monômeros de fonte renovável: produzidos a partir da fermentação de carboidratos, como o poliácido lático (PLA) que é polimerizado a partir de ácido lático e monômeros.
3. Polímeros sintetizados por micro-organismos ou bactérias geneticamente modificadas: polihidroxicanoatos – PHAs, polihidroxibutirato – PHB, entre outros.

Os filmes produzidos a partir de biomoléculas apresentem tempo de degradação menor que embalagens produzidas de material sintético, sendo 90% dos biopolímeros degradados em até 6 meses (UEHARA, 2017; LANDIM *et al.*, 2016; PESSANHA, 2016). A biodegradação diz respeito ao processo de decomposição dos biomateriais (matéria orgânica) por atividade biológica. Nesse processo, o biomaterial é transformado em moléculas pequenas que são capazes de ser metabolizadas por micro-organismos como bactérias, fungos e algas, causando um menor impacto ambiental (GARCIA, 2016). O processo de biodegradação pode ocorrer de duas maneiras, sendo na presença de oxigênio chamado de biodegradação aeróbica, como na ausência do oxigênio, chamado de biodegradação anaeróbica, podendo ser representadas pelas reações 1 e 2 (MATIAS, 2019):



O processo de biodegradação de materiais é um processo complexo e natural, onde há transformação de compostos orgânicos em compostos mais simples, sendo redistribuídos ao meio ambiente. Tal transformação é realizada por agentes, como micro-organismos e enzimas através de processos bioquímicos, que atuam sob condições normais de umidade, pressão, luz, oxigênio e temperatura (AZEVEDO *et al.*, 2017; LANDIN *et al.*, 2016).

Portanto é necessário para a produção de um filme biopolimérico, um biopolímero que além de ser biodegradável, necessita ter formação de matriz contínua, homogênea e coesa. O Quadro 1, apresenta algumas biomoléculas que podem ser utilizados na elaboração de filmes biodegradáveis.

Quadro 1 – Biomoléculas utilizadas para produção de filmes biodegradáveis

Proteínas	Caseína, proteínas do soro do leite, proteína do milho–zeína, proteína do trigo–glúten, colágeno e gelatina.
Polissacarídeos e seus derivados	Derivados da celulose, quitosana, amido, alginatos, pectinas e gomas.
Lipídeos	Monoglicérides, ácidos graxos, ceras naturais e etc.

Fonte: Adaptado de Pagno *et al.*, (2016) e Souza, (2016)

De acordo com FILHO e SANFELICE (2019) e FRANCO (2019) dentro da classificação de polímeros extraídos diretamente da biomassa, estão as proteínas e polissacarídeos, que são classificados como hidrocoloides.

Os hidrocoloides têm sido amplamente estudados pela humanidade por centenas de anos, tanto da perspectiva funcional quanto nutricional; possuem como característica comum, uma total ou parcial solubilidade em água e são usados principalmente para aumentar a viscosidade da fase aquosa. Assim embalagens desenvolvidas a partir de hidrocoloides têm despertado o interesse para o revestimento de alimentos, pois em geral são eficazes quanto a barreira ao oxigênio, aromas e a óleos, que está intimamente relacionada à estabilidade química, física, sensorial, microbiológica e biológica dos produtos (SILVA, 2020; FERREIRA, 2016; PESSANHA, 2016).

A elaboração dos filmes biodegradáveis a partir de biopolímeros, de maneira geral, pode ser exemplificada, pois envolve basicamente três componentes: um agente formador de filme, um solvente e um agente plastificante (COSTA, 2018; NOGUEIRA *et al.*, 2018; NOGUEIRA, 2017). Quando a produção do filme se baseia nos componentes citados acima, o biopolímero é solubilizado em um solvente (água, etanol ou ácidos orgânicos), juntamente com aditivos (plastificantes) sob determinado tempo e temperatura. Após, a solução

filmogênica passa por um processo de secagem do solvente. Esta técnica é a mais popular e é conhecida como técnica *casting* (JESUS, 2017).

## **2.4 Polissacarídeos utilizados em embalagens biodegradáveis**

Os polissacarídeos são carboidratos muito encontrados na natureza, são polímeros de alta massa molar, pois são formados pela união de mais de dez monossacarídeos através de ligações glicosídicas, sendo chamados também de glicanos. São separados pela identidade das suas unidades monossacarídicas e nos tipos de ligação que os unem, comprimento das suas cadeias e no grau de ramificação destas. Além disso, eles são classificados e separados em homopolissacarídeos e heteropolissacarídeos, em que os homopolissacarídeos contém apenas um único tipo de monossacarídeo e o heteropolissacarídeos possuem dois ou mais tipos diferentes de unidade monoméricas (PIMENTA, 2018; PESSOA *et al.*, 2016).

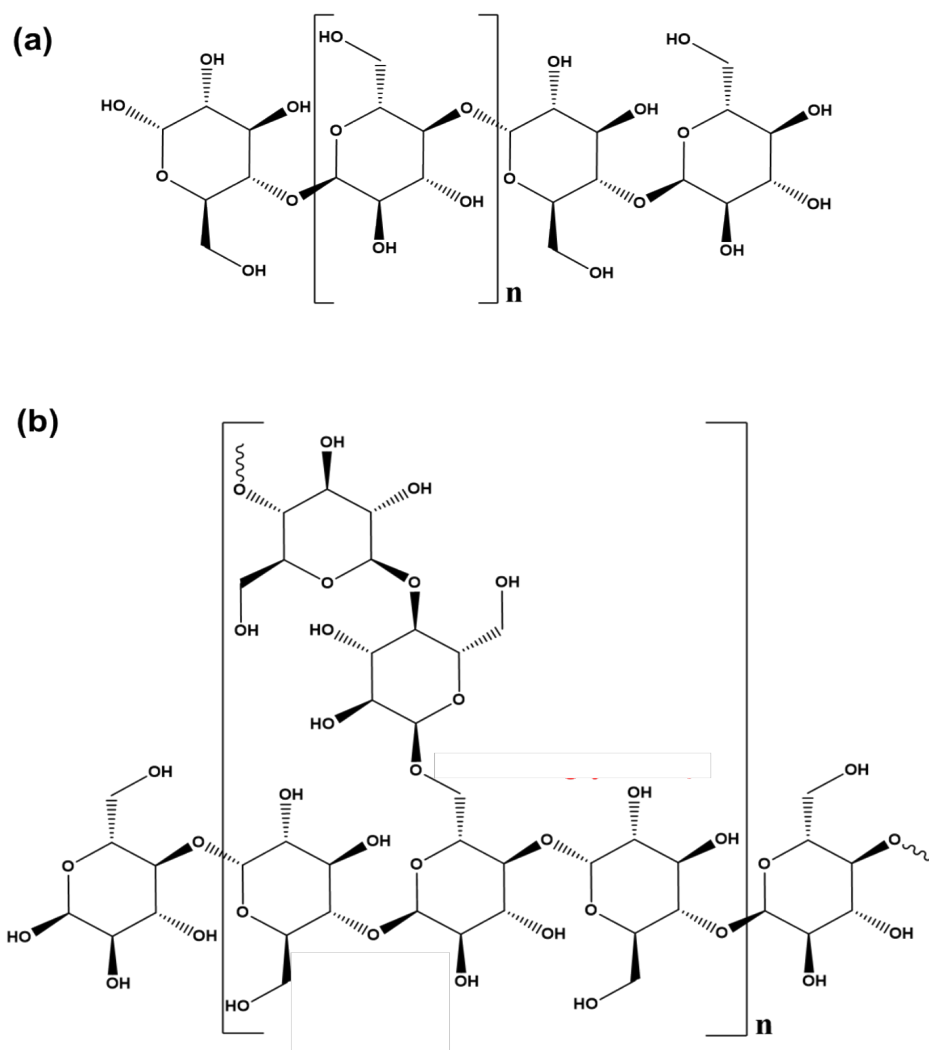
Os polissacarídeos são formados através da condensação de um grande número de monossacarídeos, possuindo um alto peso molar, apresentando compostos orgânicos em sua estrutura (LE COSTA OUEC *et al.*, 2017).

### **2.4.1 Polissacarídeos de origem vegetal**

#### **2.4.1.1 Amido**

O amido devido a seu baixo custo e disponibilidade é o biopolímero mais utilizado para compor embalagens biodegradáveis, sendo extraído das partes amiláceas de cereais (arroz, trigo, aveia, milho), raízes (mandioca) ou tubérculos (batata, batata doce, cará, inhame) (PEREIRA, 2017; CAO *et al.*, 2017). Estruturalmente, é um homopolissacarídeo (um polissacarídeo constituído de um tipo de açúcar), composto por dois polímeros de glicose, cadeias de amilose e amilopectina, com estruturas e funções diferentes (ALVES, 2016). Sendo a amilose formada por unidades de glicose unidas por ligações  $\alpha$ -1,4 (cadeia linear) e a amilopectina é formada por unidades de glicose unidas em  $\alpha$ -1,4 e  $\alpha$ -1,6 (cadeia ramificada) (CARDOSO, 2017). As propriedades do amido estão ligadas diretamente com a quantidade de amilose e amilopectina presentes (SOUZA, 2018). Na Figura 2, estão apresentadas as estruturas químicas da (a) amilose e (b) amilopectina.

Figura 2 – Estrutura química da (a) amilose e (b) amilopectina.



Fonte: Autores (2020)

A amilose está presente cerca de 15% a 25% nos grãos, suas habilidades estão relacionadas com a facilidade de formar diferentes estruturas moleculares (formação de géis), que facilitam a formação, na superfície do amido, de complexos com moléculas de lipídios inibindo sua degradação (SOUZA, 2018). A amilopectina é a mais importante das duas frações, compõem em torno de 75% do amido, é através dela que há formação do grânulo, como ocorre em mutantes que são desprovidos de amilose (RAMOS, 2019). Quando há variações nas proporções de amilose e amilopectina, na estrutura do amido, estes apresentam grânulos com diferentes propriedades físico-químicas e funcionais, afetando suas aplicações (EBURNEO, 2017).

O uso do amido na elaboração de filmes biopoliméricos vem crescendo, principalmente por se tratar de uma matéria-prima abundante e disponível em todo mundo, ser

atóxico, possuir baixo custo, renovabilidade e biodegradabilidade, também por apresentar muitas possibilidades de modificações químicas, física e genéticas, originando filmes e revestimentos resistentes (CAMARGO, 2020; COSTA, 2018; SILVA, 2016). Essas propriedades correspondem a capacidade de amilose em formar géis, assim capacitando a formação de filmes com boas propriedades de barreira de oxigênio (CAO *et al.*, 2017; CARDOSO, 2017). Devido a sua estrutura poder ser alterada por métodos químicos, físicos e enzimáticos, a mudança que ocorre nos grânulos durante a gelatinização e a retrogradação são determinantes das pastas de amido. A retrogradação é um fenômeno que acontece quando a pasta de amido é retirada da temperatura ambiente, sendo congelada ou resfriada, onde acontece a cristalização das moléculas graças à tendência da formação de ligações de hidrogênio, conjuntamente com o rearranjo das moléculas de amilose (SCHAEFFER, 2020; SILVA, 2016). Já a gelatinização é o processo de transformação do amido granular em pasta viscoelástica, é fator importante na produção de biofilmes (MAIA, 2016; DAMODARAN *et al.*, 2010). Quando a pasta fica em repouso antes ou depois do resfriamento, a formação de gel através da estabilidade das ligações intramoleculares (SILVA; DAUDT, 2019). Quando em repouso, as ligações de géis aumentam em número, ou seja, aumentam de região formando uma rede mais firme e compacta em tamanhos e distribuição das regiões micelares (SANTOS, 2016).

Através da mudança química, física e enzimática do amido, obtêm-se o amido modificado, que apresenta propriedades diferentes do amido nativo. Esse processo de modificação do amido, serve para obter uma pasta com viscosidade reduzida, evitando assim mudanças nas propriedades do amido, um exemplo é sua retrogradação que acontece devido a substituição de grupos hidroxílicos por grupos carbonílicos e grupos carboxílicos, que por sua vez ocupam mais espaço devido a serem mais volumosos, mantendo as cadeias de amilose separadas (BENINCA, 2019; SOUZA, 2019; SCANDOLARA, 2017).

A formação dos filmes à base de amido acontece de forma helicoidal, pois depende da concentração de sólidos e do teor de amilose, que é a responsável pela agregação helicoidal (FREITAS, 2020; OLIVEIRA, 2016). No entanto, filmes produzidos à base de amido possuem uma certa limitação tecnológica, pois possuem deficiência em suas propriedades mecânicas (RODRIGUES, 2019). Os filmes caracterizam-se por serem finos, pouco flexíveis e quebradiços e apresentarem alta permeabilidade (SCHAEFFER, 2020). Para tornar os filmes à base de amido mais flexíveis, podem ser utilizados aditivos, como os plastificantes (sendo os mais utilizados o glicerol e o sorbitol), que são substâncias compatíveis com a



estrutura química do amido e podem promover maior flexibilidade, processabilidade e fluidez (BOMFIM, 2019).

O aumento na flexibilidade e mobilidade dos filmes por meio de adição de plastificantes, se dá devido a serem inseridos na matriz, aumentando o espaço livre entre as cadeiras poliméricas, o que provoca uma diminuição das forças intermoleculares, diminuindo possíveis descontinuidades, devido a facilidade dessas moléculas de se acoplarem entre as cadeiras dos polissacarídeos (SILVA *et al.*, 2017). No entanto, é necessário considerar que a adição desses plastificantes nos filmes podem promover um aumento na permeabilidade ao vapor de água, visto que essas moléculas têm geralmente caráter hidrofílico, como o que acontece com o glicerol, onde por possuir uma característica higroscópica, faz com que a água seja atraída para dentro da sua estrutura mais facilmente (ANDRADE, 2020; TRAVALINI, 2019; BRAZEIRO *et al.*, 2014; SHIMAZU *et al.*, 2007). Para contornar esse problema, alguns agentes hidrofóbicos, como os lipídeos, podem ser adicionados à formulação de filmes biodegradáveis com o objetivo de aumentar a hidrofobicidade e assim minimizar a migração de vapor de água destas estruturas, alguns exemplos de ácidos graxos utilizados são o óleo de coco e o óleo de linhaça (COFFERRI, 2020).

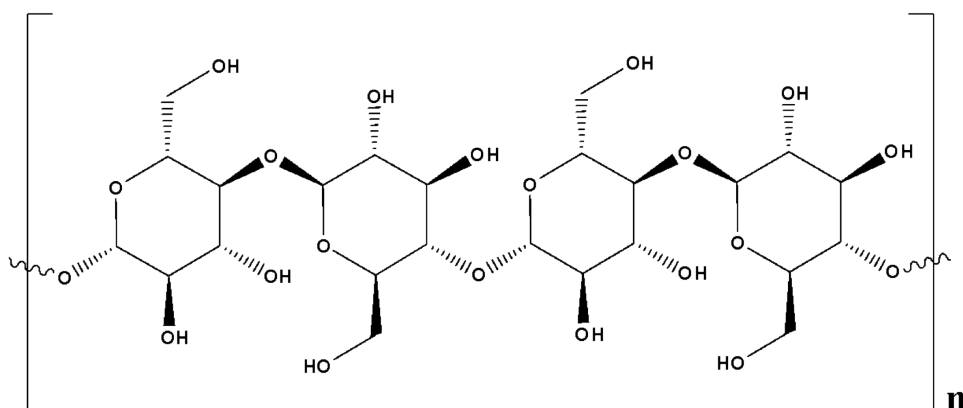
#### **2.4.1.2 Celulose**

A celulose é o polímero natural e biodegradável de maior abundância na natureza. É encontrada na forma de microfibrilas que constroem uma estrutura rígida na parede celular das plantas, sendo o principal componente estrutural dos vegetais (FARADILLA *et al.*, 2017; COELHO, 2016). Tanto a celulose como o amido têm despertado um grande interesse no desenvolvimento de filmes biopoliméricos devido às suas características específicas, como por exemplo a alta afinidade com a maioria dos polímeros naturais (FRANCHETTI; MARCONATO, 2006). O algodão é uma das principais fontes para obtenção da celulose, mas também pode-se encontrar em fontes lignocelulósicas alternativas, no qual se pode extrair e modificar, como o bagaço de cana-de-açúcar, bambu, fibra de bananeira, fibra da casca do coco, entre outros (MARQUES, 2018).

Classificada como um polissacarídeo de fórmula molecular  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , a celulose é formada pela união de moléculas  $\beta$ -D-anidroglicose (AGU) através de ligações glicosídicas do tipo  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4), resultando na celobiose, que é a cadeia polimérica da celulose em unidades repetitivas, contendo em sua estrutura seis grupos hidroxila que estabelecem ligações de hidrogênio intra e intermolecular (JESUS *et al.*, 2019; SILVA, 2018; CLARO, 2017). Devido

às múltiplas ligações de hidrogênio entre os grupos hidroxilas das cadeias justapostas de glicose, são impenetráveis a água, originando assim, fibras compactas que constituem a parede celular dos vegetais (GUERRERO *et al.*, 2019). Este composto é mais hidrofóbico do que o amido, e é insolúvel na maioria dos solventes orgânicos (COELHO, 2016). A Figura 3, apresenta a estrutura molecular da celulose.

Figura 3 – Estrutura molecular da celulose (celobiose).



Fonte: Autores (2020)

A celulose tem sido estudada para diversas aplicações no mercado, devido seus diferentes tipos de estruturas, podendo ser: fibras, nanofibrilas, cristais, entre outros (CLARO, 2017). A estabilidade química, propriedades de permeação, baixo custo, propriedades mecânicas e compatibilidade biológica, fazem com que os biofilmes a base de celulose sejam uma excelente alternativa, já que todas essas características são necessárias para aplicação na indústria alimentícia (SILVA, 2017; SILVA, 2016; VIÉGAS, 2016).

A celulose não é solúvel em água e na maioria dos solventes convencionais, bem como não é possível processar a celulose no estado fundido (pois ela se decompõe antes da temperatura de fusão), ela é dissolvida geralmente em solventes com polaridades intermediárias (GUERRERO *et al.*, 2019; TRINDADE, 2014). Porém, a celulose é um material extremamente versátil para funcionalização química, pois é de fácil modificação estrutural, obtendo compostos que produzem materiais moldáveis e alterando significativamente suas propriedades físico-químicas e mecânicas (LAROQUE, 2018). Sendo assim, possui derivados com grande interesse e aplicações, sendo o principal os ésteres de celulose. O éster orgânico mais importante é o acetato de celulose, pois pode ser fundido e solubilizado facilmente (LENHANI, 2019). A obtenção dos ésteres de celulose se dá a partir da reação de celulose com anidridos e cloretos de acila, e é produzido pela reação de

esterificação da celulose através da substituição de grupos hidroxila (OH) por grupos acetila (COCH<sub>3</sub>). Os ésteres são utilizados normalmente como fibras e plásticos e fornecem propriedades de melhoria para o uso de embalagens (POLEZ, 2019).

