

## **Desenvolvimento de soluções filmogênicas para a produção de filmes biodegradáveis, comestíveis e com atividade antioxidante: Revisão Sistemática**

**Development of filmogenic solutions for the production of biodegradable, edible films with antioxidant activity: Systematic Review**

**Desarrollo de soluciones filmogénicas para la producción de películas comestibles biodegradables con actividad antioxidante: Revisión Sistemática**

Recebido: 10/05/2022 | Revisado: 29/05/2022 | Aceito: 30/05/2022 | Publicado: 05/06/2022

### **Thyanne Gonçalves da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6488-3162>  
Universidade Federal do Mato Grosso, Brasil  
E-mail: [thyannegs@hotmail.com](mailto:thyannegs@hotmail.com)

### **Itatiane Catarina Guerra**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5946-3948>  
Universidade Federal do Mato Grosso, Brasil  
E-mail: [tati\\_16br@hotmail.com](mailto:tati_16br@hotmail.com)

### **Juliana de Andrade Mesquita**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2860-4397>  
Universidade Federal do Mato Grosso, Brasil  
E-mail: [jumesquita87@gmail.com](mailto:jumesquita87@gmail.com)

### **Thais Hernandes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1404-8315>  
Universidade Federal do Mato Grosso, Brasil  
E-mail: [thaisher@gmail.com](mailto:thaisher@gmail.com)

### **Katiuchia Pereira Takeuchi**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0731-8279>  
Universidade Federal do Mato Grosso, Brasil  
E-mail: [katiuchia.takeuchi@ufmt.br](mailto:katiuchia.takeuchi@ufmt.br)

### **Resumo**

Filmes e revestimentos comestíveis são desenvolvidos para proteger os alimentos, aumentando sua vida de prateleira. Eles têm o potencial para reduzir o uso de polímeros sintéticos tradicionais e manter a qualidade dos alimentos, controlando a transferência de massa, melhorando a integridade mecânica, física e química. Além de limitar a respiração em vegetais, as embalagens podem atuar contra o escurecimento enzimático, reações de oxidação lipídicas e redução do crescimento de microrganismos patogênicos. Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho, elaborar uma revisão sistemática sobre filmes biodegradáveis comestíveis, considerando a estabilidade física das soluções filmogênicas para produção de filmes comestíveis com atividade antioxidante e a caracterização dos mesmos quanto às suas propriedades físico-químicas e tecnológicas. A pesquisa focou em artigos publicados nos últimos 10 anos, a partir de 2012. A partir dos artigos selecionados, foram avaliados os insumos utilizados nas formulações dos filmes e revestimentos, as modificações físicas promovidas por cada biopolímero e quais foram os resultados obtidos. Os biomateriais se apresentam como alternativa para a redução do impacto ambiental, substituindo embalagens plásticas convencionais por filmes e revestimentos comestíveis aplicados nos alimentos, ou até mesmo como embalagem primária. Há diversas opções de filmes e revestimentos biodegradáveis no mercado, sendo que a barreira inicial à adoção comercial já foi superada. Dessa forma, sugere-se políticas públicas e incentivos fiscais para o aumento da utilização de embalagens biodegradáveis e comestíveis, além de intensificar a educação do consumidor, incentivando a adoção de embalagens *eco friendly*.

**Palavras-chave:** Filmes e revestimentos comestíveis; Preservação dos alimentos; Biopolímero; Oxidação lipídica; *Shelf life*.

### **Abstract**

Edible films and coatings are designed to protect food, increasing its shelf life. They have the potential to reduce the use of traditional synthetic polymers and maintain food quality by controlling mass transfer and improving mechanical, physical, and chemical integrity. In addition to limiting respiration in vegetables, packaging can act against enzymatic browning, lipid oxidation reactions, and reduction in the growth of pathogenic microorganisms. Thus, the objective of the present work was to elaborate a systematic review on edible biodegradable films,

considering the physical stability of filmogenic solutions for the production of edible films with antioxidant activity and their characterization regarding their physicochemical and technological properties. The research focused on articles published in the last ten years, starting in 2012. From the selected papers, the inputs used in the formulations of the films and coatings, the physical modifications promoted by each biopolymer, and what were the results obtained were evaluated. Biomaterials are presented as an alternative for reducing environmental impact, replacing conventional plastic packaging with edible films and coatings applied to food, or even as primary packaging. There are several options for biodegradable films and coatings on the market, and the initial barrier to commercial adoption has already been overcome. In this way, public policies and tax incentives are suggested to increase the use of biodegradable and edible packaging and intensify consumer education, encouraging the adoption of eco-friendly packaging.

**Keywords:** Edible coatings and films; Food Preservation; Biopolymer; Lipid oxidation; Shelf life.

### Resumen

Las películas y recubrimientos comestibles están diseñados para proteger los alimentos, aumentando su vida útil. Tienen el potencial de reducir el uso de polímeros sintéticos tradicionales y mantener la calidad de los alimentos controlando la transferencia de masa, mejorando la integridad mecánica, física y química. Además de limitar la respiración en los vegetales, los envases pueden actuar contra el pardeamiento enzimático, las reacciones de oxidación de lípidos y la reducción del crecimiento de microorganismos patógenos. Así, el objetivo del presente trabajo fue elaborar una revisión sistemática sobre películas biodegradables comestibles, considerando la estabilidad física de soluciones filmógenas para la producción de películas comestibles con actividad antioxidante y su caracterización en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas y tecnológicas. La investigación se centró en artículos publicados en los últimos 10 años, a partir de 2012. De los artículos seleccionados se evaluaron los insumos utilizados en las formulaciones de las películas y recubrimientos, las modificaciones físicas que promueve cada biopolímero y cuáles fueron los resultados obtenidos. Los biomateriales se presentan como una alternativa para reducir el impacto ambiental, reemplazando los envases de plástico convencionales por películas y recubrimientos comestibles aplicados a los alimentos, o incluso como envase primario. Hay varias opciones para películas y recubrimientos biodegradables en el mercado, y la barrera inicial para la adopción comercial ya se ha superado. De esta forma, se sugieren políticas públicas e incentivos fiscales para aumentar el uso de envases biodegradables y comestibles, además de intensificar la educación del consumidor, incentivando la adopción de envases ecoamigables.

**Palabras clave:** Películas comestibles y recubrimientos; Conservación de alimentos; biopolímero; oxidación de lípidos; Duración.

## 1. Introdução

Com os avanços tecnológicos, a globalização e a procura por praticidade no dia a dia, têm-se causado conflitos para a sociedade devido a poluição ambiental que elas carregam (Kohlbeck *et al.*, 2020). A indústria de alimentos é considerada a maior responsável por gerar resíduos advindos dos processos de produção, tanto nas etapas de processamento quanto no descarte de embalagens. Por isso, as indústrias estão se adequando para realizar o reaproveitamento dos resíduos gerados e minimizar os impactos causados, e consequentemente se destacarem no mercado (ABIA, 2020, Oliveira *et al.*, 2020). Os resíduos normalmente possuem altas concentrações de proteínas, carboidratos, lipídeos e até mesmo as fibras, além de compostos antioxidantes, que poderiam ser aproveitados na produção de outros produtos, assim reduzindo o desperdício e melhorando os ganhos financeiros das indústrias (Saraiva *et al.*, 2018).

A maior parte das embalagens alimentícias são elaboradas com polímeros sintéticos não biodegradáveis normalmente derivados do petróleo, de elevada massa molar, o que caracteriza a sua durabilidade sendo de difícil degradação, que acabam se acumulando no meio ambiente (Siman Filho & Sanfelice, 2018). Sendo assim, o que tem sido proposto como alternativa para a redução dos resíduos industriais é o reaproveitamento do material orgânico, visto que estes possuem biomoléculas com grande potencial para formação de filmes biodegradáveis (Ferreira *et al.*, 2022). Outra alternativa que tem chamado a atenção dos pesquisadores é a utilização de biopolímeros como os polissacarídeos, lipídeos e proteínas (Hassan *et al.*, 2018), para novas elaborações e aplicações de embalagens biodegradáveis para alimentos, como os filmes ou revestimentos comestíveis (Caetano *et al.*, 2018; Heydari *et al.*, 2013), além da aplicação de compostos antioxidantes para aumentar a *shelf life* dos alimentos revestidos com filmes (Leyva-Porras *et al.*, 2021).

