

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS RIO VERDE -
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

FILMES ECOLÓGICOS À BASE DE POLÍMEROS
NATURAIS INCORPORADOS COM FARINHA DE FRUTOS
AMAZÔNICOS

Autora: Ana da Silva Torres Viana
Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Geovana Rocha Plácido
Coorientador: Prof. Dr. Marco Antônio Pereira da Silva

RIO VERDE- GO
Setembro – 2023

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS RIO VERDE -
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

FILMES ECOLÓGICOS À BASE DE POLÍMEROS
NATURAIS INCORPORADOS COM FARINHA DE FRUTOS
AMAZÔNICOS

Autora: Ana da Silva Torres Viana
Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Geovana Rocha Plácido
Coorientador: Prof. Dr. Marco Antônio Pereira da Silva

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, ao Programa de Pós-Graduação - *Stricto Sensu* - em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração: Tecnologia e Processamento de Alimentos

RIO VERDE- GO
Setembro – 2023

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

VV614f	<p>Viana, Ana da Silva Torres FILMES ECOLÓGICOS À BASE DE POLÍMEROS NATURAIS INCORPORADOS COM FARINHA DE FRUTOS AMAZÔNICOS / Ana da Silva Torres Viana; orientadora Geovana Rocha Plácido; coorientadora Marco Antônio Pereira da Silva. - Rio Verde, 2023. 86p.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2023.</p> <p>1. <i>Couepia bracteosa</i> 2. Pouteria caimito. 3. Filmes biodegradáveis. 4. Nanopartículas de zinco. 5. Sustentabilidade. I. Rocha Plácido, Geovana, orientador II. Pereira da Silva, Marco Antônio, coorientador III. Título.</p>
--------	---

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Ana da Silva Torres Viana

Matrícula:

2021202330740001

Título do trabalho:

FILMES ECOLÓGICOS À BASE DE POLÍMEROS

NATURAIS INCORPORADOS COM FARINHA DE FRUTOS AMAZÔNICOS

RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 26 / 12 / 2023

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde - GO

28 / 11 / 2023

Local

Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Gente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO - CAMPUS
RIO VERDE**

DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**FILMES ECOLÓGICOS À BASE DE POLÍMEROS NATURAIS
INCORPORADOS COM FARINHA DE FRUTOS AMAZÔNICOS**

Autora: Ana da Silva Torres Viana
Orientadora: Geovana Rocha Plácido

TITULAÇÃO: Mestre em Tecnologia de Alimentos – Área de Concentração em Tecnologia de Alimentos

APROVADA em 27 de setembro de 2023.

Dra. Viviane Patrícia
Romani
Avaliadora interna
IF Goiano/RV

Dra. Raphaela Gabri
Bitencourt
Avaliadora externa

Dra. Geovana Rocha
Plácido
Presidente da banca

IF Goiano/RV

IF Goiano/RV

Documento assinado eletronicamente por:

- Viviane Patricia Romani, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO - VISITANTE, em 28/09/2023 08:15:11.
- Raphaela Gabri Bitencourt, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/09/2023 18:52:47.
- Geovana Rocha Placido, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/09/2023 17:23:41.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 05/09/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 528618
Código de Autenticação: bf6b54318a



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3624-1000

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar minha mais profunda gratidão a Deus pela dádiva da vida, pela saúde e pela disposição que me concedeu, tornando possível a realização deste marco importante na minha jornada: a conclusão desta pós-graduação. Cada passo que dei, cada desafio que superei, foi uma prova do seu amor e orientação constantes.

À minha orientadora, Profa. Dra. Geovana Rocha Plácido, gostaria de expressar meus mais sinceros agradecimentos por todo o apoio e orientação preciosos ao longo deste inspirador projeto. Você não foi apenas uma orientadora, mas também uma amiga e uma fonte de motivação. Cada discussão, cada direcionamento que você me ofereceu contribuiu de forma inestimável para a qualidade deste trabalho. Sou grata por todos os momentos de aprendizado e amizade que compartilhamos.

Aos meus amados pais, irmãos e sobrinhos, por todo apoio e companheirismo, por entenderem minha ausência e estarem sempre prontos a me acolher nos momentos mais difíceis. Essa conquista é nossa!

Ao meu esposo e filhos amados, a nossa caminhada não foi fácil, mas toda essa jornada mostrou que nossa união é divina, minha força também se renovava com cada abraço e palavras de carinho, amor eterno.