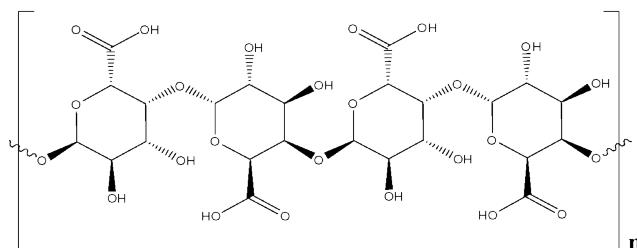
Estudos sobre a adição das fibras de celulose em filmes demonstram que esta fibra reforça a matriz de materiais termoplásticos, o que a torna uma boa opção para reforçar as propriedades de biopolímeros. Os filmes de acetato de celulose (derivado celulósico) apresentam alto módulo de elasticidade e baixa porcentagem de alongamento, características que tornam necessário o uso de plastificantes para modificar as propriedades mecânicas (JESUS *et al.*, 2019; SHRUTHY, 2019).

De acordo com Barbash *et al.* (2017), a nanocelulose (extraída por processo de hidrólise ácida) é utilizada como reforço em matrizes poliméricas, devido ao seu potencial para melhorar as propriedades mecânicas, de barreira, térmicas e ópticas, quando incorporadas em matrizes obtidas de fontes renováveis, resultam na formação de nanobiocompósitos totalmente biodegradáveis (MAGALHÃES e CLARO, 2018). Possuem também, um alto potencial para substituir a fibra sintética e quando comparada com o amido, os filmes de nanocelulose são mecanicamente muito mais fortes devido a estrutura cristalina da celulose (LEE *et al.*, 2020).

#### **2.4.1.3 Pectina**

A pectina é um polissacarídeo encontrado na parede celular de plantas, e está presente em diferentes partes do vegetal, como frutos, folhas, flores, raízes e sementes. A concentração do teor de pectina pode variar entre 10 e 30%. Dependendo da fonte vegetal, sua matriz apresenta uma cadeia linear de unidades de ácido D-galacturônico unidas entre si por ligações  $\alpha$  (1→4). Sua maior concentração é encontrada em cascas de frutas cítricas como limão e laranja, as quais são fontes naturais utilizadas mais comumente na indústria alimentícia (KIM *et al.*, 2016; SEYFRIED *et al.*, 2016). Na Figura 4, está apresentada a estrutura molecular da pectina.

Figura 4 – Estrutura química da pectina.



Fonte: Autores (2020)

As pectinas são subdivididas em função do grau de esterificação ou metoxilação (GM). Pectinas com GM maior que 50%, são consideradas pectinas de alto teor de metoxilas (ATM) e pectinas com GM inferior que 50% são denominadas de pectinas de baixo teor de metoxilas (BTM). Devido a isso, dependendo do GM das pectinas, elas irão apresentar diferentes propriedades físico-químicas e aplicações (MIRANDA, 2019). As pectinas ATM apresentam predominantemente interações intermoleculares por pontes de hidrogênio e forças hidrofóbicas. Sua gelificação é normalmente observada em pH ácido (<3,5) e na presença de altas concentrações de açúcares, já as pectinas BTM podem formar géis estáveis e termo-reversíveis na ausência de açúcar (CERRI, 2019). Tendo como propriedades conhecidas de agente espessante, emulsificante e gelificante, a pectina possui aplicação tecnológica que contribui de forma geral para a qualidade textural de produtos feitos com sua adição (NAQASH *et al.*, 2017).

Suas propriedades tecnológicas e funcionais, irão depender do modo que a pectina é extraída, ou seja, irão apresentar características diferentes, como grau de esterificação, tamanho das partículas, conteúdo de açúcares, teor de cinzas e outros (ESFANJANI *et al.*, 2017). A extração da pectina pode ser realizada por meio aquoso ácido, básico, ou com agentes quelantes ou por ação de enzimas, sendo o processo geralmente composto por extração aquosa do material da planta; purificação do extrato líquido e separação do extrato da pectina do líquido (MIRANDA, 2019).

A pectina possui várias aplicações, sendo bastante utilizada pela indústria alimentícia e farmacêutica. Na indústria de alimentos, a pectina é utilizada para o aumento da viscosidade dos alimentos, na produção de geleias e doces, na preparação de bebidas e sucos de frutas concentrados, produtos derivados do leite gelificados ou fermentados e no desenvolvimento de filmes devido à sua característica de formação de géis (FRANCO, 2019; LIMA, 2019).

Na elaboração de filmes, a pectina pode ser incorporada tanto na matriz polimérica ou como agente formador de filmes. Seu uso na produção de filmes é devido sua baixa

toxicidade, alta biocompatibilidade, biodegradabilidade e não apresentar nenhum risco a saúde, além de ser um hidrocoloide capaz de formar redes que capturam água e formam géis. Entretanto, filmes de pectina não apresentam boas propriedades térmicas, mecânicas e possuem baixa propriedade de barreira, são muito quebradiços, o que acaba limitando sua aplicação. Por isso, novas formulações vem sendo buscadas a fim de solucionar esses problemas e melhorar essas propriedades, como o uso de plastificantes que são geralmente substâncias de baixo peso molecular, de baixa volatilidade, que quando adicionados a materiais poliméricos, modificam a sua organização tridimensional, diminuem as forças intermoleculares e aumenta o volume livre e a mobilidade das cadeias, aumentando a extensibilidade e flexibilidade do filme (FRANCO, 2019; SANTOS *et al.*, 2019; VIANA, 2017; DURAN *et al.*, 2016).

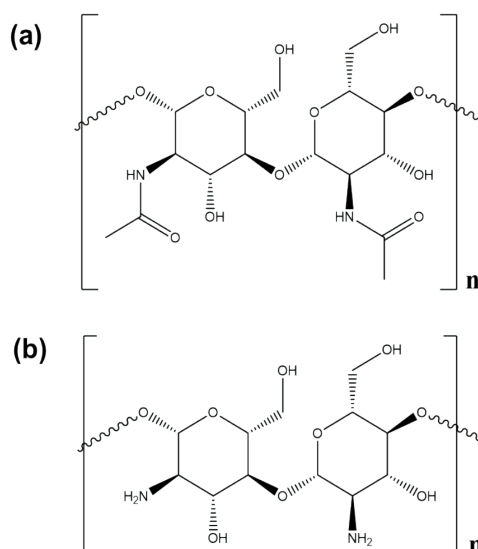
## **2.4.2 Polissacarídeos de origem animal**

### ***2.4.2.1 Quitosana***

A quitosana é um polímero natural proveniente da desacetilação da quitina, considerada um dos maiores resíduos gerados pela indústria pesqueira, pois está presente em abundância no exoesqueleto de crustáceos (camarão, siri, entre outros). Além disso, também é encontrada na parede celular de alguns fungos (PAVONI, 2018; VIÉGAS, 2016). Por ser um polissacarídeo com características marcantes de biodegradabilidade, atóxica, com formação de gel, propriedades antimicrobianas e antifúngicas, e extraída de fontes naturais renováveis, vem sendo amplamente utilizada como objeto de estudo para o desenvolvimento de filmes biodegradáveis, bem como para sua utilização como conservante alimentício (DAMASCENO, 2016; BOHÓRQUEZ, 2016).

A quitina possui estrutura constituída por unidades de 2-acetamido-2-deoxi-D-glicopiranosose e a quitosana por 2-amino-2-deoxi-D-glicopiranosose unidas por ligações glicosídicas  $\beta(1-4)$  (D'ANGELO *et al.*, 2018; SILVA, 2018). A Figura 5, apresenta as estruturas químicas da (a) quitina e (b) quitosana.

Figura 5– Estrutura molecular (a) quitina e (b) quitosana.



Fonte:Autores (2020)

As características da quitosana dependem do seu grau de desacetilação (GD) e de sua massa molar (MM), pois essas características definem o seu grau de solubilidade e viscosidade (VIÉGAS, 2016). Geralmente as estruturas de quitosana são produzidas por secagem ou coagulação de soluções aquosas acidificadas, permitindo assim, a conformação em diversas formas, como fibras, géis, filmes e membranas (PAVONI, 2018). A quitosana é insolúvel em água, mas solúvel em soluções ácidas diluídas, como ácidos orgânicos (ácido acético, fórmico, cítrico) e inorgânicos (ácido clorídrico), que resultam em soluções viscosas capazes de formar filmes (FILHO, 2017; MELLO, 2016).

É comumente utilizada como biomaterial para produção de filmes e revestimentos comestíveis devido sua viscoelasticidade, gerando assim, filmes resistentes, flexíveis, e de longa duração (COSTA, 2018; BRASÃO, 2017). As propriedades mecânicas dos filmes de quitosana são comparáveis a de polímeros convencionais, além de terem como vantagem sua propriedade antibacteriana, tornando-se assim, uma embalagem ativa (DIAS e REIS, 2019). Em contrapartida, tais filmes apresentam alta permeabilidade ao vapor de água (COSTA, 2018). Com determinadas modificações e melhorias (misturas com poliamidas, gelatina, amido, celulose e ácido cítrico) as propriedades hidrofílicas e mecânicas deixam de ser uma adversidade (COSTA *et al.*, 2017). Também pode-se modificar após, ou durante a preparação dos filmes, as propriedades de estabilidade química e térmica, rigidez e seletividade (PAVONI, 2018).

## **2.5 Proteínas utilizadas em embalagens biodegradáveis**

As proteínas são estruturas compostas por cadeias polipeptídicas formadas entre um grupo amina e um grupo carboxila. A sequência de aminoácidos determina a forma da proteína e sua função é determinada pela conformação que esta estrutura adota de acordo com o ambiente em que se encontra. As propriedades biológicas das proteínas são dependentes da sua interação física com outras moléculas (ALBERTS *et al.*, 2017). São polímeros constituídos por grupos polares e apolares, geralmente insolúveis.

Para a produção de filmes, as proteínas mais comumente utilizadas são: colágeno, gelatina, caseína, proteína do soro do leite, glúten de trigo, proteína de soja, zeína entre outras (COFERRI, 2020).

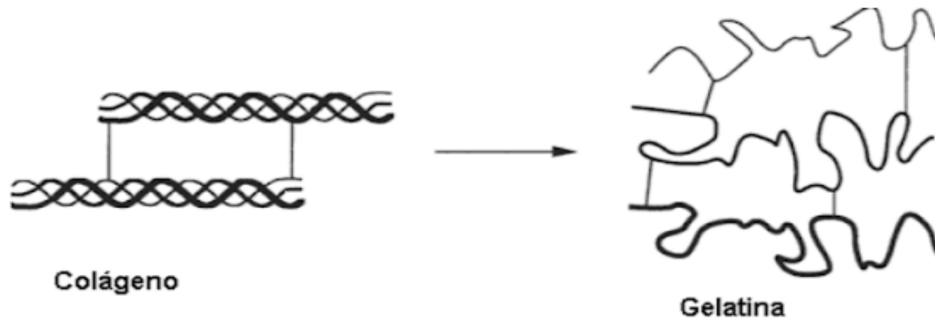
### **2.5.1 Proteínas de origem animal**

#### ***2.2.5.1 Gelatina***

A gelatina é uma proteína de origem animal obtida principalmente de fonte bovina, suína, e do colágeno proveniente de ossos e peles de peixes. Sua cadeia proteica é simples, advinda da desnaturação térmica ou da degradação química e física das fibras proteicas insolúveis do colágeno (SCOPPEL *et al.*, 2020; ROMANI *et al.*, 2019).

O colágeno é o filme proteico mais utilizado, principalmente para recobrir carnes processadas e vegetais. Para ser convertido em gelatina, o colágeno passa por dois processos. Primeiramente é feito um processo de desnaturação em torno de 40°C, em seguida, é submetido à hidrólise ácida ou básica para que ocorra a quebra de ligações covalentes (MATEUS, 2017). Na Figura 6, estão apresentadas as organizações estruturais do colágeno e da gelatina.

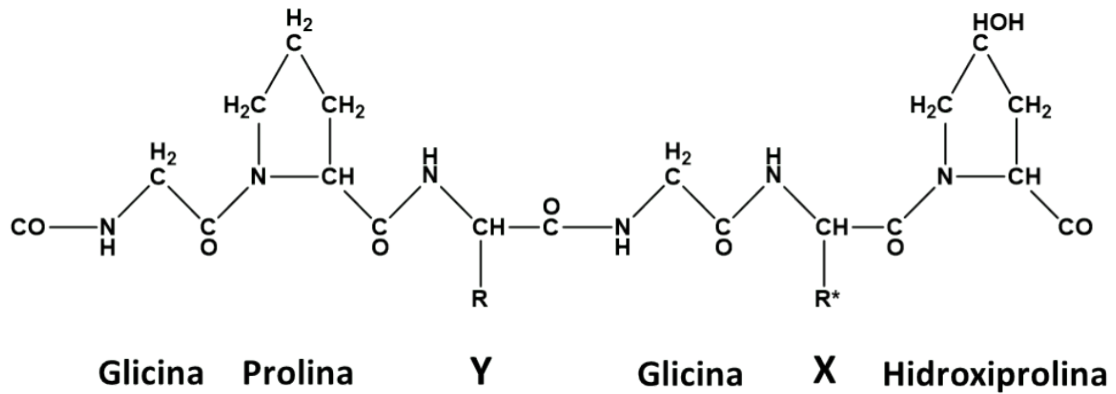
Figura 6 – Estrutura do colágeno e da gelatina.



Fonte: MAMANI (2009)

A gelatina é composta de longas cadeias de aminoácidos unidas por ligações peptídicas. A sequência de aminoácidos varia de uma fonte para a outra. Além disso, ela se difere de outros hidrocolóides, já que é totalmente digerível (FRIEDRICH, 2017). A Figura 7, apresenta a estrutura química da gelatina.

Figura 7 – Estrutura da cadeia de gelatina.



Fonte: Autores (2020)

As gelatinas comerciais são divididas em dois grupos: gelatina do tipo A (obtida por pré-tratamento ácido) possuindo ponto isoelétrico entre 7,0 e 9,0 e a gelatina do tipo B (obtida por pré-tratamento básico) com ponto isoelétrico situado entre 4,6 e 5,2 (FERREIRA, 2013). As propriedades mais marcantes da gelatina são a solubilidade em água e a capacidade de formação de géis termorreversíveis quando aquecida, solubilizada ou resfriada. Sua solubilidade é afetada pela temperatura, concentração e tamanho das partículas (AHMAD *et al.*, 2016; CRIZEL *et al.*, 2016).



A gelatina tem sido recorrentemente utilizada na formulação de filmes pois sabe-se que filmes a partir de polissacarídeos ou proteínas possuem excelentes propriedades mecânicas e ópticas além de ser comestível. (BANDEIRA *et al.*, 2016; GOIANA, 2020). Os filmes à base de gelatina apresentam excelentes propriedades de barreira oxigênio e dióxido de carbono, porém são altamente permeáveis ao vapor de água, possibilitando assim, a ligação com moléculas de água, tendendo a inchar ou dissolver caso tenha contato com produtos alimentícios com alta umidade, por esse motivo, a maioria dos filmes de gelatina são produzidos através da sua combinação com outros biopolímeros (GARRIDO, 2019; WANG *et al.*, 2019).

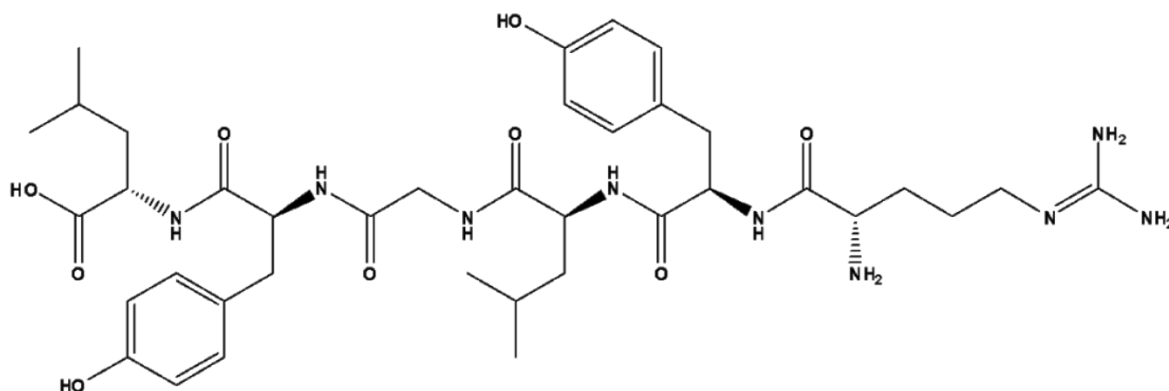
Sendo assim, uma alternativa para melhorar as propriedades de barreira de filmes à base de gelatina, além de acrescentar outro polímero, é adicionar um composto hidrofóbico na solução filmogênica, visando a redução da difusividade de moléculas de água (TEW *et al.*, 2017).

#### **2.2.5.2 Soro de leite**

Durante a fabricação convencional de queijos uma parte aquosa é liberada do coágulo. Esta parte aquosa é chamada de soro do leite, considerado efluente residual que pode gerar problemas ambientais graves, devido seu alto teor de matéria orgânica (SILVA *et al.*, 2020). Cerca de 40% do soro do leite produzido no Brasil é descartado de forma incorreta, principalmente pelas pequenas e médias empresas causando grandes prejuízos ambientais devido a sua Decomposição Bioquímica de Oxigênio (DBO) que é 10 a 100 vezes maior que a do esgoto doméstico (NUNES *et al.*, 2018). Sendo assim, o reaproveitamento deste efluente é de fundamental importância para a minimização dos impactos ambientais.

A composição e o tipo de soro de leite produzido industrialmente vão depender do tipo de queijo fabricado e da tecnologia de processamento empregada na produção (ALVES, 2014). O soro do leite contém quase metade dos nutrientes originais do leite, sendo rico em proteínas do soro, vitaminas hidrossolúveis, sais minerais e lactose. Geralmente possuem em média, 93% de água, 5% de lactose, 0,9 a 0,7% de proteínas, 0,3 a 0,5% de gordura, 0,2% ácido láctico e pequenas quantidades de vitamina (AMPESSAN; GIAROLA, 2016; LOBATO, 2014). A proteína do soro do leite é obtida após a precipitação da proteína caseína. A Figura 8 apresenta a estrutura química da caseína.