Dentre os polissacarídeos utilizados na produção de filmes comestíveis, destacam-se os polissacarídeos de origem vegetal, como amido, fécula de mandioca, celulose e pectina, e de origem animal a quitosana (Costa *et al.*, 2022; Cruz, 2018; Elshamy *et al.*, 2021; Fonseca-García *et al.*, 2021). Para os filmes à base de proteínas, têm-se as de origem animal como a gelatina e soro do leite, e de origem vegetal a proteína de soja, glúten e zeína (Filipini, 2019; Kang *et al.*, 2013), ainda é possível adição de lipídeos, como óleo da semente de girassol (Lee, Lee & Han 2020).

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo geral elaborar uma revisão sistemática sobre filmes biodegradáveis comestíveis. Além de apresentar a estabilidade física das formulações de soluções filmogênicas para produção de filmes comestíveis com atividade antioxidante e a caracterização dos filmes quanto às suas propriedades físicas, químicas e tecnológicas.

## 1.1 Revisão de literatura

### 1.1.1 Resíduos da indústria de alimentos e alternativas de reaproveitamento

O consumo excessivo de recursos de uma produção clássica 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). A preocupação com o meio ambiente em âmbito mundial, apresenta estudos que vêm sendo desenvolvidos com o intuito de buscar possíveis alternativas na redução do impacto ambiental a partir da minimização na geração de resíduos, e do reaproveitamento destes materiais para o desenvolvimento de novas tecnologias (Hassan *et al.*, 2018; Carneiro, 2019). O processamento de resíduos tem como objetivo a modificar o produto que seria descartado, em subprodutos que darão origem a produtos com potencial comercial (Souza *et al.*, 2021). Pode-se citar como exemplos de reaproveitamento na indústria de alimentos (Tabela 1):

**Tabela 1** - Resíduos da indústria de alimentos e alternativas de reaproveitamento.

Subprodutos com potencial comercial	Referências
Indústrias sucroalcooleiras utilizando o bagaço oriundo da produção de etanol, para fornecimento de energia nos fornos industriais das usinas.	Costa Filho <i>et al.</i> , (2017)
O bagaço de uva das vinícolas aproveitadas para produção de energia.	Besinella <i>et al.</i> , (2017)
O bagaço de azeitona encapsulado para aplicação na indústria.	Morrudo <i>et al.</i> , (2020)
Desenvolvimento de filmes a partir da quitosana obtida como subproduto da indústria pesqueira, entre outros.	Souza, (2019)

Fonte: Brazeiro e Imthon (2021).

### 1.2 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 veículos de venda, pois ficam expostas ao consumidor, possuindo função estratégica de marketing, levando informação sobre o produto ao consumidor (Acevedo & Fairbanks 2018).

Em meados do século XIX, houve o surgimento do plástico como embalagens de alimentos com o objetivo de armazenar e conservar os alimentos, pois é considerado um material versátil, baixo custo e durável (Lazzarotto, 2017). Um terço do lixo residencial é formado por embalagens que são utilizadas apenas uma única vez, causando acúmulo desses resíduos em lugares como os aterros, lixões e oceanos (Guimarães & Silva, 2020).

Segundo a Associação Brasileira de Embalagens (ABRE), em 2021 foi atingindo um valor bruto na produção física de embalagens o montante de R\$ 110,9 bilhões, um aumento de 31,1% em relação aos R\$ 84,6 bilhões alcançados em 2020. No ano de 2021, as exportações diretas do setor de embalagem tiveram um faturamento de US\$ 639,4 milhões, um crescimento de 22,9% em relação ao ano anterior (ABRE, 2022).

As composições dos plásticos apresentam elevada resistência e estabilidade física e química, dificultando sua decomposição no meio ambiente (Rodrigues, 2018), com o acúmulo em áreas urbanas formam uma camada na superfície terrestre, dificultando a circulação de líquidos, facilitando alagamentos (Landim *et al.*, 2016). A Organização das Nações Unidas (ONU), relata que o plástico representa 80% do lixo marinho, e que até 2050 será superior a quantidade de peixes. Afetando a biodiversidade e contribuindo fortemente para o dano ambiental global (Al-Thawadi, 2020).

Uma alternativa para a diminuição do acúmulo de plásticos descartados seria a sua queima, porém, esta forma também não seria adequada, pois quando incineradas liberam compostos tóxicos como o monóxido e dióxido de carbono, os quais contribuem para o efeito estufa e por consequência o aquecimento global (Hildebrand Júnior & Pereira, 2013). Assim, pesquisas com inovações tecnológicas vêm sendo estudadas e desenvolvidas como medida para a conservação de alimentos com qualidade e segurança, além da redução dos impactos ambientais advindos das embalagens convencionais (Caetano *et al.*, 2018; Espitia *et al.*, 2019; Puscaselu *et al.*, 2020).

Os revestimentos ou filmes comestíveis aplicados em produtos contribuem para a redução das perdas pós-colheita, conserva os alimentos por um tempo maior e também podem ser consumidos ainda com a película sem causar danos à saúde do consumidor (Shah & Hashmi, 2020; Maringal *et al.*, 2020; Panahirad *et al.*, 2020). Na tabela 2, estão apresentados alguns compostos antioxidantes utilizados para a conservação de alimentos e que apresentam potencial para serem utilizados na elaboração de filmes e revestimentos comestíveis.

**Tabela 2** - Principais antioxidantes utilizados na conservação de alimentos.

Antioxidante	Principais atividades em alimentos	Referências
Vitamina E	A função antioxidante da vitamina E tem sido amplamente estudada, uma vez que faz parte de um sistema de proteção que envolve outros componentes, como o ácido ascórbico e o selênio. Por ser um composto lipossolúvel e compor as membranas celulares, a vitamina E é capaz de impedir a deterioração lipídica e, conseqüentemente, impedir a formação de hidroperóxidos, devido à sua capacidade antioxidante.	Morrissey <i>et al.</i> , (1994) Heinonen <i>et al.</i> , (1998)
Vitamina C ou Ácido ascórbico	É uma molécula ácida, com forte atividade redutora, derivada de açúcares. É um componente essencial na maioria dos tecidos, ocorre naturalmente em alimentos na forma reduzida de L-ascórbico e seu produto de oxidação inicial é o ácido dehidroascórbico, ambos apresentando atividade vitamínica.	Penteado, (2003); Silva; Cozzolino, (2009)
Ácido fenólico	Diversos autores realizaram estudos visando verificar o potencial antioxidante dos ácidos fenólicos, com o objetivo de substituir os antioxidantes sintéticos, largamente utilizados na conservação de alimentos lipídicos por chegarem a aumentar a vida útil de muitos produtos entre 15 a 200%. O tocoferol, por ser um dos melhores antioxidantes naturais é amplamente aplicado como meio para inibir a oxidação de óleos e gorduras comestíveis, prevenindo a oxidação dos ácidos graxos insaturados.	Durán & Padilla, (1993)
Hidroxitolueno butilado (BHT)	A oxidação de lipídios e proteínas em patê de frango foi avaliada na presença de quercetina e hidroxitolueno butilado (BHT). Verificou-se que a quercetina é oito vezes mais eficiente na inibição de reações oxidativas lipídicas do que o BHT. No entanto, a quercetina não foi tão eficiente em inibir a oxidação de proteínas.	Carli, Moraes-Lovison & Pinho, (2018)

Fonte: Leyva-Porras *et al.*, (2021).