A todos os amigos que fiz ao longo do mestrado, gratidão pelo compartilhamento de conhecimento, pela ajuda prestada, pelas conversas descontraídas e por todo o companheirismo. Saibam que minha gratidão por vocês é eterna e que cada momento compartilhado é um presente que sempre carregarei comigo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação do IFGOIANO, pela oportunidade, pelas aulas ministradas favorecendo a aquisição e expansão do conhecimento e pelo suporte quando necessário.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA DA AUTORA

Ana da Silva Torres Viana nasceu em Porto Velho, Estado de Rondônia, no dia 16 de abril de 1979. Filha de Eliá Oliveira da Silva Torres e Edmar Nunes Torres. Nutricionista, formada pelas Faculdades Integradas Aparício Carvalho -FIMCA em Porto Velho (2012). No mesmo ano, tomei posse como técnica em alimentação no governo do estado e exerci minha função por três anos. Em 2015, assumi o cargo de Técnica administrativa de nível superior/Nutricionista, atuando até hoje, estando em período de afastamento para licença de capacitação. Ainda em 2015, concluí pós-graduação em Saúde Pública (Lato sensu). Em setembro de 2021, fui admitida no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde a nível de Mestrado Profissional e executei o projeto de mestrado de desenvolvimento de filmes sob a orientação da Professora Dra. Geovana Rocha Plácido.

RESUMO

VIANA, ANA DA SILVA TORRES. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO. AGOSTO de 2023. **Filmes ecológicos à base de polímeros naturais, incorporados com farinha de frutos amazônicos. 2023.** Orientadora: Prof^a. Dr^a. Geovana Rocha Plácido. Co-orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Pereira da Silva.

O desenvolvimento sustentável é uma prioridade global devido à preocupação com o meio ambiente, saúde e recursos naturais. Os compósitos poliméricos biodegradáveis naturais são destacados como alternativas aos materiais petroquímicos, representando uma transição importante para o uso de recursos renováveis em prol de um planeta saudável para as futuras gerações. O objetivo deste estudo foi criar filmes comestíveis usando uma mistura de carboximetilcelulose (CMC), pectina de laranja, nanopartículas de zinco e cera de arroz, incorporando ingredientes da Amazônia de forma equilibrada. Os filmes foram produzidos pela técnica de “*casting*” e caracterizados quanto a suas propriedades físicas, ópticas, mecânicas, térmicas, permeabilidade ao vapor de água, espectroscopia de infravermelho e biodegradabilidade. Os resultados mostraram que os filmes compostos de farinhas de frutas foram mais espessos que o controle e os compostos com cera de arroz mostraram alta solubilidade e baixa permeabilidade ao vapor. As propriedades mecânicas do filme à base de CMC 50% e pectina 50% (CP) e os compostos com farinha de pajurá apresentaram os melhores resultados. CP e o filme à base de CMC 80%, pectina 20%, nanopartículas de zinco 10% e farinha de abiu 50% (CPZ-A50) apresentaram superfícies mais homogêneas e compactas em relação aos demais. A espectroscopia infravermelha com transformada de Fourier -FTIR mostrou que os grupos funcionais da pectina e CMC são semelhantes, tendo ocorrido, portanto, sobreposição de picos. Os tratamentos à base de CMC 50%, pectina 50%, nanopartículas de zinco 10% e farinha de pajurá 40% (CPZ-P40) e CMC 50%, pectina 50%, nanopartículas de zinco 10% e farinha de pajurá 50% (CPZ-P50) sofreram as maiores perdas de massa, e a

degradação térmica foi observada entre 210 C e 340 °C. Os filmes com maiores concentrações de farinha foram os mais escuros. Quanto às propriedades antimicrobianas, os filmes não apresentaram atividades inibitórias. A biodegradabilidade foi observada em torno de 15 dias. Em síntese, os filmes compósitos CPZ-P40 e CPZ-P50 destacaram-se como excelentes filmes comestíveis em razão de suas notáveis propriedades de permeabilidade, resistência mecânica e estabilidade térmica. Eles têm potencial de aplicação em diversos alimentos, especialmente aqueles que necessitam de proteção contra umidade e luz, contribuindo para a preservação da qualidade e para a segurança alimentar.

Palavras-chave: *Couepia bracteosa*. *Pouteria caimito*. Filmes biodegradáveis. Nanopartículas de zinco. Sustentabilidade.

ABSTRACT

VIANA, ANA DA SILVA TORRES. Goiano Federal Institute, Rio Verde Campus, Goiás State (GO), Brazil, August 2023. **Ecological films based on natural polymers incorporated with Amazonian fruit flour.** 2023. Advisor: Prof. Dr. Plácido, Geovana Rocha. Co-advisor: Prof. Dr. Silva, Marco Antônio Pereira da.

