

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
MESTRADO EM CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS

LUCIANO DOS SANTOS ALMEIDA

REVESTIMENTO ATIVO DESENVOLVIDO A PARTIR DO BIOPOLÍMERO DE
***Abelmoschus esculentus* (quiabo) INCORPORADO COM EXTRATO DA PRÓPOLIS**

BAGÉ

2023

LUCIANO DOS SANTOS ALMEIDA

**REVESTIMENTO ATIVO DESENVOLVIDO A PARTIR DO BIOPOLÍMERO DE
Abelmoschus esculentus (quiabo) INCORPORADO COM EXTRATO DA PRÓPOLIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal do Pampa, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Caroline Costa Moraes
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Gabriela Silveira da Rosa

**Bagé
2023**

A447r Almeida, Luciano dos Santos

Revestimento ativo desenvolvido a partir do biopolímero de *Abelmoschus esculentus* (quiabo) incorporado com extrato da própolis / Luciano dos Santos Almeida.

91 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Pampa, MESTRADO EM CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS, 2023.

"Orientação: Caroline Costa Moraes".

1. Revestimento ativo. 2. Mucilagem de quiabo. 3. Antifúngico. I. Título.

LUCIANO DOS SANTOS ALMEIDA

**REVESTIMENTO ATIVO DESENVOLVIDO A PARTIR DO BIOPOLÍMERO DE *Abelmoschus*
esculentus (quiabo) INCORPORADO COM EXTRATO DA PRÓPOLIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal do Pampa, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais.

Dissertação defendida e aprovada em: 03 de abril de 2023.

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a Caroline Costa Moraes
Orientador
(Unipampa)

Prof.^a Dr.^a Gabriela Silveira da Rosa
Coorientadora
(Unipampa)

Prof.ª Dr.ª Elessandra da Rosa Zavareze
(UFPEL)

Prof.ª Dr.ª Catarina Motta de Moura
(Unipampa)



Assinado eletronicamente por **CAROLINE COSTA MORAES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 03/04/2023, às 10:26, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **CATARINA MOTTA DE MOURA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/04/2023, às 14:18, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **GABRIELA SILVEIRA DA ROSA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/04/2023, às 15:43, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Elessandra da Rosa Zavareze, Usuário Externo**, em 05/04/2023, às 22:14, 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, informando o código verificador **1091881** e o código CRC **DE99A34A**.

Dedico este trabalho as minhas crianças Laura e Antônia, assim como a minha amada e querida progenitora de nossas filhas Candice, alicerce de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Manifesto meus eternos agradecimentos aos meus avós *in memoriam* Almerinda, João Batista e Zelma, pelo começo de tudo, lições aprendidas, saudade eterna.

Aos meus queridos e amados pais, Maria Aparecida e Osmar, exemplos para toda uma vida, sempre delimitando meus excessos, tudo que sou hoje é graças a vocês, muito obrigado.

Minhas irmãs Rita, Cristina e Carolina, pelo companheirismo, alegria e amizade.

A minha querida sogra Dra. Sônia, sempre presente, seja nos momentos fáceis como nos difíceis.

Ao Laboratório de Microbiologia e Toxicologia de Alimentos, soberano em laboratório da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), melhor lugar para se trabalhar não há.

Aos verdadeiros amigos, são pouquíssimos, mas como quantidade não é sinônimo de qualidade o bordão fala por si mesmo, valeu Fabrício, Mauro “Tattoo”, Renato “Titico” e Ricardo “Osama”.

Obrigado a Heineken®, pelos momentos de reflexão e descontração.

Aos colegas da UNIPAMPA, que de uma forma ou outra contribuíram para a realização deste trabalho.

Assim como ao Programa de Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais e todo o excepcional corpo docente, exemplo de profissionais.

A Luisa Bataglin Ávila, o auxílio sem precedentes nas análises dos resultados, excepcionalmente no TGA.

Como não agradecer a Camila Ramão Contessa, pelas trocas de ideias, sempre de humor elevado, grande incentivadora inclusive de minha empreitada no Mestrado de Ciências e Engenharia de Materiais.

A Profa. Ana Paula Manera Ziotti, pela espetacular convivência ao longo dos anos, sinônimo de competência.

As Profas. Catarina Motta de Moura e Elessandra da Rosa Zavareze, por aceitarem a fazer parte desse trabalho, pelas contribuições e proposições. Pela dedicação em ceder parte do tempo para colaborar de maneira valiosa na consecução desse trabalho, meu muitíssimo obrigado.

A minha Co-orientadora Profa. Gabriela Silveira da Rosa, que apesar de não a conhecê-la muito bem ao início dessa empreitada, qual foi meu fortúnio de tê-la como orientadora, sempre auxiliando, conduzindo, corrigindo, sugerindo conceitos para que este trabalho fosse

realizado da melhor forma possível. Meu muito obrigado por me instruir de forma ímpar na elaboração deste trabalho, sua contribuição condiz com a sabedoria que a senhora possui.

Como não deixar de agradecer a minha Orientadora Caroline Costa Moraes, responsável pelo meu ingresso no programa, incentivadora ao extremo, jamais mediu esforços para auxiliar quem quer que fosse ao seu encontro. Obrigado pela parceria, convívio nesses 13 anos de UNIPAMPA, pelos conselhos dados, pelas frases já um tanto conhecidas como “olha só Luciano...”, “hein Luciano...” “tipo assim Luciano” sinônimo de “iiii lá vem bomba kkkkkkk”. Meu agradecimento à senhora por fazer parte deste importantíssimo momento em minha caminhada, um exemplo de pessoa e profissional a ser seguido.

As minhas eternas crianças Laura e Antônia, se há algo que me orgulho eternamente e com um amor incondicional são elas. Muitas vezes os pais se tornam exemplo para os seus filhos, não receio em expressar que elas é que são exemplos para mim. Meu eterno agradecimento por me fazer uma pessoa cada dia melhor.

Por fim, mas não menos importante, a minha querida e amada cúmplice, que por mais de 23 anos me acompanha, nos altos e baixos que a vida nos impõe. Este trabalho se deve a ela, pelo suporte, companheirismo, pelas palavras, gestos e pelo simples fato da presença, isso faz toda uma diferença. MUITÍSSIMO obrigado, e como a música do Matanza diz “Quero que a estrada venha sempre até você. E que o vento esteja sempre a seu favor. Quero que haja sempre uma cerveja em sua mão. E que esteja ao seu lado, seu grande amor...” Candice.

O idealista é incorrigível: se é expulso do céu,
faz um ideal do seu inferno.

Friedrich Nietzsche

RESUMO

A agricultura brasileira é um dos setores de maior relevância na economia nacional. O Brasil destaca-se com 3º lugar em produção de frutas em nível mundial e embora a mesma seja elevada, o desperdício desse tipo de alimento também é enorme. Entre os fatores que ocasionam essas perdas estão às más condições de armazenamento, que proporcionam a proliferação de agentes deterioradores e patogênicos como os fungos. Nesse contexto, a aplicação de um revestimento em frutos pode ser uma alternativa para diminuir os problemas relacionados à deterioração, aumentando assim a vida útil dos alimentos. O objetivo do trabalho foi desenvolver um revestimento natural à base de biopolímero extraído do *Abelmoschus esculentus* (quiabo), denominada mucilagem, incorporado com extrato aquoso da própolis como aditivo natural. Este material foi aplicado em frutos do morangueiro, com finalidade de analisar a eficiência quanto sua vida útil e potencial atividade antifúngica. Foram analisados dois métodos distintos de extração de mucilagem de acordo com o preparo das vagens do quiabo, denominados de métodos A (seccionadas) e B (trituradas) para avaliação de rendimento e caracterização segundo análises de FT-IR, TGA, ângulo de contato e tensão superficial. Foi desenvolvido dois tipos de revestimentos utilizando a mucilagem obtida através do método B. Revestimento M, constituído de água e mucilagem (1% p/v) e revestimento MP, mucilagem e extrato aquoso da própolis 15%. Ambos os revestimentos apresentaram caráter inibitório frente ao crescimento micelial dos fungos *Aspergillus flavus* e *Aspergillus niger*. O revestimento aplicado sobre os morangos contribuiu para manter o aspecto mais atraente, vistoso permanecendo com a coloração natural durante o decorrer do experimento, entretanto, a maior perda de peso dos morangos contendo revestimento se deu em virtude do escoamento do revestimento. Análises relacionadas à aplicação e composição dos revestimentos envolvendo mucilagem de quiabo envolvem mais estudos a fim de aprimorar a sua utilização, uma vez que apresentou propriedades promissoras.

Palavras-chave: Revestimento ativo. Mucilagem de quiabo. Antifúngico.

ABSTRACT

Brazilian agriculture is one of the strongest sectors in the national economy. Brazil stands out with the 3rd place in fruit production worldwide and although it is high, the waste of this type of food is also enormous. Among the factors that cause these losses are poor storage conditions, which provided the prospect of deteriorating and pathogenic agents such as fungi. In this context, the application of a coating on fruits can be an alternative to reduce problems related to motivation, thus increasing the shelf life of foods. The objective of this work was to develop a natural coating based on a biopolymer extracted from *Abelmoschus esculentus* (okra), called mucilage, incorporated with aqueous extract of propolis as a natural additive. This material was applied to strawberry fruits, with the purpose of analyzing the efficiency regarding its useful life and potential antifungal activity. Two distinct methods of micellage were analyzed according to the preparation of okra pods, called methods A (sectioned) and B (crushed) for yield evaluation and characterization according to FT-IR, TGA, contact angle and superficial tension. Two types of coatings were developed using the mucilage applied through method B. M coating, composed of water and mucilage (1% w/v) and MP coating, mucilage and aqueous extract of propolis 15%. Both coatings showed an inhibitory character against the mycelial growth of the fungi *Aspergillus flavus* and *Aspergillus niger*. The coating applied on the strawberries contributed to maintain a more attractive appearance, appearing to remain with its natural color during the course of the experiment. Analyzes related to the application and composition of coatings involving okra mucilage involve further studies in order to improve their use, since they showed promising properties

Keywords: Active coating. Okra mucilage. Antifungal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Estrutura polissacarídica do quiabo	35
Figura 2 -	Vagens do quiabo seccionadas	41
Figura 3 -	Vagens do quiabo liquidificadas	42
Figura 4 -	Remoção da mucilagem	43
Figura 5 -	Fluxograma aplicação e avaliação do revestimento sobre morangos	48
Figura 6 -	Pó das mucilagens resultante dos métodos de extração A e B	49
Figura 7 -	Espectros infravermelhos das mucilagens	51
Figura 8 -	Análise termogravimétrica das mucilagens A e B	53
Figura 9 -	Microestrutura da superfície do pó da mucilagem tipo A	54
Figura 10 -	Microestrutura da superfície do pó da mucilagem tipo B	55
Figura 11 -	Revestimentos M e MP.....	59
Figura 12 -	Crescimento micelial <i>Aspergillus flavus</i>	62
Figura 13 -	Crescimento micelial <i>Aspergillus niger</i>	63
Figura 14 -	Organização dos morangos	64
Figura 15 -	Análises visuais realizadas durante o experimento	65
Figura 16 -	Perda de massa dos morangos durante o experimento	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Principais frutas produzidas no Brasil – 2019	20
Tabela 2 -	Principais fungos e respectivas micotoxinas e substrato alimentício	24
Tabela 3 -	Revestimento e respectiva aplicação (matriz alimentícia)	26
Tabela 4 -	Fonte de polímeros naturais e aplicação	32
Tabela 5 -	Exemplos de compostos antimicrobiano	37
Tabela 6 -	Rendimento da extração de mucilagem em base úmida (%)	50
Tabela 7 -	Rendimento da extração de mucilagem em base seca (%)	50
Tabela 8 -	Ângulo de contato das mucilagens	56
Tabela 9 -	Tensão superficial das mucilagens	57
Tabela 10 -	Ângulo de contato dos revestimentos M e MP	60
Tabela 11 -	Tensão superficial dos revestimentos M e MP	61

LISTA DE ABREVIATURAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	Official Methods of Analysis of International
CEAGESP	Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo
CEDES	Centro de Estudos e Debates Estratégicos
CIE	Commission Internationale de L'Eclairage
CO ₂	Dióxido de carbono
Deral	Departamento de Economia Rural
DPPH	2,2-difenil-1-picril-hidrazil
DSC	Calorimetria de exploratória de varredura
EAG	Equivalente de Ácido Gálico
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FT-IR	Infravermelho com transformada de Fourier
GRAS	Generally Recognized as Safe
H ₂ O	Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
Na	Sódio
O ₂	Oxigênio
PBS	Polibutilenosuccinato
pH	Potencial de hidrogênio
PHAs	Polihidroxialcanoatos
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RS	Rio Grande do Sul
SEAB	Secretaria da Agricultura e do Abastecimento
TGA	Análise termogravimétrica
Uv/Vis	Espectroscopia no ultravioleta visível

SUMÁRIO

1 -	INTRODUÇÃO.....	17
2 -	OBJETIVOS.....	19
3 -	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
3.1 -	Frutos.....	20
3.1.2 -	Morangos.....	21
3.2 -	Fungos em alimentos.....	23
3.3 -	Revestimentos biodegradáveis.....	24
3.3.1 -	Características dos revestimentos biodegradáveis.....	27
3.3.2 -	Biopolímeros.....	30
3.3.3 -	Alternativa para matriz polimérica, mucilagem de <i>Abelmoschus esculentus</i>	33
3.4 -	Revestimentos bioativos.....	36
3.4.1 -	Própolis.....	38
4 -	METODOLOGIA.....	41
4.1 -	Extração e caracterização da mucilagem de <i>Abelmoschus esculentus</i>	41
4.1.2 -	Infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR)	43
4.1.3 -	Análise termogravimétrica (TGA).....	44
4.1.4 -	Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	44
4.1.5 -	Ângulo de contato.....	44
4.1.6 -	Tensão superficial.....	45
4.2 -	Caracterização do extrato aquoso da própolis comercial a 15 %.....	45
4.3 -	Revestimentos.....	46
4.3.1 -	Elaboração e caracterização da solução do revestimento biodegradável.....	46
4.3.2 -	Crescimento micelial dos <i>Aspergillus flavus</i> e <i>Aspergillus niger</i>	46
4.3.3 -	Aplicação da solução de revestimento em morangos	47
4.3.4 -	Análise estatística.....	48
5 -	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
5.1 -	Mucilagens.....	49
5.1.2 -	Rendimento dos métodos de extração.....	49

5.1.3 -	Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR)	50
5.1.4 -	Análise termogravimétrica (TGA).....	53
5.1.5 -	Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	54
5.1.6 -	Ângulo de contato das mucilagens.....	56
5.1.7 -	Tensão superficial.....	57
5.2 -	Extrato aquoso da própolis a 15% comercial.....	58
5.3 -	Revestimentos.....	59
5.3.1 -	Ângulo de contato.....	60
5.3.2 -	Tensão superficial.....	61
5.3.3 -	Crescimento micelial dos <i>Aspergillus flavus e Aspergillus niger</i>.....	61
5.3.4 -	Análise dos morangos.....	64
6 -	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
7 -	PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS.....	69
	REFERÊNCIAS.....	70

I. INTRODUÇÃO

O Brasil sempre se destacou como um grande produtor de alimentos, nesse enquadramento, ressalta-se a produtividade de frutas, ocupando o 3º lugar em escala mundial. A produção é em torno de 45 milhões de toneladas ao ano segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, (2021), desta, cerca de 35% são exportadas, ficando o restante, 65%, reservada ao consumo interno. Na produção destacam-se os estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Bahia e Vale do Rio São Francisco (MALISZEWSKI, 2019). Entretanto, segundo a Food and Agriculture Organization- FAO (2023), aproximadamente 1/3 de todos os alimentos destinados ao consumo humano em escala mundial, não são aproveitados, o que equivale a uma quantidade de 1,3 bilhões de toneladas de alimentos desperdiçados anualmente. No Brasil em torno de 35% do que é produzido é desperdiçado (FAO, 2015), sendo que as frutas representam grande parte desse percentual (GORAYEB *et al.*, 2019). Os principais fatores que contribuem com essas expressivas perdas são problemas envolvendo todos os ciclos da cadeia produtiva, na produção em si, como problemas climáticos e ataque de pragas, colheita realizada de forma inadequada, pós-colheita e logística de conservação, manuseio e distribuição. As perdas decorrem em boa parte por meio de microrganismos deterioradores como fungos e bactérias, causando mudanças extremas nas propriedades sensoriais até sua incapacidade de consumo.

Entre os frutos acometidos por agentes deterioradores, destacam-se os morangos. Estes apresentam alta perecibilidade, sendo extremamente suscetível a danos, o que viabiliza uma porta de entrada para microrganismos. O Brasil ocupa 7º posição no ranking mundial de produção deste fruto, com produção girando em torno de 218.881 toneladas/ano (ANTUNES; BONOW; REISSER JÚNIOR, 2020), sendo que a perda pós-colheita pode alcançar 40 % (SHARMA, 2014; HAJJI *et al.*, 2018), ocasionada principalmente por microrganismos.

Entre os microrganismos deterioradores de alimentos destacam-se os fungos. De acordo com A Food and Agriculture Organization- FAO (2001) a contaminação proveniente de micotoxinas atinge cerca de 25% dos alimentos em escala mundial. As micotoxinas são o produto resultante do metabolismo secundário dos fungos como as aflatoxinas, fumonisinas, zearalenona, tricotecenos e ocratoxina, que podem ser extremamente perigosas à saúde ao contaminarem os alimentos, com efeitos carcinogênicos, teratogênicos e mutagênicos (ARRUDA; BERRETA, 2019).

Dentre as inúmeras ações que se direcionam com a finalidade de diminuir essas perdas a elaboração de revestimentos biodegradáveis a base de polímeros naturais associado com agente ativo destaca-se como uma alternativa promissora. Os revestimentos atuam como barreira e têm função de prolongar a vida útil dos alimentos, desacelerando a deterioração ocasionada por microrganismos além da perda de massa.

Biopolímeros ou polímeros naturais como são denominados se originam a partir de organismos vivos (PAULO, 2014), animais e vegetais. Como exemplo tem-se os polissacarídeos, proteínas, celulose, amido, glicogênio, óleos, gorduras, queratina entre outros. Esses biopolímeros podem ser aplicados na elaboração de soluções de revestimento para alimentos. O revestimento é definido como uma camada fina aplicada à superfície de uma matriz alimentícia a fim de criar uma barreira de proteção e que posteriormente, pode ou não, ser consumido como parte do produto (BALDWIN; HAGENMAIER, 2011).

Ao determinar a composição do revestimento para uma matriz alimentar, é necessário atender inúmeros critérios que visam à segurança e efetividade do produto, como bons atributos sensoriais, aparência, consistência, cor, textura, barreira, propriedades mecânicas, estabilidade microbiana, não toxicidade e segurança, ser de natureza não poluente e contar com uma tecnologia simples e baixo custo de processamento e matéria-prima (RODRIGUES *et al.*, 2019).

Entre as mais diversas fontes de polímeros naturais destaca-se o quiabo (*Abelmoschus esculentus*), que se apresenta como grande fonte de polissacarídeos hidrofílicos, comumente denominada mucilagem (SILVA FILHO, 2017). Na presença da água forma uma solução de aspecto viscoso e, por conta dessa propriedade é conhecida comercialmente como hidrocolóide (SILVA FILHO, 2017), utilizado nas indústrias alimentícias e farmacêuticas. As mucilagens apresentam grande importância, uma vez que podem ser usadas como espessantes, emulsões estabilizadoras, agentes de suspensão, ligantes e etc. (ARCHANA *et al.*, 2013). Seu uso oferece ainda várias vantagens pelo fato de serem biodegradáveis, biocompatíveis, não tóxicas, serem de fácil acesso em comércios locais, bem como o seu processamento não ser agressivo ao ambiente (KHATHURIYA *et al.*, 2015).

Nesta perspectiva, a adição de compostos bioativos na formulação dos revestimentos biodegradáveis torna-se uma alternativa para conferir caráter ativo à mesma. Dessa forma, o emprego de extratos como o da própolis tem como objetivo retardar a degradação ocasionada por microrganismos. Inúmeros estudos já comprovaram as aplicabilidades desse composto, como capacidade anti-inflamatória, antibacteriana, antifúngica, antitumorais e antioxidantes (SFORCIN; BANKOVA, 2011; LUSTOSA *et al.*, 2008).

2. OBJETIVOS

Objetivo geral

Elaborar um revestimento ativo a base do polímero natural obtido a partir da mucilagem extraída do *Abelmoschus esculentus*, incorporado com extrato aquoso da própolis.

Objetivos específicos

- Estudar a metodologia de extração da mucilagem e impacto no rendimento do processo e caracterização;
- Formular e caracterizar a solução de revestimento contendo a mucilagem e o extrato aquoso da própolis;
- Analisar a capacidade antifúngica dos revestimentos;
- Aplicar a solução de revestimento em morangos;
- Avaliar a perda de massa dos morangos com revestimento.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Frutos

A agricultura brasileira juntamente com a pecuária, são os setores de maior relevância na economia nacional. De acordo com o Departamento de Economia Rural (PARANÁ, 2020) o Brasil ocupa o 3º lugar em produção de frutas, ficando atrás apenas da China 1º e Índia 2º. Juntos os três países correspondem cerca de 45,9% do total mundial.

Segundo a Food and Agriculture Organization - FAO (2021), em 2018 o Brasil produziu quase 40.000.000 toneladas de frutas, o que representa 4,6% da produção mundial, sendo utilizados 2.181.658 ha para o cultivo ou 3,3% da área nacional. Entre os frutos mais produzidos no Brasil, conforme Tabela 1, destacam-se:

Tabela 1: Principais frutas produzidas no Brasil – 2019.

Fruta	Produção (ton.)	Produção (%)
Laranja	17.073.593	42
Banana	6.812.708	17
Abacaxi	3.128.036	8
Melancia	2.278.186	6
Uva	1.485.292	4
Coco da Bahia	1.553.966	6
Limão	1.511.185	4
Manga	1.319.296	3
Maçã	1.222.979	3
Mamão	1.161.808	3
Demais fruta	3.529.670	9

Fonte: Paraná (2020)

Apesar de ocupar posição de destaque na produção de frutas, existem inúmeros problemas que causam grande desperdício resultando em prejuízos significativos. Os mesmos poderiam ser contornados com a melhora na manutenção do produto pós-colheita, estabelecendo rotinas de manuseio e armazenamento adequado como triagem efetiva do produto sadio do injuriado, se é necessário passar pela cadeia do frio ou não, e por fim, mas não menos importante a aplicação de uma embalagem efetiva, que previna danos físicos e

deterioração prematura do fruto ocasionada, por exemplo, por microrganismos. Muitas vezes são ignorados que os frutos ainda permanecem vivos após a colheita, os processos biológicos continuam funcionais como respiração, e o fato de os frutos possuírem uma grande quantidade de água afeta diretamente nas perdas.

De acordo com a Food and Agriculture Organization - FAO (2017) aproximadamente 1/3 de todos os alimentos destinados ao consumo humano são perdidos em todo o mundo, o que equivale a uma quantidade de 1,3 bilhões de toneladas de alimentos desperdiçadas anualmente.

Conforme o Centro de Estudos e Debates Estratégicos (2015-2019), no Brasil 25% da perda ocorre na produção, 25% no processamento e embalagem, 23% no manuseio e armazenamento, 22% na distribuição e 5% no consumo. As perdas afetam principalmente pequenos comerciantes, que enfrentam as maiores barreiras, pois seus estabelecimentos não possuem condições de manutenção climática adequada durante a comercialização, o que acelera a maturação das frutas e a rejeição dos consumidores, assim como injúrias decorrentes de microrganismos (MARTINS *et al.*, 2010; ALMEIDA, 2021).

Segundo Anese e Fronza (2015) as perdas podem ser divididas em:

- Perda quantitativa – perda de peso da fruta.
- Perda qualitativa – é a redução do padrão de qualidade do fruto
- Perda nutricional – quando a atividade metabólica do fruto é alta devido ao armazenamento inadequado, ocorrendo à redução do teor de vitaminas, lipídeos e proteínas.
- Perda sensorial – se dá em função das alterações na textura, relacionada diretamente com o armazenamento inadequado.