Os filmes e revestimentos no qual são utilizados biopolímeros, como os polissacarídeos, se destacam por apresentarem baixa permeabilidade aos vapores como oxigênio e dióxido de carbono, os quais contribui para a diminuição de reações de oxidação enzimática (Villadiego *et al.*, 2005).

Na indústria, os filmes biodegradáveis e revestimentos produzidos a partir do amido passam por processos térmicos, como a fusão, que podem ser obtidos mediante os mesmos métodos usados para filmes plásticos flexíveis, como extrusão e co-extrusão, laminação e, por secagem em rolos para a remoção do solvente da solução polimérica. Conforme apresentado na Tabela 3, pode-se observar alguns filmes comestíveis utilizados no mercado (Villadiego *et al.*, 2005).

**Tabela 3** - Exemplos de filmes comestíveis disponíveis no mercado.

Nome comercial	Fabricante ou marca	Composição	Uso e vantagens
Nature Seal®	AgriCoat/ Nature Seal	Hidroxipropilmetilcelulose com ácido ascórbico e cloreto de cálcio	Inibe o escurecimento e mantém a textura e o sabor de frutas e vegetais recém-cortados.
Pro-Long®	Tal Chemicals Co.	Sacarose, poliésteres de ácidos graxos, sais de sódio de carboximetilcelulose	Revestimento para frutas e vegetais recém-cortados.
Semperfresh®	Pace International	Ésteres de sacarose de cadeia curta, ácidos graxos e sais de sódio de carboximetilcelulose	Revestimento para cerejas. Uma barreira seletiva de umidade e gases, evita perdas de peso por desidratação, preservação da cor.

Fonte: Leyva-Porras *et al.*, (2021).

Os autores Mali et al., (2010) relatam em sua pesquisa sobre filmes a base de amido, que para escala laboratorial, a técnica de *casting* é a mais empregada, assim que ocorre a gelatinização do amido com grande quantidade de água, a amilose e a amilopectina se separam, e posteriormente com o processo de secagem se recompõem originando os filmes. Para as produções dos filmes utilizando a técnica de *casting*, as soluções filmogênicas são aplicadas em placas de Petri ou em uma superfície lisa e em sequência ocorre a evaporação do solvente pela temperatura ambiente ou por convecção forçada de ar.

## 2. Métodos da Pesquisa

A pesquisa desenvolvida trata-se de uma revisão literária sistemática, seguindo o método descrito por Prodanov e Freitas (2013), onde foi desenvolvida uma coleta e análise dos dados para estudos primários. Preferencialmente foram selecionados artigos científicos que já foram testados e apresentaram resultados concisos, sobre “Desenvolvimento de soluções filmogênicas para a produção de filmes biodegradáveis, comestíveis e com atividade antioxidante”. A figura 1 mostra um fluxo de quatro etapas, com objetivo de abordar a seleção dos temas pertinentes a temática desta revisão.

O objetivo é apresentar ao investigador uma cobertura mais ampla do que poderia pesquisar diretamente, se tornando importante quando o problema de pesquisa requer dados dispersos, e com muitas variáveis a se considerar. A busca por estes materiais deu-se com o auxílio do Google acadêmico, em bases de dados como, Science Direct, Elsevier, Scielo e Scopus fez assim a coleta de modo qualitativo de acordo com o objetivo geral da revisão, utilizando recorte temporal de 10 anos, ou seja, no período de 2012 a 2022, conforme a Tabela 4.

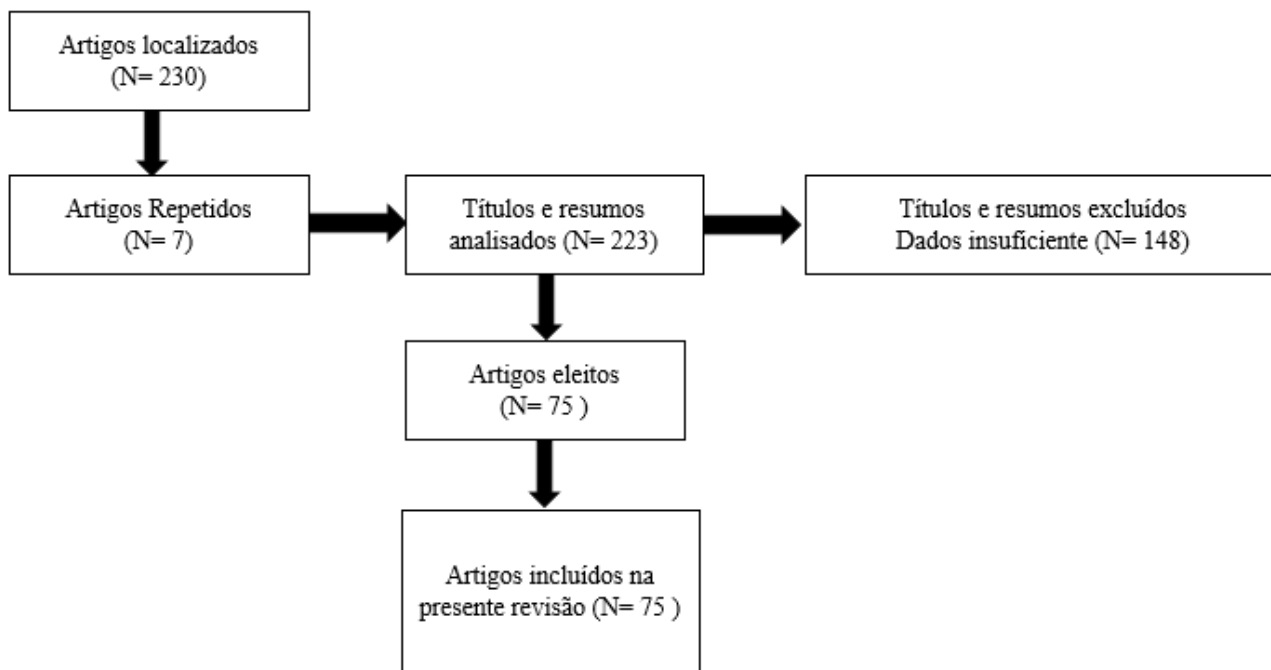
As palavras-chave utilizadas para encontrar os artigos essenciais nesta revisão foram: “edible”; “food preservation”; “biopolymer”; “edible films and coatings”; “lipid oxidation”; “filmes e revestimentos comestíveis”, “biopolímero”, “preservação dos alimentos” e “oxidação lipídica”.

**Tabela 4** - Principais fontes de informações para busca bibliográfica.

Fonte	Endereço do sítio	Acesso	Componentes da pergunta de pesquisa
Scielo	<a href="http://www.scielo.br">www.scielo.br</a>	Gratuito	(Edible) AND (food preservation) AND (biopolymer)
Science Direct (Elsevier)	<a href="http://www.sciencedirect.com">www.sciencedirect.com</a>	Gratuito*	(Edible films and coatings) AND (biopolymer)
Scopus	<a href="http://www.scopus.com">www.scopus.com</a>	Gratuito*	TITLE-ABS-KEY ((Edible and Films and Coatings) AND (biopolymer) AND (food preservation) AND (lipid oxidation))

\* Por meio do Portal Periódicos Capes: [www.periodicos.capes.gov.br](http://www.periodicos.capes.gov.br). Fonte: Autores, (2022).

**Figura 1** - Fluxo da informação com as diferentes fases de uma revisão sistemática.



Fonte: Autores, (2022).

### 3. Resultados e Discussão

Os artigos relacionados a biopolímeros, filmes biodegradáveis, comestíveis, com atividade antioxidante, em um recorte temporal de 10 anos (2012-2022) foram obtidos qualitativamente e selecionados, 75 foram usados para desenvolver a revisão literária sistemática.

Dessa forma foi possível avaliar os insumos utilizados nas formulações dos filmes e revestimentos, as modificações físicas que cada biopolímero apresenta, e quais são os resultados que obtiveram para produzir estes filmes. Sendo eles com plastificante, ou com adição de compostos ativos, e até mesmo de revestimentos simples, que visam retardar a oxidação lipídica e ação contra os microrganismos em alimentos utilizando os materiais favoráveis neste processo.