Sustainable development is a global priority due to concerns about the environment, health, and natural resources. Natural biodegradable polymer composites are highlighted as alternatives to petrochemical materials, representing an important transition towards the use of renewable resources in favor of a healthy planet for future generations. This study aimed to create edible films using a mixture of carboxymethylcellulose (CMC), orange pectin, zinc nanoparticles, and rice wax, incorporating ingredients from the Amazon in a balanced way. The films were produced using the “casting” technique and characterized regarding their physical, optical, mechanical, thermal, water steam permeability, infrared spectroscopy, and biodegradability properties. Results showed that films composed of fruit flour were thicker than the control and those composed of rice wax showed high solubility and low steam permeability. The film mechanical properties based on CMC 50% and pectin (CP) 50% and the compounds with *pajurá* flour showed the best results. CP and the film based on CMC 80%, pectin 20%, zinc nanoparticles 10%, and *abiu* flour 50% (CPZ-A50) presented more homogeneous and compact surfaces compared to the others. Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) showed that the functional groups of pectin and CMC are similar and, therefore, there was overlap of peaks. Treatments based on CMC 50%, pectin 50%, zinc nanoparticles 10%, and *pajurá* flour 40% (CPZ-P40) as well as CMC 50%, pectin 50%, zinc nanoparticles 10%, and *pajurá* flour 50% (CPZ-P50) suffered the greatest mass losses and thermal degradation between 210 and 340 °C. The films with the highest concentrations of flour were the ones in darkest color. Regarding antimicrobial properties, the films did not show inhibitory

activities. Biodegradability was found in around fifteen days. In summary, the CPZ-P40 and the CPZ-P50 composite films stood out as excellent edible films due to their notable properties of permeability, mechanical resistance, and thermal stability. They have potential for application in different foods, especially those that require protection against moisture and light, contributing to the preservation of food quality and safety.

Keywords: *Couepia bracteosa*. *Pouteria caimito*. Biodegradable films. Sustainability. Zinc nanoparticles.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Aspecto visual do pajurá e seus componentes: (a) fruto inteiro; (b) endocarpo e semente; (c) endocarpo espesso.....	7
Figura 2 - Aspecto visual do fruto do abiu e seus componentes: (a) fruto inteiro; (b) mesocarpo espesso; (c) mesocarpo e sementes.....	8
Figura 3 - Preparação das amostras. (a) mensuração do tamanho do fruto; (b) descascamento; (c) albedo separado para desidratação em estufa (d) albedo desidratado; (e) farinha do fruto desidratado após passar pelo moinho de facas.....	15
Figura 4 - Extração da pectina (a) solução da farinha da laranja com ácido cítrico em água destilada; (b) solução resfriada a 4 °c; (c) processo de filtração; (d) solução em repouso para precipitação da pectina; (e) pectina filtrada; (f) pectina seca moída	15-16
Figura 5 - Aspecto visual do fruto <i>Couepia bracteosa</i> Benth (pajurá) e seus componentes: (a;b;c) fruto inteiro; (d) semente; (e) polpa amarela.....	16
Figura 6 - Aspecto visual do fruto <i>Pouteria caimito</i> (abiu) e seus componentes: (a) fruto inteiro; (b) polpa branca; (c) sementes.....	17
Figura 7 - Preparação do pajurá e abiu para a desidratação (a) polpa de pajurá úmida; polpa do pajurá desidratada; (b;c); (d) polpa de abiu úmida; (e;f) polpa de abiu desidratada.....	17
Figura 8 - Filmes e suas composições (blendas): (a) CMC/pectina; (b) CMC/pectina e farinha de pajurá; (c) CMC/pectina e farinha de abiu; (d) CMC/pectina, cera de arroz e farinha de abiu; (e) CMC/pectina, cera de arroz e farinha de pajurá	19
Figura 9 - Análise de solubilidade em água.....	22