O emprego do revestimento proporciona uma barreira de proteção contra possíveis contaminações de origem microbiana, uma vez que forma uma camada a mais sobre a superfície do fruto, reduzindo inclusive pequenas lesões, que são uma das portas de entrada para contaminação. Outra vantagem inerente aos recobrimentos alimentícios é a incorporação de aditivos, o que eleva a vida útil dos frutos, reduzindo perdas.

3.1.2 Morangos

A hortaliza *Fragaria ananassa*, comumente conhecido por morango, é caracterizado como pseudofruto ou fruto acessório, ou seja, é derivada de tecido vegetal que fica adjacente a flor, sustentando o fruto, e não do ovário das flores. São plantas perenes, não climatéricas, pertence à família Rosaceae.

O morango é extremamente apreciado, seu sabor marcante é resultado dos açúcares, ácidos orgânicos como o cítrico, málico e salicílico e compostos voláteis, entre eles flavonoides, antocianinas, catequinas e quercetina, de textura tenra e sabor adocicado (PEREIRA JUNIOR, 2014). Apresentam ainda inúmeros minerais, dos quais se destacam potássio, fósforo, cálcio e magnésio entre as vitaminas a C, B3 e E apresentam-se em maiores proporções (HAYTOWITZ *et. al.*, 2019). No Brasil, a produção gira em torno de 218.881 toneladas ao ano, ocupando 7º posição mundial, embora que ocupe apenas a posição de número 13º em área cultivada, representando a alta tecnologia aplicada na produção desta hortaliça, em relação à produção nacional destacam-se os estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio Grande do Sul (ANTUNES; BONOW; REISSER JÚNIOR, 2020).

Segundo Antunes, Bonow, Reisser Júnior (2020) a perspectiva é de manutenção na área de produção e presença de novos produtores que invistam em produção de mudas, entretanto, um dos problemas que esse cultivar sofre deriva de suas características, sendo extremamente perecível e sensível a danos mecânicos, curta vida pós-colheita proveniente da alta taxa respiratória (CANTILLANO; SILVA, 2010). Ainda segundo Cantillano e Silva, (2010), os morangos não apresentam camada epidérmica protetora, cuja entre outras funções dificulta a perda de água, uma vez que apresentam alto teor de água, cerca de 90%, além de possuir uma grande superfície exposta, devido ao seu tamanho, contribuindo assim para a transpiração.

Além da estrutura e fisiologia naturalmente delicada do morango, outros fatores determinantes estão associados diretamente às perdas no pós-colheita, que são o armazenamento inadequado e vulnerabilidade frente ao ataque de microrganismos, perdas fitopatológicas, sobretudo fungos do gênero *Botrytis*, *Colletotrichum*, e *Rhizopus* (MONTEIRO, 2017), além do gênero *Aspergillus*, podendo atingir um patamar de perda em torno de 40 % (SHARMA, 2014; HAJJI *et al.*, 2018).

A contaminação por fungos ocorre basicamente através de pequenos danos sofridos na parede do fruto, tais anomalias decorrem na colheita e pós-colheita, na questão do manuseio e armazenamento impróprio.

Nesse sentido a aplicação de um revestimento bioativo sob os morangos proporcionará além da barreira física uma proteção contra atividade fúngica, levando desta forma um incremento na vida útil do pseudofruto.

3.2 Fungos em alimentos

Entre os organismos deterioradores, os fungos são responsáveis por cerca 25% do total de perdas de alimentos em escala mundial, o que corresponde a 1 bilhão de toneladas ao ano, segundo a Food and Agriculture Organization - FAO (2023). Fungos são organismos heterotróficos e eucarióticos, habitam os mais variados ambientes inclusive parasitando outros seres vivos, atualmente são conhecidas cerca de 1,5 milhões de espécies (SILVA, 2016), em termos gerais podemos considerar como bolores (filamentosos e pluricelulares) e leveduras (unicelulares).

A perda de alimento relacionada a estes organismos é resultante do produto do seu metabolismo secundário, denominadas micotoxinas, atualmente são conhecidas cerca de 400 delas (SOARES *et al.*, 2013). Entre elas destacam-se as aflatoxinas, fumonisinas, zearalenona, tricotecenos e ocratoxinano, que podem ser extremamente perigosas à saúde ao contaminarem os alimentos (ARRUDA; BERRETA, 2020).

A intoxicação em humanos pode se dar de maneira direta ou indireta. A direta quando ocorre à utilização de alimento contaminado e sendo acrescentado na dieta humana e a indireta, resulta em subprodutos e derivados quando estes estão contaminados (SILVA, 2005). Nos alimentos, pode ocorrer a contaminação por parte dos fungos nas fases pré e pós-colheita, ou ainda no armazenamento, a produção das micotoxinas decorre de maneira simultânea ou posterior de acordo com Logrieco *et al.*, (2003).

A Tabela 2 apresenta os fungos e respectivas micotoxinas, assim como principal substrato alimentício.

Os fungos podem apresentar ainda especificidades para certos grupos de frutos, Ventura *et al.*, (2007), correlacionam que os fungos da espécie *Colletotrichum gloeosporioides* e *Lasiodiplodia* atacam somente frutos tropicais, enquanto que *Rhizopus stolonifer* atingem tanto frutos tropicais como temperados.

Tabela 2: Principais fungos e respectivas micotoxinas e substrato alimentício.

Fungo	Micotoxina	Matriz alimentícia
<i>Aspergillus flavus</i> e <i>Aspergillus parasiticus</i>	Aflatoxina B1	Amendoim e milho
<i>Fusarium graminearum</i>	Zearalenona	Cereais
<i>Claviceps purpúrea</i>	Ergotamina	Grãos em geral
<i>Penicillium citrinum</i>	Citrinina	Trigo, aveia, milho, cevada e arroz
<i>Fusarium</i> spp	Tricotecenos	Milho, cevada, aveia
<i>Myrothecium</i> spp.	T2, neosolaniol	trigo e centeio
<i>Stachybotrys</i> spp.,	fusanona X	
<i>Trichothecium</i> spp.	ninalenol e deoxivalenol	
<i>Fusarium verticillioides</i>	Fumonisinias	Milho
<i>Penicillium expansum</i>	Patulina	Frutas, suco de frutas
<i>Penicillium griseofulvum</i>		
<i>Aspergillus ochraceus</i>	Ocratoxina	Cevada, café e vinho
<i>Aspergillus carbonarius</i>		
<i>Fusarium</i> spp., <i>Cephalosporium</i> spp.,	Tricotecenos	Grãos com alta umidade
<i>Myrothecium</i> spp., <i>Stachybotrys</i> spp. e <i>Trichoderma</i> spp		

Fonte: Autor (2023);

Um atributo de extrema relevância é a termoestabilidade das micotoxinas, ou seja, sua estrutura não é impactada pela ação do calor. A abordagem preventiva é a primeira barreira com objetivo de evitar a contaminação por estes microrganismos. No caso da prevenção da perda de frutas no pós-colheita a armazenagem se torna primordial, um revestimento com agente bioativo que possua atividade antifúngica se torna uma perspectiva promissora.

3.3 Revestimentos biodegradáveis

Revestimentos biodegradáveis são constituídos a partir de um polímero, designado como biopolímero ou mesmo polímero natural (BRITO *et al.*, 2011). Os revestimentos aplicados em matrizes alimentícias são conceituados como sendo uma solução, emulsão ou suspensão, que deve ser aplicada diretamente na matriz alimentícia. Ao secar ocorre à formação de uma fina membrana (PINHEIRO *et al.*, 2010).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2001) define em sua RDC nº 91 de 11 de maio de 2001, a diferença entre embalagens e revestimentos.

1. Embalagens para alimentos - é o artigo que está em contato direto com alimentos, destinado a contê-los, desde a sua fabricação até a sua entrega ao consumidor, com a finalidade de protegê-los de agente externos, de alterações e de contaminações, assim como de adulterações.

2. Revestimento - é uma substância ou produto aplicado sobre a superfície de embalagens ou equipamentos para alimentos com a finalidade de protegê-los e prolongar sua vida útil.

A utilização de revestimento em matrizes alimentícias remonta aos séculos XII e XIII na China, para conservação de laranja e limão, neste caso utilizando a cera de abelha (FORATO *et al.*, 2011). O uso desse tipo de material tem sido empregado com sucesso em vários setores comerciais como: gelatina para cápsulas e suplementos, amido de milho para revestimento e cápsulas, colágeno para embalagens de produtos cárneos, outras fontes amiláceas para involucros fármacos e revestimento de frutos secos, ésteres de sacarose e ácidos graxos para revestir produtos frescos assim como cera e óleos (KROCHTA *et al.*, 2002).

A Tabela 3 expõe alguns exemplos de revestimentos biodegradáveis e suas aplicações.

O uso de soluções de revestimento em alimentos assegura uma barreira entre a matriz alimentícia e o ambiente ao redor. A barreira semipermeável tem como finalidade o aumento de vida de prateleira por meio da diminuição das trocas gasosas, taxa de respiração, reações de oxidação e perda de umidade (WONG *et al.*, 1994; PARK *et al.*, 1994; BALDWIN *et al.*, 1996). Além desta função, esse tipo de material possibilita uma utilização simples e de custos reduzidos das matérias primas, da mesma forma como seu processamento, soma-se a isso as vantagens dos atributos sensoriais, poder de barreira, boas propriedades mecânicas e estabilidade microbiana (BALDWIN *et al.*, 2011; ESPITIA *et al.*, 2014).

Assim, o emprego de revestimento biodegradável assume um papel singular, considerando sua sustentabilidade e fornecem respostas a diversos desafios associados ao armazenamento, vida útil, *marketing* de produtos alimentares com viés ecológico, surgindo assim uma alternativa a fim de reduzir os efeitos negativos que os alimentos sofrem ao serem processados (PINHEIRO *et al.*, 2010).

Tabela 3: Revestimento e respectiva aplicação (matriz alimentícia).

Revestimento	Matriz alimentícia	Autor
<i>Spirulina</i>	Goiaba	Onias <i>et al.</i> , (2018)
Amido de mandioca e gelatina	Morangos	Bretschneide <i>et al.</i> , (2019)
Amido e óleo essencial de açafrão	Abóbora (fatiada)	Mahechada <i>et al.</i> , (2017)
Mucilagem de cacto	Abacaxi em pedaços	Zambrano <i>et al.</i> , (2017)
Cera de abelha	Goiaba	Oliveira (2017)
Amido e antioxidantes	Mandioca	Coelho <i>et al.</i> , (2017)
Nanofibras celulósicas de casca de arroz	Frutas variadas	Careli-Gondim (2017)
Cera de carnaúba	Bananas	Xavier (2017)
Aloe vera e cera de carnaúba	Manga	Pérez <i>et al.</i> , (2016)
Quitosana, glicerol, montmorilonita e óleo essencial de cravo	Melão	Chevalier <i>et al.</i> , (2016)
Extrato de nabo, goma xantana e cloreto de cálcio	Maçã	Borges <i>et al.</i> , (2016)
Goma do cajueiro e carboximetilcelulose	Mamão	Silva (2013)
Amidos	Morangos	Alves <i>et al.</i> , (2011)

Fonte: Autor adaptado de Almino *et al.*, (2020);

No que se refere às técnicas de produção de revestimentos, estes podem ser elaborados de quatro formas distintas: geleificação, fusão e solidificação, coacervação simples e coacervação complexa.

- Gelificação ou coagulação térmica: quando macromoléculas de origem biopolimérica em suspensão aquosa passam por processo de aquecimento, ocorrendo a sua desnaturação passam a formar géis (estruturas coloidais), que dependendo da concentração das moléculas têm maior ou menor fluidez. Esse método também pode ser atingido pelo rápido resfriamento da solução;

- Fusão e solidificação: geralmente utilizada para revestimentos de origem lipídica, empregada para ceras e gorduras sólidas;

- Coacervação simples: precipitação de um hidrocoloide disperso em um meio aquoso através da evaporação do solvente e incorporação de soluto não eletrolítico no qual o

hidrocoloide não é solúvel, pelo emprego de um eletrólito que estimula a precipitação ou cruzamento dos compostos ou ainda pela modificação do pH.

- Coacervação complexa: se dá pela precipitação da mistura de suas soluções hidrocoloidal de cargas elétricas opostas.

A funcionalidade e comportamento dos revestimentos biodegradáveis estão diretamente relacionados com as propriedades de transporte e mecânicas, que nesse caso depende diretamente de três fatores: método, aplicabilidade e matéria prima (PINHEIRO *et al.*, 2010).

3.3.1 Características dos revestimentos biodegradáveis

Para que o revestimento tenha êxito a sua constituição deve estar associada ao tipo de produto, uma vez que as propriedades do alimento poderão comprometer a eficácia do recobrimento biodegradável. Essa interface sólida - líquida corresponde em conhecer a natureza química e a topografia da matriz alimentícia (sólido) assim como a composição química e molhabilidade do revestimento (líquido).

Os revestimentos deverão possuir constituintes que forneçam uma matriz resistente, com capacidade de adesão às superfícies do alimento (VILLADIEGO *et al.*, 2005). Essa adesão se resume ao que denominamos de capacidade molhante, que é o balanço entre as forças de coesão e adesivas, esta propriedade visa garantir que a superfície do alimento seja uniformemente revestida (CASARIEGO *et al.*, 2008). Geralmente a capacidade molhante é determinada através do ângulo de contato θ (Teta). Se o ângulo de contato entre um líquido e um sólido estiver entre 90° e 180° , significa que esta solução não “molha” o sólido, já se o θ permanecer entre 0° e 90° o líquido possui características de molhar completamente a superfície de um sólido, o que é o ideal para uma solução de revestimento.

A eficiência do revestimento se deve principalmente a essa funcionalidade (PARK, 1999). Entretanto, outras propriedades são de extrema relevância a fim garantir a funcionalidade do revestimento, são elas tensão superficial, coeficiente de espalhamento, densidade, viscosidade e opacidade da cor.

A tensão superficial é ligada diretamente à capacidade molhante. Um revestimento que apresenta baixa tensão superficial se difunde com maior facilidade na superfície do alimento, estabelecendo uma boa adesão, sendo fundamental para o revestimento. O coeficiente de espalhamento é alusivo ao aumento da área projetada alcançada pela solução formadora do revestimento.

No caso da densidade que é a relação entre massa e volume, esta determina se uma substância irá ou não fluir sobre uma superfície. Líquidos de maior densidade tendem a fluir de modo mais lento, com isso o seu contato com determinada superfície demora mais, o que possibilita maior absorção, o que facilita o preenchimento de possíveis imperfeições superficiais.

Para que a solução de revestimento tenha maior fluidez deve apresentar baixa viscosidade, para que tenha capacidade de alcançar todos os espaços da superfície do substrato, suas irregularidades, com propósito de não permitir que haja áreas vazias.

O conceito de opacidade está relacionado de acordo com a quantidade de luz que é absorvida através da difusão entre os compostos da matriz polimérica, influenciando entre outros fatores a aparência e a cor (FADINI *et al.*, 2013; CARDOSO, 2017). A aceitação de um produto por parte do consumidor depende entre outros fatores da sua apresentação. Nesse aspecto a cor do revestimento desempenha um importante papel na receptividade do consumidor final. De acordo com CIE (Commission Internationale de l'Eclairage), no sistema de cor, a luminosidade é representada por L^* , e as coordenadas por a^* e b^* . Tais parâmetros são avaliados por meio da transmitância interna do material, quanto menor a transmitância, maior índice de opacidade terá o revestimento, ou seja, menor absorção da luz, atuando diretamente no fator de oxidação e degradação da matriz alimentícia revestida (CARISSIMI, 2017), ou seja, limitando a incidência com o turvamento do recobrimento (ROBERTSON, 2012).

Entre outros atributos, a permeabilidade ao dióxido de carbono, vapor de água e ao oxigênio estão entre as características mais pesquisadas em relação às propriedades de transporte (PINHEIRO *et al.*, 2010). Os revestimentos biodegradáveis devem apresentar uma barreira eficaz às trocas gasosas e aos vapores de água. Essas características decorrem do fato de assegurar uma composição de gases constante no seu interior, uma vez que muitos alimentos necessitam de condições atmosféricas específicas para preservar sua qualidade durante sua estocagem (VILLADIEGO *et al.*, 2005).

Ainda é possível classificar os revestimentos de acordo com a afinidade ou não com as moléculas de água, como hidrofílicos e hidrofóbicos (ASSIS *et al.*, 2008). Revestimentos biopoliméricos com matriz hidrofílica caracterizam-se por apresentarem ligações covalentes polares com dipolo, o que favorece a concentração e reorganização de moléculas polares, sobretudo da água (ASSIS *et al.*, 2014), esta condição exibe de baixa a moderada resistência à umidade (VILLADIEGO *et al.*, 2005). No caso de alta taxa de permeabilidade ao vapor de água, esse fator, a hidroflicidade, é desejável para conservação de alimentos frescos ou

congelados, impedindo desta forma a desidratação (DEBEAUFORT *et al.*, 1998), e baixa permeabilidade ao oxigênio. Esses atributos são pertinentes no emprego de revestimentos destinados a frutos, a fim de reduzir a taxa de respiração que conseqüentemente retarda o amadurecimento (KROCHTA *et al.*, 1997; MILLER *et al.*, 1997). São exemplos desse tipo de matriz biopolimérica os polissacarídeos, entre eles pectina, goma xantana, celulose, quitina, amido, quitosana, alginato entre outros.

Os revestimentos hidrofóbicos possuem a mesma eletronegatividade, ou seja, são apolares, que na presença da água as partículas se condensam e rechaçam as moléculas polares. Como exemplo tem as proteínas, óleos e ácidos graxos (ASSIS *et al.*, 2014).

Uma alternativa a fim de aperfeiçoar a barreira contra umidade seria a de incorporar aditivos que contribuam com esse fator. Atualmente existem inúmeros insumos que são empregados para esta finalidade, tais como compostos lipídicos, como óleos, ceras, triglicerídeos, ácido esteárico entre outros (AVENA-BUSTILLOS *et al.*, 1993).

Assim como as propriedades de transporte, as propriedades mecânicas dependem do tipo de matéria prima no qual é formado o revestimento. Neste caso, a estrutura como a força e peso molecular, geometria, distribuição e posição de seus grupos laterais fornecem a coesão estrutural, que nada mais é que a capacidade de união molecular evitando o fracionamento das cadeias poliméricas (HAN, 2000; VILLADIEGO *et al.*, 2005).

O emprego de outros compostos como plastificantes e surfactantes pode alterar o comportamento dos revestimentos, aprimorando determinadas características como molhabilidade e imobilização de partículas. Como ocorre no incremento da fração de plastificante no qual gera uma maior mobilidade molecular, ocasionando um aumento na porcentagem de flexibilidade, atuando no coeficiente de espalhamento, como é o caso do sorbitol e glicerol.

A solubilidade em água é um fator importante, pois fornece informações relativas ao comportamento do revestimento no sistema aquoso, indicando a sua resistência, uma vez que ocorre a interação entre as propriedades do revestimento e sua capacidade de proteção (PINHEIRO *et al.*, 2010; SILVEIRA, 2019). De acordo com a aplicabilidade do revestimento, este deverá ter como prioridade baixa ou alta solubilidade, se a matriz alimentícia apresentar alta quantidade de água o recobrimento deverá ter baixa solubilidade (ÖZDEMIR *et al.*, 2008). Em outros casos, como levar o alimento à cocção com o próprio recobrimento uma solubilidade alta ou moderada é mais vantajosa (LAOHAKUNJIT *et al.*, 2004), em especial quando a aplicação se dá em produtos com baixa concentração de água como em alimentos secos (BIDUSKI *et al.*, 2017)

Ao determinar um material como biodegradável, este deverá ser constituído de elementos orgânicos, e que seja naturalmente degradado em sua totalidade. Esta degradabilidade decorre por parte de microrganismos, convertendo macromoléculas em moléculas menores como água, CO₂, biomassa, metano e hidrogênio (LAWTON, 1996). Essa degradação ocorre por intermédio de duas rotas distintas, aeróbica, resultando na formação de gás carbônico, CO₂ e água, e anaeróbica gerando através desse mecanismo gases como hidrogênio e metano (PETERSEN *et al.*, 1999). Entretanto, para que esse processo seja total e de forma eficiente é necessário que determinadas condições estejam apropriadas, como pH, temperatura, luminosidade, umidade, demanda de oxigênio assim como nutrientes (LAWTON, 1996), possibilitando aos microrganismos utilizarem a matéria orgânica, no caso dos revestimentos biodegradáveis, como fonte para seus processos metabólicos.

3.3.2 Biopolímeros

A crescente demanda por produtos/materiais que não degradam o meio ambiente se traduz em uma maior conscientização, buscando o desenvolvimento de maneira suportável ao crescimento da população em si, de forma a minimizar a deterioração do ambiente. Assim, a substituição de produtos sintéticos por naturais configura-se em prática cada vez mais habitual.

O termo polímero do grego *poli* “muitas” e *meros* “partes, foi cunhada por Jöns Jacob Berzelius, químico alemão que em 1832 estudava a diferenciação de moléculas orgânicas com mesmos elementos químicos, porém apresentavam propriedades distintas (FARIAS *et al.*, apud JÚNIOR, 1998; PITT *et al.*, 2011).

Polímeros sintéticos têm sua origem no emprego de matéria de origem fóssil, que por sua vez não são de caráter renovável. Já os naturais, os biopolímeros, derivam de fonte renovável, animal, vegetal ou microbiana, que são constituídos durante o ciclo de crescimento envolvendo reações metabólicas a partir de cadeias de monômeros ativadas de modo intracelular (FRANCHETTI *et al.*, 2006).

Os biopolímeros segundo sua natureza e produção, podem se distinguir sob forma de três classes (COLTRO *et al.*, 2005):

a) Desenvolvidos por meio de síntese química, utilizando monômeros como poliácido lático constituindo um biopolímero elaborado a partir do ácido lático, pela fermentação dos carboidratos;

b) Elaborado por fermentação microbiana, que pode ou não ter sofrido alteração do genoma. São exemplos o polihidroxialcanoatos (PHAs) e polibutilenosuccinato (PBS);

c) Extração realizada diretamente de biomassa, como: polissacarídeos (quitina, dextrana, celulose, amido, etc.) e proteína (albumina, caseína, seda, colágeno, elastina, etc.).

Segundo a composição dos polímeros naturais, estes podem receber a seguinte classificação (VILLADIEGO *et al.*, 2005):

a) Hidrocoloidal: de natureza hidrofílica, afinidade a moléculas de água, podem ser de fonte proteica ou polissacarídica. Apresentam como característica baixa permeabilidade ao O₂ e CO₂ e baixa barreira ao vapor de água;

b) Lipídica: origem hidrofóbica, afinidade por moléculas neutras ou apolares. Oferecem baixa permeabilidade a gases e ao vapor de água (HAN, 2000; LABUZA *et al.*, 1989);

c) Compostos: associação de lipídeos e proteínas ou polissacarídeos e lipídios, podendo ser em camadas separadas ou associadas. Uma das vantagens deste tipo é a característica que possuem, pois agregam vantagens de acordo com a natureza dos seus constituintes (LABUZA *et al.*, 1989), conferindo desta maneira uma prerrogativa a mais neste conceito.

Maringgal *et al.*, (2020) elaboraram um estudo sobre o avanço dos revestimentos biodegradáveis, de acordo com a Tabela 4.

Além do emprego dos biopolímeros na constituição de revestimentos para a indústria de alimentos, sua utilização abrange outras aplicações como em nanocompósitos (DENG *et al.*, 2016), nanofibras (HUANG *et al.*, 2016), hidrogéis (PADOL *et al.*, 2016). Diversas multinacionais já empregam este tipo de polímeros, destacando a Biotec, utilizando amido, Cargil Dow com Poli (ácido lático), TPS inc. aplicando poliálcool vinílico, Ecoflex com um biopolímero à base de milho (KLOSS, 2007). Outras empresas mesclam a utilização de polímeros sintéticos com biopolímeros, como a Brasken e Afinko.

Dentre uma série de biopolímeros utilizados destacam-se os polissacarídeos, lipídios e proteínas resultantes de diversas fontes naturais (VILLADIEGO *et al.*, 2005).