#### 3.1 Apresentação da Pesquisa e Análise dos Resultados

Os filmes produzidos a partir de biopolímeros para aplicação como embalagens de alimentos, necessitam ser caracterizados através de parâmetros como, a espessura (e), resistência à tração (RT), alongamento (A), permeabilidade ao vapor de água (PVA), solubilidade (%), cor ( $\Delta E$ ), e atividade antimicrobiana (Mostafavi *et al.*, 2016; Thakur *et al.*, 2016).

Segundo pesquisa realizada pelos autores Sobral *et al.* (2001), e Mali, Grossmann & Yamashita, (2010), pode-se considerar a espessura como um parâmetro importante para as formulações de filmes, a partir desta característica é possível obter bases de informações como, a resistência mecânica, propriedades de barreira a gases e ao vapor de água do material. Além disso, é importante para garantir a validade da comparação entre os filmes.

As propriedades mecânicas 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 (Utomo & Salahudin, 2015), que estão diretamente relacionadas com a rigidez dos materiais envolvidos, bem como suas naturezas química, forças intra e intermoleculares de cada biomaterial e de sua estrutura molecular (Pires *et al.*, 2015).

Sendo assim, os testes mecânicos considerados importantes realizados em filmes biopoliméricos são a tensão de ruptura (TR) que é a resistência oferecida pelo material no ponto de ruptura; o alongamento (A) que indica a flexibilidade; e a

capacidade de estiramento (Estevez-Areco *et al.*, 2019; Farias *et al.*, 2012; Thakur *et al.*, 2016). Isso pode auxiliar na compreensão do comportamento dos filmes em determinadas situações, como no armazenamento e transporte, de modo a garantir a vida de prateleira e segurança do alimento.

Para a permeabilidade de um soluto através de filmes, indica a facilidade de migração de uma face a outra do material, a permeabilidade é o produto da difusividade pela solubilidade de soluto no filme. A difusão depende de vários fatores, tais como, espessura do filme, interações intermoleculares dos biomateriais envolvidos e relação de material hidrofílico/hidrofóbico, no caso de uso como embalagem para alimentos, precisa apresentar baixa permeabilidade ao vapor d'água (PVA) (Ferreira *et al.*, 2022; Ma *et al.*, 2016).

A solubilidade (%) é uma importante propriedade dos filmes, pois diz respeito à integridade em sistemas aquosos e sua resistência à água. Sendo influenciada pela concentração utilizada de plastificante, que dependendo da aplicação do filme requer insolubilidade ou solubilidade, em casos de encapsulação de aditivos, ou porções que serão dissolvidas em água ou alimentos quentes como sopas, chás, açúcar e temperos, além de situações onde o filme é consumido junto com o alimento (Gontard *et al.*, 1994; Farias *et al.*, 2012).

Segundo os autores Fernandes *et al.* (2015), a cor é um parâmetro extremamente significativo, das quais, as propriedades óticas dos filmes para aplicação em embalagens de alimentos são desejáveis uma embalagem translúcida que permita a visualização do produto armazenado. Thakur *et al.* (2016), em estudo com filmes biodegradáveis, relatam a alta transparência em embalagens para frutas como indispensável. Assim como observado por Puscaselu *et al.*, (2020) em pesquisa com embalagens para produtos cárneos.

A atividade antimicrobiana dos filmes apresenta a capacidade que o filme é eficaz na ação contra microrganismos patogênicos, sendo os causadores de doenças transmissíveis por alimentos, ou seja, filmes que possuem compostos com atividade antioxidante e antimicrobiana são capazes de retardar a deterioração dos alimentos, aumentando a vida de prateleira do produto, o qual garante a qualidade e segurança do alimento para quem o consome (Brazeiro *et al.*, 2017).

Estudos com adição de compostos ativos nas formulações de filmes comestíveis vem sendo relatados, onde se apresentam eficaz contra ação de microrganismos e reação de oxidação lipídica. Galindo *et al.* (2019) relatam essa atividade em filmes com adição de óleos essenciais de orégano; os autores Aydogdu *et al.* (2020) observaram que o óleo de laranja e a curcumina preservaram a atividade antimicrobiana, permitindo ser classificada como embalagem ativa; Caetano *et al.* (2018) produziram filmes com atividade antioxidante e antimicrobiana, e quando testados em carnes, foram eficazes na proteção contra a oxidação lipídica; Elshamy *et al.* (2021) observaram mudanças nas propriedades do filme com atividade antimicrobiana contra patógenos de origem alimentar. Assim como Bonilla *et al.* (2013), que prepararam filmes a partir com adição de quatro ingredientes ativos (antioxidantes): óleo essencial de manjeriço, óleo essencial de tomilho, ácido cítrico e  $\alpha$ -tocoferol. E relataram que os filmes contendo um  $\alpha$ -tocoferol exibiram o maior poder antioxidante.

Como observado nos parâmetros, cada base polimérica se comporta de uma forma, a qual, depende da sua estrutura, propriedades químicas e físicas, além dos compostos antioxidantes incorporados aos filmes que exibem conformação e ação característica de sua origem.

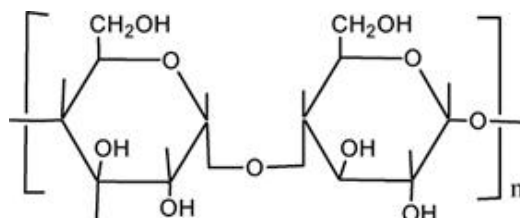
### 3.1.1 Filmes a Base de Amido

A composição do amido de milho compreende geralmente 25% de amilose (Figura 2) e 75% de amilopectina (Figura 3) (Maia *et al.*, 2000). Os filmes elaborados a partir desse biopolímero apresentam deficiência em suas propriedades mecânicas, permeabilidade ao vapor de água, por serem pouco flexíveis e quebradiços, devido ao seu caráter hidrofílico (Andrade, 2020), porém são amplamente requeridos pela apresentarem transparência, são inodoros e insípidos, além de apresentar barreira contra gases como, oxigênio e dióxido de carbono (Hassan, *et al.*, 2018).



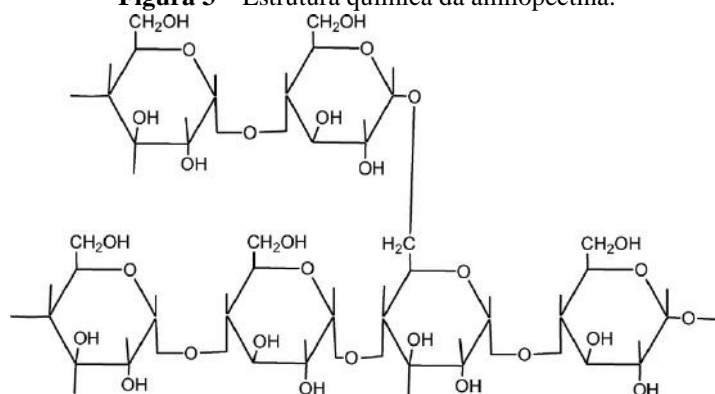
No entanto, a maioria dos pesquisadores, elaboram filmes a base de amido e utilizam a incorporação de aditivos, principalmente o caso dos plastificantes, assim para obter uma melhor mobilidade entre as cadeias do polímero, pois a adição do plastificante na matriz modifica-se por rearranjo molecular (Costa, 2017).

**Figura 2** – Estrutura química da amilose.



Fonte: Hassan *et al.*, (2018).