Figura 8 – Estrutura química da caseína.



Fonte: Autores (2020)

As proteínas do soro contêm vários materiais, como  $\beta$ -Lactoglobulina,  $\alpha$ -Lactalbumina, imunoglobulinas de albumina de soro bovino e proteose peptonas (ENUJIUJHA; OYINLOYE, 2019). As proteínas do leite formam filmes flexíveis, sem sabor e transparentes. Tais filmes também servem como transportadores de aditivos alimentares, como antioxidantes, corantes e agentes antimicrobianos (WAGH *et al.*, 2014; SABATO *et al.*, 2001).

A caseína forma filmes comestíveis a partir de soluções aquosas de caseinato. A solução de caseína obtida é lavada, dissolvida em solução alcali para aumentar o valor de pH para 7,0 e finalmente ser seca. Se for utilizada solução de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , o caseinato de cálcio é formado. Se solução de NaOH for utilizada, é formado o caseinato de sódio. Uma vez que os cátions de cálcio ajudam a promover a ligação cruzada entre as proteínas, os filmes de caseinato de cálcio têm melhores propriedades de barreira, no entanto são mais rígidos. Já os filmes de caseinato de sódio apresentam boas propriedades ópticas e de tração (FABRA *et al.*, 2010). De maneira geral a proteína do soro do leite, utilizada para formar filmes comestíveis, é a proteína do soro isolada (90% de proteína). Esses filmes apresentam melhores barreiras ao oxigênio em umidades relativas baixas ou intermediárias, e têm baixa permeabilidade ao vapor de água (ACHON *et al.*, 2000).

Filmes produzidos com soro de leite prolongam a vida útil do produto, garantem maior qualidade, além de apresentar um grande potencial econômico, pois tem como base uma matéria-prima de baixo custo (SOARES *et al.*, 2016). As proteínas do soro têm caráter anfifílico, ou seja, são capazes de interagir com diferentes moléculas. Na maioria dos casos, a mistura de dois ou mais biopolímeros resulta em separação de fases, que pode ser associativa

(a primeira fase é enriquecida em ambos os polímeros e a segunda no solvente) ou segregativa (cada fase é enriquecida com um dos dois biopolímeros) (DIANIN, 2016).

### **2.5.2 Proteínas de origem vegetal**

Fontes de origem vegetal, como a proteína de soja, são misturas de  $\beta$ -conglucina (35%) e glicina (52%) e apresentam boa capacidade de formação de filme. No entanto, as principais desvantagens dos filmes à base de proteína de soja incluem propriedades mecânicas fracas e alta sensibilidade à umidade (CIANNAMEA *et al.*, 2016).

O glúten de trigo, grupo de proteínas constituído principalmente por gliadinas (34%), e a glutenina (47%), possuem boa capacidade de formação de filme, com propriedades seletivas de barreira a gases e insolubilidade em água (mas absorvem água quando submersas), no entanto, apresentam desvantagens por serem altamente sensíveis à umidade e estrutura quebradiça (ROCCA-SMITH *et al.*, 2016).

Já a zeína é a principal proteína de armazenamento no endosperma de milho e o principal resíduo da produção de amido de milho. Possui excelente capacidade de formação de filme, alta resistência, brilho, boa umidade e barreira ao oxigênio. Porém, ele tem fragilidade estrutural (MASAMBA; ZHONG, 2016).

Outras proteínas de sementes de leguminosas, como lentilha (BAMDAD *et al.*, 2006), ervilha (KOWALCZYK *et al.*, 2016), gergelim (SHARMA; SINGH, 2016), feijão (BOURTOOM, 2008), fava (SAREMNEZHAD *et al.*, 2011) e girassol (SALGADO *et al.*, 2013), têm boa capacidade de formação de filme, cor atraente e semitransparência para uso na embalagem de alimentos sensíveis à luz, mas eles têm a fragilidade estrutural clássica.

Em geral, as fontes proteicas de origem vegetal apresentam boa capacidade de formação de filmes, grande biodegradabilidade e excelente biocompatibilidade. No entanto, as proteínas de soja, glúten de trigo e zeína são os que oferecem melhores características, como, excelentes propriedades de barreira contra oxigênio e compostos de aroma em umidade relativa baixa ou intermediária e propriedades mecânicas satisfatórias.

### 3 METODOLOGIA

O método utilizado para desenvolvimento deste trabalho, foi de revisão sistemática da literatura. Uma revisão sistemática pode ser definida como “estudo de pesquisa de estudos de pesquisa”. No entanto, para qualificar uma revisão sistemática, esta precisa aderir a determinados padrões, isto é, devem ser utilizados métodos explícitos para identificar, selecionar, avaliar e sintetizar resultados empíricos de diferentes estudos.

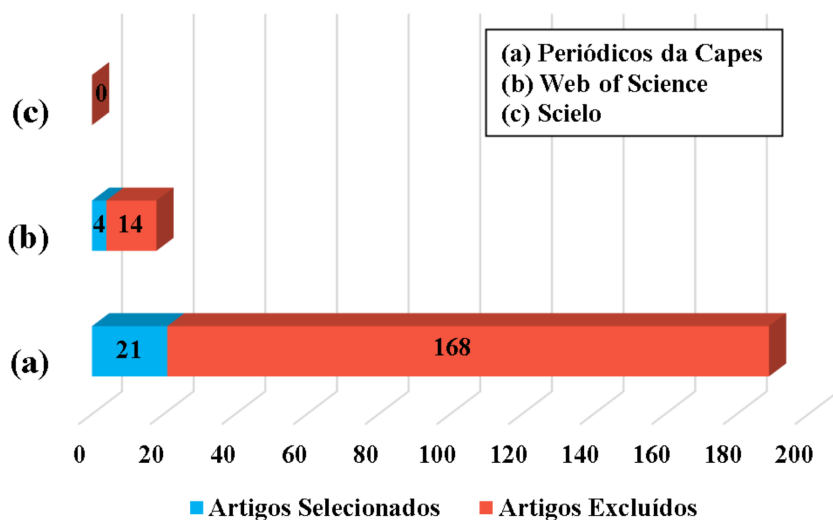
Sendo assim, o estudo foi realizado em cinco etapas (KHAN et al., 2003):

1. No estágio um, a questão a ser tratada pela revisão foi especificada de forma clara, não ambígua e estruturada antes de iniciar o trabalho de revisão;
2. No estágio dois realizou-se uma pesquisa bibliográfica para identificar estudos relevantes sobre o tema selecionado. As razões para inclusão e exclusão foram pontuadas e registradas;
3. No estágio três, a literatura selecionada foi previamente analisada a fim de incluir apenas os artigos específicos sobre o tema de revisão escolhido;
4. No estágio quatro, agrupou-se e interpretou-se os artigos selecionados;
5. No estágio 5, realizou-se a interpretação geral dos dados, atendendo aos quatro estágios anteriores.

Sendo assim, os artigos científicos escolhidos para realizar esta revisão foram obtidos da base de dados do Portal de Periódicos da Capes, Web of Science e Scielo. Os artigos foram selecionados de acordo com quatro critérios principais de inclusão: Artigos publicados nos últimos 5 anos, compreendendo o período de 01/01/2016 a 31/12/2020, periódicos revisados por pares, língua inglesa e que título e resumo sugeriram a elaboração de filmes biodegradáveis para aplicação em embalagens de alimentos, produzidos a partir de biomateriais extraídos de resíduos industriais. Após definidos os critérios, a pesquisa foi iniciada utilizando as seguintes palavras-chave: “*biodegradable films*”, “*food packaging*” e “*industrial waste*”. Todos os artigos em que o título e o resumo sugeriram a possibilidade de atender aos critérios de inclusão, foram pré-selecionados e lidos na íntegra. Após a leitura dos artigos, estes foram agrupados e uma análise mais aprofundada dos dados foi realizada para iniciarmos a discussão.

Na Figura 9, pode-se analisar os dados obtidos para a pesquisa dos artigos selecionados através de gráficos de barra, onde podemos observar a quantidade de artigos excluídos e selecionados em cada base de dados pesquisadas.

Figura 9 – Artigos selecionados e artigos excluídos das bases de dados.



Fonte: Autores, 2021

Em relação a barra (a), os artigos encontrados no Periódicos da Capes, com apenas uma palavra-chave “*biodegradable films*”, foram encontrados no total 14.980 artigos, acrescentando a palavra-chave “*industrial waste*”, foram encontrados 2.591 artigos, filtrando ainda mais com a última palavra-chave “*food packaging*”, foram encontrados 189 artigos no total. Após, os artigos foram lidos e selecionados, onde dos 189 encontrados apenas 21 artigos se enquadram na proposta do trabalho, ou seja, filmes elaborados a base de biomateriais provenientes de resíduos da indústria alimentícia.

Na barra (b) estão indicados os artigos encontrados na base Web of Science. Ao incluir a palavra-chave “*biodegradable films*”, foram encontrados 4.096 artigos no total, no qual refinando a busca com “*industrial waste*”, chegou-se a 53 artigos. Filtrando novamente, com a palavra-chave “*food packaging*”, chegou-se a 18 artigos, o qual foram lidos e apenas 4 selecionados de acordo com a proposta do presente trabalho. Dos 4 artigos selecionados, observou-se que os mesmos já haviam sido selecionados na base de Periódicos da Capes.

Já na barra (c), os artigos pesquisados estavam na plataforma da Scielo, no qual ao pesquisar por “*biodegradable films*”, foram encontrados 138 artigos, porém ao filtrar a busca com “*industrial waste*”, obtiveram-se apenas dois artigos. Filtrando novamente com “*food packaging*” não encontrou-se nenhum estudo sobre o tema.

#### 4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Filmes produzidos a partir de biomateriais para aplicação em embalagens de alimentos geralmente são caracterizados quanto espessura ( $e$ ), resistência à tração (RT), alongamento (A), permeabilidade ao vapor de água (PVA), solubilidade (%), cor ( $\Delta E$ ), e atividade antimicrobiana.

A espessura é considerada um parâmetro importante na elaboração de filmes plásticos, pois a partir desta característica dependem informações como resistência mecânica e propriedades de barreira a gases e ao vapor de água do material, visto que, variações na espessura acarretam problemas no desempenho mecânico e flutuações nas propriedades de barreira dos filmes (SOBRAL *et al.*, 2001). Além disso, a avaliação do valor de espessura é necessária para que se possa garantir a validade da comparação entre os filmes (HENRIQUE *et al.*, 2018).

As propriedades mecânicas compreendem as propriedades que determinam a resposta dos materiais a influências mecânicas externas, são obtidas pela capacidade desses materiais de desenvolverem deformações reversíveis e irreversíveis, e resistirem a fraturas. Estas propriedades estão diretamente relacionadas com a rigidez das cadeias dos materiais envolvidos, bem como suas naturezas química, forças intra e intermoleculares entre os biomateriais e da estrutura molecular como um todo (DUNG *et al.*, 1994). Sendo assim, os testes mecânicos mais relevantes que são realizados em filmes biopoliméricos são a tensão de ruptura (TR) que é a resistência oferecida pelo material no ponto de ruptura e o alongamento (A) que indica a flexibilidade e a capacidade de estiramento. Tais análises permitem prever como determinado filme irá se comportar em certos ambientes de estocagem, transporte e armazenamento sem que seja modificado, garantindo a segurança do alimento embalado (GALINDO, 2017).

Já a permeabilidade de um soluto através de filmes, indica a facilidade com que este migra de uma face a outra do material. Fisicamente, a permeabilidade é o produto da difusividade pela solubilidade de soluto no filme, e esta difusão depende de vários fatores, tais como, espessura do filme, interações intermoleculares dos biomateriais envolvidos e relação de material hidrofílico/hidrofóbico (MACENO, 2019). É através desta propriedade que se quantifica a facilidade em que uma substância (gás ou vapor) atravessa determinado material (PINTO, 2020).

A solubilidade (%) é uma importante propriedade dos filmes, pois diz respeito à integridade do mesmo. Sendo influenciada pela concentração utilizada de plastificante, que

dependendo da aplicação do filme requer insolubilidade ou solubilidade em casos de encapsulação de aditivos ou alimento. Para filmes biodegradáveis é requerido uma alta solubilidade, entretanto para alimentos que são necessários um aumento no teor de fibras é requerido uma baixa solubilidade (SILVA, 2017).

A cor é uma determinação extremamente relevante dentre as propriedades óticas de filmes, visto que para aplicação em embalagens de alimentos muitas vezes é desejável uma embalagem transparente que permita a visualização do produto acondicionado (FERNANDES, 2015).

Já a atividade antimicrobiana dos filmes diz respeito a quanto o filme é eficaz contra micro-organismos patogênicos causadores de doenças transmissíveis por alimentos, ou seja, inibem ou retardam a deterioração microbiana dos alimentos, aumentando a vida útil do produto, garantindo a segurança e qualidade do alimento (BRAZEIRO *et al.*, 2018). As biomoléculas do presente estudo não possuem propriedades antimicrobianas (exceto pela quitosana), porém geralmente são incorporados óleos e agentes antimicrobianos para adicionar tal propriedade.

#### **4.1 Filmes a base de amido**

Filmes produzidos a base de amido, devido ao seu caráter hidrofílico, de modo geral, apresentam deficiência em suas propriedades mecânicas, alta permeabilidade ao vapor de água, e caracterizam-se por serem pouco flexíveis e quebradiços (ANDRADE, 2020). Devido a isso, a maioria dos pesquisadores que elaboram filmes a base de amido optam pela incorporação de aditivos, principalmente o uso de plastificantes. A incorporação do plastificante na matriz polimérica provoca a modificação do rearranjo molecular, o que finda por promover maior mobilidade entre as cadeias do polímero (COSTA *et al.*, 2017). No Quadro 2 é possível observar os autores encontrados no desenvolvimento de filmes biodegradáveis a base de amido e as respectivas análises realizadas.

Quadro 2 – Autores encontrados e análises realizadas em filmes a base de amido.

	RT	A	PVA	%	$\Delta E$	Atividade antimicrobiana	e
Corcione <i>et al.</i> (2020)	X	-	X	-	-	-	-
Muangrat e Nuankham (2018)	X	-	-	-	-	X	-
Saberi <i>et al.</i> (2017)	-	-	X	X	X	-	-

Fonte: Autores (2021)

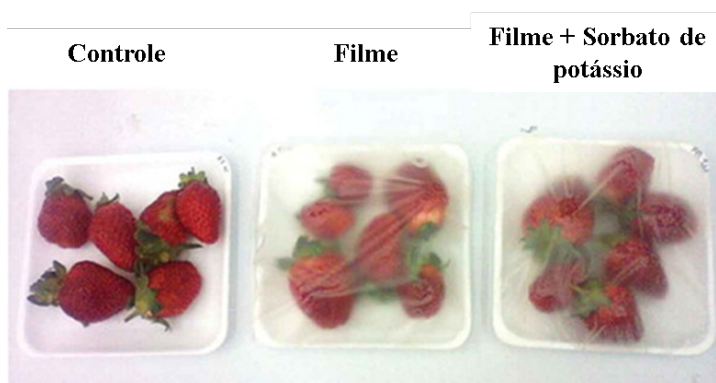
Corcione *et al.* (2020), utilizaram farinhas residuais, provenientes de padarias, pizzarias e fábricas de massas alimentícias, a fim de substituir o amido de milho puro, na elaboração de filmes biopoliméricos termoplásticos. Os autores desenvolveram três tipos de blendas termoplásticas. O primeiro tipo foi rotulado como Tipo 0 que consistiu em amido de milho puro (MS) plastificado com glicerol (G); o segundo tipo que foi denominado Tipo 1 e consistiu em resíduos de farinha macia (provenientes de resíduos de pizzarias) e ácido polilático (PLA), plastificados com glicerol; e finalmente, o filme denominado Tipo 2 que foi a mistura de farinha durum (provenientes de indústria de produção de massas) e PLA, plastificados com glicerol e cardanol. Os dados experimentais relatados pelos autores, evidenciaram uma diminuição na RT em ambos os filmes à base de farinha residual (Tipo 1 e Tipo 2) em relação ao material de controle (Tipo 0). Em particular, ambos os filmes de resíduos de farinha apresentaram valores comparáveis para RT, mas ambos foram cerca de 75% superiores aos filmes à base de amido de milho puro. Já a PVA dos filmes do Tipo 0, mostraram-se cerca de 50% superiores aos filmes de Tipo 1 e 2, nos quais não apresentaram diferenças significativas entre eles. De acordo com os autores, estes resultados são reflexo da diferença de cristalinidade entre os tipos de polímero utilizados, visto que o amido de milho puro apresentou cristalinidade superior aos amidos residuais. No entanto, os mesmos não esclarecem a relação entre as propriedades de RT e PVA com a cristalinidade. Quanto a solubilidade, está foi calculada nas primeiras 24 h, em condições amenas de temperatura, ou seja, a 25°C. Nestas condições, todos os filmes mostram uma solubilidade bastante baixa, em particular, para as amostras do Tipo 1 e Tipo 2, foi registrada uma solubilidade em água menor que 15% em relação ao filme do Tipo 0. Neste trabalho, os autores não informaram a



espessura, bem como não avaliaram o alongamento, a variação de cor das amostras iniciais, solubilidade e a atividade antimicrobiana.

Muangrat e Nuankham (2018), produziram filmes a partir de resíduos de farinha da produção de macarrão. Os autores avaliaram a influência de diferentes concentrações dos plastificantes sorbitol e glicerol e suas misturas, nos filmes produzidos. Além disso, os filmes que apresentaram melhores resultados foram utilizados na conservação de morangos frescos. Em tal estudo, foram utilizadas quantidades de 10, 20, 30, 40 e 50% de plastificante/farinha. De acordo com os autores, os filmes produzidos com a adição de glicerol apresentaram bons resultados. Já os filmes com adição apenas de sorbitol foram desconsiderados, uma vez que apresentaram características físicas inaceitáveis, além de serem altamente secos e quebradiços, o que impossibilitou avaliar as propriedades físicas e mecânicas. No entanto, os filmes contendo a combinação de glicerol com sorbitol apresentaram resultados promissores, sendo fortes e inquebráveis. Sendo assim, o filme selecionado para testar como embalagem de morangos frescos, foi o que continha proporção 2:1 glicerol:sorbitol, pois este apresentou melhores propriedades mecânicas, tanto de RT quanto de A. Os autores também testaram concentrações de 10, 20 e 30 p/p do agente antimicrobiano de sorbato de potássio no filme selecionado, no qual o que apresentou melhores resultados na conservação dos morangos frescos, foi o filme com 20% do agente antimicrobiano, pois este foi capaz de armazenar nas condições de 5°C e 90% UR por 9 dias os morangos. Na Figura 10, é possível observar os filmes selecionados na conservação dos morangos frescos.