Os polissacarídeos podem ser de origem animal, vegetal ou microbiana. Atua como fonte de reserva energética (glicogênio) em animais e fungos, e na estruturação do exoesqueleto de insetos e crustáceos, sob forma de quitina. Nas plantas, também age no armazenamento energético como o amido, no caso da celulose atua na função estrutural (NELSON *et al.*, 2000), outro exemplo é a pectina, encontrada em várias partes dos tecidos

vegetais e galactomananos nas sementes. Ainda são exemplos às emulsões mucilaginosas as procedentes de algas como alginato e ágar.

Tabela 4: Fonte de polímeros naturais e aplicação.

Fonte natural	Biopolímero	Aplicação	Referência
Animal	Quitosana	Mirtilos	Yang <i>et al.</i> , 2014
microrganismo	Alginato	Morangos	Poverov <i>et al.</i> , 2014
Vegetal	Mucilagem <i>Aloe vera</i>	Pêssego e Romã	Paladines <i>et al.</i> 2014
Vegetal	Pectina	Tomates	Rodriguez-Garcia <i>et al.</i> , 2016
Microrganismos	Goma Xantana e Xantana	Peras	Sharma <i>et al.</i> , 2015
Vegetal	Carboximetilcelulose		Arnon <i>et al.</i> , 2015
Vegetal	Goma arábica	Manga	Khaliq <i>et al.</i> , 2015
Animal	Quitosana	Melão fatiado	Carvalho <i>et al.</i> , 2016
Animal	Quitosana	Mirtilo	Vieira <i>et al.</i> , 2016
Vegetal	Goma Alfarroba	Laranja	Parafati <i>et al.</i> , 2016
Microrganismos	Alginato	Maçã	Guerreiro <i>et al.</i> , 2017
Vegetal	Goma Arábica	Goiaba	Murmu <i>et al.</i> , 2017
Vegetal	Metilcelulose	Morango	Dhital <i>et al.</i> , 2017
Vegetal	Carboximetilcelulose	Abacate	Tesfay <i>et al.</i> , 2017
Vegetal e microrganismos	Pectina alginato	Manga fatiada	Salinas-Roca <i>et al.</i> , 2017
Animal	Quitosana	Melão	Poverenov <i>et al.</i> , 2018
Animal	Quitosana	Tangerina	Xu <i>et al.</i> , 2018
Animal	Extrato etanólico de própolis	Manga	Al-Qurashi <i>et al.</i> , 2018
Animal	Quitosana	Goiaba	Nair <i>et al.</i> , 2018
Microrganismo	Alginato		
Vegetal	Mucilagem Babosa	Mamão	Mendy <i>et al.</i> , 2019
Animal	Alginato	Tomate	Salas-Méndez <i>et al.</i> , 2019
Microrganismo	Quitosana		
Vegetal	Amido	Ameixa	Basiak <i>et al.</i> , 2019
Vegetal	Mucilagem Babosa	Laranja	Rasouli <i>et al.</i> , 2019
Animal	Quitosana	Melão fatiado	Ortiz <i>et al.</i> , 2019

Fonte: Maringgal *et al.*, (2020);

Revestimentos provenientes de fontes polissacarídicas exibem uma condição estrutural frágil e quebradiça, isso devido às interações entre suas moléculas. Na maioria das vezes requer a aplicação de aditivos a fim de aperfeiçoar tais propriedades, como o uso de plastificantes e surfactantes (PINHEIRO *et al.*, 2010). Dentre os lipídios com finalidade de revestimento empregados na indústria de alimentos destacam-se: as ceras, como a de carnaúba e abelha, o farelo de arroz e óleos de origem vegetal. A respeito de seus atributos podemos ressaltar a alta condição de barreira à umidade, devido a sua baixa polaridade, diminuição da abrasividade, decréscimo de queimaduras ocorridas na superfície da casca e retardo na oxidação devido a sua opacidade (SILVA *et al.*, 2020).

A adição de outros compostos em revestimentos surge com a finalidade de melhorar as suas propriedades químicas e mecânicas como aumento da elasticidade, resistência à tração e compressão. Plastificantes são substâncias que incrementam a flexibilidade como é o caso da xilose, sorbitol e glicerol, levando a um aumento na capacidade de alongamento e diminuindo a resistência à tração. Esses elementos agem nas cadeias poliméricas limitando as forças intermoleculares, com isso permite uma maior absorção de moléculas de água (PINHEIRO *et al.*, 2010).

Já os surfactantes, podem ser definidos como compostos que possuem dupla funcionalidade, uma vez que suas moléculas são separadas em duas regiões distintas (anfifílicas), uma hidrofóbica apolar e outra hidrofílica polar (MINATTI, 2005). Também denominados como tensoativos são utilizados para quebrar a tensão superficial em revestimentos e filmes biodegradáveis, com objetivo de influenciar na superfície de contato e aumentar a permeabilidade ao vapor da água. Contudo seu uso deverá depender da matriz alimentícia a ser utilizado, um dos mais empregados na indústria de alimentos é o Tween (polisorbato).

3.3.3 Alternativa para a matriz biopolimérica – mucilagem de *Abelmoschus esculentus*

Abelmoschus esculentus L. Moench, popularmente conhecido como quiabeiro, é uma planta herbácea da família Malvaceae, podendo atingir 3 m de altura, caule semilenhoso, folhas verdes grandes, flores amarelas cujo fruto denomina-se quiabo. Segundo Alan Davison, (2004), tem sua origem na África, mais precisamente na região da Etiópia, chegando ao Brasil por volta do século XVI, através dos escravos.

Seu cultivo ocorre principalmente na Ásia, sul da Europa e América (YUAN *et al.*, 2018), no Brasil, observa-se maior produção nas regiões Nordeste e Sudeste (SANTOS,

2013). O armazenamento do quiabo pode ser em temperatura ambiente, entretanto, em torno de 3 a 4 dias o fruto começa a murchar, uma vez que ele possui alto teor de umidade que gira em torno de 90% de seu peso, ocorrendo à perda de seus nutrientes (ARAÚJO, 2019).

Geralmente consumido cozido, é muito apreciado na culinária brasileira por sua palatabilidade e possuir inúmeros minerais como magnésio, manganês, selênio, zinco ferro cálcio, fósforo e cobre, além de vitaminas A, C, E e K, além de ser fonte de antioxidantes (ARAÚJO, 2019). Dentre suas propriedades, estudos indicam seu potencial como antidiabético e redutor do colesterol, (LIU *et al.*, 2018; CHEN *et al.*, 2016.).

De acordo com Zanin (2021) a composição de nutrientes para 100 g do fruto do quiabeiro, corresponde a 0,3g de gorduras, 1,9 g de proteínas, 6,4 g de carboidratos, 4,6 g de fibras, magnésio 50 mg, cálcio 112 mg, fósforo 56 mg, zinco 0,6 mg e 30 kcal.

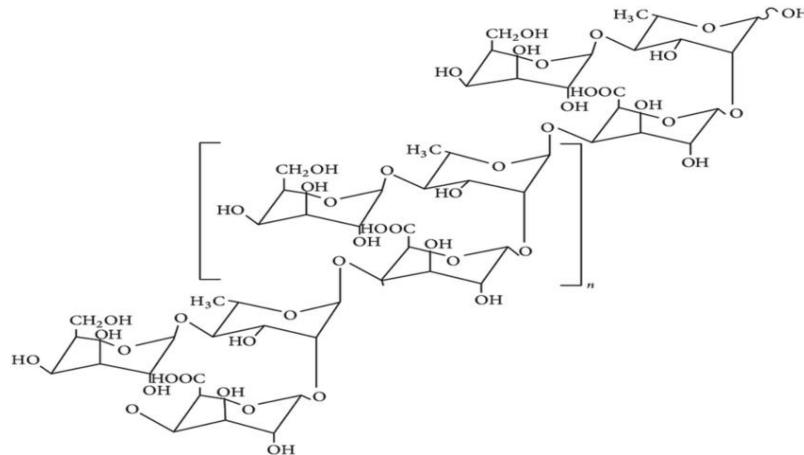
O quiabo apresenta uma grande fonte de polissacarídeos hidrofílicos, destacam-se o ácido galacturônico, galactose e ramnose (HIROSE *et al.*, 2004), são altamente ramificados com cadeias laterais curtas de galactose, apresentando alto índice de viscosidade (XU *et al.*, 2017). Uma vez que são formados por polissacarídeos lineares e ramificados formam géis mais facilmente, pois ocupam mais espaço e são mais estáveis, formando assim soluções mais viscosas (JANI *et al.*, 2009).

Em contato com água forma um hidrocolóide, denominado mucilagem, essa estrutura molecular concentra um grande número de hidroxilas, estabelecendo ligações de hidrogênio com a água sendo hidrofílicos, produzindo soluções coloidais podendo formar géis. A mucilagem é uma secreção metabólica natural das plantas produzida intracelularmente de aspecto amorfo, viscosa que ao contato com a água aumenta consideravelmente de volume.

Entre as propriedades que a mucilagem apresenta por ser um hidrocolóide estão a geleificação e solidificação em produtos fluidos, mantendo partículas imobilizadas em suspensão. Apresenta estabilidade com função de fortalecer a emulsão, evitando assim a separação e em caso de alimentos congelados a formação de cristais de gelo. Possivelmente a propriedade mais empregada seja a viscosidade, uma vez que cumpre a função de substituir óleos e gorduras com a função de “espessar” a água, gerando características similares a estes compostos (BRANCO, 2011).

A estrutura polissacarídica da mucilagem do quiabo está representada conforme a Figura 1, no qual se pode verificar a cadeia linear com suas ramificações e hidroxilas.

Figura 1 - Estrutura polissacarídica do quiabo.



Fonte: Zaharuddib *et al.*, (2014);

A viscosidade intrínseca, que de acordo com Ndjuouenkeu *et al.*, (1996), e Kontogiorgos *et al.*, (2012), depende do protocolo de extração, este fator é relacionado com os atributos estruturais como elasticidade e cisalhamento (RITZOULIS, 2017). Estas características reológicas descritas por Senghamparn *et al.*, (2010), retrata que a resposta elástica pode ser dependente da acetilação dos polissacarídeos, ou seja, pela interação intermolecular, substituindo um grupo acetila por um átomo de hidrogênio. De acordo com estudos recentes, as propriedades elásticas não devem ser consideradas apenas pela reologia de cisalhamento, há de se ponderar as características da reologia extensional, para que se obtenham informações mais amplas das propriedades mecânicas e reológicas da mucilagem (YUN *et al.*, 2018).

Tais teorias revelaram que o método de extração pode e deverá ter influência na estrutura polissacarídica da mucilagem do quiabo, que como resultado, irá afetar as propriedades reológicas e mecânicas, produzindo respostas não tão favoráveis dependendo do tipo de aplicação.

A utilização da mucilagem do quiabo inclui setores muito além da simples utilização como fonte de matéria prima para revestimentos, na indústria farmacêutica como estudos conduzidos por Zaharuddin *et al.*, (2014), sendo empregada para revestimento de comprimidos com a finalidade de prolongar a liberação do fármaco, assim como fizeram Ghori *et al.*, (2014). Em biomateriais, na produção de próteses ósseas e cartilaginosas (DIMOPOULOU *et al.*, 2014), como flocculantes e coagulantes para aplicação ambiental (LEE *et al.*, 2015; FREITAS *et al.*, 2016). Na indústria de alimentos como soluções emulsificadoras, suspensões, ligantes, estabilizadores e em filmes biodegradáveis como os realizados por Silva Filho (2017) e Araújo (2019).

3.4 Revestimentos bioativos

A elaboração de revestimentos bioativos visa agregar juntamente com a matriz biopolimérica outro composto, com intuito de proporcionar uma melhora nas propriedades dos revestimentos biodegradáveis como funcionalidade, estabilidade e segurança alimentar (MARTINS *et al.*, 2010). Os aditivos como são designados provém de matérias primas naturais, como antioxidantes, vitaminas, nutrientes, antimicrobianos, compostos funcionais entre outros. Ao carrear qualquer tipo de substância ao revestimento ou filme biodegradável, esta deverá ser classificada, geralmente reconhecida como seguro, em inglês GRAS (Substances Generally Recognized as Safe), assim como acatar a legislação vigente.

Dentre os aditivos, os antimicrobianos estão entre os mais estudados e utilizados nos revestimentos biodegradáveis (NETTO, 2009). A incorporação de antimicrobianos em revestimentos e embalagens é empregada com a finalidade de melhorar a segurança e qualidade dos alimentos (QUINTAVALLA *et al.*, 2002). Entre os problemas que a contaminação microbiológica acarreta estão o potencial risco de transmissão de doenças, perdas econômicas oriundas do desperdício de alimentos e diminuição da vida de prateleira. A alternativa está na inserção destes agentes para agirem ao inibir, retardar ou reduzir o desenvolvimento microbiano na matriz alimentícia.

A ação antimicrobiana pode se dar de duas maneiras distintas, a primeira é que a embalagem possui agentes que retardam o crescimento microbiano na superfície do alimento, sem a dispersão do agente ativo para o interior do alimento, a outra é caracterizada por apresentar compostos antimicrobianos que migram da superfície do material para o interior do alimento (QUINTAVALLA *et al.*, 2002).

O comportamento dos agentes antimicrobianos ao conter a contaminação por microrganismos é dividido em: inativação direta, ou seja, pelo contato ampliando a fase lag e indireta com a diminuição da taxa de desenvolvimento da microbiota (QUINTAVALLA *et al.*, 2002). Para alcançar esta finalidade pode-se adotar um biopolímero que já possui ação antimicrobiana, sem a necessidade de incorporação de aditivo para esta finalidade, como exemplo da quitosana, ou empregar o agente antimicrobiano diretamente na matriz biopolimérica, de maneira adsorvida e ou imobilizada em sua superfície (APPENDINI *et al.*, 2002).

Revestimentos que contenham baixa solubilidade são os mais adequados a transportar o agente antimicrobiano, uma vez que consegue permanecer por mais tempo com índices mais elevados de carga antimicrobiana (VILLADIEGO *et al.*, 2005).

Inúmeros agentes microbianos são utilizados atualmente com finalidades distintas podendo agir diretamente contra o microrganismo, aniquilando-o qualificando-o como bactericida, ou com a finalidade de inibir o desenvolvimento microbiano sendo bacteriostático. A Tabela 5 apresenta alguns exemplos.

Tabela 5: Exemplos de compostos antimicrobianos.

Categoria	Exemplo
Ácidos Orgânicos	Acético, tartárico, málico, benzóico, láctico
Ácidos graxos	Láurico, palmitolênico
Agentes quelantes	EDTA, citratos
Enzimas	Lisozima, nisina
Metais	Prata, cobre, zircônio
Extratos vegetais	Óleos de orégano, semente de uva, alho, canela, capim limão, coentro, citronela, menta, pimentas (diversas), sálvia, coentro, canela
Metabólitos de microrganismos	Bacteriocinas, micotoxinas
Animais	Própolis, quitosana

Fonte: Autor adaptado de: Ferreira (2012), Montes *et al.*, (2013), Silva (2009) e Brasil (2010);

Torna-se evidente a relevância dos microrganismos, uma vez que são fontes de inúmeros recursos como, alimentos, polímeros, atuando na degradabilidade e produzindo agentes antimicrobianos. Entretanto, também são responsáveis por patologias, muitas delas de extrema gravidade, da mesma forma, causam perdas vultosas agindo como deterioradores de alimentos. Nesse contexto, os fungos se destacam, seja pela produção de compostos patogênicos como as micotoxinas, que resulta em enormes perdas de alimentos no pós-colheita ou mesmo causando intoxicações de origem alimentar.

Entre os diversos microbianos naturais, estudos crescentes vêm sendo conduzidos a fim de avaliar a capacidade da própolis em combater microrganismos, sendo inserida em matrizes poliméricas de filmes e revestimentos biodegradáveis.

3.4.1 Própolis

O termo própolis de origem grega significa “*pro*” defesa e “*polis*” cidade, representa exatamente a sua funcionalidade. A própolis é elaborada por abelhas a partir de substâncias resinosas, balsâmicas e gomosas, no qual é extraído de várias partes das plantas, como brotos, exsudatos e flores. Normalmente as abelhas realizam a colheita raspando com suas mandíbulas os extratos vegetais, no qual são posteriormente manipulados por suas patas. Após, são dispostas nas corbículas, protuberância localizada no terceiro par de patas, também denominadas cesta de pólen (COSTA; OLIVEIRA, 2017). Na colmeia esse composto resinoso é acrescido de cera, pólen e secreções salivares, sua função diz respeito à higienização, formar barreira nas fissuras externas, preencher lacunas vazias, substituição da película protetora dos favos de alimento e postura, além de proteção química devido a suas propriedades antissépticas e antimicrobianas (ALENCAR *et al.*, 2005).

Em suas características, há diversos fatores que influenciam na sua constituição como o tipo de vegetação que a abelha utiliza para realizar a colheita das resinas, época do ano e localização. Tornando sua estrutura química extremamente complexa (SALGUEIRO, 2016). Proporcionalmente é considerado cerca de 60 - 50 % de resinas balsâmicas, ceras em torno de 40 - 30 %, óleos essenciais 5%, grão de pólen e outras substâncias como microelementos, sendo eles microelementos (alumínio, cálcio, estrôncio, ferro, cobre, manganês) e vitaminas (B1, B2, B6, C e E), (GREENWAY *et al.*, 1990; BANKOVA *et al.*, 2000; HUANG *et al.*, 2014).

Segundo Salgueiro (2016), ainda que um tanto complexa seja a composição da própolis, pode se destacar os seguintes compostos:

- Ácidos alifáticos; ácidos aromáticos (derivados benzóico e cinâmicos); ésteres aromáticos derivados.
- Flavonas e flavonóis como, crisina, galangina, quercetina, canferol; flavanonas (naringenina, pinocembrina); chalconas e diidrochalconas.
- Hidrocarbonetos superiores; álcoois; álcoois graxos de cadeia longa; ácidos graxos superiores típicos de ceras e seus ésteres; aldeídos e cetonas.
- Minerais: Na, K, Mg, Ba, Sr, Cd, Pb, Cu, Mn, Fe, V, Si, Al, Ni, Zn, Cr, Mo e Co;
- Terpenóides e fenilpropanóides (como ácido clorogênico e ácido cafeico), esteróides, aminoácidos, açúcares, ligninas;

Seu consumo se dá principalmente através de extratos ou compostos alcoólicos de grau alimentício (álcool de cereais), em menor número em forma de cápsulas, pó e extratos

aquosos. A própolis também é muito utilizada na indústria cosmética e de alimentos (ALENCAR *et al.*, 2005; SFORCIN *et al.*, 2000).

Inúmeras pesquisas sobre a própolis têm sido conduzidas como as de Matshugige *et al.*, (1996), Bankova (2005); Kosalec *et al.*, (2005); Alencar *et al.*, (2005); Simões *et al.*, (2008), com propósito farmacológico, devido às qualidades como antioxidante, antiviral, anti-inflamatória, hepatoprotetora, antibacteriana, antifúngica.

Estudos foram dirigidos com propósito de incorporar própolis em revestimentos e filmes, em todos apresentaram resposta positiva em relação à diminuição da carga microbiana e na perda de massa. Passos (2014), aplicou sobre banana, mamão e laranja, da mesma forma foi utilizado em culturas de juazeiro (ATAÍDE *et al.*, 2017), em maracujá amarelo (CUNHA *et al.*, 2017). Lira (2019), empregou sob queijo tipo coalho, comprovando seu efeito inibitório frente a bactérias psicotróficas e mesófilos aeróbicos, de modo semelhante foi administrado à própolis em biofilmes para recobrir acerola (ABREU, 2019). Em abacates tipo avocado ocorreu diminuição na contagem de unidades formadoras de colônias, tanto fúngica como microbiana (AQUINO *et al.*, 2020). Queiroz (2021) aplicou em pimentões a fim de verificar a eficiência em relação à antracnose, demonstrando que o extrato da própolis inibiu em 50% a formação de conídios e o crescimento micelial.

De acordo com os fundamentos expostos, a ação antimicrobiana da própolis foi observada e comprovada. Atuando de maneira distinta, seja provocando danos estruturais na parede ou membrana celular, através do ácido benzoico, cafeico e cinâmico e dos flavonóides. Outra via é através da inibição referente à replicação microbiana e fúngica, agindo nas cadeias de RNA-polimerase, através dos compostos flavonona pinocembrina, éster feniletil, flavonol galagina (UZEL *et al.*, 2005; SCAZZOCCHIO *et al.*, 2006; LUSTOSA *et al.*, 2008).

Em estudos realizados comprovou-se a eficácia da própolis em bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, contudo, a ação antimicrobiana se deu de forma menos expressiva em bactérias Gram-negativas (LU *et al.*, 2005; MARUCCI *et al.*, 2001; REZENDE *et al.*, 2006; PACKER; LUZ, 2007).

As propriedades antifúngicas foram testadas *in vitro* pelos pesquisadores Oliveira *et al.*, (2006) e Longhine *et al.*, (2007), no qual estudaram os efeitos da própolis frente a infecção causada por leveduras, denominadas onicomicoses, os resultados se mostraram extremamente promissores. O extrato da própolis também foi empregado no combate a *Candida albicans* e não *albicans*, no qual Oliveira Júnior *et al.*, (2017), compilaram uma série

de estudos de 2008 a 2016, no qual constatou-se que em todas as pesquisas demonstraram eficácia da própolis em relação a *Candida* spp.

A atividade da própolis frente a fungos fitopatogênicos foi comprovada por Ozcan, (1999), com relação às espécies *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus parasiticus*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium melonis* e *Penicillium digitatum*. Também se mostrou eficiente na redução da micotoxina aflotoxina assim como nos fungos produtores *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus* (KHERZI *et al.*, 2006). Da Silva *et al.*, (2008), comprovaram o efeito inibitório diante aos fungos *Phytophthora capsici*, *Colletotrichum gloesporioides*, *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer* e *Lasioidiplodia theobromae*, assim como estudos demonstraram a efetividade em relação ao *Aspergillus nidulans*, *Colletotrichum capsici*, *Botrytis cinerea*, *Aspergillus* sp. e *Penicillium* (ARAÚJO, 2009; ZAHID *et al.*, 2013; ALMEIDA, 2014; BUEHRMANN *et al.*, 2018).

Segundo estudos realizados o efeito antibacteriano e antifúngico da própolis, se deve ao fato dos altos teores de flavonoides e compostos fenólicos (DA SILVA *et al.*, 2007; BURDOCK, 1998; METZER *et al.*, 1997).

4. METODOLOGIA

4.1 Extração e caracterização da mucilagem de *Abelmoschus esculentus*

As vagens do quiabo para extração da mucilagem foram adquiridas em pontos comerciais locais. A escolha dos frutos foi de forma visual, qualitativa, levando em consideração características como ausência de danos físicos e colônias fúngicas, com as vagens medindo cerca de 10 a 15 cm de comprimento. O preparo das vagens consistiu na higienização com hipoclorito de sódio (1 ppm) por 10 min, lavagem e drenagem em temperatura ambiente.

A extração da mucilagem é baseada nas técnicas descritas por Silva Filho (2017) e Araújo (2019), com adaptações, constituindo em dois métodos distintos. O primeiro ensaio, denominado método A, consiste em no seccionamento das vagens, Figura 2, em torno de 5 mm, imersão em água na proporção de 3:1 (água: quiabo), por 20 min a temperatura de 70 °C, sob agitação em banho termostático.

Figura 2 - Vagens do quiabo seccionadas.



Fonte: Autor (2023);

O outro método, denominado B, ocorre o equivalente ao método A, entretanto ocorre a substituição do seccionamento das vagens pela sua trituração, Figura 3, através de liquidificador.

Figura 3 - Vagens do quiabo liquidificadas.



Fonte: Autor (2023);

Na sequência, em ambos os métodos, ocorre o peneiramento da solução em peneira 16 *mesh* e filtragem em tecido tipo *organza* com objetivo da retirada das partículas sólidas.

Após, utiliza-se etanol na proporção 2:1 (etanol: solução resultante do quiabo), com a finalidade de remover a mucilagem, representado pela Figura 4.

Figura 4 - Remoção da mucilagem.



Fonte: Autor (2023);

A etapa final caracteriza-se pela lavagem da mucilagem em acetona, a fim de retirar a clorofila remanescente das vagens. A mucilagem é seca em estufa de circulação forçada, 50 °C por 24 h. Logo após é pesada para cálculo de rendimento e acondicionada em dessecador.