**Figura 3** – Estrutura química da amilopectina.

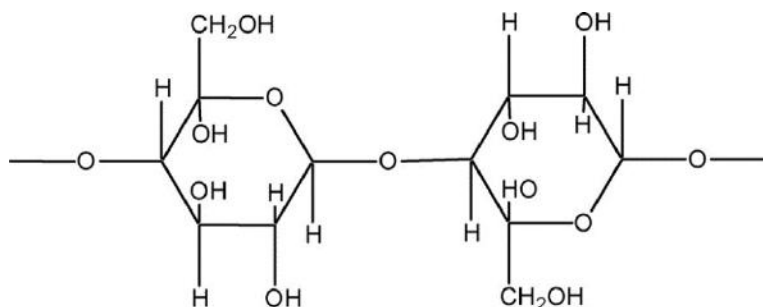


Fonte: Hassan *et al.*, (2018).

### 3.1.2 Filmes a Base de Celulose

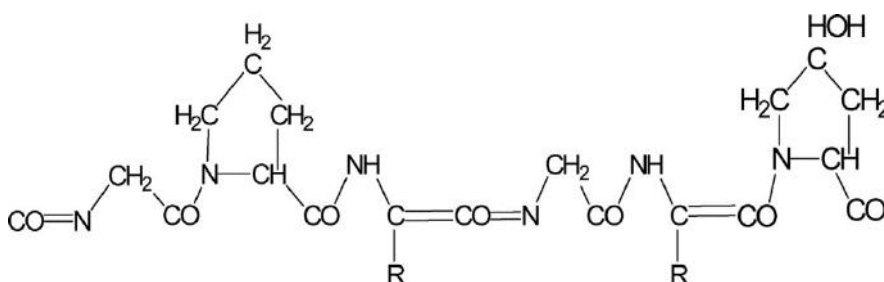
Para os filmes elaborados a partir de celulose (Figura 4), normalmente apresentam uma boa qualidade química, como a estabilidade, propriedades de permeação, baixo custo, propriedades mecânicas desejáveis bem como compatibilidade biológica com outras matrizes (Barbieri, Scopel & Rezende, 2020). O uso de nanocelulose incorporada em biocompósitos para aplicação em embalagens alimentícias aumentam as propriedades funcionais dos filmes (Ilyas *et al.*, 2018; Lenhany, 2019). Para os autores Faradilla *et al.* (2017), os filmes produzidos com nanocelulose isolada do pseudocaule da bananeira apresentam um grande potencial de filmes independentes, pois possuem uma boa resistência à tração, porém baixa flexibilidade, que pode ser resolvido com adição de plastificante. Além disso, as propriedades das partículas de nanocelulose depende do modo e da fonte de extração (Barbash *et al.*, 2017).

**Figura 4** – Estrutura química da celulose.



Fonte: Hassan *et al.*, (2018).

**Figura 5** – Estrutura química da gelatina



Fonte: Hassan *et al.*, (2018).

Dessa forma os filmes biodegradáveis são produzidos com materiais biológicos ou biopolímeros, sendo eles os polissacarídeos, proteínas e os lipídios. Estes possuem duas formas diferentes, podendo estar como revestimento ou filme. O revestimento pode ser definido como uma fina camada de material aplicado diretamente sob a superfície do produto, e para o filme, é pré-formado separadamente e aplicado no produto posteriormente. Assim, são classificados como comestíveis e biodegradáveis, pois dependem da forma como são produzidos, material utilizado, compostos ativos, e ainda a quantidade de substâncias empregadas em cada desenvolvimento nas formulações (Fakhouri *et al.*, 2007), na Tabela 5 estão apresentadas algumas pesquisas com filmes e revestimentos comestíveis, bem como suas aplicações nos alimentos, além do uso de compostos com ação antioxidantes.

**Tabela 5** - Compilação das principais pesquisas com produções de filmes e revestimentos comestíveis.

Aplicação	Biopolímero	Plastificante	Surfactante	Composto ativo	Resultados	Referências
Carne moída	Fécula de mandioca	Lecitina de soja	Glicerol	Extrato de resíduo de abóbora Óleo essencial de orégano	O extrato de resíduo de abóbora foi essencial para a opacidade, que protegem contraluz e a radiação UV dos alimentos embalados. O óleo essencial de orégano e glicerol contribuíram para o alongamento do filme, e impactou negativamente a resistência e tração. Os filmes produzidos com atividade antioxidante e antimicrobiana, quando testados em carnes, foram eficazes na proteção contra a oxidação lipídica até o terceiro dia de teste.	Caetano <i>et al.</i> , (2018)
Aplicações em embalagens de alimentos	Amido de milho e Na-Montmorilonita (NA-MMT)	Glicerol	NA	NA	Biopolímeros de amido de milho-glicerol reforçados com Na-MMT pode ser usado para embalagem ou revestimento de materiais sensíveis aos raios UV. Nenhum efeito antimicrobiano observado contra <i>E. coli</i> e <i>S. aureus</i> . O efeito do Na-MMT para melhorar as propriedades físicas seria limitado devido ao maior teor de água dos filmes contendo nanopartículas.	Heydari, Alemzadeh & Vossoughi (2013)
Filmes com atividade antioxidante por extrusão seguida de termocompressão	Amido de mandioca	Glicerol	NA	Extrato de alecrim	Filmes nanocompósitos de amido com alta atividade antioxidante foram obtidos com sucesso através do processo de extrusão sem ter que encapsular os compostos ativos.	Estevez-Areco <i>et al.</i> , (2019)
Filmes de embalagem biodegradável para produtos alimentícios	Amido de milho- quitosana	Glicerol	Plurônico F127	NA	As superfícies dos filmes com amido de milho- quitosana, foram mais homogêneas e lisa com o aumento do teor de plurônico F127. A solubilidade em água (%S), capacidade de barreira ao vapor de água (WVP), e o comportamento mecânico dos filmes, foram melhorados com a incorporação do poloxâmico em concentrações a partir de 3%.	Fonseca-Garcia, Jiménez-Regalado & Aguirre-Loredo (2021)

Aplicação em carne fresca	Quitosana	Glicerol e Lecitina	Polioxitileno	Óleo essencial de tomilho ( <i>Thymus vulgaris</i> spp.)	O encapsulamento do óleo de tomilho na forma de nanoemulsão e sua incorporação com filmes à base de quitosana, apresentaram mudanças notáveis nas propriedades do filme, com atividade antimicrobiana contra patógenos de origem alimentar.	Elshamy <i>et al.</i> , (2021)
Simuladores de alimentos: alimentos altamente aquosos, alimentos com baixo pH e alimentos altamente fermentados	Amido de banana ( <i>Musa paradisiaca</i> L.)	Glicerol	NA	Óleo de laranja e curcumina	Observou-se propriedades como a redução da permeabilidade ao vapor de água e o aumento alongamento na ruptura. A curcumina liberada dos filmes em diferentes simuladores de alimentos é em dois mecanismos distintos, meio aquosos e não aquosos, enquanto as gotículas completas da nanoemulsão são liberadas no simulador aquoso, simulam apenas moléculas de curcumina liberadas.	Sanchez, Pinzon & Villa (2022)
Produtos cárneos	Quitosana e carboximetilcelulos e (CMC)	NA	Tripolifosfato de sódio (TPP)	Extrato seco de cúrcuma longa ( <i>Curcuma longa</i> L.)	Aponta-se um aumento significativo na extensão, confirmando que nanopartículas de quitosana (NSQ). Apresentando ainda melhora nas propriedades de barreira, o melhor filme completo, o CMC, NSQ e Cúrcuma longa. Onde foram observados, os aditivos de fato, que podem ser vistos como a maioria das propriedades físicas e de proteção.	Santos <i>et al.</i> , (2021a)
Aplicação de embalagens ou revestimento em alimentos	Pectina	Glicerol e manteiga de cacau (CB)	NA	NA	As propriedades dos filmes de PEC foram fortemente afetadas pela incorporação de manteiga de cacau, reduziu-se a hidrofobicidade superficial e aumentou o brilho e estabilidade a térmica. Portanto, os filmes de PEC com CB apresentaram propriedades adequadas para revestimento ou embalagem de alimentos sensíveis a umidade.	Mendes <i>et al.</i> , (2020)