- Figura 10 - Micrografias SEM (ampliação: 100x/500x) de filmes comestíveis de diferentes composições: CP (CMC/pectina), CP-A40 (CMC/pectina/glicerol/farinha de abiu 40%); CPZ-A50 (CMC, pectina/glicerol/zno/farinha de abiu); CP-AC (CMC/pectina/glicerol/farinha de abiu/cera de arroz); CPZ-PC (CMC/pectina/glicerol/zno/farinha de pajurá/cera de arroz) 33-35
- Figura 11 - Espectro de absorção na região do infravermelho (FTIR) dos tratamentos compostos de CMC, pectina e associados à farinha de pajurá, farinha de abiu, npszno e cera de arroz 36
- Figura 12 - Análise termogravimétrica (TGA) dos filmes..... 37
- Figura 13 - Calorimetria exploratória diferencial (DSC): CP (CMC/pectina), CP-P40 (CMC/pectina/ glicerol/farinha de pajurá 40%), CPZ-P40 (CMC/pectina/glicerol/npszno/farinha de pajurá 40%), CPZ-P50 (CMC/pectina/glicerol/npszno/farinha de pajurá 50%), CP-A40 (CMC/pectina/glicerol/farinha de abiu 40%), CPZ-A50 (CMC, pectina/glicerol/zno/farinha de abiu), CP-AC (CMC/pectina/glicerol/farinha de abiu/cera de arroz), CPZ-PC (CMC/pectina/glicerol/zno/farinha de pajurá/cera de arroz) 38
- Figura 14 - Resultado visual dos filmes comestíveis de diferentes composições: (a) CP; (b) CP-P40; (c) CPZ-P40; (d) CPZ-P50; (e) CP-A40; (f) CPZ-A50; (g) CP-AC; e (h) CPZ-PC 41
- Figura 15 - Análise da atividade antimicrobiana para os diferentes filmes de Cmc/pectina incorporados com farinha de frutas, cera de arroz e nanopartículas – CP-A40, CPZ-A50, CP-AC, CPZ-PC contra (a) *Staphylococcus*; (b) *E. Coli*; e (c) *Salmonella enteriditis* 42
- Figura 16 - Análise da biodegradabilidade dos filmes no dia 0: (a) CP; (b) CP-P40; (c) CPZ-P40; (d) CPZ-P50; (e) CP-A40; (f) CPZ-A50; (g) CP-AC; (h) CPZ-PC..... 43
- Figura 17 - Análise da biodegradabilidade dos filmes no dia 12: (a) CP; (b) CP-P40; (c) CPZ-P40; (d) CPZ-P50; (e) CP-A40; (f) CPZ-A50; (g) CP-AC; e (h) CPZ-PC..... 44

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Testes preliminares. Descrição das concentrações e associações.....	20
Tabela 2 - Detalhamento das concentrações e composições das soluções filmogênicas, definidas para análises específicas visando a explorar propriedades físico-químicas e mecânicas.....	21
Tabela 3 - Espessura, umidade, solubilidade em água e permeabilidade ao vapor de água (PVA) dos tratamentos CP, CPZ-PC, CP-AC, CPZ-P40, CPZ-P50, CP-A40, CPZ-A50. Valores na mesma coluna com letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$)	28
Tabela 4 - Propriedades mecânicas dos filmes	32
Tabela 5 - Propriedades térmicas: temperaturas de fusão; picos exotérmicos e peso residual.....	40
Tabela 6 - Efeito dos diferentes tratamentos nos parâmetros de Luminosidade (L^*), Componente de Cor no Eixo Vermelho-Verde (a^*) e Componente de Cor no Eixo Amarelo-Azul (b^*)	40

LISTA DE SIMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACOES E UNIDADES

Siglas/Símbolos	Significado
COO-	grupo carboxilato
C-H	ligação covalente simples
CH ₂	grupo metileno
CMC	Carboximetilcelulose
DSC	calorimetria exploratória diferencial
EB	alongamento na ruptura
FTIR	espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier
kPa	Quilo Pascal
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MPa	Mega Pascal
NH ₃	átomo de nitrogênio (N) ligado a três átomos de hidrogênio (H).
-OH	Hidroxila
O-H	Ligação covalente entre um átomo de oxignio (O) e um átomo de hidrogênio (H)
PVA	permeabilidade ao vapor de gua
TGA	análise termogravimétrica
TM	temperatura de fusão
TS	resistência  tração
ZnO	xido de Zinco
NPs ZnO	nanoprculas de zinco

SUMÁRIO

	Página
1	INTRODUÇÃO GERAL..... 1
2	REVISÃO DE LITERATURA 5
2.1	Frutos amazônicos..... 5
2.2	Pajurá (<i>Couerpia bracteosa</i> Benth)..... 5
2.3	Abiu (<i>Pouteria caimito</i>) 7
2.4	Filmes Comestíveis 9
2.5	Carboximetilcelulose..... 9
2.6	Pectina 10
2.7	Nanopartícula de Zinco 11
2.8	Cera de arroz..... 12
3	OBJETIVOS..... 13
4	MATERIAIS E MÉTODOS 14
4.1	Materiais 14
4.2	Extração da pectina 14
4.3	Preparo da farinha dos frutos amazônicos..... 16
4.4	Obtenção das nanopartículas de zinco..... 17
4.5	Preparação da emulsão da cera de arroz..... 18
4.6	Preparo dos filmes compostos..... 18
4.6.1	Testes preliminares 19
4.7	Caracterização dos filmes..... 21
4.7.1	Espessura..... 21