Para determinar o rendimento do extrato da mucilagem através de cada método foi utilizada a Equação 1, conforme Kaur *et al.*, (2017):

$$RE = \frac{ME}{MA} * 100 \quad (1)$$

Onde RE é o rendimento, ME a massa do extrato (g) e MA a massa da amostra (g).

A caracterização da mucilagem foi realizada a partir das seguintes análises:

4.1.2 Infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR)

A espectroscopia infravermelha proporciona a identificação das ligações químicas através da energia vibracional das moléculas. Permitindo o reconhecimento dos grupos funcionais, nesse caso os presentes na mucilagem com intuito de comparação com trabalhos similares. Nos ensaios foi utilizado equipamento Shimadzu IR Prestige – 21, amostras

constituídas em disco de KBr, sob temperatura ambiente compreendendo em 50 varreduras com resolução de $4,0\text{ cm}^{-1}$.

4.1.3 Análise termogravimétrica (TGA)

A análise termogravimétrica foi utilizada a fim de determinar a degradação do polissacarídeo do quiabo, a mucilagem, frente à temperatura/tempo. As mucilagens obtidas a partir dos dois métodos A e B foram submetidas a esta técnica com objetivo de comparar o tempo de perda de massa de ambas as amostras frente ao aumento de temperatura.

Foi empregado o analisador Shimadzu TGA 50, em atmosfera controlada N_2 a uma taxa de $20\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$, taxa de aquecimento de 10°C , a uma temperatura inicial de 25°C e temperatura final de 800°C .

4.1.4 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A microscopia eletrônica de varredura tem por finalidade fornecer informações a respeito da morfologia microestrutural da superfície de determinada amostra a ser analisada, neste caso o pó da mucilagem. Referida técnica assentada na emissão de um feixe de elétrons de alta energia sob material a ser observado, constituindo desta maneira uma imagem de alta resolução da fração externa da amostra. As análises foram realizadas a partir do equipamento Hitachi TM-300, empregado uma tensão de aceleração de 20 kV , com ampliação de 200-500x.

4.1.5 Ângulo de Contato (θ)

A interação solução do revestimento com a superfície da matriz alimentícia é dado pelo cálculo do ângulo de contato, também determinado de molhabilidade. Para os ensaios foi empregado tensiômetro óptico, One Attention – Theta Instrument, através do método de gota sésil. O ensaio é baseado no emprego de uma gota da solução mucilagínosa na superfície de um sólido, através de uma agulha, após, a imagem é capturada por uma câmera de alta resolução, para cálculo do ângulo.

Foi realizada a análise dos dois tipos soluções de mucilagem, A e B, em superfície plana (lâmina de vidro), para determinar a melhor resposta referente à molhabilidade das mucilagens.

Posteriormente foi realizada a medição do ângulo de contato dos revestimentos só com o pó da mucilagem e água, representados como M, e revestimentos com pó de mucilagem, água e extrato aquoso da própolis comercial a 15%, chamado de MP, sobre superfície dos morangos.

O cálculo do ângulo de contato é determinante uma vez que representam o espalhamento de uma solução qualquer em uma superfície, molhabilidade. Predizendo que valores menores que 90° o líquido umedece a superfície, molhamento total, e sendo que grau zero é considerado umedecimento completo e ângulo de contato maior de 90° , a superfície não é umedecida pelo líquido, molhamento parcial.

4.1.6 Tensão Superficial

Determinada pelas forças de coesão entre moléculas definida através das suas interações. As moléculas situadas no interior de um líquido qualquer são atraídas em todas as direções, contudo, aquelas localizadas na superfície são atraídas apenas lateralmente e internamente, ocorrendo assim à energia livre de superfície, que se torna a força motora para consecução de fenômenos de superfície como adesão e molhabilidade (KEHRWALD, 2009).

A tensão superficial foi mensurada através da técnica da gota pendente, através do tensiômetro óptico, One Attention – Theta Instrument. O método é determinado pelo equilíbrio de forças da gota que está pendente na ponta de uma agulha, onde é realizada a gravação neste exato momento para que ocorra o cálculo de acordo com o programa. A tensão superficial é relacionada conforme a forma da gota.

4.2 Caracterização do extrato aquoso da própolis comercial 15%

Foi utilizado extrato aquoso da própolis comercial a 15%, marca Prodapys®.

A atividade antioxidante do extrato foi realizada de acordo com a captura do radical orgânico DPPH – 2,2-difenil-1-picril-hidrazil, desenvolvido por Blois (1958), modificada por Brand-Williams *et al.*, (1995).

Em relação à determinação da concentração de fenólicos totais foi determinada com base no método espectrofotométrico com o reagente de Folin-Ciocalteu de acordo com Singleton e Rossi (1965).

4.3 Revestimentos

Foram definidos dois tipos de revestimentos um somente constituído de pó de mucilagem de quiabo 1% (p/v) e água, determinados como M e outro com mucilagem 1% (p/v), água e extrato aquoso da própolis a 15% (p/v) este chamado de MP, com a finalidade de comparar o comportamento dos revestimentos frente à ação antifúngica.

Nesse caso, os antimicrobianos podem ser incorporados mediante fusão ou por solubilização no composto na matriz biopolimérica. Em razão de que muitos agentes microbianos podem sofrer algum tipo de degradação, injúria, desnaturação em virtude do calor, a solubilização é a técnica mais recomendada para a inserção do composto a matriz do biopolímero, como é o caso da enzima lisozima (VILLADIEGO *et al.*, 2005; APPENDINI *et al.*, 2002).

4.3.1 Elaboração e caracterização da solução do revestimento

A formulação do revestimento foi processada a partir da matriz biopolimérica do fruto do quiabeiro, mucilagem. Como há grande disparidade com base nas informações a respeito da proporção de mucilagem como estudos conduzidos por Fonseca, (2006), que empregou proporções de 0,1 a 2,5% de mucilagem de inhame na confecção de pães, Villadiego *et al.*, (2009), no desenvolvimento de filmes comestíveis aplicou 6 % de mucilagem de amido de inhame e Fernandes (2016), fez uso de mucilagem de chia a 1% para produtos alimentícios.

Para ambos os casos a mucilagem utilizada foi a resultante do método B. Após a pesagem do pó da mucilagem, foi incorporada a água (p/v), subsequente, esta solução foi levada ao aquecimento com agitação por 30 min. Para a solução de revestimento contendo extrato aquoso da própolis a 15 %, foi incorporado este aditivo após processo anteriormente descrito.

4.3.2 Crescimento micelial dos fungos *Aspergillus flavus* e *Aspergillus niger*

Foram realizados testes com objetivo de verificar o crescimento micelial dos fungos *Aspergillus flavus* e *Aspergillus niger*, cedidos gentilmente pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Agroenergia, frente ao revestimento tipo M e MP.

As análises visam o fator de crescimento micelial fúngico frente aos compostos dos revestimentos.

Foi utilizado meio ágar batata dextrose (BDA) (RIKER, 1936), para os dois tratamentos, um suplementado com revestimento M, sem extrato aquoso da própolis, e outro tratamento com o revestimento MP, como extrato da própolis 15%. Subsequente estas soluções foram vertidas em placas de petri. Após a solidificação do ágar foram incorporados discos de 7 mm cada, procedentes de culturas fúngicas com 7 dias de incubação em meio BDA.

Os ensaios foram fragmentados em A, B e C em duplicatas, tanto para *Aspergillus flavus* e *Aspergillus niger*, sendo:

- **A** controle: ágar batata + discos com cultura fúngicas
- **B** revestimento: ágar batata + revestimento M + discos com cultura fúngica
- **C** revestimento + extrato aquoso da própolis: ágar batata + revestimento MP + discos com cultura fúngica

As placas foram acondicionadas em estufa a 25°C, o crescimento micelial foi medido diariamente, com duas medidas perpendiculares de cada disco, sendo utilizado paquímetro digital. As medições ocorreram até que o micélio atingisse a borda das placas.

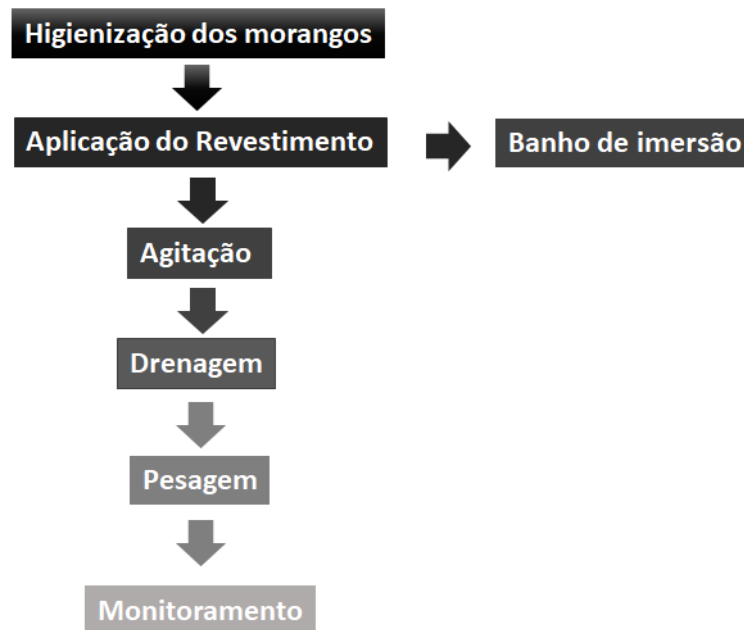
4.3.3 Aplicação da solução de revestimento em morangos

Definiu-se a imersão como método de revestimento para os morangos, uma vez que, de acordo com as características estruturais do morango, não apresenta uma superfície lisa uniforme, que pode dificultar a aplicação do revestimento por outro método.

A técnica consiste na imersão dos morangos em solução de revestimento por 10 min conforme estudos prévios. Os morangos acondicionados em béqueres com o revestimento foram acondicionados sobre mesa agitadora a 100 rpm, com a finalidade de homogeneizar de maneira uniforme a superfície dos morangos. Após esse período, para que o excesso de revestimento fosse escoado os morangos foram dispostos de maneira que ocorresse a drenagem da solução.

Posteriormente, os morangos foram pesados individualmente para monitoramento, alocados em câmaras tipo gerbox, fechadas mantidas em refrigeração por 9 dias. A figura 5 como a Figura 5 demonstra o processo de aplicação dos revestimentos nos morangos.

Figura 5 - Fluxograma aplicação do revestimento sobre morangos.



Fonte: Autor (2023);

A distribuição dos grupos experimentais ocorreu da seguinte forma:

- Tratamento A: grupo controle, morangos sem aplicação da solução de revestimento;
- Tratamento B: apenas com revestimento tipo M;
- Tratamento C: com revestimento tipo MP.

Cada tratamento foi constituído de nove morangos, cada um com uma designação numérica a fim de identificação.

A avaliação dos morangos envolveu análise visual, observando o desenvolvimento ou não de fungos na superfície dos pseudofrutos, assim como o padrão de cor e brilho, fatores que influenciam diretamente na aceitação ou não do produto por parte dos consumidores. Além do aspecto visual, foi analisada a perda de massa dos morangos, sendo pesados diariamente durante nove dias, correspondentes ao período do ensaio.

4.3.4 Análise estatística

Os dados que correspondem ao rendimento dos métodos de extração de mucilagem, ângulo de contato, tensão superficial das mucilagens e dos revestimentos, assim como o crescimento micelial foram tratados utilizando teste T, ANOVA e teste de Tukey a fim de comparação dos dados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

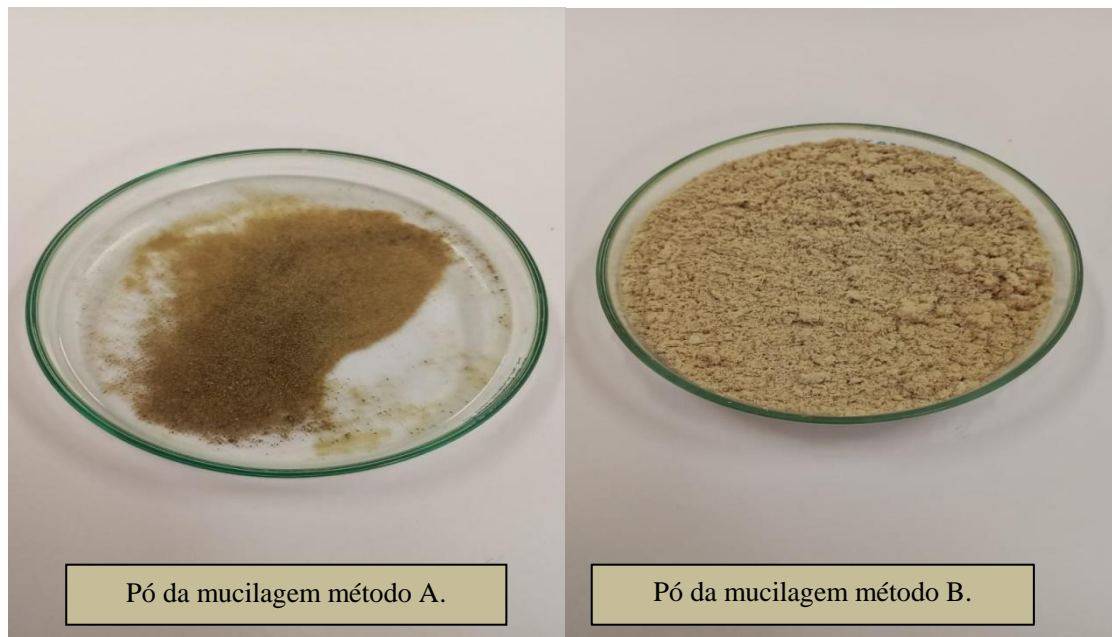
5.1 Mucilagens

As mucilagens obtidas através dos dois métodos foram analisadas com objetivo de descrever suas características, equiparando ambos os resultados para posterior aplicação como matéria prima dos revestimentos.

5.1.2 Rendimento dos métodos de extração

Como resultado dos métodos de extração se obteve dois tipos de mucilagem, descritas como A e B, de acordo com a técnica empregada. A Figura 6 representa o pó da mucilagem do tipo A e B respectivamente.

Figura 6 – Pó da mucilagem resultante dos métodos de extração A e B.



Fonte: Autor (2023);

Quanto ao fator de rendimento, (em base úmida) relativo aos métodos de extração, foi realizada a média de cinco extrações envolvendo o método A e a média de quatro extrações do método B, assim descrito conforme a Tabela 6.

Tabela 6: Rendimento da extração de mucilagem em base úmida (%).

Método A	Método B
0,34 ^b *±0,06	0,91 ^{a**} *±0,17

Fonte: Autor (2023);

Letras distintas significam resultados estatisticamente diferentes ($P > 0,05$). *Média entre 5 extrações. **Média entre 4 extrações.

Os resultados de rendimento das mucilagens de acordo com os métodos de extração sobre a base seca estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7: Rendimento da extração de mucilagem em base seca (%).

Método A	Método B
2,38 ^b *±1,35	6,05 ^{a**} *±4,06

Fonte: Autor (2023);

Letras distintas significam resultados estatisticamente diferentes ($P > 0,05$). *Média entre 5 extrações. **Média entre 4 extrações.

Os resultados apontam que o método B de extração de mucilagem apresenta um rendimento superior ao comparado com o método A, seja em base úmida ou base seca sobre a matéria prima, quiabo.

Em termos comparativos, Silva Filho, (2017) e Araújo, (2019) reportaram rendimentos na faixa de 0,06 %, utilizando como solvente a água, não descrevendo se a extração ocorreu em base úmida ou seca.

Inúmeras questões referentes à extração de mucilagem são fatores de análise, tendo como premissa o maior rendimento. Tais fatores vão desde tipo e quantidade de solvente utilizado, temperatura, tempo de extração assim como equipamento empregado.

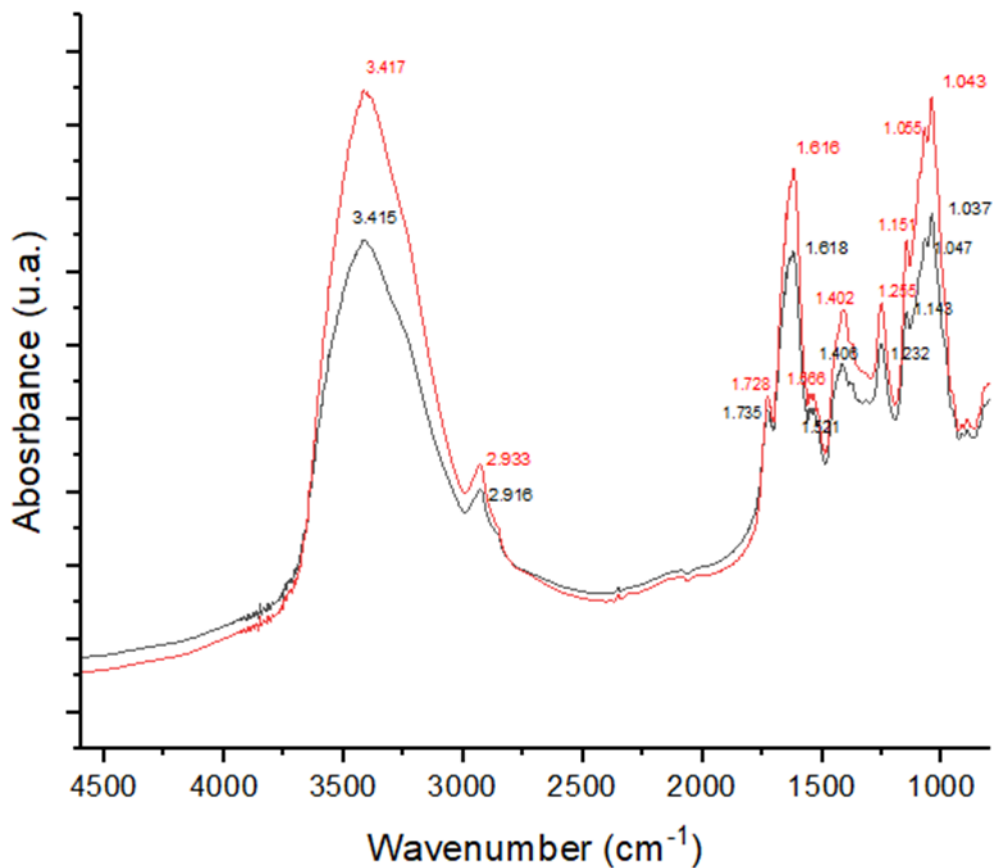
Alguns estudos apontam um rendimento acima de 11%, entretanto utilizam outros compostos/solventes para a extração, como metabissulfito (AMEENA *et al.*, 2010), Wang *et al.*, (2018), empregando etanol e éter de petróleo atingiram 10,35% de mucilagem ao final do processo. Liu *et al.*, (2018) obtiveram 1,1 % de rendimento, fazendo uso de etanol. Além dos solventes, esses processos também usufruíram de rotaevaporação, liofilização e extração ultrassônica. Presumivelmente, o aumento do rendimento do pó da mucilagem se deve ao fato da utilização de solventes não aquosos e de um maior processamento, fazendo uso de técnicas e equipamentos mais aprimorados que simples extrações aquosas em temperatura sob agitação.

Contudo, por se tratar de uma metodologia mais inteligível comparada com processos análogos, tanto o método de extração A e B, apresentam resultados superiores ao descrito por Silva Filho, (2017) e Araújo, (2019), tanto em base úmida com em base seca.

5.1.3 Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FT-IR)

Foram analisadas as mucilagens obtidas através dos métodos A (espectro negro) e B (espectro vermelho), a Figura 7 representa o espectro infravermelho de ambas.

Figura 7 - Espectros infravermelhos das mucilagens obtidas por ambos os métodos de extração.



Fonte: Autor (2023);

Os resultados alcançados através do infravermelho permitiram comparar os espectros vibracionais dos dois tipos de mucilagem. Conforme Figura 4, os espectros exibiram comportamentos análogos, considerando assim que o método de extração não provocou

mudanças nos grupos funcionais, não alterando assim os fatores qualitativos entre as duas mucilagens.

Referente ao espectrograma considera-se 10 contribuições, qualificadas de acordo com o grupo funcional, sendo:

- 3.417 – 3.415 cm^{-1} : estiramento O – H
- 2.933 – 2.916 cm^{-1} : estiramento C – H
- 1.728 – 1.735 cm^{-1} : estiramento C = O
- 1.616 – 1.618 cm^{-1} : estiramento C = O
- 1.666 – 1.521 cm^{-1} : estiramento C = O
- 1.402 – 1.406 cm^{-1} : estiramento C = O
- 1.255 – 1.232 cm^{-1} : estiramento C – O
- 1.151 – 1.143 cm^{-1} : estiramento C – O – C
- 1.065 – 1.047 cm^{-1} : estiramento C –OH e CH₂
- 1.043 – 1.037 cm^{-1} : estiramento C – O – C

Os resultados validam os encontrados em estudos pré-existentes, como os conduzidos por Hong *et al.*, (2021), na caracterização de polissacarídeos naturais, da mesma forma descrito por Cotrim e Ayres (2016) e Silva Filho (2017), em pesquisas relacionadas a mucilagem de quiabo, conferindo aos espectros 3.417-3.415 cm^{-1} ácidos carboxílicos representando ligações de hidrogênio, 2.916 cm^{-1} grupo metil-metileno, Liao *et al.*,(2017), conduzindo experimentos envolvendo a extração polissacarídeos de outras fontes vegetais, nesse caso da amoreira, evidenciou contribuição expressiva na ordem de 2.993 cm^{-1} relacionado a ácido urônicos. As contribuições em 1.728-1.735 retratam o grupo éster carbonil, neste caso a pectina.

As bandas 1.616 – 1.618 cm^{-1} assim como 1.666 – 1.521 cm^{-1} pertencente ao grupo amina, atribuídas a unidade de ácido galacturônicos, pectinas, estas regiões são características de polissacarídeos pépticos (HONG *et al.*, 2021), como a mucilagem do quiabo é rica em L-ramnose, esta contribuição também é designada para esse monossacarídeo. Os espectros 1.402 – 1.406 cm^{-1} referente a carboidratos, os picos compreendidos entre 1.255 – 1.232 cm^{-1} designam polissacarídeos. As contribuições da ordem de 1.151 – 1.037 cm^{-1} representam cadeias glicosídicas, sendo as bandas 1.065 – 1.047 cm^{-1} para hemicelulose contendo manoses (HONG *et al.*, 2021).

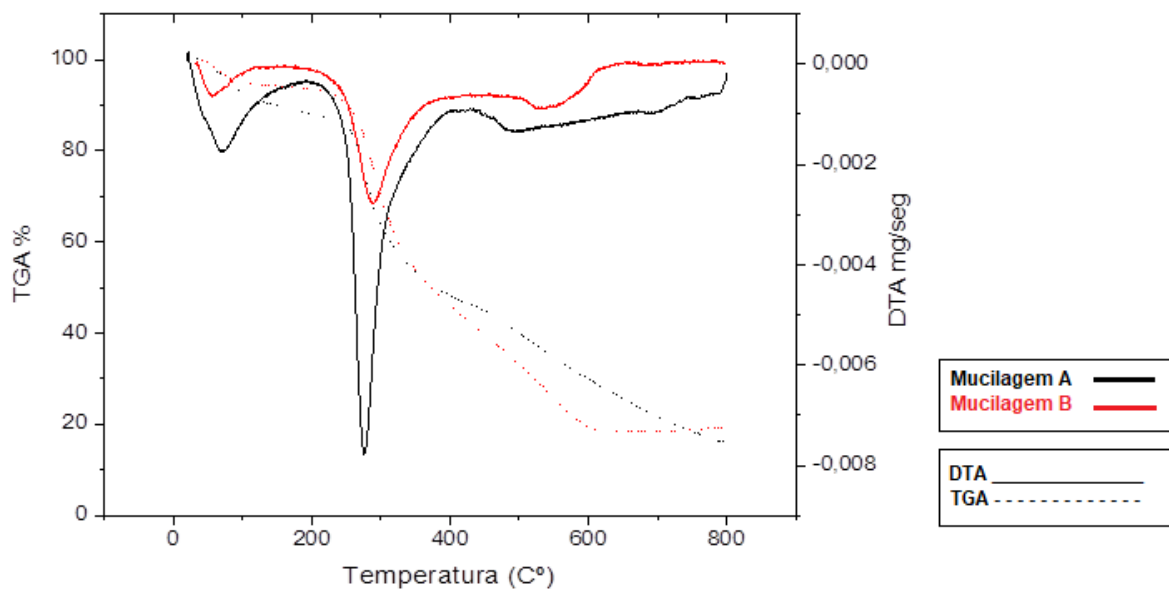
Os espectros infravermelhos, demonstrado pelas mucilagens a partir das extrações através dos métodos A e B, se equiparam com estudos pré-executados como os demonstrados

por Cotrim e Ayres (2016); Silva Filho (2017); Liao *et al.*, (2017); Araújo (2019) e Hong *et al.*, (2021).