Aplicação de embalagens em alimentos	Amido de Cúrcuma	Glicerol	NA	Extração de corante de cúrcuma ( <i>Curcuma longa</i> L.)	Tanto os tratamentos mecânicos quanto os químicos aplicados ao resíduo de cúrcuma modificaram eficientemente a estrutura do material e melhoraram sua capacidade filmogênica, produzindo filmes com melhores propriedades mecânicas e funcionais, principalmente quando o NaClO foi utilizado como agente clareador.	Maniglia & Tapia-Blácido, (2019)
Aplicação em alimentos com alta atividade em água	Alginato de Sódio	Glicerol	NA	Extrato de casca de cebola roxa ( <i>Allium cepa</i> ) (POPE)	A presença de compostos fenólicos no POPE promoveu o desenvolvimento de filmes ativos, coloração vermelha opaca e maior atividade antioxidante, indicando grande potencial de aplicação em alimentos suscetíveis à oxidação lipídica. Reduziu-se a solubilidade em água dos filmes, permite aplica-las em alimentos com alta atividade de água ou durante o armazenamento, evitando a exsudação de produtos processados ou <i>in natura</i> .	Santos <i>et al.</i> , (2021b)
Aplicação em alimentos com alta atividade em água	Amido de feijão ( <i>Vigna radiata</i> L.) e Goma guar	Glicerol	NA	Óleo de semente de girassol (SSO)	O filme à base de amido de feijão formulado pode ser utilizado adequadamente como filme comestível em aplicações que exigem propriedades de alta resistência à água, mas não exigem resistência mecânica robusta.	Lee, Lee & Han (2020)

---

NA – Não apresentado. Fonte: Autores (2022).

#### 4. Considerações Finais

Os biomateriais estudados se apresentam como uma alternativa para a redução do resíduo sólido e impacto ambiental, por meio da substituição de embalagens plásticas convencionais por filmes e revestimentos comestíveis aplicados nos alimentos, ou até mesmo como embalagem primária. Conforme os resultados apresentados e discutidos, foi possível analisar que existe uma grande variação, por mais que se utilize o mesmo biopolímero, o processo, a modo de extração, a concentração dos insumos adicionados, interfere no resultado final do produto, alterando a estabilidade, e até mesmo as características físicas como a cor, além da espessura e permeação a água ou a gases. No entanto, ainda assim, se apresentam promissores e vantajosos para a sua aplicação, pois são viáveis economicamente, são biodegradáveis, consequentemente reduzirá os impactos causados no meio ambiente, além de estender a vida de prateleira desses alimentos. A possível barreira inicial à adoção comercial de filmes e revestimentos já foi superada, pois já há diversas opções no mercado. Dessa forma, para o aumento da utilização dessas opções de embalagens biodegradáveis e comestíveis, recomendamos o fortalecimento da educação do consumidor, legislações incentivando a adoção de embalagens *eco friendly* e até mesmos incentivos fiscais para empresas inovadoras.

#### Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); À Fundação Cargill pelo fomento referente ao projeto “Safe Brazil Nut - Garantia de Qualidade Nutricional e Segurança Microbiológica de Castanha-do-Brasil”; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) referente ao projeto edital nº004/2021 [0369426/2021], e pela concessão de bolsa categoria BAIT 4 [0369426/2021]; a Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) pelo fomento Edital nº0298/2021 (Bolsa IT – Cooperação FAPEMAT/UFMT) [0436047/2021]. Ao Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical (PPGAT), aos laboratórios de ensino e de pesquisa da UFMT, aos técnicos e professores que nos auxiliam.

#### Referências

- ABIA - Associação Brasileira da Indústria de Alimentos. Relatório anual 2019 em: [https://www.abia.org.br/relatorioAnual\\_2020](https://www.abia.org.br/relatorioAnual_2020).
- ABRE - Associação Brasileira de Embalagens. (2021). Estudo abre macroeconômico da embalagem e cadeia de consumo. Apresentação março de 2022: retrospecto de 2021 e perspectivas para o ano de 2022. <http://www.abre.org.br/dados-do-setor/2021-2/>
- Acevedo, C. R. & Fairbanks, V. S. L. (2018). Os efeitos do marketing sensorial sobre a experiência de compra do consumidor no ponto de venda. *RIMAR – Revista Interdisciplinar de Marketing*, 8(1), 51-67. <https://doi.org/10.4025/rimar.v8i1.34590>
- Ali, S., Grossmann, M. V. E. & Yamashita, F. (2010). Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. *Semina Agrárias*, 31(1), 137-156. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744095013>
- Al-Thawadi, S. (2020). Microplastics and Nanoplastics in Aquatic Environments: Challenges and Threats to Aquatic Organisms. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45, 4419-4440. <https://doi.org/10.1007/s13369-020-04402-z>
- Andrade, I. M. G. (2020). Influência de líquidos iônicos e solventes eutéticos profundos sobre as propriedades físico-químicas de filmes à base de amido. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2020. <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/17711>
- Aydogdu, A., Radke, C. J., Bezci, S., & Kirtil, E. (2020). Characterization of curcumin incorporated guar gum/orange oil antimicrobial emulsion films. *International journal of biological macromolecules*, 148, 110-120. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.255>
- Barbieri, H. C., Scopel, E., & Rezende, C. A. (2020). Investigação da influência de lignina e hemicelulose nas propriedades de filmes de acetato de celulose. In *Congresso Virtual De Iniciação Científica Da Unicamp*, 28, 1-4. <https://www.prp.unicamp.br/inscricao-congresso/resumos/2020P16342A34233O2578.pdf>
- Barbash, V. A.; Yaschenko, O. V.; Shniruk, O. M. (2017). Preparation and Properties of Nanocellulose from Organosolv Straw Pulp. *Nanoscale Research Letters*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s11671-017-2001-4>
- Barbosa, F. A., Agnelli, J. A. M., Scheide, C. A., Moreno, A., Casarin, S. A., & Vergara, W. R. H. (2016). Desenvolvimento de produtos pecuários a partir do reaproveitamento de resíduos industriais e fibras vegetais. *Sistemas & Gestão*, 11(2), 161-74. <https://doi.org/10.20985/1980-5160.2016.v11n2.817>