4.7.2	Teor de umidade.....	21
4.7.3	Solubilidade	22
4.7.4	Permeabilidade ao vapor de água	23
4.7.5	Propriedades mecânicas	23
4.7.6	Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	24
4.7.7	Espectroscopia em infravermelho (FTIR)	24
4.7.8	Análise de estabilidade térmica	24
4.7.9	Análise de cor.....	24
4.7.10	Atividade antimicrobiana.....	25
4.7.11	Teste de biodegradabilidade	25
4.7.12	Análise estatística.....	26
5	Resultados e discussão	27
5.1	Rendimento da pectina	27
5.2	Espessura, umidade, solubilidade em água e permeabilidade ao vapor de água (PVA).....	27
5.3	Propriedades mecânicas	30
5.4	Micrografia eletrônica de varredura (MEV)	32
5.5	Espectroscopia em infravermelho (ATR/FTIR)	35
5.6	Análise termogravimétrica.....	36
5.7	Calorimetria exploratória diferencial.....	38
5.8	Medição de cores	40
5.9	Avaliação da atividade bacteriana	41
5.10	Avaliação da biodegradabilidade	43
6	Conclusão	46
7	Referências.....	47
	ANEXO – Bibliografia Complementar consultada.....	67

1 INTRODUÇÃO GERAL

As frutas amazônicas vêm se destacando e despertando crescente interesse de consumidores e pesquisadores pelo seu potencial sensorial, nutricional e bioativo. Dados demonstram que muitos frutos amazônicos têm potencial para serem explorados como alimento e planta terapêutica, principalmente como agente antioxidante e antimicrobiano, e contribuir para o desenvolvimento sustentável da região amazônica (ARAÚJO, Nayara *et al.*, 2021).

O Brasil é um dos países que apresentam maior diversidade do mundo, com mais de 40.000 espécies de plantas diferentes, representando 20% da flora mundial. No entanto, a riqueza vegetal brasileira não é aproveitada de forma otimizada (OLIVEIRA *et al.*, 2012). A diversidade brasileira tem elevadas potencialidades, a exemplo da vasta biodiversidade, da alta disponibilidade de recursos naturais, além do fato de ter uma legislação ambiental avançada (MARIN, 2023).

A biodiversidade do Brasil é vasta e tem valor incalculável. No entanto, seu potencial ainda é subestimado e subutilizado, especialmente quando se trata de sua aplicação como fonte de alimentos e em diversas formas de uso. É evidente que, de modo geral, as espécies nativas brasileiras não têm sido incorporadas de maneira significativa na dieta da população, como apontado por Tuler, Peixoto e Silva, N. (2019). Nesse sentido, chamar a atenção para as características de algumas espécies como a *Couepia bracteosa* (pajurá) e *Pouteria caimito* (abiu), que são consideradas fontes promissoras de compostos bioativos com altas propriedades antioxidantes e antimicrobianas, revela o grande potencial de aplicação nas indústrias farmacêutica, cosmética e alimentícia (ABREU, 2018; BERTO *et al.*, 2015).

Muitos pesquisadores têm focado seus estudos no potencial prebiótico, bioativo e antimicrobiano das frutas nativas, o que é de fundamental importância para a tecnologia de conservação de alimentos, uma vez que podem ser utilizadas como parte integrante no

desenvolvimento de materiais para embalagens. Nos últimos anos, tornou-se uma tendência promissora adicionar aditivos naturais, extratos e produtos residuais de processamento de alimentos, incluindo ácidos fenólicos, taninos, proantocianidinas ou flavonoides, a fim de melhorar o desempenho das embalagens de alimentos. Em paralelo, ressalta-se também que a mistura de diferentes polímeros ou partículas inorgânicas com polímeros representa uma rota estratégica na melhora do desempenho de um material, permitindo a realização de novos sistemas compósitos que melhoram o desempenho do polímero original (ABDELRAZEK; ELASHMAWI; LABEEB, 2010; BAYRAM *et al.*, 2021; LIM, S.-H; HUDSON, 2003).

Diante da crescente preocupação com o meio ambiente, a saúde e a escassez de recursos naturais renováveis, o conceito de desenvolvimento sustentável emergiu como uma prioridade global. Dentro desse contexto, a pesquisa de compósitos poliméricos biodegradáveis naturais ganhou destaque, oferecendo uma alternativa às fontes petroquímicas. Essa abordagem reflete uma transição crucial em direção ao uso de recursos renováveis, alinhando-se com o objetivo maior de garantir um planeta saudável para as futuras gerações (KUCIEL; KUŹNIAR; LIBER-KNEÉ, 2010).

Filmes e revestimentos comestíveis são definidos como uma camada fina para embalagem primária de alimentos, compostos de componentes comestíveis, produzidos completamente a partir de materiais renováveis e seguros para o consumo. Os filmes de embalagem devem ter boas propriedades antibacterianas e antioxidantes, bem como boas propriedades físico-químicas (HASSAN *et al.*, 2018).