5.1.4 Análise termogravimétrica (TGA)

A degradação das mucilagens frente ao aumento de temperatura exibiu diferenças em relação aos estágios de estabilidade térmica, apresentando três etapas de decomposição conforme termograma da Figura 8.

Figura 8 – Análise termogravimétrica das mucilagens A e B.



Fonte: Autor (2023);

As etapas de degradação conforme análise termogravimétrica apresenta um primeiro evento na faixa de 50 a 90°C provavelmente estão relacionadas à perda de umidade de ambas as amostras. Neste primeiro estágio a mucilagem A apresentou uma perda de massa de 13%, enquanto a do tipo B sofreu um decréscimo de 8%.

O segundo ciclo de degradação tanto para a mucilagem A com B ocorreu a uma temperatura de 100 a 290°C, com perda estimada em 74% para mucilagem A e de 22% para o tipo B. O último evento registrado para a degradação da mucilagem A se deu a uma temperatura de 450°C, quando ocorre à decomposição total, a mucilagem B também partindo de 450°C até a completa degradação a uma temperatura de 600°C.

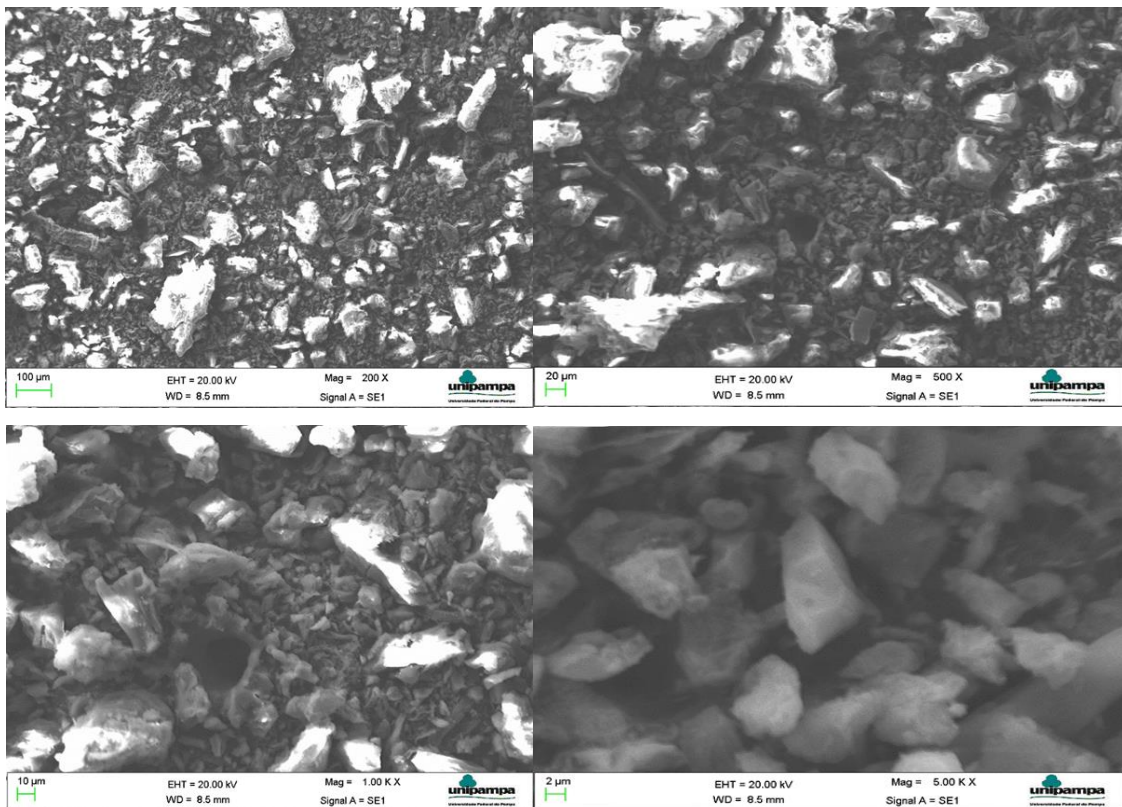
O termograma das mucilagens apresenta uma maior taxa de degradabilidade na faixa de 290°C, com maior percentual de perda de massa, resultante da decomposição polissacarídica da pectina, uma vez que a fração de degradação dos polissacarídeos ocorre na faixa de 210 a 320°C (LI *et al.*, 2011). A partir de 450°C ocorre o último evento de degradação de ambas as mucilagens, outorgada a compostos carbônicos.

5.1.5 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Através das micrografias produzidas pela microscopia eletrônica de varredura foi possível realizar as análises e comparações das superfícies microestruturais do pó das mucilagens A e B.

A Figura 9 representa a microestrutura da superfície do pó da mucilagem tipo A.

Figura 9 - Microestrutura da superfície do pó da mucilagem tipo A.



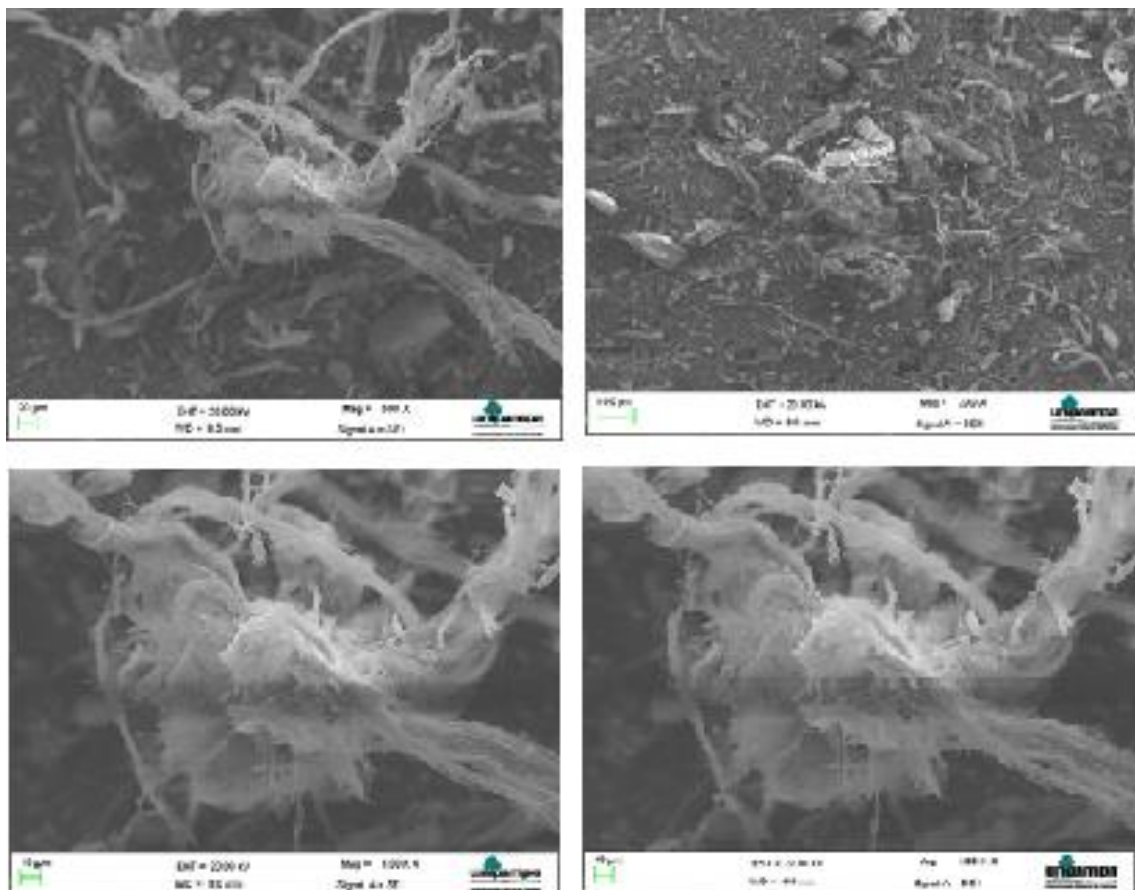
Fonte: Autor (2023);

De acordo com as micrografias obtidas do pó da mucilagem do tipo A, as partículas apresentam certo grau de uniformidade estrutural, com dimensões que variam de 2 a 100 µm, em arranjos não uniformes, não apresentando fator de aglomeração.

As micrografias do pó da mucilagem de quiabo A, apresentaram certa similaridade com as do pó de mucilagem do *Cerus hidmaniannus*, conforme trabalho realizado por Branco, 2011.

As micrografias do pó de mucilagem do tipo B podem ser observadas conforme Figura 10.

Figura 10 - Microestrutura da superfície do pó da mucilagem tipo B.



Fonte: Autor (2023);

A microestrutura procedente do pó da mucilagem B apresenta partículas amorfas, assemelhando-se a uma estrutura fibrosa, inexistência de uniformidade estrutural. Partículas medindo entre 10 a 100 µm apresentam fator de aglomeração.

Ao contrapor a microestrutura do pó da mucilagem A e B, fica evidente que as condições de extração da mucilagem alteram a estrutura da superfície das partículas. As partículas da mucilagem B apresentam tamanhos superiores da mucilagem A.

As micrografias da mucilagem A, demonstram que suas partículas possuem certa uniformidade estrutural, análogas ao pó da mucilagem de *Cerus hidmaniannus*, sendo

descritas como estruturas cristalinas, diferentemente do pó da mucilagem B, no qual são estruturas amorfas, corroborando com estudos realizados por Filho, 2017.

O fator de aglomeração entre as partículas é evidente no método B, em contraponto, o pó da mucilagem A, não apresenta tal fator.

A heterogeneidade apresentada entre o pó das mucilagens A e B, justifica-se pelo processo de extração, estudos realizados Kontogiorgos *et al.*, (2012), corroboram esta referência. As vagens do quiabo ao serem processadas para extração do pó da mucilagem, dependendo da técnica, são seccionadas, método A, ou liquidificadas, método B.

A microscopia eletrônica de varredura fundamentou o conceito que, conforme o método de extração do pó da mucilagem, a estrutura das partículas é alterada. Em virtude do seccionamento das vagens do quiabo, com não são liquidificadas, ao final do processo de extração as partículas apresentam estrutura uniforme em virtude de não sofrem danos físicos severos. Ao contrário quando ocorre à liquidificação, neste caso as vagens são extremamente fragmentadas, resultando em partículas amorfas e formando aglomerados.

5.1.6 Ângulo de contato das mucilagens

Foram executados ensaios referentes aos ângulos de contato das mucilagens de acordo com métodos de extração A e B.

Ambas as mucilagens provenientes dos dois métodos analisados apresentaram os seguintes parâmetros conforme descrito pela Tabela 8.

Tabela 8: Ângulo de contato das mucilagens.

Método A	Método B
72,22 ^{a*} ± 2,34°	71,68 ^{a*} ± 1,90°

Fonte: Autor, (2023);

(*) média de triplicatas. Letras iguais significam resultados estatisticamente iguais ($P > 0,05$) de confiança.

Os resultados relativos ao ângulo de contato θ para ambas as soluções de revestimento apresentaram valores inferiores a 90°. Exibindo desta forma um comportamento apropriado para uma solução de revestimento, estabelecendo uma capacidade molhante adequada para manifesta aplicação. Ghorri *et al.*, (2017), ao analisarem a mucilagem do quiabo obtiveram a medida de 78 ° para o ângulo de contato. Em paralelo, a mucilagem do milho exibe o ângulo 65 ± 12° (KNOTT *et al.*, 2022).

Conforme teste T realizado, o ângulo de contato das mucilagens não apresentaram diferenças significativas entre si, $p > 0,05$.

O ângulo de contato representa um dos mais importantes atributos na constituição de um revestimento, uma vez que a habilidade molhante indica que uma superfície qualquer é inteiramente “molhada” pela solução, assim sendo a solução de revestimento usufrui desta propriedade, de acordo com estudo conduzidos por Casariego *et al.*, (2009) e Park, (1999).

5.1.7 Tensão Superficial

Para determinação da tensão superficial das amostras de mucilagem obtidas através dos métodos A e B, foram realizadas provas em triplicata. Os resultados estão expressos de acordo com a Tabela 9.

Tabela 9: Tensão superficial das mucilagens.

Método A	Método B
44,94 ^b [mN/m]* \pm 3,65	62,36 ^a [mN/m]* \pm 6,26

Fonte: Autor, (2023);

Letras distintas significam resultados estatisticamente diferentes ($P > 0,05$), (*) média de triplicatas.

A tensão superficial permite apurar o comportamento do revestimento frente à capacidade de formar uma “película elástica” em contato com o ar, graças às forças de coesão entre moléculas.

Os resultados descritos até o momento corroboram com estudos conduzidos por Zhu *et al.*, (2016), que descrevem valores de 67, 64 e 62 mN/m de tensão superficial de mucilagem de quiabo de acordo com a concentração das soluções 0,07; 0,15 e 0,29 (% peso) respectivamente. O valor referente à mucilagem obtido através do método A, apresentou “baixa” tensão superficial se comparada com o método B, $p < 0,05$. Essa diferença provavelmente se deu em virtude da degradação da mucilagem A, uma vez que os testes realizados para a tensão superficial ocorrem 7 dias após a formulação da solução.

Confrontando com outros ensaios envolvendo mucilagem, Knott *et al.*, (2022), observou um valor de $52,5 \pm 4,8$ mN/m para a mucilagem de milho considerada como baixa. Naveed *et al.*, (2019), obtiveram para sementes de chia uma tensão superficial de 72,86 mN/m

A tensão superficial se mostra um fator relevante na constituição de um revestimento eficiente, uma vez que forma uma “película” de proteção ao redor da estrutura a ser recoberta, característica essa apresentada pela mucilagem do quiabo.

Esse fator permite a redução da evaporação da água, no caso de alimentos, reduzindo com isso a perda de massa, assim como diminuição da oxidação promovendo um aumento de vida útil da matriz alimentícia.

5.2 Extrato aquoso da própolis 15% comercial

A atividade antioxidante do extrato aquoso da própolis a 15% comercial apresentou 89,46 % de inibição do radical de DPPH. Comparando com o observado por Alves *et al.*, (2013), que analisaram 6 amostras comerciais de extrato da própolis a 11%, extrações a base de etanol e água. Segundo resultados, o melhor percentual de atividade antioxidante foi à base de etanol, atingindo 92,56% e 89,31% utilizando água.

Com amostras brutas para extração da própolis, utilizando etanol, Fonseca *et al.*, 2022 obtiveram 86,46% para redução para o radical DPPH.

Utilizando outro solvente no caso metanol, para extração da própolis bruta De-Melo *et al.*, (2014), alcançaram valores de vão de 51,33 % a 92,70 %, levando em consideração a localização geográfica que interfere diretamente nos compostos da própolis. Neste estudo os pesquisadores encontraram valores entre 73% para atividade antioxidante para o estado do Rio Grande do Sul.

O extrato aquoso da própolis a 15% exibiu uma resposta muito próxima se comparado com a base de dados encontrados, independentemente do tipo de solvente utilizado para a extração, indicando assim que este tipo de extrato apresenta uma importante atividade antioxidante. Outro fator de relevância se trata do solvente utilizado, que nesse caso foi água, possibilitando sua utilização em alimentos.

Em relação aos compostos fenólicos, o extrato aquoso da própolis utilizado apresentou a quantidade de 223,54 mg de EAG/100g, enquanto Alves *et al.*, (2013), analisando amostras comerciais de extrato de própolis a 11%, constataram a quantidade de 539,10 mg de EAG/100g, sob extração aquosa e 389,03 mg de EAG/100g utilizando etanol para extração.

A divergência de valores encontrados se deve ao fato das diferenças ecológicas envolvendo a origem da matéria prima, neste caso a própolis.

Elementos como espécie de abelha, ecologia floral uma vez que os compostos fenólicos se originam do metabolismo secundário das plantas, localização geográfica e

período de coleta das substâncias que irão constituir a própolis possuem particularidades que influem diretamente na sua composição química, conseqüentemente nas suas propriedades, conforme comprovado por (SALGUEIRO, 2016).

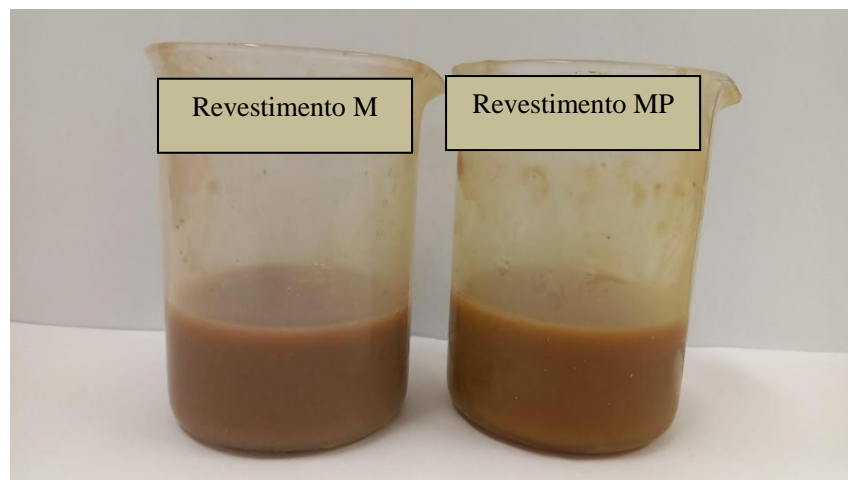
5.3 Revestimentos

Os revestimentos foram analisados de acordo com o fator de molhabilidade, envolvendo assim ângulo de contato e tensão superficial.

Para a constituição dos revestimentos, foi empregada a mucilagem proveniente do método de extração B, uma vez que esta técnica se mostrou mais eficiente na questão do rendimento na produção do pó da mucilagem.

Os revestimentos foram designados como M, constituído de pó de mucilagem 1% (p/v) e água, e revestimento MP, composto de pó de mucilagem 1% (p/v), água e extrato aquoso da própolis 15% (p/v). A Figura 11 apresenta os revestimentos M e MP.

Figura 11– Revestimentos M e MP.



Fonte: Autor (2023);

Ambas as soluções apresentam coloração marrom, entretanto como pode ser observado o revestimento MP, exibe um tom mais claro, devido à adição da solução aquosa da própolis.

5.3.1 Ângulo de contato

Para o ângulo de contato foram realizadas seis medidas, tanto para o revestimento M como para o MP. Os valores estão expressos na Tabela 10.

Tabela 10: Ângulo de contato dos revestimentos M e MP.

Revestimento M	Revestimento MP
$50,10^{b*} \pm 6,52^\circ$	$56,68^{a*} \pm 9,61^\circ$

Fonte: Autor, (2023);

Letras distintas significam resultados estatisticamente diferentes a 95% de confiança. (*) média de cinco ensaios.

Os resultados apontam que o revestimento contendo apenas mucilagem apresentou maior capacidade molhante, em relação ao revestimento MP. Entretanto, de acordo com os ângulos de contato aqui expostos, ambos apresentaram o fator de molhabilidade apropriado para aplicabilidade como revestimentos.

Araújo (2015) demonstrou que o fator de molhabilidade sofre influência de acordo com o solvente utilizado. No estudo foram comparados filmes solubilizados em etanol + hidróxido de sódio, álcool isopropílico e etanol, sendo que os dois primeiros apresentaram um ângulo de contato menor, em torno de 63° e com etanol 70° , assim como tipo de solvente utilizado a outros fatores também afetam a molhabilidade. Forato *et al.*, (2013), utilizando ácido oleico como plastificante retrataram que quanto maior o volume de plastificante menor ângulo de contato foi observado, com o percentual de 0,25% e 2% (p/p) alcançaram respectivamente 77° e 55° . Utilizando um composto de fécula de mandioca, amido e glicerol Santana (2016), obteve $60,89^\circ$ para a solução formadora de um revestimento aplicado em sementes de linhaça.

Oliveira (2020) desenvolveu filme contendo purê de couve com alginato de sódio, a solução formadora do filme apresentou um ângulo de contato de 62° .

A utilização de plastificantes diminui consideravelmente o ângulo de contato, aumentando desta maneira a molhabilidade, característica importante quando se objetiva uma solução filmogênicas e/ou de revestimentos de caráter hidrofílica, neste viés, as soluções de revestimento desenvolvidas neste estudo possuem tal atributo com a vantagem de que não foi necessário adição de qualquer tipo de solução plastificante para alcançar esta propriedade.

5.3.2 Tensão superficial

A tensão superficial dos revestimentos M e MP está descrita conforme Tabela 11. Os ensaios se deram por meio de cinco ensaios.

Tabela 11: Tensão superficial dos revestimentos M e MP.

Revestimento M	Revestimento MP
87,10 ^{a*} [mN/m]	55,05 ^{b*} [mN/m]

Fonte: Autor, (2023);

Letras distintas significam resultados estatisticamente diferentes a 95% de confiança. (*) média de cinco ensaios.

Os resultados apontam uma alta tensão superficial do revestimento contendo somente a mucilagem (M), indicando uma grande taxa de coesão entre as moléculas. Tal característica expõe um atributo considerado ideal para o desenvolvimento de revestimentos, uma vez que a força de coesão das moléculas permite um fator de aderência ideal para ser empregada sob a superfície do alimento, proporcionando desta forma uma barreira de proteção.

No caso do revestimento MP apresentar menor taxa de tensão superficial comparada ao revestimento M, estatisticamente diferentes, esta condição se deve ao fato de ser uma solução menos concentrada, em virtude da adição do extrato da própolis.

O alto poder de coesão das moléculas do revestimento contendo apenas a mucilagem do quiabo apresenta uma condição promissora no que se refere a seu emprego. O fator de aderência é uma propriedade fundamental e muito desejada, ampliando a aplicabilidade deste tipo de material, não sendo restringido unicamente a revestimentos.

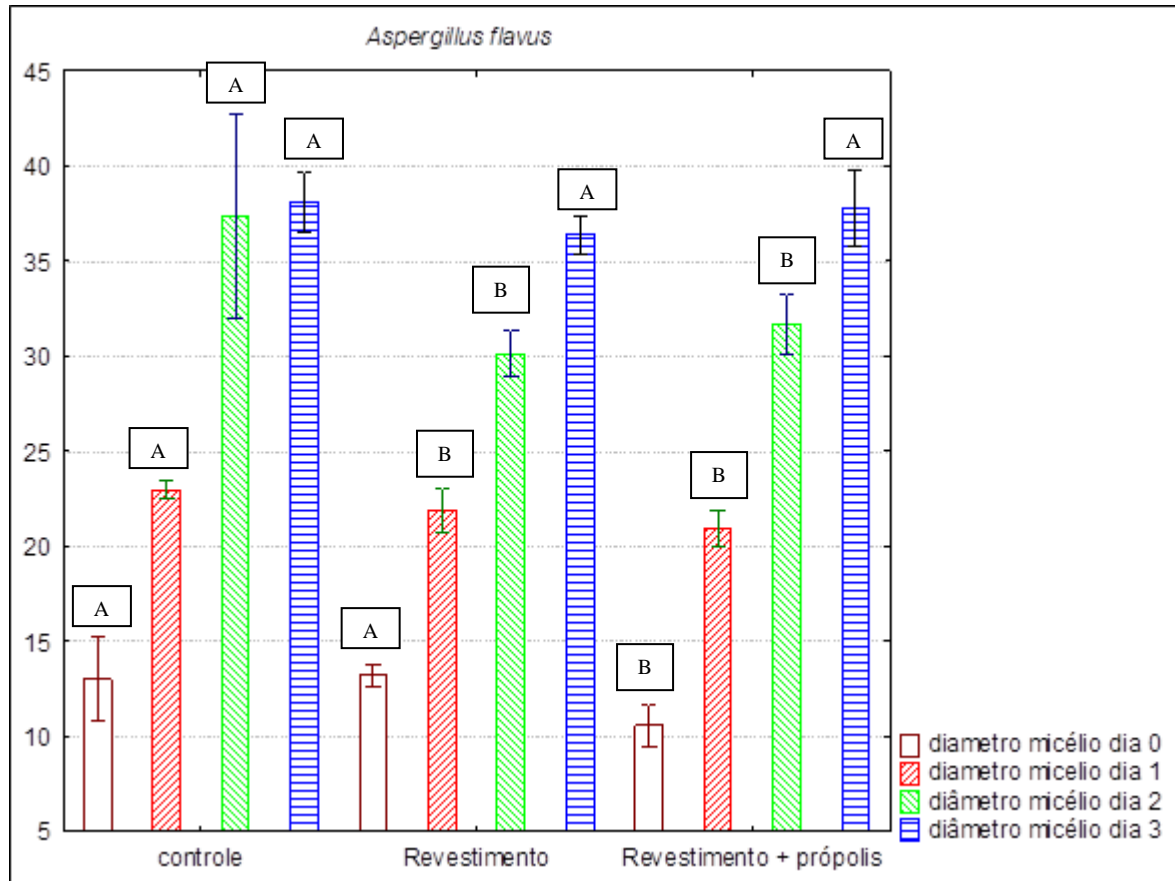
5.3.3 Crescimento micelial dos *Aspergillus flavus* e *Aspergillus niger*

O caráter antifúngico dos três tratamentos, grupo controle e revestimentos M (somente a mucilagem) e MP (revestimento elaborado com mucilagem e extrato de própolis) foi analisado conforme o crescimento micelial dos fungos *Aspergillus flavus* e *Aspergillus niger*, empregando análise de variância e teste de Tukey.