Figura 10 – Aplicação de filme à base de farinha residual para cobrir e preservar morangos frescos armazenados a 5°C e 90% UR por 9 dias.



Fonte: Muangrat e Nuankham (2018)

Saberi *et al.* (2017) estudaram PVA e  $\Delta E$  para filmes a base de amido de ervilha-guar com incorporação de extratos vegetais. Foram desenvolvidos quatro filmes a base de amido

de ervilha com goma-guar variando a concentração dos antioxidantes naturais (0,75; 1,50; 2,25; 3 mg/mL), sendo os antioxidantes naturais o epigalocatequina galato (EG), extrato de frutas de cinza de mirtilo (EFM), extrato de casca de macadâmia (ECM), extrato de casca de banana (ECB) e um filme a base de amido de ervilha com goma guar (AEG), utilizado como controle. Para a PVA os filmes de EG e EFM na concentração de 1,5% de antioxidante natural, quando comparados com o filme controle (AEG), apresentaram um aumento de aproximadamente 18%. Esse aumento foi atribuído as propriedades hidrofílicas dos compostos fenólicos que, conseqüentemente, aumentam a permeação de vapores de água através do filme. Os autores sugerem também que devido aos filmes de EG e EFM serem menos cristalinos e oferecerem mais hidroxilas livres para a interação com moléculas de água. A concentração de antioxidante que apresentou melhores resultados para a PVA nos filmes, foi a concentração de 3 mg/mL, onde apresentou valores de 27, 33, 18 e 47% para os filmes EG, EFM, ECM e ECB respectivamente, onde a redução na PVA foi observado pela adição de extratos naturais de plantas, que promoveram a diminuição dos espaços intermoleculares das cadeias dos polímeros. Para a cor ( $\Delta E$ ) os filmes ECM e ECB apresentaram uma coloração amarela clara, essa mudança na coloração dos filmes a base de AEG foi devido a incorporação de diferentes combinações e quantidades de compostos fenólicos e flavonóides que interagem com a matriz do polímero, variando a cor dos filmes. Neste trabalho, os autores não informaram a espessura, bem como não avaliaram o alongamento, a resistência à tração e a atividade antimicrobiana.

#### 4.2 Filmes a base de celulose

Filmes elaborados à base de celulose geralmente apresentam uma boa estabilidade química, boas propriedades de permeação, baixo custo, propriedades mecânicas desejáveis bem como compatibilidade biológica com outras matrizes (SILVA, 2017). O uso de nanocelulose incorporada em biocompósitos para aplicação em embalagens alimentícias aumentam as propriedades funcionais dos filmes (ILYAS *et al.*, 2018). De acordo com Faradilla *et al* (2017), os filmes a base de nanocelulose isolada do pseudocaule da bananeira possuem um grande potencial de filme independente, uma vez que possuem uma boa resistência à tração, porém baixa flexibilidade, que pode ser resolvido com adição de plastificante. As propriedades das partículas de nanocelulose são dependentes de como elas foram extraídas e da fonte de extração (BARBASH *et al*, 2017). No Quadro 3 é possível

observar os autores encontrados no desenvolvimento de filmes biodegradáveis a base de celulose e as respectivas análises realizadas.

Quadro 3 – Autores encontrados e análises realizadas em filmes a base de celulose.

	RT	A	PVA	%	$\Delta E$	Atividade antimicrobiana	e
Vu <i>et al.</i> (2018)	X	X	-	X	-	-	-
Lee <i>et al.</i> (2020)	-	-	-	-	-	X	-
Ramesh e Radhakrishnan (2019)	X	X	X	-	-	X	-

Fonte: Autores (2021)

Vu *et al.* (2018) utilizaram fibras de celulose (CFs) a partir da palha de arroz para reforçar filmes de compósitos de polipropileno (PP), neste estudo foram produzidos filmes com diferentes concentrações de CFs. De acordo com os autores, a resistência à tração de compósitos PP/CFs diminuiu em até 37% com o aumento da concentração de CFs, enquanto o módulo de Young ( $\epsilon$ ) foi aumentado em até 29% com o aumento do conteúdo de CFs, ou seja, quanto mais fibra de celulose, mais rígida a matriz. O alongamento diminuiu significativamente em até 92% com a adição de CFs. Assim os autores afirmaram que a adição de CFs melhoraram a rigidez do material. Neste trabalho, os autores não informaram a espessura, bem como não avaliaram, a  $\Delta E$  das amostras iniciais, assim como não avaliaram a permeabilidade ao vapor d'água e a atividade antimicrobiana.

Lee *et al.* (2020) estudaram a atividade antimicrobiana do filme de celulose a base de cana-de-açúcar com extrato de castanho de caju (ECC). A atividade antimicrobiana dos filmes, foi analisada por meio do disco de difusão, onde as zonas de inibição foram avaliadas para dois micro-organismos patogênicos, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*. Foram realizadas quatro concentrações de ECC, sendo 1,72; 2,90; 4,00 e 5,75 mg. A concentração de 5,75 mg, obteve zonas de inibição para *Escherichia coli* de 6 mm e para *Staphylococcus aureus* de 12 mm, o que mostra que a ECC foi duas vezes mais eficaz contra a bactéria gram positiva *Staphylococcus aureus*. Os autores atribuíram que a atividade antimicrobiana do ECC se dá devido aos polifenóis que estão presentes no composto, incluindo o ácido tânico. O

mecanismo antimicrobiano dos polifenóis, permite que estes se liguem fortemente às proteínas. Assim, é razoável que o ácido tânico se liga mais fortemente inativando as proteínas e enzimas da parede celular da bactéria gram positiva *S. aureus* em comparação com bactéria gram negativa *E. coli*. Os autores não informaram a espessura, propriedades mecânicas, PVA e  $\Delta E$  das amostras iniciais.

Já Ramesh e Radhakrishnan (2019) produziram filmes biodegradáveis a base de álcool polivinílico (PVA) incorporados com nanocelulose (CNP) extraída da casca de batatas e óleo de semente de erva-doce e compararam as propriedades dos filmes produzidos com filmes de nanopartícula de quitosana (CHNP) incorporada com PVA e com filmes de PVA com uma combinação de CNP e CHNP. Os filmes CNP-CHNP, CNP-PVA e CNP-CHNP-PVA apresentaram coloração clara. O filme CNP-PVA apresentou melhor alongamento quando comparado com o filme controle de PVA, sendo 136% mais elástico e 1500% a mais quando comparado ao filme de quitosana. O filme de CNP-CHNP-PVA mostrou uma melhor resistência à tração, sendo 4% mais resistente que o filme CNP-PVA, porém seus valores de alongamento foram muito inferiores, sendo 350% menos elástico, logo a diferença à tração é insignificante e observa-se que o filme com melhores propriedades mecânicas é o CNP-PVA. Os autores analisaram também a taxa de transferência de oxigênio, no qual concluíram que a presença de CNP melhora em torno de 85% a propriedade de barreira de oxigênio. Das propriedades antioxidantes, o filme CNP-PVA reduziu as bactérias patogênicas significativamente mais do que filme PVA dentro de 3 h, o qual é justificado pela adição de óleo de semente de erva-doce.

### 4.3 Filmes a base de gelatina

Em relação as proteínas de origem animal, a gelatina tem ganhado espaço devido a proporcionar uma vasta diversidade molecular em sua composição e, por isso, tem potencial para a formação de diferentes ligações químicas, característica interessante quando se objetiva a produção de filmes, além de ser abundante, ter baixo custo, excelente biocompatibilidade e biodegradabilidade. É um biopolímero composto por sete aminoácidos diferentes, possuindo estrutura de tripla-hélice e temperatura de desnaturação protéica em torno de 40°C (NUNES *et al.*, 2018). Sua obtenção é através da desnaturação do colágeno presente em peles e ossos de bovinos, suínos e pescado. Quando refere-se a filmes de gelatina, sua utilização é restrita pelo caráter hidrofílico e assim apresentar baixa barreira ao vapor de água, sendo necessário a incorporação de aditivos que melhorem a qualidade dos filmes (GALINDO *et al.*, 2019;

HUBNER, 2017). No Quadro 4 é possível observar os autores encontrados no desenvolvimento de filmes biodegradáveis a base de gelatina e as respectivas análises realizadas.

Quadro 4 – Autores encontrados e análises realizadas em filmes a base de gelatina.

	<b>RT</b>	<b>A</b>	<b>PVA</b>	<b>%</b>	<b>ΔE</b>	<b>Atividade antimicrobiana</b>	<b>e</b>
Tew <i>et al.</i> (2017)	X	-	X	-	X	-	-
Crizel <i>et al.</i> (2016)	X	X	X	X	-	X	-
Crizel <i>et al.</i> (2017)	X	X	X	X	X	X	-
Santos <i>et al.</i> (2017)	X	X	X	-	-	-	X
Bandeira <i>et al.</i> (2016)	X	X	X	-	-	-	-
Ocak (2017)	X	X	X	X	X	-	X
Ahmad <i>et al.</i> (2016)	X	X	X	-	-	-	X
Scopel <i>et al.</i> (2020)	X	X	X	X	X	-	X

Fonte: Autores (2021)

Tew *et al.* (2017) avaliaram a resistência à tração (RT), permeabilidade ao vapor de água (PVA) e a variação cor ( $\Delta E$ ) para filmes de gelatina a partir de resíduos de patas de frango incorporados com bagaço da cana-de-açúcar. Os autores produziram filmes controle, apenas com gelatina (FGB) e filmes de gelatina com bagaço de cana-de-açúcar com concentrações variando de 2,5; 5,0; 7,5 e 10%, denominados com suas respectivas concentrações com a sigla FGB (filmes de gelatina com bagaço de cana-de-açúcar). Foram produzidos também, filmes de gelatina com resíduo de patas de frango com duas concentrações de glicerol, sendo de 25% e de 35%, a fim de verificar qual concentração de glicerol mais adequada. O filme que obteve melhores resultados, foi o filme contendo 35% de

glicerol, a partir daí foram realizados os testes para as demais concentrações de bagaço de cana-de-açúcar incorporados nos filmes de FGB. Em relação a RT dos filmes com a adição do bagaço de cana-de-açúcar, foi observado que houve diminuição dos valores nos filmes de FGB 7,5 e FGB 10,0 de 78% e 13% respectivamente, quando comparados com o filme controle FGB. Já o filme de FGB 2,5 o valor da RT aumentou cerca de 0,8% quando comparado ao filme controle. Ainda comparando a quantidade de BCA em relação a PVA obteve-se uma diminuição de cerca de 6; 16; 27 e 29% para os filmes FGB 2,5; FGB 5,0; FGB 7,5 e FGB 10 respectivamente, quando comparados com o filme controle FGB. A redução nos valores, foi atribuída a incorporação do bagaço da cana-de-açúcar que ligou-se juntamente com a rede de moléculas presentes. Pode-se observar que embora a resistência mecânica do filme de FGB não tenha sido melhorada com a incorporação de BCA, esta provocou uma ligeira melhora nas propriedades de PVA. A medida que a quantidade de BCA aumenta, a PVA do filme diminui, o que significou que o BCA melhorou a propriedade de barreira do filme. Nas análises de cor, os autores observaram que todas foram afetadas pela quantidade de BCA incorporado no filme, alterando a transparência dos filmes FGB, FGB 2,5; FGB 5,0; FGB 7,5 e FGB 10. Neste trabalho, os autores não informaram a espessura, bem como não avaliaram o alongamento, solubilidade e a atividade antimicrobiana.

Crizel *et al.* (2016) utilizaram resíduos da produção de cápsulas nutracêuticas de gelatina como biopolímero, e resíduos do processamento de suco de mirtilo para desenvolver e embalagens biodegradáveis antioxidantes. Seis diferentes filmes foram produzidos, no qual todos continham a mesma quantidade de gelatina (50 g), variando então a quantidade de água, de fibra de mirtilo (3 filmes com este composto em diferentes quantidades), bem como do extrato de mirtilo (outros 3 filmes com este composto em diferentes quantidades). O filme controle foi produzido apenas com gelatina. Das propriedades mecânicas testadas, o filme mais resistente a tração e alongamento foi o FE50 (com 50 g de gelatina, 50 mL de água e 50 mL de extrato de mirtilo), sendo 11% mais resistente e 17% melhor em relação ao alongamento, quando comparado com o filme controle. Os filmes adicionados de fibras de mirtilo resultaram em filmes de menor resistência e alongamento, no qual tal adição tenha provavelmente interferido na estrutura da gelatina, quebrando as ligações. Em relação à espessura, os filmes adicionados com fibra de mirtilo obtiveram maior espessura do que o filme controle, chegando a ser até 63% mais espessos. Quanto ao PVA, os filmes com valores mais baixos, foram os filmes com extrato de mirtilo e o filme controle, mostrando que o extrato de mirtilo não afeta o PVA, ao contrário das fibras, que interferem na estrutura do filme, tornando o mais frágil, com rachaduras e conseqüentemente, alterando o PVA. A

solubilidade a água diminuiu com a adição das fibras e extrato de bagaço de mirtilo, sendo o menor valor encontrado no filme FF15 (50 g de gelatina, 100 mL de água e 0,015 g/mL de fibra), que reduziu a solubilidade do filme controle em 21%. Os filmes com maiores concentrações de fibra e extrato de mirtilo exibiram maiores valores de atividade antioxidante, sendo em torno de 2000% a mais antioxidante do que o filme controle.

Em outro estudo, Crizel *et al.* (2017) produziram filmes biodegradáveis e bioativos também preparados à base de resíduos de cápsulas nutracêuticas de gelatina, porém com antioxidantes naturais presentes na casca de mamão. Para o estudo, a casca de mamão foi liofilizada, moída e seu pó embalado a vácuo. Quatro formulações de micropartículas foram preparadas, sendo uma apenas com casca de mamão em pó e outras três com o pó e diferentes concentrações de gelatina. Sete formulações de filmes foram produzidas, sendo três com diferentes concentrações do pó de casca de mamão (2,5; 5,0 e 7,5%), três com diferentes concentrações de micropartículas da casca de mamão em pó (2,5; 5,0 e 7,5%), e uma formulação controle (FC—sem pó e micropartículas). Os filmes contendo micropartículas foram os que apresentaram maiores resistências à tração, sendo até 125% mais resistentes que o filme controle. Os autores citam que este resultado chega a valores próximos aos filmes plásticos de polietileno de baixa densidade (LDPE). Apresentaram também bons resultados no teste de alongamento, porém quando comparado ao controle, foram 50% menos flexíveis. Esses resultados foram justificados pelos autores, devido às interações proteína–proteína nos filmes com micropartículas, resultando no reforço da matriz. Os resultados foram semelhantes com o estudo anterior dos mesmos autores, porém neste estudo, o pó da casca de mamão e suas impurezas causaram uma modificação na estrutura original da matriz. Os filmes produzidos apresentaram uma coloração amarelada quando comparado ao filme controle. Os valores de PVA foram significativamente maiores para os filmes contendo pó da casca de mamão quando comparado ao filme controle (38% maior) e aos filmes com micropartículas (20% maiores). A adição de micropartículas não afetou significativamente o PVA dos filmes. O filme com menor solubilidade foi aquele com maior concentração de micropartículas, sendo em torno de 43% menos solúvel do que o filme controle. Os filmes incorporados com o pó e micropartículas de casca de mamão mostraram maior atividade antioxidante do que o filme controle, aumentando 700% e 369%, respectivamente. Os filmes com maiores propriedades antioxidantes foram utilizados no condicionamento de banha em condições aceleradas e teve seu poder antioxidante analisado por 22 dias, sendo os filmes com micropartículas apresentados com maiores efeitos antioxidantes. Neste trabalho, os autores não informaram a espessura dos filmes produzidos.

Santos *et al.* (2017) estudaram o efeito de agentes reticulados (NaCl, MgSO<sup>4</sup>, ácido cítrico e ácido gálico) em filmes de gelatina de pele de carpa e tilápia. Os filmes produzidos foram caracterizados pela resistência à tração (RT), alongamento (A), permeabilidade ao vapor de água (PVA) e espessura (e). Os valores de RT dos filmes reticulados com ácido gálico foram maiores para ambas as gelatinas, quando comparado com os seus controles, cerca de 47% para a gelatina de tilápia e cerca de 43% gelatina de carpa, ou seja, obteve-se um aumento cerca de 55% em comparação com os filmes controle. O aumento da RT indicou que as novas interações induzidas pelas reações entre os agentes de reticulação e a gelatina foram mais fortes do que as interações da gelatina de controle (não reticulada). Em relação ao A dos filmes, os filmes reticulados com NaCl, MgSO<sup>4</sup>, ácido cítrico e ácido gálico tanto para filmes de tilápia quanto de carpa, obtiveram uma redução, cerca de 43; 51; 61 e 47% para os filmes de tilápia reticulados com NaCl, MgSO<sup>4</sup>, ácido gálico e ácido cítrico, respectivamente em relação ao controle. Para os filmes de carpa reticulados com NaCl, MgSO<sup>4</sup>, ácido gálico e ácido cítrico, obtiveram, em relação ao controle, uma redução de 31; 18; 48 e 39% respectivamente, indicando diminuição da flexibilidade e extensibilidade. A inclusão de reticuladores entre as moléculas da matriz protéica resultou em um aumento das interações intermoleculares, reduzindo o volume livre entre as moléculas. A mobilidade das cadeias de proteínas e a flexibilidade dos filmes foram diminuídas, sendo as resistências mecânicas dos filmes aumentadas com a diminuição da extensibilidade. Em relação a PVA dos filmes, todos os filmes de tilápia (controle, NaCl, MgSO<sup>4</sup>, ácido gálico e ácido cítrico) apresentaram valores menores, cerca de 21; 16; 17, e 42% respectivamente, quando comparados com todos os filmes de carpa. A PVA dos filmes gelatinosos de pele de tilápia diminuiu com a adição dos agentes não eletrólitos. Isso sugere que o volume livre da matriz de gelatina pode ser reduzido pela adição desses agentes na estrutura das proteínas. As propriedades mecânicas dos filmes obtidos apresentaram o mesmo comportamento dos resultados físico-químicos das gelatinas reticuladas, podendo-se inferir que a interação entre os agentes químicos e a matriz do gel foi realizada com sucesso. Em relação as espessuras dos filmes controle utilizando gelatinas de pele de carpa e tilápia não apresentaram diferenças significativas, sendo de  $2 \times 10^{-3}$  mm. No entanto, as espessuras dos filmes reticulados aumentaram quando os agentes químicos foram incorporados, em particular os eletrólitos, quando comparados com os filmes controle de tilápia e carpa, obtiveram um aumento cerca de 94% para NaCl, 111% para MgSO<sup>4</sup>, 74% para NaCl e 109% MgSO<sup>4</sup>, respectivamente. Esse aumento de espessura ocorreu devido ao aumento do teor de sólidos nos filmes reticulados. Além disso, a incorporação de produtos químicos afetou a estrutura ordenada das proteínas, produzindo assim uma rede



espessa. Neste trabalho, os autores não informaram a variação de cor das amostras iniciais, solubilidade e a atividade antimicrobiana.