- Besinella, G. B., Ribeiro, C. B., Gueri, M. V. D., Buratto, W. G., Steffler, V. & Veroneze, M. L. (2017). Potencial dos subprodutos vinícolas da região sul do Brasil para a geração de biogás e energia elétrica. *Acta Iguazu*, 6(5), 253-261. <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v6i5.18533>
- Bonilla, J., Talón, E., Atarés, L., Vargas, M., & Chiralt, A. (2013). Effect of the incorporation of antioxidants on physicochemical and antioxidant properties of wheat starch–chitosan films. *Journal of Food Engineering*, 118(3), 271-278. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.04.008>
- Brazeiro, F. S. G., De Moura, C. M., Moraes, C. C., Almeida, L., & Moura, J. M. (2017). Atividade antimicrobiana de filmes de gelatina de pescado contendo quitosana. *Anais Congrega*, 799-800. <http://revista.urcamp.tche.br/index.php/congregaanaismic/article/view/1562/1010>
- Brazeiro, F. S. G., & Imthorn, N. D. (2021). Filmes biodegradáveis baseados em polissacarídeos e proteínas, extraídos de resíduos industriais para aplicação em embalagens de alimentos: revisão sistemática da literatura.
- 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. [https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-318-de-6-de-novembro-de-2019-2\\_26513805](https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-318-de-6-de-novembro-de-2019-2_26513805)
- Caetano, K. S., Lopesa, N. A., Costab, T. M. H., Rodrigues, A. B., Rodrigues, E., Floresa, S. H. & Cladera-Oliveraa, F. (2018). Characterization of active biodegradable films based on cassava starch and natural compounds. *Food Packaging and Shelf Life*, 16, 138-147. <https://doi.org/10.1016/J.FPSL.2018.03.006>
- Cao, N., Yang, X. & Fu, Y. (2009). Effects of various plasticizers on mechanical and water vapor barrier properties of gelatin films. *Food hydrocolloids*, 23(3), 729-735. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.07.017>
- Carneiro, C. M. F. M. L. (2019). 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. <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/27537>.
- Costa Filho, D. V., Silva, A., Silva, P. & Sousa, F. (2017). Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. In *II Congresso Internacional das Ciências Agrárias-COINTER-PDVAgro*. <https://cointer-pdvagro.com.br/wp-content/uploads/2018/02/APROVEITAMENTO-DE-RES%C3%84DUOS-AGROINDUSTRIAIS-NA-ELABORA%C3%87%C3%83O-DE-SUBPRODUTOS.pdf>
- Costa, L. A. (2017). Elaboração e caracterização de filmes biodegradáveis à base de amido de semente de Jaca incorporados com antocianinas. Monografia (Graduação) – Curso de Química Industrial, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2017. <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/29767>
- Costa, F., Braga, R. C., Bastos, M. do S. R., Santos, D. N., & Frota, M. M. (2022). Edible coatings based on cassava starch (manihot esculenta) in vegetable products: a review. *Research, Society and Development*, 11(4), e54511427428, 1-13. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27428>
- Cruz, W. F. (2018). Aplicação e avaliação de biopolímeros de amido e gelatina como revestimento em materiais de embalagens, Tese (Faculdade de Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, 2018.
- Elshamy, S., Khadizatul, K., Uemura, K., Nakajima, M & Neves, Ma. (2021). Chitosan-based film incorporated with essential oil nanoemulsion foreseeing enhanced antimicrobial effect. *J Food Sci Technol*, 58 (9), 3314-3327. <https://doi.org/10.1007/S13197-020-04888-3>
- Estevez-Areco, S., Guza, L. Famáa, L., Candalb, R. & Goyanasa, S. (2019). Bioactive starch nanocomposite films with antioxidant activity and enhanced mechanical properties obtained by extrusion followed by thermo-compression. *Food Hydrocolloids*, 96, 518-528. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.054>
- Espitia, P. J. P., Fuenmayor, C. A. & Otoni, C.G. (2019). Nanoemulsions: Synthesis, characterization, and application in bio-based active food packaging. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18, 264-285. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12405>
- Fakhouri, F. M., Fontes, L. C. B., Gonçalves, P. V. D. M., Milanez, C. R., Steel, C. J. & Collares-Queiroz, F. P. (2007). Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. *Food Science and Technology*, 27, 369-375. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000200027>
- Faradilla, R. H., Lee, G., Rawal, A., Hutomo, T., Stenzel, M. H., & Arcot, J. (2016). Nanocellulose characteristics from the inner and outer layer of banana pseudo-stem prepared by TEMPO-mediated oxidation. *Cellulose*, 23(5), 3023-3037. <https://doi.org/10.1007/s10570-016-1025-8>
- Farias, M. G., Fakhouri, F. M., Carvalho, C. W. P. D., & Ascheri, J. L. R. (2012). Caracterização físico-química de filmes comestíveis de amido adicionado de acerola (*Malpighia emarginata* D.C). *Química Nova*, 35, 546-552. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000300020>
- Filipini, G. S. (2019). Desenvolvimento de embalagens biodegradáveis ativas a partir de polímeros e extrato natural de jambolão. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2019.
- Fernandes, A. P. S., Costa, J. B., Soares, D. S. B., Moura, C. J. D. & Souza, A. R. M. D. (2015). Aplicação de filmes biodegradáveis produzidos a partir de concentrado proteico de soro de leite irradiado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 45, 192-199. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v45i30844>
- Ferreira, B. M. R., Neyra, R. C., Costa, J. C. M., Bruni, A. R. S., Bolognese, M. A., & Vieira, A. M. S. (2022). Production of biodegradable films from fruit and vegetable waste: an updated review. *Research, Society and Development*, 11(5), e54311528544. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.28544>
- Fonseca-García, A., Jiménez-Regalado, E. J. & Aguirre-Loredo, R. Y. (2021). Preparation of a novel biodegradable packaging film based on corn starch-chitosan and poloxamers. *Carbohydrate Polymers*, 251(117009). <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117009>.
- Galindo, M. V., Paglione, I. S., Balan, G. C., Sakanaka, L. S. & Shirai, M. A. (2019). Atividade antimicrobiana e antioxidante de filmes comestíveis de gelatina e quitosana adicionados de óleos essenciais. *Segurança Alimentar e Nutricional*, 26(3), 019008–019008, 1-9. <https://doi.org/10.20396/san.v26i0.8653865>
- Gontard, N., Duchez, C., CUQ, J. L. & Guilbert, S. (1994). Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapour permeability and other physical properties. *International journal of food science & technology*, 29(1), 39-50. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1994.tb02045.x>

- Guimarães, V. M. B., & da Silva, K. N. A. (2020). Impactos socioambientais do plástico descartável: estudo de caso nas redes de fast food em Dourados/MS. *Realização*, 7(13), 97-120. <https://doi.org/10.30612/realizacao.v7i13.11207>
- Hassan, B., Chatha, S. A. S., Hussain, A. I., Zia, K. M. & Akhtar, N. (2018). Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 1095-1107. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097>.
- Heydari, A., Alemzadeh, I. & Vossough, M. (2013). Functional properties of biodegradable corn starch nanocomposites for food packaging applications. *Materiais & Design*, 50, 954-961. <https://doi.org/10.1016/J.MATDES.2013.03.084>
- Hildebrand Júnior, L. H. & Pereira, J. A. L. (2013). Meios sustentáveis para reduzir detritos plásticos descartados de forma inadequada. *Revista Belas Artes*, 11(1). <http://200.49.40.5/index.php/revistabelasartes/article/view/199/199>
- Ilyas, R. A., Sapuan, S. M., Ishak, M. R. & Zainudin, E. S. (2018). Development and characterization of sugar palm nanocrystalline cellulose reinforced sugar palm starch bionanocomposites. *Carbohydrate polymers*, 202, 186-202. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.09.002>
- Kang, H.J., Kim, S.J., You, Y.S., Lacroix, M. & Han, J. (2013). Inhibitory effect of soy protein coating formulations on walnut (*Juglans regia* L.) kernels against lipid oxidation. *LWT - Food Science and Technology*, 51(1), 393-396. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.10.019>
- Kohlbeck, E., Baimler, B. C., Beuren, F. H., Fagundes, A. B. & Pereira, D. (2020). Praticidade e sustentabilidade no processo metodológico de pré-desenvolvimento de produtos. *DAPesquisa*, 15, 01-24. <https://doi.org/10.5965/18083129152020e0004>
- Landim, A. P. M., Bernardo, C. O., Martins, I. B. A., Francisco, M. R., Santos, M. B. & Melo, N. R. D. (2016). Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. *Polímeros*, 26, 82-92. <https://doi.org/10.1590/0104-1428.1897>
- Lazzarotto, P. (2016). 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. <https://www.univates.br/bdu/handle/10737/1524>
- Lee, J. S., Lee, E. S. & Han, J. (2020). Enhancement of the water-resistance properties of an edible film prepared from mung bean starch via the incorporation of sunflower seed oil. *Scientific Reports*, 10(13622). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70651-5>.
- Lenhani, G. C. (2019). Obtenção e aplicação de celulose de resíduos agroindustriais em filmes compósitos. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Fronteira Sul Campus de Laranjeiras do Sul, 2019. <https://rd.uffrs.edu.br/bitstream/prefix/3165/1/LENHANI.pdf>
- Leyva-Porras, C., Román-Aguirre, M., Cruz-Alcantar, P., Pérez-Urizar, J. T. & Saavedra-Leos MZ. (2021). Application of Antioxidants as an Alternative Improving of Shelf Life in Foods. *Polysaccharides*, 2(3), 594-607. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides2030036>
- Ma, Q., Zhang, Y., Critzer, F., Davidson, P. M., Zivanovic, S. & Zhong, Q. (2016). Physical, mechanical, and antimicrobial properties of chitosan films with microemulsions of cinnamon bark oil and soybean oil. *Food Hydrocolloids*, 52, 533-542. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.07.036>
- Maia, L. H., Porte, A. & Souza, V. F. (2000). Filmes comestíveis: aspectos gerais, propriedades de barreira a umidade e oxigênio. *Boletim do Centro de pesquisa de Processamento de Alimentos*, 18(1), 105-128. <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/download/1129/930>
- Mali, S., Grossmann, M. V. E. & Yamashita, F. (2010). Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. *Semina: Ciências Agrárias*, 31(1), 137-155. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744095013>
- Maniglia, B. C. & Tapia-Blácido, D. R. (2019). Structural modification of fiber and starch in turmeric residue by chemical and mechanical treatment for production of biodegradable films. *International Journal of Biological of Macromolecules*, 126, 507-516. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.206>
- Maringgal, B., Hashim, N., Tawakkal, I., Mohamed, M. T. M., Hamzah, M. H., Ali, M. M. & Abd Razak, M. F. H. (2020). Kinetics of quality changes in papayas (*Carica papaya* L.) coated with Malaysian stingless bee honey. *Scientia Horticulturae*, 267, 11. [10.1016/j.scienta.2020.109321](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109321).
- Mendes, J. F., Norcino, L. B., Mannich, A. A. C. M. Pinheiro, J. E. O. & Mattoso, L. H. C. (2020). Characterization of pectin films integrated with cocoa butter by continuous casting: physical, thermal and barrier properties. *Journal of Polymers and the Environment*, 28(5), 2905-2917. <https://doi.org/10.1007/S10924-020-01829-1>
- Morrudo, K. G., Júnior, J. T. S. B., Orqis, M. G., Fernandes, E. S., Gauterio, F. G. A. & Azevedo, M. L. (2020). Encapsulação de farinha de bagaço de azeitona. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 12(2). <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/107534>
- Mostafavi, F. S., Kadkhodae, R., Emadzadeh, B. & Koocheki, Arash. (2016). Preparation and characterization of tragacanth–locust bean gum edible blend films. *Carbohydrate Polymers*, 139, 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.11.069>.
- Nunes, Y. L., Claudino, R. L., Souza Filho, M. M., Rosa, M. F. & Ito, E. N. (2013). Gelatina de Pescado: Alternativa de valorização como matriz polimérica. do Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal Rio Grande do Norte.
- Oliveira, A. P. (2018). Resíduos da indústria de alimentos para elaboração de farinhas: uma estratégia para aproveitamento. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018. <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/15791>
- Oliveira, A. V. L. D., Tavares, C. M. L., Veríssimo, L. E., Nunes, L. S., Araújo, P. R. D., Sales, T. A. S., ... & Jesus, S. M. D. O. (2020). Sustentabilidade: pequenas mudanças fazem a diferença. *Revista Expressão*, (2), 22.
- Panahirad, S., Naghshband-Hassani, R. & Mahna, N. (2020). Pectin-based edible coating preserves antioxidative capacity of plum fruit during shelf life. *Food Science and Technology International*, 10. <https://doi.org/10.1177/1082013220916559>