De fato, a busca por materiais biodegradáveis é uma abordagem promissora para reduzir o impacto ambiental desses materiais. As macromoléculas derivadas de proteínas e carboidratos, como pectina, quitosana, gelatina, alginato, amido, celulose e outras sementes mucilaginosas, têm ganho destaque nas últimas duas décadas em razão das suas propriedades ecológicas e do potencial para substituir os polímeros derivados de petróleo. (PIROUZIFARD; YORGHANLU; PIRSA, 2020; SHIVANGI *et al.*, 2021; SILVA, K. *et al.*, 2018)

A carboximetilcelulose (CMC) é um dos derivados mais comuns de celulose usados na preparação de filmes comestíveis. A CMC é um polissacarídeo linear, de cadeia longa, solúvel em água e aniônico, e sua solução tem alta viscosidade, com efeitos não tóxicos e não alergênicos. Como polímero natural, amplamente utilizado no desenvolvimento de embalagens devido ao seu baixo custo, riqueza, biocompatibilidade e biodegradabilidade, ele tem excelentes propriedades filmogênicas. Além do mais, são

produzidos exclusivamente a partir de componentes renováveis e seguros para o consumo; por isso, espera-se que se degradem mais facilmente do que outros materiais poliméricos (DASHIPOUR *et al.*, 2015; EZATI; RIAHI; RHIM, 2022; KOUHI; PRABHAKARAN; RAMAKRISHNA, 2020)

A pectina é um dos biomateriais versáteis considerados como um biopolímero eficaz para a produção de filmes comestíveis devido à sua biocompatibilidade, biodegradabilidade e não toxicidade. A pectina tem potencial para transportar substâncias funcionais, pois é adequada para integração de fitoquímicos compostos para o desenvolvimento de filmes comestíveis nutricionalmente fortificados (NISAR *et al.*, 2018).

De forma geral, os filmes comestíveis à base de polissacarídeos desempenham papel essencial na preservação da qualidade dos alimentos, oferecendo proteção contra danos físicos, químicos, biológicos e ameaças externas. Entretanto, nem todos os polissacarídeos atendem a todas as propriedades desejadas. Assim, a abordagem de combinar ingredientes com características distintas para gerar efeitos sinérgicos tem se destacado como uma estratégia promissora na criação de novos filmes compostos (GAN *et al.*, 2022).

Na busca por alternativas de biopolímeros para a fabricação desses tipos de embalagem, a combinação de farinhas ou pós de frutas se destaca como uma perspectiva promissora para avançar em produtos ecologicamente conscientes e de fonte renovável. Os filmes derivados de materiais vegetais exibem permeabilidade moderada ao oxigênio e propriedades mecânicas aceitáveis, tornando-os uma opção viável para embalagens e revestimentos comestíveis (MARTELLI *et al.*, 2013). Essa abordagem enfatiza não apenas a funcionalidade, mas também a natureza sustentável desses materiais, contribuindo para a promoção de práticas ambientalmente responsáveis.

De maneira geral, extratos vegetais ricos em compostos fenólicos frequentemente exibem propriedades antioxidantes notáveis, conforme destacado por Mayachiew e Devahastin (2010). Nesse contexto, as farinhas derivadas de frutas amazônicas (*Couepia bracteosa* Benth e *Pouteria caimito*) podem desempenhar papel significativo ao enriquecer o valor nutricional e melhorar os aspectos sensoriais dos filmes quando incorporadas aos produtos finais. Essa combinação oferece uma abordagem promissora para aprimorar tanto a qualidade nutricional quanto a experiência sensorial dos produtos consumidos (ANDRADE, 2014).

Além disso, a otimização das propriedades da embalagem pode ser alcançada pela incorporação de elementos inorgânicos, como nanopartículas de óxido de zinco (NPsZnO). Uma vez que os nanomateriais têm propriedades físicas e químicas únicas, os nanomateriais inorgânicos podem ser utilizados como aditivos adequados para polímeros para melhorar seu desempenho (EMAMHADI *et al.*, 2020). De acordo com Espitia (2013), as nanopartículas de ZnO permitem a melhoria das propriedades da embalagem, incluindo resistência mecânica, propriedades de barreira e estabilidade.

Ainda nesse sentido a inclusão de compostos lipídicos, como ceras, contribui para melhorar as propriedades de barreira ao vapor d'água, embora possa resultar em opacidade e flexibilidade limitada (ANDRADE, 2014). Portanto, a sinergia entre biopolímeros objetiva maximizar o potencial de cada componente, visando a resultados mais abrangentes e benéficos. Espera-se que a adição de fainha de pajurá, farinha de abiu, NPsZnO e cera de arroz a filmes de biopolímero melhore as propriedades do filme e forneça propriedades funcionais e antioxidantes.