Bandeira *et al.* (2016) produziram filmes biopoliméricos a partir da gelatina de pele (cutânea) e ossos (óssea) do peixe Corvina branca. Os filmes foram caracterizados quanto a resistência à tração (RT), alongamento (A) e permeabilidade ao vapor d'água (PVA). Quando foram comparadas as RT dos filmes produzidos da gelatina de pele da Corvina branca, apresentou uma maior resistência quando comparado com o filme produzido da gelatina de ossos, cerca de 866%. Já o A os filmes de gelatina de pele foi 59% superior ao de gelatina extraída de ossos. De acordo com os autores, isso pode ter ocorrido devido a maior temperatura de extração da gelatina de ossos, que leva à formação de proteínas de baixo peso molecular, reduzindo as ligações de hidrogênio durante a formação do filme. Para a PVA, os filmes de gelatina de peles apresentaram valores 34% inferiores em relação a gelatina de ossos, devido ao maior teor de prolina e hidroxiprolina. Em relação a cor e opacidade dos filmes, o filme de gelatina de peles apresentou menor valor, cerca de 90% inferior. Neste trabalho, os autores não informaram a espessura, bem como não avaliaram a variação de cor das amostras iniciais, solubilidade e a atividade antimicrobiana.

Ocak (2017) utilizou colágeno hidrolisado (CH) extraído de resíduos sólidos de couro e quitosana (C) para avaliar a viabilidade de produção de materiais poliméricos. Três tipos de filmes compostos foram preparados (CH75/C25, CH50/C50, CH25/C75) com concentrações crescentes de quitosana. Os filmes adicionados de quitosana obtiveram valores superiores de espessura quando comparados com o filme controle de colágeno, chegando a ser até 24% mais espesso no filme de maior concentração de quitosana, relacionando assim, o aumento da espessura com a adição de C, justificado pelo alinhamento das cadeias peptídicas de CH na matriz do filme, o qual forma menor grau de compactação. Os resultados mostraram que a C aumentou o PVA, chegando a 32% a mais. A adição de quitosana melhorou em até 61% a RT, porém o filme controle obteve 10% a mais de alongamento, logo, os filmes adicionados de C são mais fortes e rígidos. A cor dos filmes foi afetada com a adição de C nas formulações, uma vez que quanto maior a concentração de C mais amarelado, justificado pelos grupos carbonil fornecidos por C e amino de CH reagidos por meio da reação de Maillard. A solubilidade em água foi afetada pela razão de CH/C usada. Os filmes CH/C foram significativamente menos solúveis do que o CH, porém mais solúveis do que os filmes C. Neste trabalho, os autores não informaram a atividade antimicrobiana.

Ahmad *et al.* (2016) caracterizaram filmes de gelatina de pele do peixe porco solubilizados por ácido (FSA) e solubilizados em pepsina (FSP). Realizaram análises de

espessura ( $e$ ), tensão de ruptura (TR), alongamento (A) e permeabilidade ao vapor de água (PVA). Em relação a ( $e$ ) dos filmes, ambos não apresentaram diferença significativa entre os valores. Já para a análise de RT, o filme FSA obteve uma diferença cerca de 36% maior que o filme FSP. Enquanto para a análise de A, o filme FSA apresentou valor 28% menor quando comparado com o filme FSP. Com base nos resultados, os autores concluíram que o filme FSA foi mais rígido e menos extensível do que o FSP, devido à forte interação entre os polímeros. As propriedades mecânicas dos filmes são em grande parte associados com a natureza e a estrutura química dos materiais utilizados para a produção dos mesmos, portanto, essa diferença nos valores de RT e A dos filmes FSA e FSP é devido a interação complexa da estrutura dos aminoácidos e das cadeias  $\alpha$  e  $\beta$  do colágeno. Para os valores da análise de PVA, o filme FSA obteve o valor de 27% menor comparado com o filme FSP. O menor valor de PVA foi coincidente o maior valor para RT, no geral a migração de umidade dos filmes é controlada devido a sua rede proteica. Ou seja, filmes com a estrutura mais densa diminuiriam a migração de umidade de forma mais eficaz do que aqueles menos densos, como no caso dos filmes FSA. O maior valor para o filme FSP foi correlacionado com o aumento grupos amino e carbonil presentes na solução formadora do filme (SFF), que poderia formar a ligação de hidrogênio com moléculas de água, sendo que grupos amino e carbonil livres e expostos na superfície do filme podem desempenhar um papel na determinação da hidrofiliidade, aumentando assim a PVA do filme. Neste trabalho, os autores não informaram a  $\Delta$  de cor das amostras iniciais, a solubilidade e a atividade antimicrobiana.

Scopel *et al.* (2020) desenvolveram filmes de amido–gelatina utilizando gelatina de resíduos de couro curtido ao cromo (CTLW) e amido de milho. Os filmes foram plastificados com glicerol e reticulados com glutaraldeído. Foram produzidos diferentes filmes, sendo uma amostra feita de amido de milho com gelatina comercial sem glutaraldeído; duas amostras feitas de amido de milho com gelatina comercial com glutaraldeído em duas concentrações; uma amostra de amido de milho e CTLW sem glutaraldeído e duas amostras de amido de milho e CTLW com glutaraldeído em duas concentrações. A espessura dos filmes não foi alterada com a adição de glutaraldeído, e as amostras de amido com gelatina comercial apresentaram 8% a mais nos valores de espessura quando comparados com os filmes de amido com CTLW. Os filmes com gelatina comercial apresentaram melhores propriedades de RT, sendo até 65% mais resistentes quando comparados aos filmes com CTLW. O A aumentou com a adição de glutaraldeídos em ambos os filmes com os diferentes tipos de gelatina. Em contrapartida, o filme com CTLW e maior concentração de glutaraldeído obteve maior valor de A, chegando a ser até 28% a mais que o de gelatina comercial com a mesma

concentração de glutaraldeído. A solubilidade de todas as amostras diminuiu com a adição do glutaraldeído. O filme com gelatina CTLW de menor solubilidade foi 33% mais solúvel do que o filme com gelatina comercial de menor solubilidade. Tal fato se justifica, pois, a gelatina CTLW passou pelo processo de hidrólise e sua massa molecular é ainda mais reduzida no processo de extração, sendo assim mais hidrofílico que os filmes produzidos com gelatina comercial. A PVA não foi alterada pela adição de glutaraldeído. Porém, as amostras produzidas com gelatina CTLW resultaram em menor permeabilidade do que os filmes produzidos com gelatina comercial. Neste estudo os autores não realizaram testes de atividade antimicrobiana.

#### 4.4 Filmes a base de pectina

Na produção de filmes, a pectina pode ser utilizada tanto como matriz polimérica quanto como agente formador do filme. Entretanto, filmes a base de pectina, não apresentam boas propriedades térmicas, mecânicas e exibem baixa permeabilidade ao vapor d'água, limitando sua aplicação, sendo necessário a incorporação de agentes que melhorem essas qualidades, como aditivos e plastificantes (FRANCO, 2019; STOLLE, 2018). No Quadro 5 é possível observar os autores encontrados no desenvolvimento de filmes biodegradáveis a base de pectina e as respectivas análises realizadas.

Quadro 5 – Autores encontrados e análises realizadas em filmes a base de pectina.

	RT	A	PVA	%	$\Delta E$	Atividade antimicrobiana	e
Bátori <i>et al.</i> (2017)	X	X	-	-	-	X	-
Das <i>et al.</i> (2017)	X	X	X	-	X	X	X
Cuellar <i>et al.</i> (2020)	-	-	X	-	-	-	X

Fonte: Autores (2021)

Bátori *et al.* (2017) utilizaram a capacidade de geleificação da pectina e a resistência das fibras de celulose encontradas em resíduos de laranja para o desenvolvimento de filmes biodegradáveis. Foram realizados dois processos de secagem nos filmes produzidos, sendo os

secos em fornos (OD) e filmes secos em incubadora (ID). De acordo com os resultados obtidos, a RT do ID foi 33% maior que a do OD. Para o teste de A, os filmes foram comparados com polímeros mais utilizados em embalagens, como polietileno de baixa densidade (LDPE), polietileno de alta densidade (HDPE), politetrafluoretileno (PTFE), polipropileno (PP) e poliestireno (PS). Os resultados obtidos foram muito discrepantes, sendo os filmes produzidos pelo menos 8233% menores quando comparados com os filmes sintéticos mencionados. Além disso, os filmes produzidos não apresentaram propriedades antimicrobianas embora fosse esperado, já que a laranja possui D-limoneno, conhecido pelo seu comportamento contra patógenos. A justificativa dos autores, é que uma vez que o óleo de laranja foi removido durante a etapa de pré-tratamento de remoção de açúcar, processo similar a prensagem a frio. Os autores não avaliaram a espessura, PVA, solubilidade e cor dos filmes desenvolvidos.

Das *et al.* (2017) estudaram a utilização de proteínas de peles de frango (PDF) e pectina de casca de pomelo (PCP) para desenvolver cinco filmes compostos. Os cinco filmes foram preparados com várias proporções de PDF e PCP na proporção de 0:100 (F1), 25:75 (F2), 50:50 (F3), 75:25 (F4) e 100:0 (F5). Todos os filmes foram testados quanto às suas propriedades mecânicas (resistência à tração (RT) e alongamento (A)) e de barreira (permeabilidade ao vapor d'água (PVA)), espessura (e), cor ( $\Delta E$ ) e atividade antimicrobiana. Para a análise de PVA, o filme F5 obteve um aumento de 52% quando comparado com o filme F1, visto que conforme o aumento da proporção de pectina, aumenta a PVA dos filmes, esse efeito, provavelmente está relacionado ao grau de organização da rede de proteínas. Este efeito também pode ser atribuído ao maior número de grupos hidroxila livres, aumentando a interação com a água e favorecendo a transmissão do vapor de água através dos filmes. Em relação a análise de RT e A, o filme F2 apresentou o maior valor quando comparado com o filme F1, aumentou 62% para RT e 21% para o A. A combinação de pectina e proteína promoveu filmes com maior RT e A devido a compatibilidade e interação química sinérgica entre componentes. Em relação a espessura dos filmes, eles não obtiveram grande diferença e interferência nas propriedades estudadas, visto que elas variaram apenas 4% entre os filmes. Em relação a cor, o filme F1 apresentou uma coloração mais clara quando comparados com os filmes que aumentaram a concentração de pectina, sendo o filme F5 com a maior concentração de pectina, este apresentou coloração mais amarelada. A atividade antimicrobiana da pectina de casca de pomelo e filme à base de proteína de peles foi testado pelo método de difusão em disco para o micro-organismo *E.coli*, o filme que apresentou um maior disco de inibição, foi o filme F2, tendo como área de inibição  $7\text{mm}^2$ . A propriedade

antimicrobiana pode ser devido à presença de potássio e cálcio na pectina, que libera um composto antimicrobiano como a nisina. Os autores não avaliaram a solubilidade dos filmes.

Cuellar *et al.* (2020) fabricaram filmes de mucilagem de casca de pera espinhosa (CPE) e amido de casca de batata (ACB), respectivamente, com as seguintes formulações F1 (20:2), F2 (20:1), F3 (10:2), F4 (10:1), F5 (15:2) e F6 (15:1) e caracterizaram os filmes, através da espessura ( $e$ ) e permeabilidade ao vapor d'água (PVA). A espessura dos filmes, variou cerca de 60%. A espessura do filme está relacionada ao conteúdo de sólidos na solução de formação de filme (SFF), que é representada principalmente por amido e mucilagem e associado com a proporção de os polímeros usados para formar a mistura. Em relação a PVA, o filme F5 obteve um valor 39% menor comparando com F1. Os resultados possivelmente indicam uma alta interação das cadeias de polímero no amido com os polissacarídeos, o que torna o filme mais compacto e mais resistente, ou seja, quanto menor o valor de PVA maior será a eficiência do filme como um material de barreira. Neste trabalho, os autores não informaram o alongamento, a solubilidade, variação da cor, resistência à tração e a atividade antimicrobiana dos filmes.

#### 4.5 Filmes a base de quitosana

Filmes a base de quitosana são conhecidos por sua biocompatibilidade, biodegradabilidade, não toxicidade, propriedades antimicrobianas e por suas propriedades mecânicas, sendo geralmente resistentes, duradouras e flexíveis (ZAMAN, 2018). No Quadro 6 é possível observar os autores encontrados no desenvolvimento de filmes biodegradáveis a base de quitosana e as respectivas análises realizadas.

Quadro 6 – Autores encontrados e análises realizadas em filmes a base de quitosana.

	RT	A	PVA	%	$\Delta E$	Atividade antimicrobiana	$e$
Angelo <i>et al.</i> (2018)	X	-	-	-	-	-	-
Baron <i>et al.</i> (2017)	X	X	X	x	X	-	X

Fonte: Autores (2021)

Angelo *et al.* (2018) estudaram filmes a base de quitosana extraída de diferentes técnicas (onde primeiro extraiu-se a quitina de resíduos de casca de camarão e depois convertido a quitosana), incorporando celulose, nanocelulose extraída da palha de arroz como enchimentos dos filmes. Analisaram as propriedades mecânicas, como resistência à tração (TR) dos filmes produzidos, sendo comparados com filmes de sacolas plásticas convencionais. O filme que apresentou uma maior diferença na RT quando comparado com o controle F1 (quitosana pura), foi o filme F2 (quitosana + quitina), que apresentou um aumento cerca de 45%, isso se dá devido à matriz polimérica do filme aumentar a extensibilidade do filme. Neste trabalho, os autores não informaram o alongamento, a solubilidade, variação da cor, assim como a permeabilidade ao vapor d'água e a atividade antimicrobiana dos filmes.

Baron *et al.* (2017) desenvolveram filmes baseados em blendas de quitosana (C) extraída de resíduos de siri azul e de pectina (P) extraída da casca de laranja. Cinco diferentes formulações foram desenvolvidas, sendo C:P em proporções 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 e 100:0 e dois filmes controles 0:100 e 100:0 de pectina comercial e quitosana. Não houve variação na espessura dos filmes produzidos, indicando um bom controle da razão de massa da solução formadora de filmes pela área da placa. Os filmes de 0:100 mostraram maior solubilidade em água devido à alta hidrofiliabilidade dessa matriz polimérica. Os filmes de C:P tiveram sua solubilidade em água reduzida de 54,8% para 7,6% com o aumento de quitosana na formulação. A proporção de ambos os biopolímeros não afetou significativamente a PVA. Quanto à coloração, obteve-se um filme vermelho-amarelado, o qual se intensificava com o aumento da quitosana. Com o aumento de C, maior a RT e menor o A. O aumento de pectina resultou em 12% a mais nos valores de A dos filmes, garantindo melhor flexibilidade, sugerindo que a pectina tenha efeito de plastificante na matriz devido seu baixo peso molecular. Comparando aos filmes controles, a proporção 0:100 possuiu 30% a mais de RT, bem como a proporção 100:0 possuiu 22% a mais em RT. Os autores não realizaram testes de propriedades antimicrobianas no presente estudo.

#### **4.6 Filmes a base de soro do leite**

Como as proteínas do soro do leite são de caráter anfifílico, elas possuem capacidade de interagir com diferentes moléculas, logo, na maioria dos casos, os filmes biopoliméricos produzidos a base de soro do leite são blendas compostas por diferentes biomoléculas (DIANIN, 2016). No Quadro 7 observa-se os autores encontrados no desenvolvimento de filmes biodegradáveis a base de soro do leite e as respectivas análises realizadas.

Quadro 7 – Autores encontrados e análises realizadas em filmes a base de soro do leite.

	<b>RT</b>	<b>A</b>	<b>PVA</b>	<b>%</b>	<b><math>\Delta E</math></b>	<b>Atividade antimicrobiana</b>	<b>e</b>
Fard <i>et al.</i> (2020)	X	X	-	-	-	-	-

Fonte: Autores (2021)

Fard *et al.* (2020) utilizaram três proteínas animais, sendo a do soro do leite (Wh), gelatina bovina (BG) e gelatina de frango (CG) para melhorar as propriedades mecânicas de filmes a base de farinha de batata (filme controle), analisando a resistência à tração (RT) e alongamento (A) dos filmes. Comparando os valores obtidos de RT e A, observou-se que a adição das biomoléculas na matriz biopolimérica melhorou significativamente as propriedades do filme controle. O filme com melhor RT foi o filme BG, sendo 155% mais resistente que o filme controle. O filme com melhor A foi o filme CG, melhorando em torno de 1000% sua elasticidade, em seguida o filme BG, melhorando 720% e o Wh, melhorando 210% do filme controle. Indicando que a adição de proteínas em filmes de farinha de batata melhoraram muito as propriedades mecânicas. Os autores não avaliaram a espessura, coloração, atividade antimicrobiana, solubilidade e permeabilidade ao vapor de água neste estudo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os biomateriais estudados são uma alternativa para a redução do impacto ambiental através da substituição de embalagens plásticas convencionais.

A partir dos resultados discutidos, analisou-se que, ainda que utilizando as mesmas biomoléculas, os resultados são influenciados pelos diferentes processos empregados, seja na extração (uma vez que são extraídos de diferentes matérias-primas), na formulação bem como na escolha e na concentração dos demais componentes utilizados na elaboração, o que dificulta a comparação direta entre as biomoléculas na produção dos filmes biodegradáveis. A utilização de diferentes concentrações para a elaboração dos filmes biodegradáveis, acarreta em uma diferente espessura e este parâmetro influencia diretamente nas propriedades mecânicas e de permeação. Vale ressaltar ainda que para a elaboração de biofilmes não se tem específico seja na literatura ou norma padrão a indicação de uma faixa de espessura padrão para eles. Porém, ainda sim a utilização das biomoléculas extraídas de resíduos da indústria são de caráter promissor, uma vez que agregam valor aos resíduos gerados, são economicamente viáveis e reduzem o impacto causado no meio ambiente.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIA, Associação Brasileira da Indústria de Alimentos. **Relatório anual 2019**. Disponível em: [https://www.abia.org.br/relatorioAnual\\_2020](https://www.abia.org.br/relatorioAnual_2020). Acesso em: 13 set. 2020

ABRE, Associação Brasileira de Embalagens. **Estudo abre macroeconômico da embalagem e cadeia de consumo**, 2019. Disponível em: <https://www.abre.org.br/dados-do-setor/ano2019/>. Acesso em 01 dez. 2020.