As análises foram executadas até que o micélio atingisse a borda das placas de petri, dessa maneira não sendo mais possível realizar a medida, o que ocorreu no quarto dia de experimento.

A Figura 12 representa o desenvolvimento diário do crescimento micelial do *Aspergillus flavus*, frente aos três tratamentos.

Figura 12 - Crescimento micelial *Aspergillus flavus*.



Fonte: Autor, (2023);

Letras distintas significam resultados estatisticamente diferentes ($P > 0,05$) de confiança, comparando os três grupos, por dia.

A Figura 12 apresenta comportamento dos três tratamentos frente ao crescimento micelial do *Aspergillus flavus*, durante o período de ensaio (análises diárias).

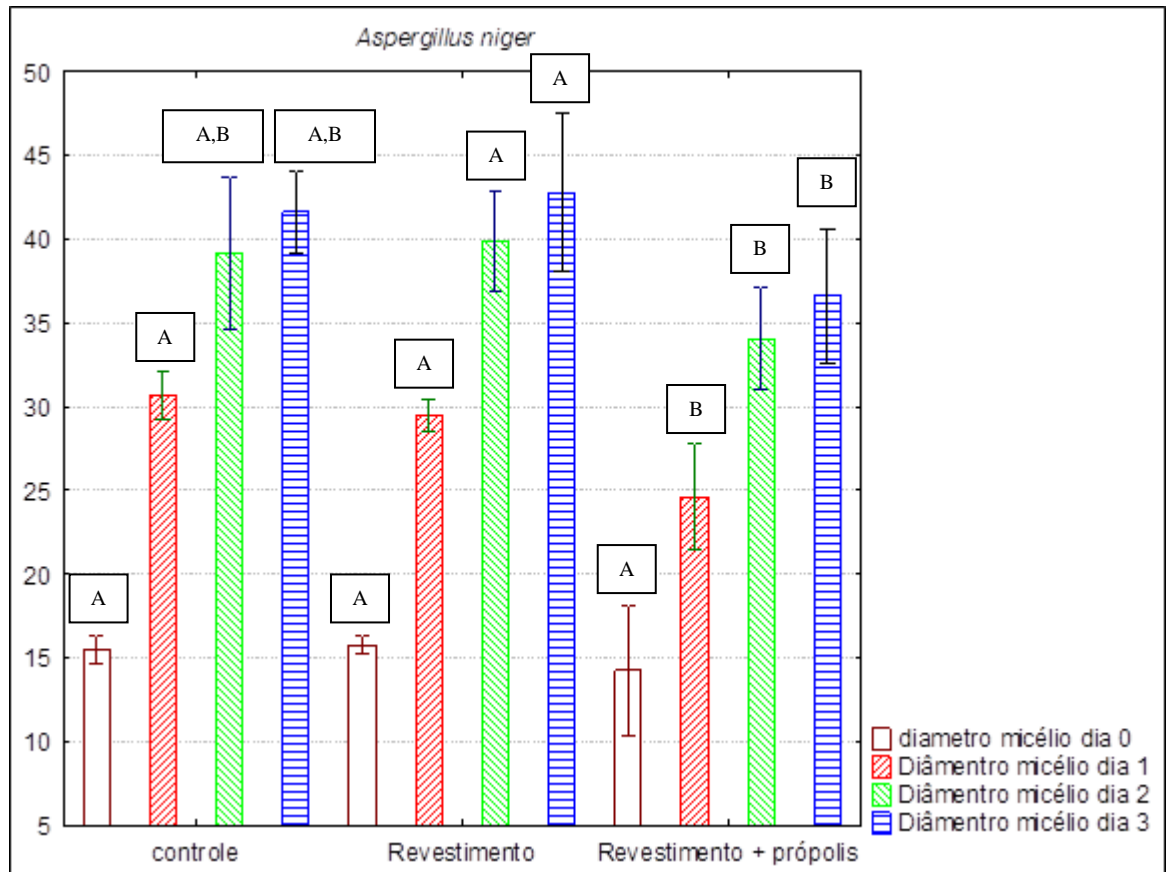
Conforme as observações, os tratamentos M e MP apresentaram diferenças significativas relativas ao grupo controle nos dias 0, 1, e 2. As análises demonstraram que os grupos contendo morangos com revestimentos proporcionaram um retardo no crescimento micelial do *Aspergillus flavus*.

Ao terceiro dia de experimento, o micélio do *Aspergillus flavus* atingiu a borda das placas de petri, não sendo possível avaliar a medida final, uma vez que o micélio apresentou um crescimento que ocupou a totalidade da área, não sendo identificadas diferenças significativas $p = 0,05$ entre tratamentos no dia 3, possivelmente de as placas de petri

apresentassem um diâmetro maior o comportamento inibitório dos revestimentos seria observado.

Em resposta frente ao crescimento micelial do *Aspergillus niger*, esta pode ser avaliada de acordo com a Figura 13.

Figura 13 - Crescimento micelial *Aspergillus niger*.



Fonte: Autor, 2023;

Letras distintas resultados estatisticamente diferentes 95%, análises referentes às observações diárias.

De acordo com os dados estatísticos realizados diariamente, o tratamento MP apresentou resultados promissores frente à inibição micelial do fungo *Aspergillus niger*.

Tanto os tratamentos controle como M, não exibiram diferenças estatísticas a partir do segundo dia de experimento.

O retardo no crescimento micelial apresentado pelo revestimento contendo extrato da própolis significa um importante atributo, no contexto de inibir o desenvolvimento fúngico do *Aspergillus niger*. Portanto, o emprego deste aditivo natural em revestimentos se torna um fator promissor favorecendo um possível incremento na vida útil da matriz alimentícia frente à ação deste microrganismo.

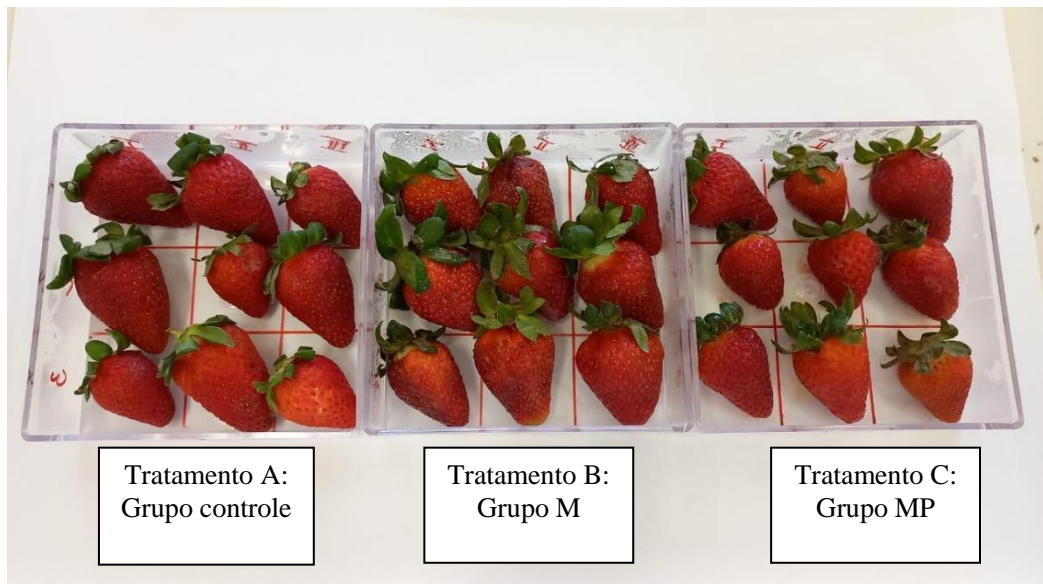
A atividade antifúngica da própolis provavelmente está ligada aos compostos fenólicos (SALGUERIO, 2016), e dentre os inúmeros compostos químicos que a compõem substâncias como o ácido cafeico e ácido protocatecuico, estão ligadas a essa propriedade (TORETI *et al.*, 2013).

5.3.4 Análise dos morangos

Os morangos foram avaliados individualmente, considerando a coloração, presença ou não de fungos e determinação da perda de massa por pesagem.

A Figura 14 representa a organização dos morangos nos respectivos tratamentos.

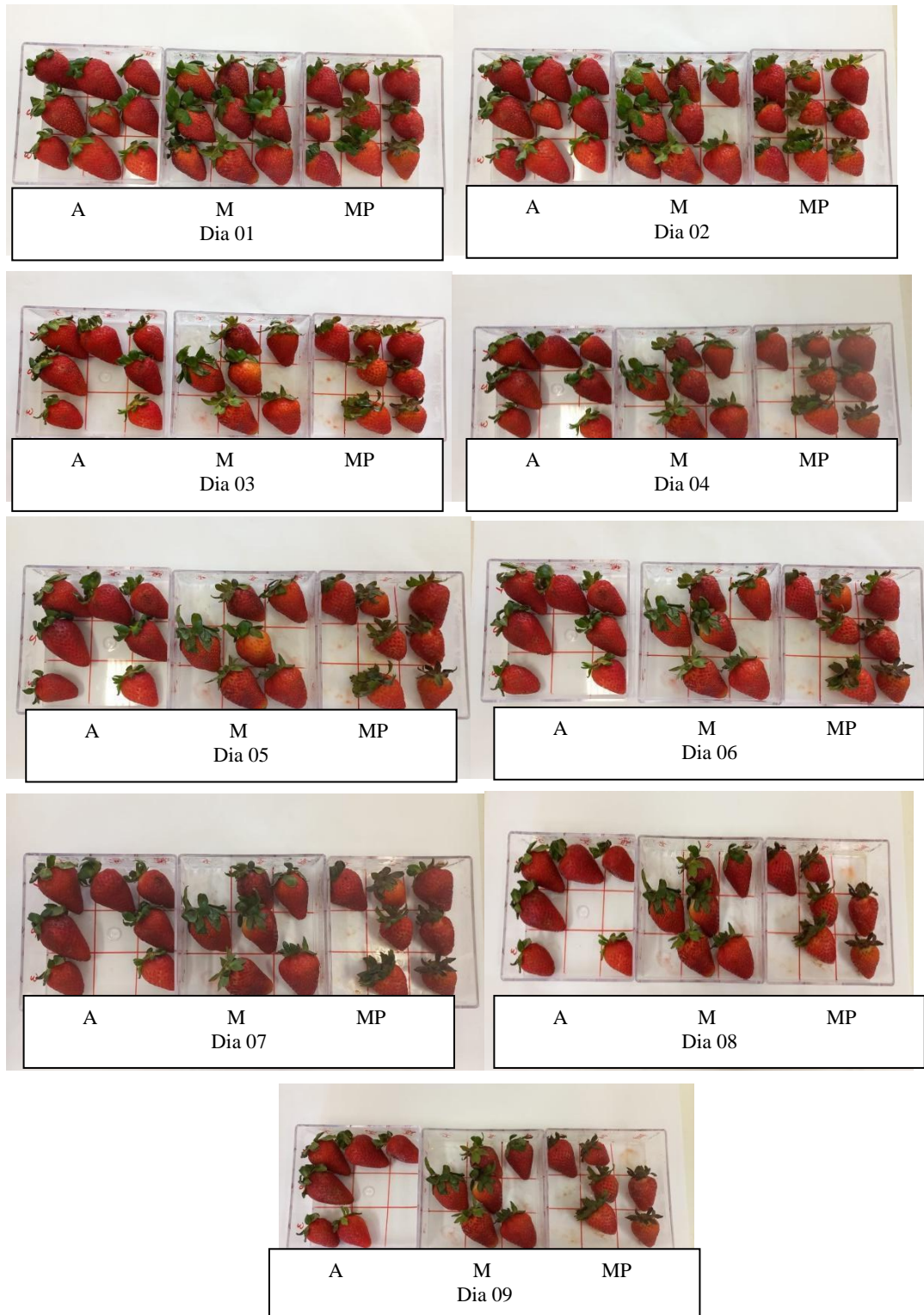
Figura 14 – Organização dos morangos.



Fonte: Autor 2023;

Foi observado que morangos dos tratamentos M (revestimento somente com pó de mucilagem), e MP (pó de mucilagem e extrato da própolis), mantiveram o aspecto relativo à coloração e brilho naturais por todo o ensaio. Em contrapartida, os morangos do grupo A, controle, apresentaram perda gradual da cor, exibindo uma tonalidade opaca durante o experimento. A Figura 15 apresenta o comparativo entre os grupos

Figura - 15 Análises visuais realizadas durante o experimento.



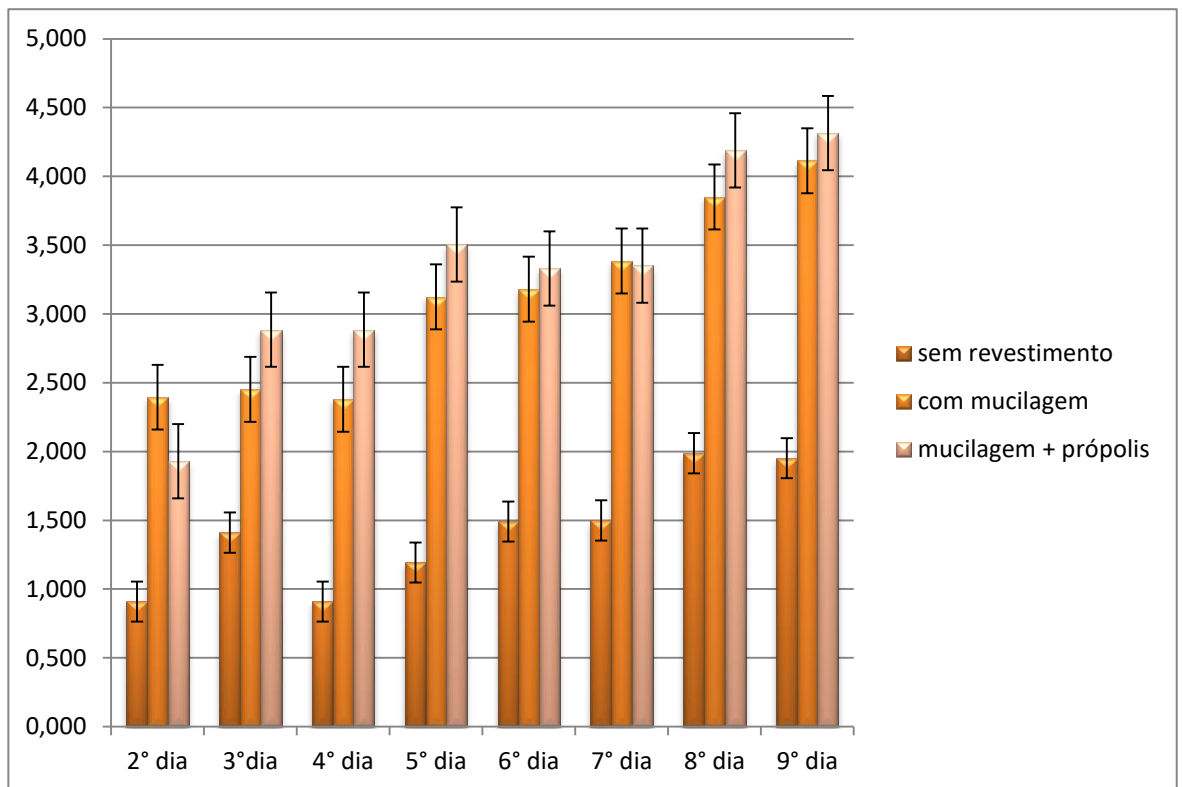
Fonte: Autor 2023;

Relativo à propagação de fungos, assim que constatada a presença em determinado morango este era retirado e descartado posteriormente, como pode ser observado na Figura 19. O primeiro indício de contaminação fúngica ocorreu no segundo dia, no grupo M.

A maior perda ocasionada por fungos aconteceu no terceiro dia, em que cada grupo apresentou dois morangos contaminados, ao final, o oitavo dia apontou a segunda maior perda. Ao término do experimento as perdas ocasionadas por fungos nos morangos se deu de forma igualitária para os três tratamentos, totalizando três morangos descartados ao final do nono dia.

Os dados relativos à perda de massa demonstraram que o grupo controle A, apresentou um percentual de perda de massa menor em relação aos tratamentos M e MP durante o ensaio. Entre os tratamentos M e MP, não foi observada diferença significativa na perda de massa. A Figura 16, expressa os resultados obtidos a partir da análise da perda de massa dos morangos.

Figura 16 – Perda de massa dos morangos durante o experimento.



Fonte: Autor 2023;

Os morangos exibiram uma condição de degradação elevada no nono dia devido à perda de massa, provocando desta forma o término do experimento.

A condição dos morangos que constituíam os tratamentos M e MP apresentarem uma maior taxa de perda de massa decorreu, provavelmente, em virtude do fato dos revestimentos biopoliméricos a base de mucilagem de quiabo ser hidrofílicos, uma vez que polissacarídeos são materiais naturalmente dessa natureza (ASSIS *et al.*, 2009). Desta maneira possuem uma

elevada permeabilidade ao vapor da água (PINHEIRO *et al.*, 2010), não constituindo uma barreira eficiente para conter a taxa de respiração, acarretando com isso a redução do volume.

Outro fator a ser observado é que, a perda de volume dos morangos decorreu também pelo escoamento da solução de revestimento, desta maneira provavelmente a perda de peso dos morangos dos grupos M e MP não ocorreu exclusivamente pela perda de massa mas sim do volume total (massa do morango + escoamento do revestimento).

Uma alternativa para diminuir esta desvantagem, seria a adição de algum elemento de caráter hidrofóbica como lipídios, por exemplo, (VILLADIEGO *et al.*, 2005), a fim de diminuir a taxa de respiração, e consequentemente a perda de massa.

O consumidor, ao realizar a escolha de um alimento, leva em consideração entre outros fatores o aspecto visual, elemento importantíssimo no qual pode definir esta propriedade a qualidade do produto. A aplicação do revestimento, além de não afetar a coloração natural dos morangos, proporciona um incremento no aspecto visual, tornando o alimento mais atrativo, sem que se faça o uso de aditivos artificiais, agregando desta maneira mais qualidade.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de um revestimento a base de biopolímero, vem ao encontro com as atuais necessidades de substituição de matrizes cuja matéria prima se origina de fontes não renováveis como o petróleo e derivados.

No contexto, a mucilagem do *Abelmoschus esculentus*, o quiabo, proporcionou uma relevante matriz biopolimérica para formulação de revestimentos para alimentos, com base no detalhamento de suas características. Fator de extrema importância recaiu sobre a forma de extração da mucilagem, representada pelo método B, no qual os frutos do quiabeiro foram liquidificados, esse processo obteve rendimento significativo ao descrito na literatura utilizando apenas água como solvente.

Este biopolímero, empregado como matéria prima na formulação de um revestimento apresentou qualidades importantes para este propósito, como a sua capacidade molhante, exibindo alto fator de molhabilidade,

O revestimento composto por mucilagem e extrato aquoso da própolis comercial a 15% apresentou atividade antifúngica frente ao fungo *Aspergillus niger*, representado um importante elemento para combater a ação destes microrganismos retardando seu crescimento micelial, entretanto não foi observado o mesmo comportamento para *Aspergillus flavus*.

A aplicação do revestimento sobre os morangos apresentou resultados promissores quanto às características visuais, ressaltando o aspecto natural como coloração e brilho, agregando desta forma um atrativo a mais a este produto.

Além do emprego como matéria-prima para elaboração de revestimento outros fatores apresentaram particularidades de extrema relevância envolvendo a mucilagem do quiabo como a extração, elaborada de forma simples, rápida e de custo baixo, envolvendo basicamente água, bom fator de molhabilidade e tensão superficial além de estabilidade térmica. Fundamentos estes promissores no desenvolvimento de novos materiais que requerem este tipo de atributos.

7. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Considerando os resultados obtidos, conceituando-os como promissores, julga-se pertinente o avanço no estudo referente à mucilagem, revestimento e ação do extrato aquoso da própolis, com base nestes fatores propostas para futuros têm-se elencados:

- Aprimoramento de técnica de extração da mucilagem, visando um maior rendimento;
- Estudo e comparação estrutural das mucilagens obtidas através de métodos distintos;
- Desenvolvimento de novos materiais utilizando como matéria prima a mucilagem do quiabo;
- Aplicação do revestimento e diferentes matrizes alimentares;

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. T. de A. **Desenvolvimento de Biofilme Comestível Enriquecido com Própolis Vermelha Aplicado no Revestimento de Acerola (*Malpighia emarginata*)**. 2019. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Nutrição, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.
- ALENCAR, S. M. *et al.* Composição química de *Baccharis dracunculifolia*. **Ciência Rural** v. 35, n. 4, p. 909-915, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/fjpmjGrKjVJGS4NbRJ6t6d/?lang=pt>. Acesso em: 28 abr. 2023.
- ALMEIDA, G. V. B. Importância da pós-colheita: hortifrutis são alimentos vivos e precisam de cuidados especiais. *In: CEAGESP - Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo* 2021. Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/entrepósitos/servicos/artigos-estudos-e-publicacoes/artigos/a-importancia-da-pos-colheita/>. Acesso em: 28 abr. 2023.
- ALMEIDA, N. A. **Atividade Antifúngica de Extratos da Própolis contra o fungo *Botrytis sp.* isolado de morango**. 2014. 61 f. (Graduação) - Curso de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2014. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/11688>. Acesso em: 28 abr. 2023.
- ALMINO, H. A. *et al.* Efeito da aplicação de revestimentos comestíveis em frutas e hortaliças minimamente processadas. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**. v. 14, n. 1, p. 100-104, 2020. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/7634>. Acesso em: 28 abr. 2023.
- AL-QUARASHI, A.; AWAD, M. A. **Postharvest ethanolic extract of propolis treatment affects quality and biochemical changes of „Hindi-Besennara“ mangos during shelf life**. *Scientia Horticulturae*, v. 233, p. 520–525, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.030>
- ALVES, A. I. *et al.* Qualidade de morangos envolvidos com revestimento comestível antimicrobiano à base de diferentes fontes de amido. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.7, n.13, p. 1519-1526, 2011. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencias%20da%20saude/qualidade.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2023.
- AMEENA, K. *et al.* Isolation of the mucilages from *hibiscos rosasinensis* linn. And Okra (*Abelmoschus esculentus* linn.) and studies of the binding effects of the mucilages. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**. v. 3, n. 7, p. 539-543, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1995764510601307?via%3Dihub>. Acesso em: 03 maio 2023.
- ANESE, R. O.; FRONZA, D. **Fisiologia pós-colheita em fruticultura**. Santa Maria: UFSM, Colégio Politécnico, Rede e-Tec Brasil, 2015. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/11/16_fisiologia_pos_colheita.pdf. Acesso em: 03 maio 2023

ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S.; REISSER JÚNIOR, C. Anuário Hortifruti Brasil. **Campo & Negócios**. p. 86-88, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/213216/1/Anuario-HF-2020-LEC-Antunes.pdf>. Acesso em: 06 de jan. 2023.

AGÊNCIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC – nº 91**. 2001. Brasília: Ministério de Saúde, 2001. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/rdc0091_11_05_2001.html. Acesso em: 03 maio 2023.

APPENDINI, P. *et al.* Reviw of antimicrobial food packing. **Innovative Food Science & Emerging Techologies**, v. 3, n. 2, p. 113-126, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1466856402000127?via%3Dihub>. Acesso em: 03 maio 2023.

AQUINO, A. A. *et al.* Revestimento à base de amido extraído da semente de Manga Palmer com adição de extrato de própolis na conservação de Abacate Geada. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 71116-71135, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/17125/13923>. Acesso em: 03 maio 2023.

ARAÚJO, A. W. O. **Filme à base de mucilagem de quiabo e amido de milho para aplicação em alimentos**. Monografia – Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/50498/1/2019_tcc_awoaraujo.pdf. Acesso em: 14 maio de 2023.

ARAÚJO, Y. L. F. M. **Estudo da atividade antimicrobiana de variedades de própolis da região da foz do Rio São Francisco - Brasil**. 2009. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde e Ambiente, Universidade Tiradentes, Aracaju, 2009.

ARCHANA, G. *et al.* Preparation and characterization of mucilage polysaccharide for biomedical applications. **Carbohydrate Polymers**, v. 98, n. 1, p. 89–94, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861713004268?via%3Dihub>. Acesso em: 03 maio 2023.

ARNON, H. *et al.* Development of polysaccharidesbased edible coatings for citrus fruits: A layer-by-layer approach. **Food Chemistry**. v. 166, p. 465–472, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814614009479?via%3Dihub>. Acesso em: 03 maio 2023

ARRUDA, A. D.; BERETTA, A. A. Micotoxinas e seus efeitos à saúde humana: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**. v. 9, n. 4, p. 286-289, 2019. Disponível em: <https://www.rbac.org.br/wp-content/uploads/2020/04/RBAC-vol-51-4-2019-ref-779.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2022.

ASSIS, O. B. G. FORATO, L. A.; BRITTO, D. Revestimentos comestíveis protetores em frutos minimamente processados. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 22, n. 160, p. 99-106, 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88273/1/Proci-08.00014.pdf>. Acesso em: 03 maio 2023.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 17, n.2, p. 87-97, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/PSw3gjR3H8Q3Z7DDV5vNPcL/?lang=pt>. Acesso em: 03 maio 2023.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D.; FORATO, L. A. **O uso de biopolímeros como revestimentos comestíveis protetores para conservação e frutas *in natura* e minimamente processadas**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2009. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, v. 29). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/658249/1/BPD292009.pdf>. Acesso em: 03 maio 2023.

ATAÍDE, E. M. *et al.* Cera de Carnaúba e Própolis na Conservação Pós-colheita de Frutos de Juazeiro em Condição Refrigerada. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 4, n. 8, p. 278-287, 2017. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/Agrarian%20Academy/2017b/cera%20de%20carnauba.pdf>. Acesso em: 03 maio 2023.

AVENA-BUSTILLOS, R. *et al.* Water Vapor Permeability of Caseinate-Based Edible Films as Affected by pH, Calcium Cross linking and Lipid Content. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 4, p. 904-907, 1993. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.1993.tb09388.x>. Acesso em: 03 maio 2023.

BALDWIN, E. A. *et al.* **Edible coatings and films to improve food quality**. 2ª Ed.. Boca Raton/EUA: Taylor and Francis Group, 2011. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/b11082/edible-coatings-films-improve-food-quality-elizabeth-baldwin-robert-hagenmaier-jinhe-bai>. Acesso em: 03 maio 2023.

BALDWIN, E. A. *et al.* Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, n. 2, p. 151–163, 1996. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521496000440?via%3Dihub>. Acesso em: 03 maio 2023.

BANKOVA, V. Chemical diversity of propolis and the problem of standardization. **Journal Ethnopharmacol.** v. 100, n 1-2, p. 114-117, 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378874105003223?via%3Dihub>. Acesso em: 03 maio 2023.

BANKOVA, V. *et al.* Propolis: recent advances in chemistry and plant origin. **Apidologie**. v. 31, n. 1, p. 3–15, 2000. Disponível em: <https://www.apidologie.org/articles/apido/abs/2000/01/M0105/M0105.html>. Acesso em: 03 maio 2023.

BASIAK, E. *et al.* Dynamic behaviour of starch-based coatings on fruit surfaces. **Postharvest Biology and Technology**, v. 147, p. 166–173, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521418306835?via%3Dihub>. Acesso em: 03 maio 2023.

BIDUSKI, B. *et al.* Impact of acid and oxidative modifications, single or dual, of sorghum starch on biodegradable films. **Food Chemistry**, v. 214, p. 53–60, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814616310615?via%3Dihub>. Acesso em: 03 maio 2023.

BLOIS, M. S. Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical. **Nature**, v. 181, p. 1199-1200, 1958. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/1811199a0>. Acesso em: 03 maio 2023.

BORGES, C. D. *et al.* Conservation of minimally processed apples using edible coatings made of turnip extract and xanthan gum. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/nvptYSPwHh3WgyzWnKBhmRG/?lang=en>. Acesso em: 03 maio 2023.

BRANCO, N. B. C. **Mucilagem do Cladódio de *Cereus hidmaniannus* K. Schum:** Caracterização Física, Química e Reológica. 2011. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/95671>. Acesso em: 03 maio 2023.

BRAND-WILLIAMS, W. *et al.* Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643895800085?via%3Dihub>. Acesso em: 03 maio 2023.

BRASIL, Food Ingredients. Agentes microbianos químicos e naturais. **Revista-fi**. n. 15, p. 36-42, 2010. Disponível em https://revista-fi.com/upload_arquivos/201606/2016060739062001465320470.pdf. Acesso em: 03 maio 2023.

As micotoxinas. **Revista-fi**, n. 7, p. 32-40, 2009. Disponível em: https://revista-fi.com/upload_arquivos/201606/2016060379366001465583508.pdf. Acesso em: 03 maio 2023.

BRETSCHNEIDER, F. G. B. Atividade antifúngica *in vitro* e *in vivo* de revestimento comestível ativo contra *Colletotrichum sp.* **Higiene Alimentar**, v. 33, n. 288-289, p. 2687-2691, 2019. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vti-15579>. Acesso em: 03 maio 2023.

BRITO, G. *et al.* Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**. v.62, n. 2, p. 127-139, 2011. Disponível em: <http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/view/222/204>. Acesso em: 03 maio 2023.

BUEHRMANN, C. *et al.* Extrato de Própolis no Controle de Fungos *Aspergillus sp.* e *Penicillium sp.* In: **5º AGROTEC, Simpósio de Agronomia e Tecnologia de Alimentos – UCEFF**. Santa Catarina, 2018. Disponível em: https://eventos.uceff.edu.br/eventosfai_dados/artigos/agrotec2018/929.pdf. Acesso em: 03 maio 2023.

BURDOCK, G. Review of the biological properties and toxicity of bee propolis. **Food and Chemical Toxicology**, v. 36, n. 4, p. 347–363, 1998. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278691597001452?via%3Dihub>. Acesso em: 03 maio 2023.

CANTILLANO, R. F. F.; SILVA, M. M. **Manuseio pós colheita de morangos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/886098/1/documento318.pdf>. Acesso em: 03 maio 2023. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 318).

CARDOSO, T. **Avaliação da *Spirulina platensis* na produção de biofilmes de derivados de mandioca e gelatina com aplicação em pimenta Cambuci (*Capsicum sp.*)**. 2017. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2017. Disponível em: <https://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/660>. Acesso em: 03 maio 2023.

CARELI-GONDIM, Í. **Uso de revestimentos comestíveis ativos com nanofibras celulósicas de casca de arroz na pós-colheita de frutas**. 2017. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/7595>. Acesso em: 03 maio 2023.

CARISSIMI, M. **Desenvolvimento e aplicação de filmes biodegradáveis a partir de amido de mandioca e microalga verde**. 2017. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/178638/001066424.pdf?sequence=1>. Acesso em: 03 maio 2023.

CARVALHO, R. L. *et al.* Chitosan coating with trans-cinnamaldehyde improves structural integrity and antioxidant metabolism of fresh-cut melon. **Postharvest Biology and Technology**, v. 113, p. 29–39, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521415301654?via%3Dihub>. Acesso em: 03 maio 2023.

CASARIEGO, A. *et al.* Chitosan/clay films' properties as affected by biopolymer and clay micro/nanoparticles concentrations. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 7, p. 1895-1902, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X09000307?via%3Dihub>. Acesso em: 03 maio 2023.

CASARIEGO, A. *et al.* Chitosan coating surface properties as affected by plasticizer, surfactant and polymer concentrations in relation to surface properties of tomato and carrot. **Food Hydrocolloids**, v. 22, n. 8, p. 1452–1459, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X07002196?via%3Dihub>. Acesso em: 03 maio 2023.

- CHEVALIER, R. C. *et al.* Utilização de revestimento comestível à base de quitosana para aumentar a vida útil de melão minimamente processado. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 3, n. 3, p. 130-138, 2016. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/ac65/4ca0d02e27d8dffaabe4ca7a7b87284e0ea0.pdf>. Acesso em: 03 maio 2023.
- CHEN, H. *et al.* *In Vitro* and *In Vivo* Immunomodulatory Activity of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) Polysaccharides. **Journal Medicinal Food**, v. 19, n. 3, p. 253-265, 2016. Disponível em: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/jmf.2015.3513>. Acesso em: 03 maio 2023.
- COELHO, D. G. *et al.* Escurecimento em Mandioca de Mesa Minimamente Processada com uso de Antioxidantes e Revestimento de Amido. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 2, p. 503-512, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/5696>. Acesso em: 03 maio 2023.
- COLTRO, L. *et al.* Biopolímeros Usados em Embalagens: Propriedades e Aplicações. In: **Anais do 8º Congresso do Congresso Brasileiro de Polímeros**. Águas de Lindóia, p. 1301 – 1303, 2005. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbpol/2005/PDF/925.pdf>. Acesso em: 03 maio 2023.
- COSTA, P. S. C.; OLIVEIRA, J. S. **Manual prático de criação de abelhas**. 2º Ed. Viçosa: Editora Aprenda Fácil. 2017.
- COTRIM, M. A. P.; AYRES, A. C. M. Preparation and Characterization of Okra Mucilage (*Abelmoschus esculentus*) Edible Films. **Macromolecular Symposia**, v. 367, n. 1, p. 90-100, 2016. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/masy.201600019>. Acesso em: 03 maio 2023.
- CUNHA, M. C. *et al.* Extrato de Própolis na Conservação Pós-colheita de Maracujá Amarelo. **Revista Interciência**, v. 42, n. 5, p. 320 – 323, 2017. Disponível em: <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/08/320-5838-PASSOS-42-5.pdf>. Acesso em: 03 maio 2023.
- DA SILVA, A. F. *et al.* Extractos de propóleos: uma alternativa para el control de hongos postcosecha. In. **IV Congresso Latino Americano de Micología**. Argentina, 2008.
- DA SILVA, A. F. *et al.* Atividade antifúngica de diferentes extratos comerciais de própolis. In. **5º Congresso Brasileiro de Micologia**. Recife, 2007.
- DAVISON, Alan. **The Penguin Companion to Food**. Londres: Editora Penguin Classic, 2009.
- DEBEAUFORT, F. *et al.* Edible Films and Coatings: Tomorrow Packaging: A Review. **Critical Reviews in Food Science**, v. 38, n. 4, p. 299-313, 1998. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9626488/>. Acesso em: 03 maio 2023.

DENG, F. *et al.* Revealing the influences of cellulose on cellulose/SrF2 nanocomposites synthesized by microwave-assisted method. **Industrial Crops and Products**, v. 85, p. 258-265, 2016. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669016301649?via%3Dihub>.

Acesso em: 03 maio 2023.

DE-MELO, A.A.M. *et al.* Capacidade antioxidante da própolis. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, p. 341-348, 2014. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/268035182_Capacidade_antioxidante_da_propolis.

Acesso em: 03 de maio 2023.

DHITAL, Rajiv *et al.* Integrity of edible nano-coatings and its effects on quality of strawberries subjected to simulated in-transit vibrations. **Food Science and Technology**, v. 80, p. 257–264, 2017. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643817301354?via%3Dihub>.

Acesso em: 03 maio 2023.

DIMOPOULOU, C. *et al.* Long-term remission and recurrence rates after first and second transphenoidal surger for Cushing’s disease: care reality in the Munich Metropolitan Region. **European Journal of Endocrinology**, v. 170, n. 2, p.. 283-292, 2013. Disponível em:

[https://academic.oup.com/ejendo/article-](https://academic.oup.com/ejendo/article-abstract/170/2/283/6661655?redirectedFrom=fulltext)

[abstract/170/2/283/6661655?redirectedFrom=fulltext](https://academic.oup.com/ejendo/article-abstract/170/2/283/6661655?redirectedFrom=fulltext). Acesso em: 03 maio 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Ciência que transforma: frutas e hortaliças**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira/frutas-e-hortaliças>. Acesso em: 03 maio 2023.

ESPITIA P. J. P. *et al.* Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties- A review. **Food Hydrocolloids**, v. 35, p. 287-296, 2014. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X13001835?via%3Dihub>.

Acesso em: 03 maio 2023.

FADINI, A. L. *et al.* Mechanical properties and water vapour permeability of hydrolysed collagen–cocoa butter edible films plasticised with sucrose. **Food Hydrocolloids**, v. 30,n. 2, p. 625–631, 2013. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X1200183X?via%3Dihub>.

Acesso em: 03 maio 2023.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATUON – FAO. **FAO apresenta avanços no combate às perdas e ao desperdício de alimentos**. Disponível em:

<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1062706>. Acesso em: 15 mar. 2023.

MANUAL ON THE APPLICATIONS OF THE HACCP SYSTEM IN MYCOTOXIN PREVENION NA PREVENTION NA CONTROL. **Food and Agriculture Organization and Nutrition Paper**. v 73. <https://www.fao.org/3/y1390e/y1390e.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2023

FOOD SAFETY AND QUALITY. **Mycotoxins**. 2023. Disponível em:

<https://www.fao.org/food/food-safety-quality/a-z-index/mycotoxins/en/>. Acesso em: 04 mar. 2023.

FOOD WASTAGE FOOTPRINT & CLIMATE CHANGE. 2015. Disponível em: <https://www.fao.org/3/bb144e/bb144e.pdf>. Acesso em: 15 maio 2018.

FARIAS, S. S. *et al.* Biopolímeros: Uma alternativa para promoção do desenvolvimento sustentável. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial 5, v. 7, n. 26, p. 61-77, 2016. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2759>. Acesso em: 03 mai. 2023.

FERNANDES, S. S. **Produção e Aplicação de Mucilagem de chia (*Salvia hispânica L.*) em Produtos Alimentícios**. 2016. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://sistemas.furg.br/sistemas/sab/arquivos/bdtd/0000011557.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2023.

FERREIRA M. P. F. **Embalagens Ativas para Alimento: Caracterização e Propriedades**. 2012. 138 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/77261>. Acesso em: 03 mai. 2023.

FONSECA, E.W.N. **Utilização da mucilagem de inhame (*Discorea spp*) como melhorador na produção de pão de forma**. 2006. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências de Alimentos. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/2876>. Acesso em: 03 mai. 2023.

FORATO, L. A. *et al.* Propriedades mecânicas e molhabilidade de filmes de zeínas extraídas de glúten de milho. **Polímeros**, v. 23, n. 1, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/cSvdnvbhFwSVR86z5GWXHsF/?lang=pt>. Acesso em: 03 mai. 2023.

FORATO, L. A. *et al.* Revestimentos comestíveis protetores em frutas e hortaliças. *In: Tecnologias Pós-colheita em Frutas e Hortaliças*. São Carlos: Embrapa Instrumentação, p. 208 – 218, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/902662/1/Cap.12RevestimentoComestiveisProtetoresEmFrutaseHortalicas..pdf>. Acesso em: 03 mai. 2023.

FRANCHETTI, S. M. M. *et al.* Polímeros biodegradáveis-uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 811, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/QXT9wMDfVQ9PrhbVsp8b3Pc/?lang=pt>. Acesso em: 03 mai. 2023.

FREITAS, J. H. E. S. *et al.* Evaluation of using aluminum sulfate and water-soluble Moringa oleifera seed lectin to reduce turbidity and toxicity of polluted stream water. **Chemosphere**, v. 163, p. 133-141, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27526060/>. Acesso em: 03 mai. 2023.

GHORI, M. U. *et al.* Impact of purification on physicochemical, surface and functional properties of okra biopolymer. **Food Hydrocolloids**, v. 71, p. 311-320, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X17302680?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

GORAYEB, T. C. C. *et al.* Estudo das Perdas e Desperdício de Frutas no Brasil. In: **Anais XI Simpósio Nacional de tecnologias em Agronegócio - SINTAGRO**, Ourinhos/SP, v. 11, n. 1, p. 214-222, 2019. Disponível em:

https://www.fatecourinhos.edu.br/anais_sintagro/index.php/anais_sintagro/article/view/48.

Acesso em: 03 mai. 2023.

GREENAWAY, W; SCAYSBROOK, T; WHATLEY, F. The composition and plant origins of propolis: a report of work at Oxford. **Bee World**. v. 71, n. 3, p. 107-118, 1990. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0005772X.1990.11099047>. Acesso em: 03 mai. 2023.

GUERREIRO, A. C. *et al.* D. C. The effect of edible coating on the nutritional quality of 'Bravo de Emolfe' freshcut apple through shelf life. **LWT- Food Science and Technology**, v. 75, p. 210–219, 2017. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643816305382>. Acesso em: 03 mai. 2023.

Acesso em: 03 mai. 2023.

HAJJI, S. *et al.* Optimization of the formulation of chitosan edible coating supplemented with carotenoproteins and their use for extending strawberries postharvest life. **Food Hydrocolloids**, v. 83, p. 375-392, 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X18301127?via%3Dihub>.

Acesso em: 03 mai. 2023.

HAN, J. H. Antimicrobial Food Packaging. **Food Technology**, v. 54, n. 3, p. 56-65, 2000. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9781855736757500080?via%3Dihub>.

Acesso em: 03 mai. 2023.

HAYTOWITZ, D. B. *et al.* **USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Legacy Release**. Nutrient Data Laboratory, Beltsville Human Nutrition Research Center, ARS. 2019. Disponível em: <https://data.nal.usda.gov/dataset/usda-national-nutrient-database-standard-reference-legacy-release>. Acesso em: 03 mai. 2023.

HIROSE, K. *et al.* A conveniente synthesis of lepidimoide from okra mucilage and its growth-promoting activity in hypocotyls. **Carbohydrate Research**, v. 339, n. 1, p. 9-19, 2004. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0008621503005329?via%3Dihub>.

Acesso em: 03 mai. 2023.

HONG, T. *et al.* Applications of infrared spectroscopy in polysaccharide structural analysis: Progress, challenge and perspective. **Food Chemistry: X**, v. 12, 2021. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590157521000560?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

Acesso em: 03 mai. 2023.

HUANG , S. *et al.* Recent advances in the chemical composition of propolis. **Molecules**, v. 19, p. 19610-19632, 2014. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/19/12/19610>.

Acesso em: 03 mai. 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2023.

JANI, G. K. *et al.* Gums and mucilages: Versatile excipients for pharmaceutical formulations. **Asian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 4, n. 5, p. 309-323, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Vipul-Prajapati-4/publication/228816749_Gums_and_mucilages_Versatile_excipients_for_pharmaceutical_formulations/links/00b7d521eb497ccab8000000/Gums-and-mucilages-Versatile-excipients-for-pharmaceutical-formulations.pdf. Acesso em: 03 mai. 2023.

JUNIOR, E. H. Aspectos Históricos sobre o Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia de Polímeros. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 2, p. 6-9, 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/dxqsKgLFHQ76dC7hK3cjK7r/?lang=pt>. Acesso em: 03 mai. 2023.

KAUR, M. *et al.* Effect of partial replacement of wheat flour with varying levels of flaxseed flour on physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of cookies. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 9, p. 14–20. 2017 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212619816300316?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

KEHRWALD, A. M. **Estudo da Influência da Energia Livre Superficial na Molhabilidade e Adesão de Revestimentos à Base de Fluorsilanos**. 2009. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/106636>. Acesso em: 03 mai. 2023.

KHALIQ, G. *et al.* Effect of gum Arabic coating combined with calcium chloride on physico-chemical and qualitative properties of mango (*Mangifera indica L.*) fruit during low temperature storage. **Science Horticulturae**, v. 190, p. 187–194, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423815002228?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

KHATHURIYA, R. *et al.* Recent approaches and pharmaceutical applications of natural polysaccharides: A review. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v. 6, n. 12, p. 4904–4919, 2015. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20153431095>. Acesso em: 03 mai. 2023.

KHEZRI, M. *et al.* Effect of propolis and clotrimazole on controlling aflatoxin in pistachio (*Pistacia vera L.*). **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 8, n. 5, p. 606-608, 2006. Disponível em: https://www.fspublishers.org/Issue.php?no_download=published_papers/64135..pdf&issue_id=1625. Acesso em: 03 mai. 2023.

- KLOSS, J. R. **Síntese e caracterização de poliuretanos biodegradáveis à base de poli(ϵ -caprolactona)**, 2007, 203f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/16899/JulianaReginaKloss.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- KNOTT, M. *et al.* Effect of changing chemical environment on physical properties of maize root mucilage. **Plant and Soil**, V. 478, p. 85-101, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-022-05577-0>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- KONTOGIORGOS, V. *et al.* Rheological characterization of okra pectins. **Food Hydrocolloids**, v. 29, n. 2, p. 356–362, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X12000781?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- KOSALEC, I. *et al.* Flavonoid analysis and antimicrobial activity of commercially available propolis product. **Acta Pharmaceutica**, v. 55, n. 4, p. 423-430, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16375832/>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- KROCHTA, J., *et al.* Edible and Biodegradable Polymer Challenges and Opportunities. **Food Technology**, v. 51, n. 2, p. 61-74, 1997.
- KROCHTA, J. *et al.* Formation And Properties Of Whey Protein Films And Coatings. **Chemistry**, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/300020453_Formation_And_Properties_Of_Whey_Protein_Films_And_Coatings. Acesso em: 03 mai. 2023.
- LABUZA, T.; BREENE, W. B. Application of active packaging for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods. **Nutritional Impact of Food Processing: 25th Symposium of the Group of European Nutritionists**, Reykjavik, September 1987. Forum Nutr. Basel, Karger, v. 43, p 252-259 1989. Disponível em: <https://karger.com/books/book/1899/chapter-abstract/5684568/Application-of-Active-Packaging-Technologies-for?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- LAMIC, Laboratório de Análises Micotoxicológicas - UFSM. **O que são Micotoxinas?** Disponível em: <https://www.lamic.ufsm.br/site/micotoxinas/o-que-sao-micotoxinas>. Acesso em: 04 out. 2021.
- LAOHAKUNJIT, N. *et al.* Effect of plasticizer on mechanical and barrier properties of rice starch film. **Starch**, v. 56, n. 8, p. 348–356, 2004. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/star.200300249>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- LAWTON, J. W. Effect of starch type on the properties of starch containing films. **Carbohydrate Polymers**, v. 29, n. 3, p. 203-208, 1996. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0144861796000288?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

LEE, C. S. *et al.* Optimisation of extraction and sludge dewatering efficiencies of bio-flocculants extracted from *Abelmoschus esculentus* (okra). **Journal of Environmental Management**, v. 157, p. 320–325, in v 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479715300311?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

LIAO, B-Y. *et al.* Thermal na antioxidante properties of polysaccharides sequentially extracted from mulberry leaves (*Morus alba L.*). **Molecules**, v. 22, n. 12, p. 2271, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/22/12/2271>. Acesso em: 03 mai. 2023.