- Pires, A. L. R., Bierhalz, A. C. & Moraes, Â. M. (2015). Biomateriais: tipos, aplicações e mercado. *Química nova*, 38, 957-971. <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20150094>
- Prodanov, C. C. & Freitas, E. C. (2013). Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico, 2ª Ed., Novo Hamburgo - RS, Associação Pró-Ensino Superior em Novo Hamburgo - ASPEUR Universidade Feevale. <https://www.feevale.br/institucional/editora-feevale/metodologia-do-trabalho-cientifico--2-edicao>
- Puscaselu, G. R., Gutt, G. & Amarieli, S. (2020). The use of edible films based on sodium alginate in meat product packaging: An eco-friendly alternative to conventional plastic materials. *Coatings*, 10(2), 166. <https://doi.org/10.3390/coatings10020166>
- Rodrigues, T. T. (2018). Polímeros nas indústrias de embalagens. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. <http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/24082>
- Sanchez, L. T., Pinzon, M. I. & Villa, C. C. (2022). Development of active edible films made from banana starch and curcumin-loaded nanoemulsions. *Food Chemistry*, 371, 131-121. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131121>
- Santos, V. S., Santos, S. S., Fernandes, R. S., Ferreira Júnior, C. R., Aouada, F. A., Pinê, J. H., Pinheiro, A. & Moura, M. R. (2021a). Avaliação e caracterização de biofilme comestível de carboximetilcelulose contendo nanopartículas de quitosana e Cúrcuma longa. *Revista matéria*, 26(1), 12926. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620210001.1226>
- Santos, L. G., Silva, G. M. A., Gomes, B. M. & Martins, V. G. (2021b). A novel sodium alginate active films functionalized with purple onion peel extract (*Allium cepa*). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 35(102096). <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102096>
- Saraiva, B. R., Vital, A. C. P., Anjo, F. A., Cesaro, E. & Matumoto-Pintro, P. T. (2018). Valorização de resíduos agroindustriais: fontes de nutrientes e compostos bioativos para a alimentação humana. *Revista Pubsáude*, 1, a009, 1-10. <https://dx.doi.org/10.31533/pubsaudef1.a007>
- Shah, S. & Hashmi, M. S. (2020). Chitosan-aloe vera gel coating delays postharvest decay of mango fruit. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 61(2), 279-289. [10.1007/s13580-019-00224-7](https://doi.org/10.1007/s13580-019-00224-7)
- Siman Filho, A. J. & Sanfelice, R. C. (2018). Estudo bibliográfico sobre polímeros ambientalmente sustentáveis. *Revista Brasileira de Ciencia, Tecnologia e Inovação*, 3(2), 131-148. <https://doi.org/10.18554/rbcti.v3i2.3347>
- Sobral, P. J. A., Menegalli, F. C., Hubinger, M. D. & Roques, M. A. (2001). Mechanical, Water vapour barrier and thermal properties of gelatin based edible films. *Food Hydrocolloids*, 15, 423-432. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(01\)00061-3](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00061-3)
- Souza, P. L. M., Freitas, D. G. C., Takeiti, C. Y., Ribeiro, A. E. C., Godoy, R. L. O., Ascheri, J. L. R., Ascheri, D. P. R. & Carvalho, C. W. P. (2014). Extruded Baru Flour Addition (*Dipteryx alata* Vog.) in Cookie Formulations: Effect on Consumer's Acceptability. *Acta Horticulturae*, 1040, 89-96.
- Souza, N. T. D. (2019). Modificação química e física de amido de milho e aplicação em sobremesa láctea. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Fundação Universidade Federal de Rondônia, Ariquemes, 2019. <https://ri.unir.br/jspui/handle/123456789/2708>
- Souza, F. R. A., Oliveira, J. S. T., Silva, D. P., Oliveira, M. G., Neves, D. D., Silva, W. E. & Stamford, T. C. M. (2021). Biopolímeros na indústria de alimentos: do aproveitamento de resíduos agroindustriais a produção de biopolímeros. *Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 4, 371-388. <https://doi.org/10.37885/210303531>
- Thakur, R., Saberi, B., Pristijono, P., Golding, J., Stathopoulos, C., Scarlett, C., Bowyer, M. & Vuong, Q. (2016). Characterization of rice starch-t-carrageenan biodegradable edible film. Effect of stearic acid on the film properties, *International Journal of Biological Macromolecules*, 93, 952-960. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.09.053>
- Utomo, P. P. & Salahudin, D. F. (2015). Pengaruh inkorporasi lipid dan antioksidan terhadap sifat mekanik dan permeabilitas filme comestível pati o jagung. *Biopropal Industri*. 6(1), 37-42. <https://media.neliti.com/media/publications/54876-ID-none.pdf>
- Villadiego, A. M. D., Soares, N. F. F., Andrade, N. J., Puschmann, R., Minim, V. P. R. & Cruz, R. (2005). Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. *Revista Ceres*, 52(300), 221-244. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305242980005>