AHMAD, M. J *et al.* Molecular characteristics of collagen extracted from the starry triggerfish skin and its potential in the development of biodegradable packaging film. **RSC advances**, v. 6, n. 40, p. 33868–33879, 2016. Disponível em: [https://pubs.rsc.org/ko/content/articlehtml/2016/ra/c6ra01275b?casa\\_token=O97ivKPNdW4AAAA:x1kBmEf\\_qek965sJJIRmMB6JPO8JEZDSNmzv1lyUJkMxDD4W7y5002i\\_TxVDYWXg4xqeUPt5FNAvLPUJ](https://pubs.rsc.org/ko/content/articlehtml/2016/ra/c6ra01275b?casa_token=O97ivKPNdW4AAAA:x1kBmEf_qek965sJJIRmMB6JPO8JEZDSNmzv1lyUJkMxDD4W7y5002i_TxVDYWXg4xqeUPt5FNAvLPUJ). Acesso em: 16 mar. 2021.

ALBERTS, B *et al.* **Fundamentos da Biologia Celular**. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

ALMEIDA, M. C. **Alternativas do uso de sacolas plásticas ecologicamente sustentáveis para o meio ambiente**. 2018. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) – Pós Graduação Em Gestão Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Madiianeira, 2018. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/15971/3/alternativassacolasecologicamentesustentaveis.pdf>. Acesso em: 14 set. 2020.

ALVES, M. Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 3, p. 212–226, jul. 2014. ISSN 2238–6416. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/341/316>. Acesso em: 30 nov. 2020.

ALVES, M. S. **Quantificação de amido em diferentes variedades de arroz via hidrólise enzimática, com determinação da glicose por cromatografia líquida com detector de índice de refração (HPLC–RI)**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/148511/001001313.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 04 de set. 2020.

AMPESSAN, G. A; GIAROLA, D. A. Estudo das propriedades mecânicas de filmes de proteína de soro de leite modificados com óleo de coco. **Ciências Exatas e Naturais**, Paraná, v. 18, n. 2, p. 233–243. 2016. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/3858/pdf>. Acesso em: 27 de nov. 2020.

ANDRADE, I. M. G. **Influência de líquidos iônicos e solventes eutéticos profundos sobre as propriedades físico-químicas de filmes à base de amido**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Universidade Federal da Paraíba, Areia. 2020.

Disponível em:

<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/17711/1/IMGA24062020-MQ043.pdf>.

Acesso em: 17 set. 2020.

ANGELO, D *et al.* Mechanical behavior optimization of chitosan extracted from shrimp shells as a sustainable material for shopping bags. **Journal of functional biomaterials**, v. 9, n. 2, p. 37, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-4983/9/2/37>. Acesso em: 16 mar. 2021.

AZEVEDO, V. M *et al.* Effect of replacement of corn starch by whey protein isolate in biodegradable film blends obtained by extrusion. **Carbohydrate Polymers**, v. 157, p. 971–980, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/167883/1/P-Effect-of-Replacement-of-Corn-....pdf>. Acesso em: 16 set. 2020.

BAMDAD, F; GOLI, A; KADIVAR, M. Preparation and characterization of proteinous film from lentil (*Lens culinaris*). **Food Research International**. v. 39, n.1, p.106–111, 2006.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996905001456?via%3Dihub>.

Acesso em: 23 ago. 2020.

BANDEIRA, S. F *et al.* Characterization and film-forming properties of gelatins from whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) skin and bones. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 26, n. 4, p. 447–456, 2017. Disponível em: [https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10498850.2016.1210268?casa\\_token=NJWB508ZPb0AAAAA%3A4wVdbfu2KPsV5XySjMVJ8y26ods1PgTJ6kawRn-Od2n21nXVyoJc9vpgcouSy\\_srM4EDPQxy4H2fKan9Yg](https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10498850.2016.1210268?casa_token=NJWB508ZPb0AAAAA%3A4wVdbfu2KPsV5XySjMVJ8y26ods1PgTJ6kawRn-Od2n21nXVyoJc9vpgcouSy_srM4EDPQxy4H2fKan9Yg). Acesso em: 16 mar. 2021.

BANDEIRA, S. F *et al.* Characterization and Film-Forming Properties of Gelatins from Whitemouth Croaker (*Micropogonias furnieri*) Skin and Bones. **Journal of Aquatic Food Product Technology**. v. 26, n.4, p.447–456. 2016. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10498850.2016.1210268>. Acesso em: 29 out. 2020.

BARBASH, V. A; YASCHENKO, O. V; SHNIRUK, O. M. Preparation and Properties of Nanocellulose from Organosolv Straw Pulp. **Nanoscale Research Letters**, v.12, n.1. 2017. Disponível em: <https://nanoscalereslett.springeropen.com/articles/10.1186/s11671-017-2001-4>. Acesso em: 05 out. 2020.

BARBOSA, F. A *et al.* Desenvolvimento de produtos pecuários a partir do reaproveitamento de resíduos industriais e fibras vegetais. **Sistemas & Gestão**, v. 11, n. 2, p. 161–74. 2016. Disponível em: <https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/817>. Acesso em: 30 set. 2020.

BARON, R. D *et al.* Production and characterization of films based on blends of chitosan from blue crab (*Callinectes sapidus*) waste and pectin from Orange (*Citrus sinensis Osbeck*) peel. **International journal of biological macromolecules**, v. 98, p. 676–683, 2017.

Disponível em:

[https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813016319651?casa\\_token=x-LHwvfx7UAAAAA:nuHJzwWYWRmqNG-Y174Hcqbc3pE2iwbtUdv2FA2vwj1QCeBcxb3xG3pIsOjp7HeCtO7LHvLrihXi\\_g](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813016319651?casa_token=x-LHwvfx7UAAAAA:nuHJzwWYWRmqNG-Y174Hcqbc3pE2iwbtUdv2FA2vwj1QCeBcxb3xG3pIsOjp7HeCtO7LHvLrihXi_g). Acesso em: 16 mar. 2021.

BATORI, V *et al.* Production of pectin–cellulose biofilms: a new approach for citrus waste recycling. **International Journal of Polymer Science**, v. 2017, 2017. Disponível em:

<https://www.hindawi.com/journals/ijps/2017/9732329/>. Acesso em: 16 mar. 2021.

BENINCA, C. **Amido da semente da Araucaria angustifolia: caracterização e efeito das modificações química e física e da incorporação de extratos da casca de pinhão nas suas propriedades**. 2019. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – o Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. 2019. Disponível em:

<https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/3045/1/Tese%20%20Cleoci%20Beninca.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

BOHORQUEZ, N. V; A E, N. A.; AH, W. Efeito do armazenamento sobre a cor de filmes de quitosana. **Polímeros**, São Carlos, v. 26, p. 25–36, 2016. Disponível em

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-14282016000700005&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282016000700005&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 18 dez. 2020.

BOMFIM, K. A. **Elaboração e Caracterização de Filmes Biodegradáveis a partir do Amido do Arroz Vermelho**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2019.

Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/10324>. Acesso em: 02 de nov. 2020.

BOURTOOM, T. Factors affecting the properties of edible film prepared from mung bean proteins. **International Food Research Journal**. v.15, n.2, p.167–180, 2019. Disponível em: [http://www.ifrj.upm.edu.my/15%20\(2\)%202008/167-180.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/15%20(2)%202008/167-180.pdf). Acesso em: 04 ago. 2020.

BRASÃO, S.C. **Biofilmes de Salmonella Minnesota: formação, influência da superfície, inibição por agentes químicos e importância do período entre tratamentos**. 2017.

Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/21131>. Acesso em: 01 out. 2020.

BRASIL. **Resolução RDC nº 318, de 11 de maio de 2001**. Aprova o "Regulamento técnico sobre critérios gerais para embalagens e equipamentos em contato com alimentos". Órgão emissor: ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-318-de-6-de-novembro-de-2019-26513805>. Acesso em: 15 de nov de 2020.

CAMARGO, G. A. **Desenvolvimento e potencial de utilização de embalagens ativas biodegradáveis em hortaliças minimamente processadas**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2020. Disponível em: <https://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/3082>. Acesso em: 26 set. 2020.

CAO, T; Y, S.Y; S, K. Characterization of Barnyard Millet Starch Films Containing Borage Seed Oil. **Coatings**, v.7, n.11, p.183. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6412/7/11/183>. Acesso em: 29 ago. 2020.

CARDOSO, T. **Avaliação da Spirulina Platensis na produção de biofilmes de derivados de mandioca e gelatina com aplicação em pimenta cambuci (Capsicum sp.)**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. 2017. Disponível em: <https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/660/1/Tais%20Cardoso.pdf>. Acesso em: 13 out. 2020.

CARNEIRO, CM.F.M.L. **Escolha de alimentos em feiras de produtos orgânicos: um estudo de percepção ambiental em abordagem ecológica**. 2019. Tese (Doutorado em Psicologia) – Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/27537>. Acesso em: 15 nov. 2020.

CERRI, B. C. **Potencial de uso de partículas biodegradáveis de pectina, quitosana e vinhaça como fertilizante agrícola**. 2019. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal e Bioprocessos) – Pós-Graduação em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados, Universidade Federal de São Carlos, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/13143>. Acesso em 26 set. 2020.

CHÁVEZ, G. L *et al.* Preparation of all-cellulose composites with optical transparency using the banana pseudostem as a raw material. **Cellulose**. v.26, p.3777–3786. 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10570-019-02369-1>. Acesso em: 02 nov. 2020.

CIANNAMEA, E. M; S, P.M; R, R. A. Properties and antioxidant activity of soy protein concentrate films incorporated with red grape extract processed by casting and compression molding. **LWT – Food Science Technology**, v. 74, p.53–362, 2016. Disponível em: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-0664284d-d919-37ae-af70-465dcf4bfdea>. Acesso em: 29 ago. 2020.

CLARO, F. C. **Elaboração e caracterização de filmes a partir de nanofibrilas de celulose vegetal**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais., Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/52568>. Acesso em: 15 nov. 2020.

COELHO, M. V. **Filmes compósitos de celulose nanofibrilada e minerais argilosos**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Especialização em Processo, Ambiente e Energia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016. Disponível em: [https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/81484/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Marisa%20V%20Coelho.pdf](https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/81484/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Marisa%20V%20Coelho.pdf). Acesso em: 05 nov. 2020.

COFFERRI, P. **Estratégia de modificação no desenvolvimento de filmes biodegradáveis a base de proteína isolada de soja**. 2020. Monografia (Especialização em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/210706>. Acesso em: 29 out. 2020.

CORCIONE, C. E *et al.* An Innovative Method for the Recycling of Waste Carbohydrate-Based Flours. **Polymers (Basel)**, v. 6, p. 12, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/12/6/1414>. Acesso em: 16 mar. 2021.

COSTA, D. V *et al.* **Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos**. In: II CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS COINTER. 2017. Disponível em: <https://cointer-pdvagro.com.br/wp-content/uploads/2018/02/APROVEITAMENTO-DE-RES%8DDUOS-AGROINDUSTRIAIS-NA-ELABORA%87%C3%83O-DE-SUBPRODUTOS.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2020.

COSTA, T. L. E. **Desenvolvimeto e caracterização de filmes e blendas poliméricas de quitosana, pectina e fécula de mandioca para revestimento em frutos**. 2018. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/2201>. Acesso em: 03 set. 2020.

CREUTZBERG, R; F, M. J; E, E. Análise de custos e do impacto ambiental no descarte de resíduos sólidos. **Abcustos**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 01–28. 2019. Associação Brasileira de Custos. Disponível em: <https://abcustos.emnuvens.com.br/abcustos/article/view/497>. Acesso em: 18 nov. 2020.

CRIZEL, T *et al.* Valorization of food-grade industrial waste in the obtaining active biodegradable films for packaging. **Industrial Crops and Products**, v. 87, p. 218–228, 2016. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669016302679?casa\\_token=25BJFYGkX-UAAAAA:mDHGfAgtD3T1Ph6GxkvJJr4hsRyRS9CgOTMJXreJnPE\\_DUTXZD-HLZ8IFo6-leAp1ouctwxtkQpA3g](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669016302679?casa_token=25BJFYGkX-UAAAAA:mDHGfAgtD3T1Ph6GxkvJJr4hsRyRS9CgOTMJXreJnPE_DUTXZD-HLZ8IFo6-leAp1ouctwxtkQpA3g). Acesso em: 16 mar. 2021.

CRIZEL, T *et al.* Biodegradable films based on gelatin and papaya peel microparticles with antioxidant properties. **Food and Bioprocess Technology**, v. 11, n. 3, p. 536–550, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-017-2030-0>. Acesso em: 16 mar. 2021.

CRUZ, W. F *et al.* **Aplicação e avaliação de biopolímeros de amido e gelatina como revestimento em materiais de embalagens.** 2018. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/333890/1/Cruz\\_WellitonFagnerDa\\_D.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/333890/1/Cruz_WellitonFagnerDa_D.pdf). Acesso em: 03 set. 2020.

CUELLAR, E. A *et al.* Assessment of prickly pear peel mucilage and potato husk starch for edible films production for food packaging industries. **Waste and Biomass Valorization**, p. 1–11, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12649-020-00981-y>. Acesso em: 16 mar. 2021.

D'ANGELO, G *et al.* Mechanical Behavior Optimization of Chitosan Extracted from Shrimp Shells as a Sustainable Material for Shopping Bags. **Journal of Functional Biomaterials**, v.9, n.2, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6023308/>. Acesso em: 29 set. 2020.

DALLAN, P. R. M. **Síntese e caracterização de membranas de quitosana para aplicação na regeneração de pele.** 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/266208/1/Rodrigues\\_AnaPaula\\_D.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/266208/1/Rodrigues_AnaPaula_D.pdf). Acesso em: 02 out. 2020.

DAMASCENO, G. A. **Efeito de revestimento bioativo à base de quitosana sobre a vida útil e segurança da cavala (*Scomberomorus cavalla*) refrigerada.** 2016. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/19848>. Acesso em: 18 set. 2020.

DAMODARAN, S. K; PARKIN, O. R. FENNEMA. Química de Alimentos de Fennema. **Artmed**, Porto Alegre, 900 p. 1112, 2010.

DAS, P *et al.* Transformation of chicken feather keratin and pomelo peel pectin into biodegradable composite film. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 26, n. 5, p. 2120–2129, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10924-017-1109-z>. Acesso em: 16 mar. 2021

DIANIN, I. M. B. **Aplicação de proteínas do soro de leite na formulação de biofilme comestível para aplicação em frutas.** 2016. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Leite e Derivados) – Unopar, Londrina, 2016. Disponível em: <https://repositorio.pgsskroton.com/bitstream/123456789/2877/1/59a783c1281dc69fa173c3a1ddaf25b7.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2020.

DIAS, H. C.; R, A. B. Estudo da viabilidade e desenvolvimento de filmes ativos a partir de resíduos da indústria vinícola. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 5, n. 5, p. 0444–0451, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/8632>. Acesso em: 4 nov. 2020. Disponível em: <https://periodicos.udesc.br/index.php/dapesquisa/article/view/18083129152020e0004>. Acesso em: 12 nov. 2020.

DURÁN, N; M, L. H; M, P. C. Nanotecnologia: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação. **São Paulo, Art Liber**, p. 201, 2006. Disponível em: <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=27382&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22MORAIS,%20P.%20C.%20de.%22&qFacets=autoria:%22MORAIS,%20P.%20C.%20de.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 04 set. 2020.

EBURNEO, J.A. M. **Características físico-químicas de amidos extraídos de batatas cultivadas sob diferentes doses de adubação nitrogenada**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrônomas) – Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita, Botucatu, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/150005?show=full>. Acesso em: 19 nov. 2020.

ENUJIUGHA V. N; O, A.M. Protein–Lipid Interactions and the Formation of Edible Films and Coatings. **Encyclopedia of Food Chemistry**. p. 478–482, 2019. Disponível em: [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1521-3803\(20000501\)44:3%3C148::AID-FOOD148%3E3.0.CO;2-P](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1521-3803(20000501)44:3%3C148::AID-FOOD148%3E3.0.CO;2-P). Acesso em: 09 out. 2020.

ESFANJANI, A. F; J, S. M; A, E. Preparation of a multiple emulsion based on pectin–whey protein complex for encapsulation of saffron extract nanodroplets. **Food Chemistry**, v. 221, p. 1962–1969, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27979187/>. Acesso em: 05 set. 2020.

EUROPEAN BIOPLASTICS. **Bioplastics Market Data**. Disponível em: <https://www.european-bioplastics.org/market/>. Acesso em: 16 out. 2020.

FABRA, M. J; T, P; C, A. Influence of calcium on tensile, optical and water vapour permeability properties of sodium caseinate edible films, **Journal of Food Engineering**. v.96, p.356–364, 2010. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093361358>. Acesso em: 18 set. 2020.

FARADILLA, R.H *et al.* Characteristics of a free–standing film from banana pseudostem nanocellulose generated from mediated oxidation. **Carbohydrate Polymers**, v. 174, p. 1156–1163, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/318342115\\_Characteristics\\_of\\_a\\_free-standing\\_film\\_from\\_banana\\_pseudostem\\_nanocellulose\\_generated\\_from\\_TEMPO-mediated\\_oxidation](https://www.researchgate.net/publication/318342115_Characteristics_of_a_free-standing_film_from_banana_pseudostem_nanocellulose_generated_from_TEMPO-mediated_oxidation). Acesso em: 27 out. 2020.

FARD, H *et al.* Gelatin/Whey protein–potato flour bioplastics: Fabrication and evaluation. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 28, n. 7, p. 2029–2038, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10924-020-01748-1>. Acesso em: 16 mar. 2021.

FERREIRA, M. F. **Extração e caracterização de gelatina de subprodutos do frango: pés**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013. Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/962/1/CM\\_COEAL\\_2012\\_2\\_07.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/962/1/CM_COEAL_2012_2_07.pdf). Acesso em: 14 de set. 2020.