LIRA, A. K. A. **Aplicação de revestimento comestível à base de fécula de araruta e extrato de própolis verde em queijo de coalho**. 2019. 60 f. Monografia (Bacharelado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2019. Disponível em: https://repository.ufrpe.br/bitstream/123456789/1380/1/tcc_avlakessiaazevedodelira.pdf. Acesso em: 03 mai. 2023.

LIU, J. *et al.* Structure characterization of polysaccharides in vegetable “okra” and evaluations of hypoglycemic activity. **Food Chemistry**, v. 242, p. 211-216, 2018. Disponível em: <https://daneshyari.com/article/preview/5132600.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2023.

LOGRIECO A. *et al.* Epidemiology of toxigenic fungi and their associated mycotoxins for some Mediterranean crops. **European Journal of Plant Pathology**. v. 109, p. 645-667, 2003. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1026033021542>. Acesso em: 03 mai. 2023.

LONGHINI, R. *et al.* Obtenção de extratos de própolis sob diferentes condições e avaliação de sua atividade antifúngica. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 17, n. 3, p. 388-395, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfar/a/3rzKjXXNG9ycVMtsfzHV4Zg/?lang=pt>. Acesso em: 03 mai. 2023.

LU, L. C. *et al.* Antibacterial activity of propolis against *Staphylococcus aureus*. **International Journal of Food Microbiology**, v. 102, n. 2, p. 213-220, 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160505000589?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

LUSTOSA, S. L. *et al.* Própolis: atualizações sobre a química e a farmacologia. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 3, p. 447-454, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfar/a/x4sTg6wQWMW6zNLKfdp5hDb/?lang=pt>. Acesso em: 03 mai. 2023.

MAHECHA, P. V. *et al.* Aceite esencial de cúrcuma (*Curcuma longa L.*) como agente antifúngico en recubrimientos comestibles aplicados a zapallo (*Cucurbita maxima*) mínimamente procesado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 641-654, 2017. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/index.php/rca/article/view/16503>. Acesso em: 03 mai. 2023.

- MALISZEWSKI, E. Os rumos da produção de frutas no Brasil: País é um celeiro de variedades que enfrentam problemas com clima e incentivo à exportação. **Agrolink**. 2019. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/os-rumos-da-producao-de-frutas-no-brasil_425861.htm. Acesso em: 13 dez. 2021.
- MARINGGAL B. *et al.* Recent advance in edible coating and its effect on fresh/fresh-cut fruits quality. **Trends in Food Science & Technology**, v. 96, p. 253-267, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224419305771>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- MARTINS, J. T. *et al.* Shelf Life Extension of Ricotta Cheese Using Coatings of Galactomannans from Nonconventional Sources Incorporating Nisin against *Listeria monocytogenes*. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 3, p. 1884-1891, 2010. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf902774z>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- MARUCCI, M. C. *et al.* Phenolic compounds from Brazilian propolis with pharmacological activities. **Journal Ethnopharmacol**, v. 74, n. 2, p. 105-112, 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378874100003263?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- MATSHUGIGE, K. *et al.* Propolis protects pancreatic β -cells the toxicity of streptozotocin (STZ). **Phytomedicine**, v. 3, n. 2, p. 203-209, 1996. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0944711396800377?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- MENDY, T. K. *et al.* Application of *Aloe vera* coating delays ripening and extend the shelf life of papaya fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 246, p. 769–776, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423818308355?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- METZNER, J; SCHNEIDEWIND, E. M; FRIEDERICH, E. Effect of própolis and pinocebrin on fungi. **Pharmazie**, v. 32, n. 11, p. 730-732, 1977.
- MILLER, K; KROCHTA, J. Oxygen and aroma barrier properties of edible films: A review. **Trends in Food Scienci Technology**, v. 8, n. 7, p. 228-237, 1997. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224497010510?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- MINATTI, E. **Um novo modelo para a interação entre polímeros neutros hidrossolúveis e surfactantes**. 2005. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2005
- MONTEIRO, E. C. **Uso de plantas medicinais no controle de antracnose em frutos de morango**. 201. 35 f. Monografia (Bacharelado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/177135>. Acesso em: 03 mai. 2023.

MONTES S. S. *et al.* Óleos Essenciais em Embalagens para Alimentos – Revisão de Literatura de 2000 a 2012. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, v. 5, n. 1/2, 2013.

Disponível em:

<https://revistascientificas.ifrj.edu.br/index.php/revistapct/article/download/368/1925>. Acesso em: 03 mai. 2023.

MURMU, S. B. *et al.* Engineering evaluation of thickness and type of packaging materials based on the modified atmosphere packaging requirements of guava (*Cv. Baruipur*).

Lebensmittel-Wissenschaft +Technology, v. 78, p. 273–280, 2017. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643816308271?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

NAIR, M. S. *et al.* Effect of chitosan and alginate-based coatings enriched with pomegranate peel extract to extend the postharvest quality of guava (*Psidium guajava L.*).

Food Chemistry, v. 240, p. 245–252, 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814615014156?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

NAVEED, M. *et al.* Surface tension, rheology and hydrophobic of rhizodeposits and seed mucilage influence soil water retention and hysteresis. **Plant and Soil**, V. 437, n. 1, p. 65-81, 2019. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-019-03939-9>. Acesso em: 03 mai. 2023.

NELSON, D. L. *et al.* **Lehninger Principles of Biochemistry**. 3ª Ed. Nova Iorque: Worth Publishers, 2000. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/48376766_Lehninger_Principles_of_Biochemistry. Acesso em: 03 mai. 2023.

NETTO, C. G. Biofilmes antimicrobianos protegem alimentos. **Jornal da UNICAMP**.

Campinas: Jornal da UNICAMP, p. 11, 2009. Disponível em:

https://www.unicamp.br/unicamp_hoje/ju/setembro2009/ju440pdf/Pag11.pdf. Acesso em: 03 mai. 2023.

OLIVEIRA, A. C. P. *et al.* Antifungal activity of propolis extract against yeasts isolated from onychomycosis lesions. **Memórias do Instituto Oswald Cruz**, v. 101, n. 5, p. 493-497, 2006.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mioc/a/Dbtq6zB49YdJkWFkx7mMXKn/?lang=en>.

Acesso em: 03 mai. 2023.

OLIVEIRA, E. F. R. **Desenvolvimento de novos filmes comestíveis contendo purê de couve e alginato de sódio**. 2020. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência dos Materiais, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2020. Disponível em:

<http://hdl.handle.net/11449/193502>. Acesso em: 03 mai. 2023.

OLIVEIRA, T. A. *et al.* Biofilmes de gelatina: Efeito da adição de surfactante e ácidos graxos de óleo de coco na permeabilidade ao vapor de água. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 7, n. 4, p. 76-80, 2012. Disponível em:

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7422250.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2023.

OLIVEIRA, V. R. L. **Avaliação da incorporação de cera de abelha da hidrofobização de filmes biopoliméricos e seu efeito como cobertura na conservação pós-colheita da goiaba.** 2017. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências e Engenharia de Materiais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/tede/744/1/VictorRLO DISSERT.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2023.

OLIVEIRA-JÚNIOR, J.K. *et al.* Análise do Efeito Antifúngico da Própolis sobre Espécies *Candida albicans* e não-*albicans*. **Revista UNINGÁ**, v. 30, n.3, p. 45-51, 2017. Disponível em: <https://revista.uninga.br/uningareviews/article/download/2029/1621>. Acesso em: 03 mai. 2023.

ONIAS, E. A. *et al.* Revestimento biodegradável à base de *Spirulina platensis* na conservação pós-colheita de goiaba Paluma, mantidas sob diferentes temperaturas de armazenamento. **Revista Ciências Agrárias**. Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal. v. 41 n. 3, 2018. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/index.php/rca/article/view/16752>. Acesso em: 03 mai. 2023.

ORTIZ-DUARTE, G. *et al.* Ag-chitosan nanocomposites in edible coatings affect the quality of fresh-cut melon. **Postharvest Biology and Technology**, v. 147, p. 174–184, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521418304290?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

ÖZDEMİR, M. *et al.* Optimization of edible whey protein films containing preservatives for mechanical and optical properties. **Journal Food Engineering**, v. 84, p. 116-123, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877407002701?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

PACKER, J. F.; LUZ, M. S. Método para avaliação e pesquisa da atividade antimicrobiana de produtos de origem natural. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 1, p. 102-107, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfar/a/KD86DjfG9dMvMKkQWbKWbDF/?lang=pt>. Acesso em: 03 mai. 2023.

PADOL, A. M. *et al.* Effects of added oligoguluronate on mechanical properties of Ca–alginate–oligoguluronate hydrogels depend on chain length of the alginate. **Carbohydrate Polymers**, v. 147, p. 234-242, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861716303757?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

PARAFATI, L. *et al.* The effect of locust bean gum (LBG)-based edible coatings carrying biocontrol yeasts against *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* causal agents of postharvest decay of Mandarin fruit. **Food Microbiology**, v. 58, p. 87–94, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0740002015301696?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

PARANÁ. Prognóstico 2020: Fruticultura Análise da Conjuntura. Curitiba: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento Departamento de Economia Rural, Governo do Estado do Paraná, 2020. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-01/fruticultura_2020.pdf. Acesso em: 03 mai. 2023.

PARK, H. J. Development of advanced edible coatings for fruits. **Trends in Food Science and Technology**, v. 10, n. 8, p. 254–260, 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224400000030?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

PARK, H. J. *et al.* Edible coating effects on storage life and quality of tomatoes. **Journal Food Science**, v. 59, n. 3, p. 568–570, 1994. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.1994.tb05563.x>. Acesso em: 03 mai. 2023.

PASSOS, F. R. **Extrato de Própolis na Conservação Pós-colheita de Frutas**. 2014. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia - Produção Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Rio Parnaíba, 2014. Disponível em: <https://www.novos cursos.ufv.br/posgrad/crp/posproducaovegetal/www/wp-content/uploads/2012/02/Disserta%C3%A7%C3%A3o-FI%C3%A1via-Regina-Passos.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2023.

PAULO, H. D. Biopolímeros: uma alternativa favorável. **Temas Atuais em Biologia**, v. 2, n. 1, 2014. Disponível em: <http://www.temasbio.ufscar.br/?q=artigos/biopol%C3%ADmeros-uma-alternativa-favor%C3%A1vel>. Acesso em: 03 mai. 2023.

PEREIRA JUNIOR, P. C. **Revestimentos Comestíveis na Conservação Pós-Colheita de Morangos Cultivar Camarosa Produzidos em Sistema Orgânico e Convencional**. 2014. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/1243>. Acesso em: 03 mai. 2023.

PEREIRA, D. A. **Extração aquosa de própolis e secagem em leite de espuma para uso em alimentos**. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2008. Disponível em: <http://www2.uesb.br/ppg/ppgecal/wp-content/uploads/2017/04/DANIELA-ALMEIDA-PEREIRA.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2023.

PÉREZ, A. F. T. *et al.* Conservación de mango tomy atkins mínimamente procesadomediante la aplicación de un recubrimiento de aloe vera (*Aloe barbandensis miller*). **Revista Vitae**, v. 23, n. 1, p. 65-77, 2016. Disponível em: https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-988403#fulltext_urls_biblio-988403. Acesso em: 03 mai. 2023.

PETERSEN, K. *et al.* Potential of biobased materials for food packaging. **Trends in Food Science and Technology**, v. 10, n. 2, p. 52-68, 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224499000199?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

PINHEIRO, A. C. *et al.* Utilização de revestimentos/filmes edíveis para aplicações alimentares. **Boletim de Biotecnologia**, v. 85, p. 18-28, 2010. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1822/16725>. Acesso em: 03 mai. 2023.

PITT, F. D. *et al.* Desenvolvimento histórico, científico e tecnológico de polímeros sintéticos e de fontes renováveis. **Revista da UNIFEBE**, v. 1, n. 09, 18 p., 2011. Disponível em: <https://docplayer.com.br/23752911-Desenvolvimento-historico-cientifico-e-tecnologico-de-polimeros-sinteticos-e-de-fontes-renovaveis.html>. Acesso em: 03 mai. 2023.

POVERENOV, E. *et al.* Potential of chitosan from mushroom waste to enhance quality and storability of fresh-cut melons. **Food Chemistry**, v. 268, p. 233–241, 2018. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814618310173?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

POVERENOV, E. *et al.* Layer-by-Layer electrostatic deposition of edible coating on fresh cut melon model: Anticipated and unexpected effects of alginate-chitosan combination. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, p. 1424–1432, 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-013-1134-4>. Acesso em: 03 mai. 2023.

QUEIROZ, A. G. **Revestimento à base de própolis no controle da antracnose (*Colletotrichum sp.*) em pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum L.*)**. 2021. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Recursos Genéticos e Vegetais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/227218>. Acesso em: 03 mai. 2023.

QUINTAVALLA, S. *et al.* Antimicrobial food packaging in meat industry. **Meat Science**, v. 62, n. 3, p. 373-380, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174002001213?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

RASOULI, M. *et al.* Inhibitory effect of salicylic acid and *Aloe vera* gel edible coating on microbial load and chilling injury of orange fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 247, p. 27-34, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423818308768?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

REZENDE, G. P. S. R. *et al.* Antimicrobial activity of two Brazilian commercial propolis extracts. **Brazilian Journal of Oral Sciences**, v. 5, n. 16, p. 967-970 2006. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/bjos/article/view/8641876>. Acesso em: 03 mai. 2023.

RITZOULIS, C. Mucilage formation in food: a review on the example of okra. **Food Science and Technology**, v. 52, n. 1, p. 59-67, 2017. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ijfs.13270>. Acesso em: 03 mai. 2023.

ROBERTSON, G. L. Packaging of Dairy Products. *In: Food Packaging: Principles and Practice*. 3ª Ed. Boca Raton/EUA: Ed. CRC/Taylor & Francis, 2012. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/b21347/food-packaging-gordon-robertson>. Acesso em: 03 mai. 2023.

- RODRIGUES, A. O. *et al.* Biopolímero desenvolvido a partir da farinha de arroz e sua aplicação como revestimento em frutos. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo RBAV**, v. 38, n. 2, p. 103–107, 2019. Disponível em: <http://www.sbvacu.org.br/rbav/index.php/rbav/article/view/1134>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- RODRIGUEZ-GARCIA, I. *et al.* Oregano (*Lippia graveolens*) essential oil added within pectin edible coatings prevents fungal decay and increases the antioxidant capacity of treated tomatoes. **Journal of Science Agricultural**, v. 96, n. 11, p. 3772–3778, 2016. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.7568>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- SALAS-MÉNDEZ, E. J. *et al.* Application of edible nanolaminate coatings with antimicrobial extract of *Flourensia cernua* to extend the shelf-life of tomato (*Solanum lycopersicum L.*) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 150, p. 19–27, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521418306616?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- SALGUEIRO, F. B. **Caracterização da própolis verde brasileira: substâncias fenólicas, atividade biológica e análise quimiométrica**. 2016. 157 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2016. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/bitstream/jspui/1469/2/2016%20-%20Fernanda%20Barbosa%20Salgueiro.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- SALINAS-ROCA, B. *et al.* Improving quality of fresh-cut mango using polysaccharide-based edible coatings. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 53, p. 938–945, 2017. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ijfs.13666>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- SANTOS, I. F. **Determinação e avaliação quimiométrica da composição mineral do *Abelmoschus esculentus L* comercializados na cidade de Salvador**. 2013. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013. Disponível em: https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/13087/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Ivanice%202013.pdf. Acesso em: 03 mai. 2023.
- SARANTÓPOULOS, *et al.* **Embalagens plásticas flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades**. Campinas: CETEA/ ITAL, 2002.
- SCAZZOCCHIO F. *et al.* Multifactorial aspects of antimicrobial activity of propolis. **Microbiological Research**, v. 161, n. 4, p. 327–333, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944501305001230?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- SENGKHAMPARN, N. *et al.* Physicochemical properties of pectins from okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). **Food Hydrocolloids**, v. 24, n. 1, p. 35–41, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X09001593?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

SFORCIN J. M. *et al.* Seasonal effect on Brazilian propolis antibacterial activity. **Journal of Ethnopharmacol**, v. 73, n. 1-2, p. 243-249, 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378874100003202?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

SFORCIN, J.M; BANKOVA, V. Propolis: is there a potential for the development of new drugs? **Journal Ethnopharmacol**, v. 133, n. 2, p. 253–260, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037887411000735X?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

SHARMA, N. **Biological Controls for Preventing Food Deterioration: Strategies for Pre- and Postharvest Management**. [s.l.]: John Wiley & Sons, 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/9781118533024.ch4>. Acesso em: 03 mai. 2023.

SHARMA, S. *et al.* Xanthan gum based edible coating enriched with cinnprevents browning and extends the shelf-life of fresh-cut pears. **LWT Food Science and Technology**, v. 62, n. 1-2, p. 791–800, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643814007750?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

SILVA FILHO C. J. A. **Estudo da mucilagem de *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench (quiabo) e suas potencialidades na composição de filmes biodegradáveis**. 2017. 40 f. Monografia (Bacharelado), Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/29580/1/2017_tcc_cjasilvafilho.pdf. Acesso em: 03 mai. 2023.

SILVA L. C. **Fungos e Micotoxinas em Grão Armazenados**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2005. Disponível em <http://www.agais.com/fungos.htm>. Acesso em: 03 mai. 2023.

SILVA, C. J. A.; MALTA, D. J. N. A Importância dos Fungos na Biotecnologia. **Caderno De Graduação - Ciências Biológicas e da Saúde - UNIT**, v. 2, n. 3, p. 49-66, 2016. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/facipesaude/article/view/3210/2080>. Acesso em: 03 mai. 2023.

SILVA, C. L.; MENDES, J. T. G. **Reflexões sobre o desenvolvimento sustentável: agentes e interações sob a ótica multidisciplinar**. Petrópolis: Vozes, 2005. (v. 1.)

SILVA, M. S. **Revestimento comestível à base de goma do cajueiro e de carboximetilcelulose adicionada de trans-cinamaldeído na qualidade de mamões minimamente processados**. 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado) Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/17827>. Acesso em: 03 mai. 2023.

SILVA, P. P. M.; OIVEIRA, J. **Revestimentos comestíveis aplicados em frutas e hortaliças**. Disciplina: Tecnologia Pós-Colheita de Produtos Hortícolas, Laboratório de Frutas e Hortaliças Dep. Agroindústria, Alimentos e Nutrição (ESALQ/USP) 2020.

SILVEIRA, R. A. D. **Produção de filmes biodegradáveis maleáveis para revestimento de mudas de plantas**. 2019. Monografia (Bacharelado), Curso de Química, Universidade La Salle, Canoas, 2019.

SIMÕES, C. C. *et al.* Estudo *in vitro* e *ex vivo* da ação de diferentes concentrações de extratos de própolis frente aos microrganismos presentes na saliva de humanos. **Revista Brasileira de Farmacologia**, v. 18, n. 1, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfar/a/q5TwtPJmVqjgXmhKPxVJD5R/?lang=pt>. Acesso em: 03 mai. 2023.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965. Disponível em: <https://www.ajevonline.org/content/16/3/144.short>. Acesso em: 03 mai. 2023.

SOARES, C. *et al.* Fungos produtores de micotoxinas. **Magazine Portuguese Society for Microbiology**, v. 2, p. 6, 2013. Disponível em: <https://spmicrobiologia.files.wordpress.com/2013/07/2013230-07b.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2023.

TEIXEIRA, É. *et al.* Indicadores da origem botânica da própolis: importância e perspectivas. **Boletim da Indústria Animal**, v. 60, n. 1, p. 83-106, 2003. Disponível em: <http://www.iz.agricultura.sp.gov.br/bia/index.php/bia/article/view/1357/1352>. Acesso em: 03 mai. 2023.

TESFAY, S. Z. *et al.* Carboxyl methylcellulose (CMC) containing moringa plant extracts as new postharvest organic edible coating for Avocado (*Persea americana* Mill.) fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 226, p. 201–207, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423817305289?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

TORETI, V. C.; SATO, H. H.; PASTORE, G. M.; KUN, P. Y. Recent Progresso f Propolis for Its Biological and Chemical Compositions and Its Botanical Origin. **PubMed**, v. 2013 Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23737843/>. Acesso em 14 mar. 2023.

UZEL, A. *et al.* Chemical compositions and antimicrobial activities of four different Anatolian propolis samples. **Microbiol Research**, v. 160, n. 2, p. 189-195, 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S094450130500011X?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

VENTURA, J.A. *et al.* Patologia pós-colheita: doenças do mamão, banana e abacaxi. *In: Simpósio Brasileiro de Pós-colheita de Frutas, Hortalças e Flores*. Viçosa: UFV, 2007.

VIEIRA, J. M. *et al.* Effect of chitosan- *Aloe vera* coating on postharvest quality of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 116, p. 88–97, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521416300102?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

VILLADIEGO, A. M. D. *et al.* Filmes e Revestimentos Comestíveis na Conservação de Produtos Alimentícios. **Revista Ceres**, v. 52, n. 300, 22 p., 2005. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3052/305242980005.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2023.

VILLADIEGO, A. M. D. *et al.* Extração e Caracterização do Amido de Inhame e Desenvolvimento de Filmes comestíveis Antimicrobiano. **Temas agrários**, v. 14, n. 2, 18p., 2009. Disponível em: <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/672>. Acesso em: 03 mai. 2023.

WANG, K.. *et al.* Optimization of ultrasound-assisted extraction of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) polysaccharides based on response surface methodology and antioxidant activity. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 114, p. 1056-1063, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813018300473?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

WONG, D. W. S. *et al.* Development of edible coatings for minimally processed fruit and vegetables. In: J. M. Krochta, E. A. Baldwin, & M. O. Nisperos-Carriedo (Eds.), **Edible coatings and films to improve food quality**. Switzerland: Technomic Publishing Co, p.65-88, 1994. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/284773714_Edible_Coatings_for_Lightly_Processed_Fruits_and_Vegetables#fullTextFileContent. Acesso em: 03 mai. 2023.

XAVIER, T. D. N. **Síntese e aplicação de revestimentos à base de fécula, quitosana e cera de carnaúba na conservação pós-colheita da banana**. 2017. 88 f. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. UFRSA, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/2206>. Acesso em: 03 mai. 2023.

XU, D. *et al.* Prolonged preservation of tangerine fruits using chitosan/montmorillonite composite coating. **Postharvest Biology and Technology**, v. 143, p. 50–57, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521418301571?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

YANG, G. *et al.* Blueberry leaf extracts incorporated chitosan coatings for preserving postharvest quality of fresh blueberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 92, p. 46–53, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092552141400026X?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

YUAN, B. *et al.* Extensiomal and shear rheology of okra hydrocolloid-saliva mixtures. **Food Research International**. v. 106, p 204-212, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996917309067?via%3Dihub>. Acesso em: 03 mai. 2023.

ZAHARUDDIN, N. D. *et al.* The use of *Hibiscus esculentus* (Okra) Gum in Sustaining the Release of Propranolol Hydrochloride in a Solid Oral Dosage Form. **BioMed Research International**, v. 2014, 8 p., 2014. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/735891/>. Acesso em: 03 mai. 2023.

ZAHID, N. *et al.* Efficacy of ethanolic extract of propolis in maintaining postharvest quality of dragon fruit during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 79, n. 1, p. 69–72, 2013. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092552141300015X?via%3Dihub>.

Acesso em: 03 mai. 2023.

ZAMBRANO, J. Efecto de un recubrimiento comestible formulado con mucílago del cactus (*Opuntia elatior* mill.) sobre la calidad de frutos de piña mínimamente procesados. **Bioagro**, v. 29, n. 2, p. 129–136, 2017. Disponível em: <http://ve.scielo.org/pdf/ba/v29n2/art07.pdf>.

Acesso em: 03 mai. 2023.

ZANIN, T. 10 Benefícios do quiabo e como fazer. Revisão clínica *In: Tua Saúde*, 2021.

Disponível em: <https://www.tuasaude.com/beneficios-do-quiabo>. Acesso em: 03 mai. 2023.

ZHU, Q. H.; *et al.* Integrates mapping and characterization of the gene underlying the okra leaf trait in *Gossypium hirsutum* L. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 3, p. 763-774, 2016. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/67/3/763/2893345>. Acesso em: 03

mai. 2023.