Neste estudo, nosso objetivo foi formular blendas para a produção de filmes comestíveis, combinando carboximetilcelulose, pectina de laranja, nanopartículas de zinco e cera de arroz, de maneira harmoniosa, com as riquezas frutíferas da Amazônia. O cerne dessa pesquisa reside na criação de composições baseadas em recursos vegetais, integrando propriedades mecânicas e físico-químicas adequadas, aliadas a uma biodegradabilidade intrínseca, para torná-las ideais para aplicações pós-colheita em frutas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Frutos amazônicos

O Brasil tem uma das mais significativas diversidades de plantas nativas do mundo, com grande variedade genética (POLMANN *et al.*, 2021) e um grande número de espécies frutíferas nativas e exóticas mal exploradas, com potencial interesse para a agroindústria e uma possível futura fonte de renda para a população local (RUFINO *et al.*, 2010).

Estima-se que a região norte da Amazônia brasileira tenha aproximadamente 220 espécies de plantas produtoras de frutas comestíveis, representando 44% da diversidade de frutas nativas do Brasil (NEVES *et al.*, 2015). Pode-se afirmar ainda que existe um número considerável de frutas amazônicas que são fontes de compostos bioativos, as quais a indústria pode utilizar desde que sejam selecionados métodos de extração adequados para cada matriz vegetal diferente (MIRANDA *et al.*, 2021).

Pesquisas e dados sobre a composição de frutas nativas são essenciais para estimular a comercialização nacional e internacional, auxiliar as indústrias de alimentos, cosméticos, biocosméticos, entre outras, e para apoiar políticas de proteção ao meio ambiente e à biodiversidade. Além disso, o conhecimento da composição auxilia no controle de qualidade e na segurança alimentar, bem como na avaliação da adequação da ingestão de nutrientes individuais ou coletivas. Entre as frutas oriundas da Amazônia, muitas são excepcionalmente ricas em micronutrientes, principalmente em antioxidantes (BECKER *et al.*, 2018; PALLET, 2003).

2.2 Pajurá (*Couepia bracteosa* Benth)

A espécie *Couepia bracteosa* é nativa do território brasileiro, mas não é endêmica

do Brasil (SOUZA *et al.*, 2022). Sua presença é mais notável em florestas preservadas de terra firme, especialmente na região da Amazônia Central, como destacado por Rabelo (2012). A distribuição dessa espécie se estende do México ao Paraguai, com uma concentração significativa de espécies nas Guianas e na região amazônica do Brasil. O gênero tem predileção por áreas de planícies úmidas e florestas tropicais primárias, conforme observado por Sothers e colaboradores em 2014. O pajurá pode ser encontrado em quase todo o norte brasileiro, o que pode ser comprovado por pesquisas desenvolvidas nos estados do Acre (SILVA, H.; CUNHA; PASSOS, 2022), Amapá e Amazonas (BERTO *et al.*, 2015), Pará (VIEIRA; OLIVEIRA, L.; FERREIRA, 2002) e Rondônia (ARAÚJO, Natália, 2021).

O fruto pouco explorado *Couepia bracteosa* Benth (Pajurá) pertencente à família Chrysobalanaceae (



Figura 1), é nativo da região neotropical, com maior número de espécies na Guiana e região amazônica brasileira. É conhecido popularmente como pajurá, pajurá-de-racha ou pajurá verdadeiro. A árvore tem cerca de 20 metros de altura, com tronco cilíndrico e casca fina rachada. Suas folhas são simples, pecioladas e a casca do fruto é marrom escura, com numerosos pontos brancos (lenticelas). A polpa é espessa, carnosa, oleosa e de cor amarelo-acastanhada, com sabor adocicado, lembrando frutos de casca rija. O endocarpo é espesso e de superfície rugosa, contendo uma semente grande. Até o momento, o fruto tem sido consumido apenas in natura, sem nenhum beneficiamento registrado (BERTO *et al.*, 2015; HOPKINS, 2005; SOTHERS *et al.*, 2014).

O Pajurá (*Couepia bracteosa*) é notável por seu alto teor de fibras totais, principalmente insolúveis, e por ser uma fonte de vitamina C, compostos fenólicos totais e carotenoides totais, o que o torna uma significativa fonte de antioxidantes (MASSING, 2016). Em um estudo comparativo de eliminação do radical superóxido (RSC), o fruto do pajurá apresentou resultado semelhante ao da acerola, com alta capacidade antioxidante (95,93% contra 96,39% da acerola). Além disso, a polpa do pajurá tem quantidades mensuráveis de flavonoides e compostos fenólicos. Pesquisas também relatam que as

sementes do pajurá são fontes naturais de carotenoides, sulfato de acetina e sulfato de apigenina, bem como de carotenoides que incluem cis-neocromo, trans-neocromo, trans-luteoxantina, trans-luteína, trans-zeaxantina, α -caroteno e β -caroteno (BECKER *et al.*, 2018; BERTO *et al.*, 2015).