FILHO, A. J. S; SANFELICE, R. C. Estudo bibliográfico sobre polímeros ambientalmente sustentáveis. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 3, n. 2, p. 131–148, 2019. Disponível em: <http://seer.uftm.edu.br/revistaeletronica/index.php/rbcti/article/view/3347>. Acesso em: 06 nov. 2020.

FILIPINI, G. S. **Desenvolvimento de embalagens biodegradáveis ativas a partir de polímeros e extrato natural de jambolão**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/8384/Gabriel%20da%20Silva%20Filipini.pdf?sequence=1>. Acesso em: 18 set. 2020.

FORTUNA, A. L. **Impactos ambientais dos plásticos: biopolímeros como alternativa para a redução do acúmulo de embalagens flexíveis de polipropileno no meio ambiente**. 2020. Monografia (Especialização em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/12581/1/ALLFortuna.pdf>. Acesso em: 07 out. 2020.

FRANCHETTI, S. M. M; M, J. C. Polímeros biodegradáveis – uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 811–816, July 2006 . Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422006000400031&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422006000400031&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 15 nov. 2020.

FRANCO, D. Y. Y. **Transição sócio-técnica sobre a ótica do desenvolvimento dos bioplásticos**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Pós-Graduação em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://186.202.79.107/download/transicao-socio-tecnica-dos-plasticos-sob-a-otica-do-desenvolvimento-dos-bioplasticos.pdf>. Acesso em: 03 set. 2020.

FRANCO, G. T. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis baseados em pectina e nanofibras de celulose funcionalizadas**. 2019. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de São Carlos, 2019. Disponível em: [https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/12042/Disserta%20a7%20a3o\\_GiulianaFranco.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/12042/Disserta%20a7%20a3o_GiulianaFranco.pdf?sequence=5&isAllowed=y). Acesso em: 17 mar. 2021

FREITAS, K. D.A. **Estudo bibliográfico sobre a potencialidade de um compósito à base de amido de milho e fibras de mamoeiro (*Carica papaya* L.) para aplicação na indústria da embalagem**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia dos Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2020. Disponível em: <https://monografias.ufrn.br/jspui/handle/123456789/10746>. Acesso em: 07 nov. 2020.

FRIEDRICH, J. C. C. **Biofilmes a base de amido, gelatina e extrato de tetradenia riparia na conservação de morango**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2017. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/handle/tede/3096>. Acesso em 04 nov. 2020.



GALINDO, M. V *et al.* Atividade antimicrobiana e antioxidante de filmes comestíveis de gelatina e quitosana adicionados de óleos essenciais. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 26, p. 019008–019008, 2019. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8653865/19231>. Acesso em: 17 mar. 2021.

GARCIA, A. C. F. S. **Bioprospecção e obtenção de um bioproduto utilizando micro-organismos da turfa para a biodegradação de Hidrocarboneto Policíclico Aromático (HPA)**. 2016. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Programa Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal do Sergipe, São Cristóvão, 2016. Disponível em: [https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/3278/1/ANUSKA\\_CONDE\\_FAGUNDES\\_SOARES\\_GARCIA.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/3278/1/ANUSKA_CONDE_FAGUNDES_SOARES_GARCIA.pdf). Acesso em: 29 set. 2020.

GARRIDO, M. A. **Elaboração e caracterização de filmes biodegradáveis de gelatina incorporados com argila bentonita ionicamente modificada**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/2255>. Acesso em: 03 ago. 2020.

GARZILLO, J. M. F. **A alimentação e seus impactos ambientais: abordagens dos guias alimentares nacionais e estudo da dieta dos brasileiros**. 2018. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, 2018. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6140/tde-13022019-082545/publico/JosefaMariaFellegerGarzillo\\_Dr\\_REVISADA.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6140/tde-13022019-082545/publico/JosefaMariaFellegerGarzillo_Dr_REVISADA.pdf). Acesso em: 27 out. 2020.

GOIANA, M. L. **Efeitos do plasma a frio sobre filmes à base de amido, celulose, bacteriana e gelatina**. 2020. Dissertação (Mestrado em Processos Químicos e Bioquímicos) – Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1125874>. Acesso em: 08 set. 2020.

GUIMARÃES, M. H. T. **Aproveitamento do resíduo na indústria de água de coco para a produção do pó e da fibra do coco verde**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. Disponível em: <https://monografias.ufrn.br/jspui/handle/123456789/5169>. Acesso em: 19 nov. 2020.

GUIMARÃES, V. M. B; SILVA, K. N. A. Impactos socioambientais do plástico descartável: estudo de caso nas redes de fast food em dourados/MS, **Realização**, v. 7, n. 13, p. 97–120,

HASAN, M *et al.* Micro Crystalline Bamboo Cellulose Based Seaweed Biodegradable Composite Films for Sustainable Packaging Material. **Journal of Polymers and the Environment**, v.27, p.1602–1612, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10924-019-01457-4>. Acesso em: 18 set. 2020.

HONG, S.I; K, J. M. Oxygen barrier performance of whey protein coated plastic films as affected by temperature, relative humidity, base film and protein type. **Journal of Food Engineering**, v 77, p. 739–745, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877405005431>. Acesso em: 03 set. 2020.

HUBNER, P. **Desenvolvimento de filmes de gelatina contendo zeólita clinoptilolita impregnada com íons prata e avaliação das propriedades antimicrobianas**. 2017. Dissertação (Engenharia Química) – Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/163888/001025299.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 17 mar. 2021.

JESUS, G. L. **Obtenção, caracterização e comparação de filmes à base de proteínas do soro de leite**. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/213495/001117924.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 set. 2020.

JESUS, L. C. C et al. Comportamento térmico de compósitos de poliestireno reciclado reforçado com celulose de bagaço de cana. **Matéria (Rio J.)**, v. 24, n. 3, p.12421, 2019. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-70762019000300333&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762019000300333&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 03 Nov. 2020.

JESUS, L. S. **Produção de Biofilmes a Partir do Mesocarpo Externo do Pequi (*Caryocar brasiliense camb*)**. 2017. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/29>. Acesso em: 06 out. 2020.

KHAN, K.S. et al. Five steps to conducting a systematic review. **Journal of the royal society of medicine**, v. 96, n. 3, p. 118–121, 2003. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/014107680309600304>. Acesso em: 05 set. 2020.

KIM, M. J et al. Effects of amidation and/or methylesterification of pectin on aroma release at different calcium concentration. **Food Hydrocolloids**, v. 52, p. 343–349, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X15300163>. Acesso em: 24 set. 2020.

KOHLBECK, E et al. Praticidade e sustentabilidade no processo metodológico de pré-desenvolvimento de produtos. **DAPesquisa**, v. 15, p. 01–24, 2020.

KOWALCZYK, D et al. Microstructure and functional properties of sorbitol–plasticized pea protein isolate emulsion films: Effect of lipid type and concentration. **Food Hydrocolloids**, v. 60, p. 353–363, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X16301424>. Acesso em: 17 nov. 2020.

KUKTAITE, R et al. Monitoring nanostructure dynamics and polymerization in glycerol plasticized wheat gliadin and glutenin films: relation to mechanical properties. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 4, n. 6, p. 2998–3007, 2016. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acssuschemeng.5b01667>. Acesso em: 03 set. 2020.

LANDIM, A. P. M *et al.* Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, v. 26, p. 82–92, 2016. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282016005001106&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282016005001106&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 19 dez. 2020.

LAROQUE, D. A. **Desenvolvimento de filme antimicrobiano de acetato de celulose incorporado com carvacrol**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/198863>. Acesso em: 19 dez. 2020.

LAZZAROTTO, P. **Design de embalagem: uma análise sobre embalagens de shampoos e condicionadores e como elas são percebidas pelo consumidor**. 2017. Monografia (Graduação de Curso de Desing) – Universidade do Vale do Taquari – Univates, Lajeado, 2016. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/handle/10737/1524>. Acesso em: 19 dez. 2020.

LE COSTAOUËC, T et al. New structural insights into the cell–wall polysaccharide of the diatom *Phaeodactylum tricornutum*. **Algal research**, v. 26, p. 172–179, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211926417301583>. Acesso em: 19 dez. 2020.

LEE, J. J. L *et al.* Interfacial Assembly of a Cashew Nut (*Anacardium occidentale*) Testa Extract onto a Cellulose–Based Film from Sugarcane Bagasse to Produce an Active Packaging Film with pH–Triggered Release Mechanism, 2020. **Food and Bioprocess Technology**. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-020-02414-z>

LENHANI, G. C. **Obtenção e aplicação de celulose de resíduos agroindustriais em filmes compósitos**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, 2019. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/3165>. Acesso em: 19 dez. 2020.

LIMA, A. C. S. **Desenvolvimento de filmes à base de goma de cajueiro modificada e goma kappa com reforço de nanocelulose**. 2019. Tese (Doutorado em Biotecnologia Industrial) – Curso de Biotecnologia Industrial, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/41456>. Acesso em: 19 dez. 2020.

LIMA, M. F. **Estudo do comportamento do mesocarpo de coco babaçu na formação de biofilmes aditivados com compostos antioxidantes – cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/influncia-do-mesocarpo-de-coco-babau-na-formao-de-biofilmes-aditivados-com-compostos-antioxidantes-cupuau-theobroma-grandiflorum-26041>. Acesso em: 19 dez. 2020.

LOBATO, F. M. **Desenvolvimento de bebida aromatizada de maracujá (*Passiflora edulis*) à base de soro de leite**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2014. Disponível em: Acesso em: 19 dez. 2020.

LUCENA, C. A. A. *et al.* Desenvolvimento de biofilmes à base de xilana e xilana/gelatina para produção de embalagens biodegradáveis. **Polímeros**, v. 27, p. 35–41, 2017. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282017005001104&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282017005001104&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 19 dez. 2020.

LUCHESE, C. L. **Desenvolvimento de embalagens biodegradáveis a partir de amido contendo subprodutos provenientes do processamento de alimentos**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande, Departamento de Engenharia Química, Rio Grande, RS, 2018. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/178251>. Acesso em: 19 dez. 2020.

MACEDO, K. B. *et al.* O primitivo flerta com o moderno: encontros amorosos nos filmes de Carmen Miranda no contexto da Boa Vizinhança. **DAPesquisa**, v. 14, n. 24, p. 003–024, 2019. Disponível em: <http://revistas.udesc.br/index.php/dapesquisa/article/view/1808312914242019003>. Acesso em: 19 dez. 2020.

MAIA, N. V. L. P. **Produção e caracterização de blendas poliméricas com poli (3-hidroxibutirato) (PHB) e amido de milho para produção de plástico biodegradável**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Florianópolis, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/172365>. Acesso em: 19 dez. 2020.

MAMANI, H. N. C. **Produção e caracterização de filmes compostos de metilcelulose, glucomanana, pectina, gelatina e lipídios**. 2009. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) – Curso de Alimentos e Nutrição, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2009. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/255962>. Acesso em: 19 dez. 2020.

MARQUES, G. S. **Obtenção de filmes biodegradáveis de amido de mandioca reforçados com nanofibras de celulose de rami**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Química) – Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/55283>. Acesso em: 18 dez. 2020.

- MARTINS, B. L. **Gestão dos resíduos sólidos urbanos: análise documental e estudo comparativo entre aterro sanitário e incineração para geração de energia**. 2017. Tese (Doutorado em Ciências Agrônômicas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu, SP, 2017. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/152554/martins%20cbl\\_dr\\_bot.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/152554/martins%20cbl_dr_bot.pdf?sequence=3&isAllowed=y). Acesso em: 18 dez. 2020.
- MASAMBA, K; LI, Y; Z, F. Effect of homogenization stirring speed on mechanical and water barrier properties of gallic acid treated zein–oleic acid composite films. **Food Packaging Shelf**, v.10, p.97–105, 2016. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221428941630151X?casa\\_token=NneXBCQVvTsAAAAA:r0wuCH4k3\\_2y4emigygK6KAXXKlDPHbXCXIItQgIoXg926lclY6Cra7rcBDi5GeGBMvFMBgDwE1Tdg](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221428941630151X?casa_token=NneXBCQVvTsAAAAA:r0wuCH4k3_2y4emigygK6KAXXKlDPHbXCXIItQgIoXg926lclY6Cra7rcBDi5GeGBMvFMBgDwE1Tdg). Acesso em: 18 dez, 2020.
- MATEUS, M. F. M. **Síntese e caracterização de Hidroxiapatita/gelatina**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Curso de Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/9340>. Acesso em: 19 dez. 2020.
- MATIAS, T. P *et al.* **Biodegradação anaeróbia da atrazina em diferentes condições de oxirredução**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia Ambiental) – Ciência e Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Alfenas, Poços das Caldas, MG, 2019. Disponível em: [https://www.unifal-mg.edu.br/ppgcea/files/file/disserta%C3%A7%C3%B5es/DISSERTACAO%20FINAL%20COMPLETA\\_docx.pdf](https://www.unifal-mg.edu.br/ppgcea/files/file/disserta%C3%A7%C3%B5es/DISSERTACAO%20FINAL%20COMPLETA_docx.pdf). Acesso em: 19 dez. 2020.
- MELLO, L. M. L. **Efeito da irradiação gama na quitosana**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Palmas, 2016. Disponível em: <http://repositorio.uft.edu.br/handle/11612/290>. Acesso em: 19 dez, 2020.
- MIRANDA, B. M. **Extração de bioativos da casca de jabuticaba: pectina e antocianinas**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/9418>. Acesso em: 19 dez. 2020.
- MOURA, J. M. **Desenvolvimento de filmes e blendas produzidas a partir de biomateriais para aplicação em embalagens ativas**. 2018. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande – RS, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/8311/JAQUELINE%20MOTTA%20DE%20MOURA.pdf?sequence=1>. Acesso em: 19 dez. 2020.
- MUANGRAT, R.; NUANKHAM, C. Production of flour film from waste flour during noodle production and its application for preservation of fresh strawberries, *CyTA – Journal of Food*, v. 16, n.1, p. 525–536, 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476337.2018.1424741>. Acesso em: 16 mar. 2021.

NAQASH, F *et al.* Emerging concepts in the nutraceutical and functional properties of pectin—A Review. **Carbohydrate Polymers**, v. 168, p. 227–239, 2017. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861717303144?casa\\_token=wmbwBwBKqzAAAAAA:uwxqziiZd7YGLg3\\_eMNI1yIxJQgGGWB0DvaQbuD-JiH\\_raBW2pafr0PmOHygAxx5UPy\\_Xh6zRvDuvA](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861717303144?casa_token=wmbwBwBKqzAAAAAA:uwxqziiZd7YGLg3_eMNI1yIxJQgGGWB0DvaQbuD-JiH_raBW2pafr0PmOHygAxx5UPy_Xh6zRvDuvA). Acesso em: 19 dez. 2020.

NOGUEIRA, D. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis, blendas e bicamadas utilizando diferentes fontes proteicas**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, 2017. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/handle/1/8439>. Acesso em: 19 dez. 2020.

NOGUEIRA, G. F *et al.* **Incorporação de polpa de amora como antioxidante em filmes comestíveis e biodegradáveis de amido de araruta**. 2018. Tese (doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, SP, 2018. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/333860>. Acesso em: 19 dez. 2020.

NUNES, J. C *et al.* Influência da nanoemulsão de óleo essencial de limão em filmes à base de gelatina. **Química Nova**, v. 41, n. 9, p. 1006–1010, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v41n9/0100-4042-qn-41-09-1006.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2021.

NUNES, L. A *et al.* O Soro Do Leite, Seus Principais Tratamentos E Meios De Valorização. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 301–326, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/5310>. Acesso em: 19 dez. 2020.

OCAK, B. Film-forming ability of collagen hydrolysate extracted from leather solid wastes with chitosan. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 5, p. 4643–4655, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-0843-z>. Acesso em: 16 mar. 2021.

OLIVEIRA, A. P. **Resíduos da indústria de alimentos para elaboração de farinhas: uma estratégia para aproveitamento**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/15791>. Acesso em: 19 dez. 2020.

OLIVEIRA, A. V. L *et al.* Sustentabilidade: Pequenas Mudanças Fazem a Diferença. **Revista Expressão**, n. 2, p. 22, 2020. Disponível em: <http://www4.faculdadepromove.br/expressao/index.php/files/article/view/102>. Acesso em: 19 dez. 2020.

OLIVEIRA, A. V. **Obtenção de nanoamido de amêndoa de manga e sua aplicação em filmes de amido para embalagens de alimentos**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/34587>. Acesso em: 19 dez. 2020.

OLIVEIRA, D. F.; B, C. E. C; T, I. B. Soro de leite: um subproduto valioso. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 385, p. 64–71, 2012. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/215>. Acesso em: 19 dez. 2020.

PAGNO, C. H *et al.* Physical and antimicrobial properties of quinoa flour-based films incorporated with essential oil. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 133, p. 1–9, 2016. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/app.43311>. Acesso em: 19 dez. 2020.

PAVONI, J. M. F. **Desenvolvimento de filmes densos de quitosana para aplicações como membranas e embalagens**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/188022>. Acesso em: 19 dez. 2020.

PEREIRA, A. D. **Extração e caracterização de amido e fibra de araruta (*Maranta arundinaceae* L.) para a produção de filmes flexíveis obtidos por extrusão termoplástica seguida de sopro**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/2882>. Acesso em: 19 dez. 2020.

PESSANHA, K. L. F. **Polímeros biodegradáveis adicionados de nanopartículas como embalagem para alimentos**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologias Industriais Farmacêuticas) – Instituto de Tecnologia em Fármacos/Farmanguinhos, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/18492>. Acesso em: 19 dez. 2020.

PESSOA, F. B *et al.* **Extração e caracterização química de polissacarídeos de basidiomicetos comestíveis de ocorrência na Amazônia**. 2016. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5654>. Acesso em: 19 dez. 2020.

PIMENTA, L. **Avaliação da produção de proteases e exopolissacarídeos por *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus eryngii***. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência Biológicas) – Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2018. Disponível em: <http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/handle/riuea/1557>

PIRES, J. M. de A.; S, J. L. G. da. Logística reversa: uma ferramenta estratégica para o desenvolvimento sustentável. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 12, n. 5, p. 143–181, 2016. Disponível em <https://www.rbgdr.com.br/revista/index.php/rbgdr/article/view/2784>. Acesso em: 19 dez. 2020.

POLEZ, R. T. **Ésteres de Celulose: Síntese, Propriedades e Preparação de Mantas e Esferas Visando Aplicações em Imobilização de Lipase**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Curso de Ciências, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019. Disponível em: <http://repositorio.iqsc.usp.br/handle/RIIQSC/4599>. Acesso em: 19 dez. 2020.

POPPE, J. Gelatin in Thickening and Gelling Agents for Food. **New York., Ed. Alan Imeson, Blackie Academic & Professional**, p. 144–168, 1997. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/30341286.pdf>

QUESTER, S.; K, H. F. M.; STREY, R. Towards gliadin nanofoams. **Colloid and Polymer Science**, v. 295, n. 1, p. 267–275, 2017. Disponível em: [https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as\\_sdt=0%2C5&q=QUESTER%2C+S.%3B+KLEMMER%2C+H.+F.+M.%3B+STREY%2C+R.+Towards+gliadin+nanofoams.+Colloid+and+Polymer+Science%2C+v.+295%2C+n.+1%2C+p.+267%2C+2017.+&btnG=](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=QUESTER%2C+S.%3B+KLEMMER%2C+H.+F.+M.%3B+STREY%2C+R.+Towards+gliadin+nanofoams.+Colloid+and+Polymer+Science%2C+v.+295%2C+n.+1%2C+p.+267%2C+2017.+&btnG=). Acesso em: 19 dez. 2020.

RAMESH, S.; RADHAKRISHNAN, P. Cellulose nanoparticles from agro–industrial waste for the development of active packaging. **Applied Surface Science**, v. 484, p. 1274–1281, 2019. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169433219309948?casa\\_token=Enc9n-DYK6kAAAAA:gAmjnAYq\\_Pn\\_aFVDr\\_tJTgmZF8H\\_5Y8r6KHs9v8LzC4c3Eq57JqA7KIBbzhN6AYVYCWMXxKFZh\\_wAg](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169433219309948?casa_token=Enc9n-DYK6kAAAAA:gAmjnAYq_Pn_aFVDr_tJTgmZF8H_5Y8r6KHs9v8LzC4c3Eq57JqA7KIBbzhN6AYVYCWMXxKFZh_wAg). Acesso em: 16 mar. 2021

RAMOS, G. V. C. **Efeito do tratamento com ozônio sobre as propriedades estruturais, térmicas, reológicas e funcionais do amido de quinoa**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Curso de Ciências e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2019. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74133/tde-02122019-170132/en.php>. Acesso em: 19 dez. 2020.

ROCCA–SMITH, JR *et al.* Effect of lipid incorporation on functional properties of wheat gluten based edible films. **Journal of Cereal Science**, v.69, p. 275–282, 2016. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521016300510?casa\\_token=t0xPK5cTS0gAAAAA:RNMT8Hseo9XL2X1ZvQNbU29WNzN-XQY-CCi8U4x3mRdxJtteFZ95wFM-EIxnGzm-RB\\_wCQBrC3ifw](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521016300510?casa_token=t0xPK5cTS0gAAAAA:RNMT8Hseo9XL2X1ZvQNbU29WNzN-XQY-CCi8U4x3mRdxJtteFZ95wFM-EIxnGzm-RB_wCQBrC3ifw). Acesso em: 19 dez. 2020.

RODRIGUES, A. A. M. **Revestimento e Filmes Biodegradáveis de Diferentes Fontes Amiláceas Caracterização e Aplicação Pós–colheita em Manga**. 2019. Tese (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós–Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199157/1/Tese-Antonio-Rodrigues.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2020.

RODRIGUES, L. O. *et al.* Produção de biofilme de quitosana, reduzida da quitina, extraída de exoesqueleto de crustáceos: proposta e disponibilização sustentável. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 218–239, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BASR/article/view/6575>. Acesso em: 19 dez. 2020.

RODRIGUES, T. T. **Polímeros nas indústrias de embalagens**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/24082>. Acesso em: 19 dez. 2020.



- ROMANI, V. P *et al.* Improvement of fish protein films properties for food packaging through glow discharge plasma application. **Food Hydrocolloids** v. 87, p.970–976, 2019. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X18309585?casa\\_token=TqGTgJ5-NkAAAAA:GSE6Ezb1-0mKLFCHcUdbx9sI7Vbn2iPZB4rZ8otpEXw4xarJLlhlhSmv0XbijS-aA0Z6QcJjf9f19g](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X18309585?casa_token=TqGTgJ5-NkAAAAA:GSE6Ezb1-0mKLFCHcUdbx9sI7Vbn2iPZB4rZ8otpEXw4xarJLlhlhSmv0XbijS-aA0Z6QcJjf9f19g). Acesso em: 19 dez. 2020.
- SABATO, S. F *et al.* Mechanical and barrier properties of cross-linked soy and whey proteinbased films. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 3, p. 1397–1403, 2001. Disponível em: [https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf0005925?casa\\_token=8Gset4uuUksAAAAA:nIOAs1k5xtE6hpDR\\_b5F02Agg\\_tmOkijXIE0yoxCh6enWlhzW9r2MgLavAyGk9eEo6vGEPjbrGZVtMk60XY](https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf0005925?casa_token=8Gset4uuUksAAAAA:nIOAs1k5xtE6hpDR_b5F02Agg_tmOkijXIE0yoxCh6enWlhzW9r2MgLavAyGk9eEo6vGEPjbrGZVtMk60XY). Acesso em: 19 dez. 2020.
- SABERI, B *et al.* Physical, Barrier, and Antioxidant Properties of Pea Starch–Guar Gum Biocomposite Edible Films. **Incorporation of Natural Plant Extracts**, v. 10, p. 2240–2250, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-017-1995-z>. Acesso em; 16 mar. 2021.
- SALGADO, PR *et al.* Sunflower protein films incorporated with clove essential oil have potential application for the preservation of fish patties. **Food Hydrocolloids**, v. 33, n. 1, p. 74–84, 2013. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927775717311068?casa\\_token=vnMCTXI60nsAAAAA:tvai8QvNgzYd5bBcgWaUk083tnHZi\\_UqOiUZg6l5P6\\_FGKe\\_dauI0Ei81\\_WGQh049ar8HE8tCp4BQw](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927775717311068?casa_token=vnMCTXI60nsAAAAA:tvai8QvNgzYd5bBcgWaUk083tnHZi_UqOiUZg6l5P6_FGKe_dauI0Ei81_WGQh049ar8HE8tCp4BQw). Acesso em: 19 dez. 2020.
- SANTOS, J. P *et al.* Crosslinking agents effect on gelatins from carp and tilapia skins and in their biopolymeric films. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v.539, p.184–191, 2018. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927775717311068?casa\\_token=vnMCTXI60nsAAAAA:tvai8QvNgzYd5bBcgWaUk083tnHZi\\_UqOiUZg6l5P6\\_FGKe\\_dauI0Ei81\\_WGQh049ar8HE8tCp4BQw](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927775717311068?casa_token=vnMCTXI60nsAAAAA:tvai8QvNgzYd5bBcgWaUk083tnHZi_UqOiUZg6l5P6_FGKe_dauI0Ei81_WGQh049ar8HE8tCp4BQw). Acesso em: 19 dez. 2020.
- SANTOS, J. P. *et al.* Crosslinking agents effect on gelatins from carp and tilapia skins and in their biopolymeric films. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 539, p. 184–191, 2018. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927775717311068?casa\\_token=mnDC8Te1ET0AAAAA:PKmjGwzwdTaM4-NHJ5iqSTcnk--5lyhMNp2QejQ7BJmndyCSFecigDyZZ\\_2fx1sc68EvzGj7SYyQ](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927775717311068?casa_token=mnDC8Te1ET0AAAAA:PKmjGwzwdTaM4-NHJ5iqSTcnk--5lyhMNp2QejQ7BJmndyCSFecigDyZZ_2fx1sc68EvzGj7SYyQ). Acesso em: 16 mar. 2021.
- SANTOS, T. P. R **Efeitos de modificações físicas sobre as propriedades de amido de tuberosas**. 2016. Tese (Doutorado em Ciências Agrônomicas) – Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho” Faculdade De Ciências Agrônomicas Campus De Botucatu, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/138153>
- SANTOS, V. S; A, F. A; DM, M. R. Preparação e caracterização de biofilmes comestíveis a base de nanoestruturas poliméricas em matriz de pectina. **Journal of Experimental Techniques and Instrumentation**, v. 2, n. 1, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/JETI/article/view/7766>. Acesso em: 14 ago. 2020.

SARAIVA, B. R *et al.* Valorização de resíduos agroindustriais: fontes de nutrientes e compostos bioativos para a alimentação humana. **Pubsaúde**, v. 1, n. 1, p. 1–10, 2018.

Disponível em:

[https://www.researchgate.net/profile/Fernando\\_Anjo/publication/329050382\\_Valorizacao\\_de\\_residuos\\_agroindustriais\\_fontes\\_de\\_nutrientes\\_e\\_compostos\\_bioativos\\_para\\_a\\_alimentacao\\_humana/links/5bf4a4ae299bf1124fe21185/Valorizacao-de-residuos-agroindustriais-fontes-de-nutrientes-e-compostos-bioativos-para-a-alimentacao-humana.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fernando_Anjo/publication/329050382_Valorizacao_de_residuos_agroindustriais_fontes_de_nutrientes_e_compostos_bioativos_para_a_alimentacao_humana/links/5bf4a4ae299bf1124fe21185/Valorizacao-de-residuos-agroindustriais-fontes-de-nutrientes-e-compostos-bioativos-para-a-alimentacao-humana.pdf). Acesso em: 19 dez. 2020.

SAREMNEZHAD S *et al.* Properties of a new edible film made of faba bean protein isolate.

**Agricultural Sciences**, v. 13, p. 181–192, 2011. Disponível em:

<https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=216921>. Acesso em: 19 dez. 2020.

SCANDOLARA, C. **Influência dos amidos nativos e modificados nas propriedades físico-químicas e de textura da mortadela de frango**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2017. Disponível em: <http://tede.upf.br/jspui/handle/tede/1287>. Acesso em: 04 nov. 2020.

SCHAEFFER, D. "**Obtenção e caracterização de biopolímeros a partir de fécula de mandioca e amido de milho**", 2020. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Universidade do Vale do Taquari – Univates, Lajeado, 2020. Disponível em:

<http://hdl.handle.net/10737/2858>. Acesso em: 18 dez. 2020.

SCOPEL, B. S *et al.* Starch–leather waste gelatin films cross–linked with glutaraldehyde.

**Journal of Polymers and the Environment**, v. 28, n. 7, p. 1974–1984, 2020. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10924-020-01736-5>. Acesso em: 16 mar. 2021.

SEYFRIED, M *et al.* “Pectinas de plantas medicinais: características estruturais e atividades imunomoduladoras”. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p. 201–14, 2016. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/193079201.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2020.

SHARMA, L.; S, C. Sesame protein based edible films: Development and characterization.

**Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 139–147, 2016. Disponível em:

[https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X1630203X?casa\\_token=AFHQ-4zPu8cAAAAA:OIDMSnvZ8xL1PVaqf74Xq34HH1xwCeYwRNB2sRb4n2iK6G164n7aLuVrSaARN22xEH0QZIdbheM5pA](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X1630203X?casa_token=AFHQ-4zPu8cAAAAA:OIDMSnvZ8xL1PVaqf74Xq34HH1xwCeYwRNB2sRb4n2iK6G164n7aLuVrSaARN22xEH0QZIdbheM5pA). Acesso em: 18 dez. 2020.

SHRUTHY, R; P, R. Cellulose nanoparticles from agro–industrial waste for the development of active packaging. **Applied Surface Science**., v. 484, p. 1274–1281, 2019. Disponível em:

[https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169433219309948?casa\\_token=EWkKP-qAhiC8AAAAA:1JAjVmaXLdEiBD5KtjVjcgfF\\_wyfqEjK-Bv9elum5\\_\\_Y2PWvqEC870Sv-ftDybyYbgT00Lg7XqjsQQ](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169433219309948?casa_token=EWkKP-qAhiC8AAAAA:1JAjVmaXLdEiBD5KtjVjcgfF_wyfqEjK-Bv9elum5__Y2PWvqEC870Sv-ftDybyYbgT00Lg7XqjsQQ). Acesso em: 18 dez. 2020.

SILVA, A. M; D, R. M. **Influência do tipo de amido e aquecimento–convencional e ôhmico–sobre as propriedades de géis**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós–Graduação em Engenharia Química., 2019. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/192972>. Acesso em: 18 dez. 2020.

SILVA, C. V. **Produção de filmes de celulose regenerada a partir de bucha vegetal (*Luffa Cylindrica*) e caroço de manga (*Mangifera Indica L.*) para a peliculização de sementes de girassol.** 2018. Tese (Doutorado em Química) – Curso de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em:

<http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/21351>. Acesso em: 18 dez. 2020.

SILVA, D. L. **Influência da adição de nanocristais e nanofibrilas de celulose extraídas de bagaço de cana-de-açúcar nas propriedades de embalagens biodegradáveis ativas à base de pectina.** 2016. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) –

Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2016. Disponível em:

<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/9880/1/texto%20completo.pdf>

SILVA, L. N. C. **Desenvolvimento de um polímero molecularmente impresso seletivo a troponina T: uma abordagem teórico-experimental.** 2020. Dissertação (Mestrado em Química) – Curso de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, São Paulo, 2020. Disponível em:

[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/193142/silva\\_inc\\_me\\_araiq\\_par.pdf?sequence=3&isAllowed=y/](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/193142/silva_inc_me_araiq_par.pdf?sequence=3&isAllowed=y/). Acesso em: 18 dez. 2020.

SILVA, M *et al.* Gestão integrada de resíduos sólidos na indústria pesqueira para produção de biomateriais. **VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**, Ponta Grossa, 2017.

Disponível em: <http://www.conferencias.ulbra.br/index.php/sic/sic23/paper/view/8127>.

Acesso em: 18 dez. 2020.

SILVA, N. M. **Adição de extrato de casca de jaboticaba e soro de leite no desenvolvimento de embalagem inteligente para queijo prato.** 2018. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Curso de Zootecnia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2018. Disponível em:

<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vtt-215734>. Acesso em: 18 dez. 2020.

SOARES, D. S. B; S, E. E. A. N; O, T. M. Aplicação de filmes biodegradáveis de proteínas do soro de leite. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 3, p. 1–5,

2016. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/1196>.

Acesso em: 18 dez. 2020.

SOUZA, E. J. D. **Propriedades tecnológicas, nutricionais e sensoriais de biscoito tipo cookie sem glúten, desenvolvido com arroz de diferentes teores de amilose e feijão caupi.**

2018. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018. Disponível em:

<https://ri.unir.br/jspui/bitstream/123456789/2708/1/SOUZA%2c%20Nat%2c%20a1lia%20Tolfo%20de..pdf>. Acesso em: 18 dez. 2020.

SOUZA, N. T. **Modificação química e física de amido de milho e aplicação em sobremesa láctea.** 2019. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos), Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ariquemes, 2019. Disponível em:

<https://ri.unir.br/jspui/bitstream/123456789/2708/1/SOUZA%2c%20Nat%2c%20a1lia%20Tolfo%20de..pdf/>

STOLLE, A. M. **Elaboração e caracterização de filmes de pectina para uso na conservação de tomates-cereja (*Solanum Lycopersicum*)**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnólogo em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018. Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12687/5/PG\\_COALM\\_2018\\_2\\_02.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12687/5/PG_COALM_2018_2_02.pdf). Acesso em: 17 mar. 2021

TESTA, P. A.; R, K. R.; F, L. biodiversidade: principais ameaças e alertas. **RETEC–Revista de Tecnologias**, v. 13, n. 1, 2020. Disponível em: <https://www.fatecourinhos.edu.br/retec/index.php/retec/article/view/352/>. Acesso em: 18 de dez. de 2020.

TEW, S. T *et al.* Development of gelatine-based bio-film from chicken feet incorporated with sugarcane bagasse. **Nutrition & Food Science**, v. 47, n.2, p.175–190, 2017. Disponível em: [https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/NFS-07-2016-0086/full/html?casa\\_token=k4tYcJh0eNQAAAAA:qpbIFMmt1ErPnI1tN4Vqk1-SmNBmb6bw\\_P73vqE5pzkOKZeB016Nq9tQ5yP9rmEwyfYDh12GWHpX7mPU-e2JwIB6-p5gKjsPvbYwzGBNZz4ZRV5jjIqi5A](https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/NFS-07-2016-0086/full/html?casa_token=k4tYcJh0eNQAAAAA:qpbIFMmt1ErPnI1tN4Vqk1-SmNBmb6bw_P73vqE5pzkOKZeB016Nq9tQ5yP9rmEwyfYDh12GWHpX7mPU-e2JwIB6-p5gKjsPvbYwzGBNZz4ZRV5jjIqi5A). Acesso em: 18 dez. 2020.

TRAVALINI, A. P. **Filmes de amido de mandioca reforçados com nanopartículas de celulose visando aplicação em embalagens alimentícias “eco-friendly”**. 2019. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2019. Disponível em: <https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/2928/1/ANA%20PAULA%20TRAVALINI.pdf> 2020.

UEHARA, T. *et al.* Selective degradation of splicing factor CAPER $\alpha$  by anticancer sulfonamides. **Nature chemical biology**, v. 13, n. 6, p. 675, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28437394/>. Acesso em: 18 dez. 2020.

VIANA, R. M. **Filmes comestíveis a base de combinações de celulose bacteriana e pectina com polpas de frutas**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: [http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/47888/9/2017\\_dis\\_rmviana.pdf](http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/47888/9/2017_dis_rmviana.pdf). Acesso em: 17 dez. 2020.

VIÉGAS, L. P. **Preparação e caracterização de filmes biodegradáveis a partir de amido com quitosana para aplicação em embalagens de alimentos**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais). Centro de Ciência e Tecnologia, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-materiais/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Vers%C3%A3o-Impress%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2020.

VU, N. D *et al.* Characterization of Polypropylene Green Composites Reinforced by Cellulose Fibers Extracted from Rice Straw. **International Journal of Polymer Science**, v. 2018, 2018. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/ijps/2018/1813847/>. Acesso em: 16 mar. 2021.

WAGH Y.R *et al.* Preparation and characterization of milk protein films and their application for packaging of Cheddar cheese. **Journal of Food Science Technology**, v. 51, p. 3767–3775, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4252417/>. Acesso em: 16 dez. 2020.

WANG, Qi *et al.* The effects of EGCG on the mechanical, bioactivities, cross-linking and release properties of gelatin film. **Food Chemistry**, v. 271, p. 204–210, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30236668>. Acesso em: 16 dez. 2020.

YOSHIDA, C. M. P.; A, A. J. Aplicação de filmes proteicos à base de soro de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n.2, p. 420–430, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v29n2/30.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2020.