As frutas brasileiras, especialmente as provenientes da Amazônia, ainda apresentam escassez, ressaltando a necessidade evidente de uma gestão mais eficiente dos recursos naturais disponíveis, como destacado por Becker *et al.* (2018). Muitas das frutas nativas da Amazônia são, em sua maioria, de origem silvestre ou cultivadas apenas para consumo local, não tendo potencial econômico, conforme observado por Massing (2016).

Um exemplo notável é o pajurá, um fruto subutilizado, predominantemente cultivado em pequenas propriedades rurais, sítios e quintais residenciais. Apesar de suas características frutíferas de valor econômico, o fruto, em grande parte, não é explorado comercialmente. No entanto, há indicações, conforme apontado por Rabelo em 2012, de que o cultivo do pajurá é altamente recomendado para sistemas agroecológicos, sugerindo um potencial promissor para um desenvolvimento econômico sustentável ligado a essa fruta. Portanto, promover o cultivo e a utilização mais ampla pode ser uma estratégia viável para impulsionar a economia local e aproveitar os recursos naturais da região.



Figura 1 - Aspecto visual do pajurá e seus componentes: (a) fruto inteiro; (b) endocarpo e semente; (c) endocarpo espesso

Fonte: A autora (2023).

2.3 Abiu (*Pouteria caimito*)

Pouteria caimito (Ruiz & Pav.) Radlk pertence à família Sapotaceae, sendo comumente conhecido como abiu, caimito ou abiurana. Esta espécie é bastante difundida na América do Sul e facilmente encontrada por toda a Amazônia. Embora pouco explorada comercialmente, o abiu é uma fruta bastante consumida nos trópicos in natura. No Brasil, seu consumo é mais difundido nos estados da região Norte, mais

especificamente no Acre, Amapá e Pará (LUNA, 2004; NASCIMENTO *et al.*, 2011; RODRIGUES, L., 2009).

A árvore do abiu é de porte médio a alto, com altura entre 3 e 10 metros. Seus frutos são bagas ovoides (Fig. 2), medindo de 6 a 9 centímetros de comprimento, pesando de 150 a 250 gramas. A planta pode produzir anualmente de 300 a 500 frutos a partir do quinto ano, alcançando produção comercial no oitavo ano. Os frutos amarelos são consumidos in natura ou usados em sobremesas e sorvetes. Sua polpa mucilaginosa é utilizada em algumas culturas para aliviar problemas respiratórios, enquanto o látex é empregado como vermífugo e purgativo. A *Pouteria caimito* é considerada interessante pelas suas propriedades antioxidantes e biológicas (FRANÇA *et al.*, 2016).

O extrato do abiu foi estudado e mostrou ter atividade antimicrobiana contra bactérias Gram positivas e Gram negativas. Além disso, apresenta potencial como antioxidante natural pela presença de triterpenos e de flavonoides. Esses compostos têm atividade antimicrobiana e propriedades antioxidantes comprovadas. Com base nessas evidências, é sugerido que novas pesquisas sejam conduzidas para explorar as espécies de *Pouteria* como fonte de materiais contendo triterpenos e flavonoides, visando ao uso adequado dessas substâncias (ABREU, 2018; BARREIROS, A.; BARREIROS, M., 2011; LI, H., *et al.*, 2022; SILVA, F. *et al.*, 2020; SILVA, C.; SIMEONI; SILVEIRA, 2009).

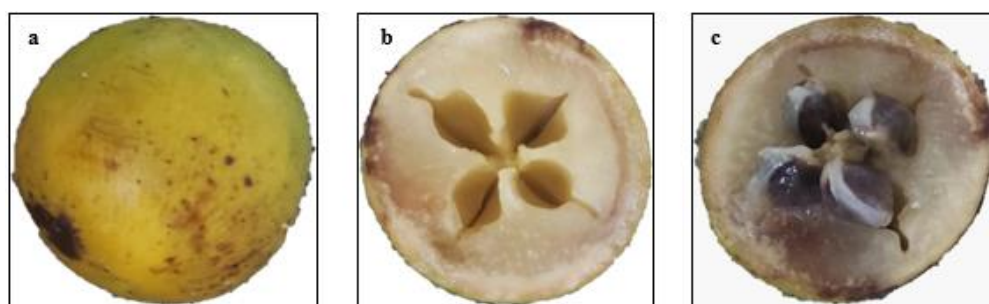


Figura 2 - Aspecto visual do fruto do abiu e seus componentes: (a) fruto inteiro; (b) mesocarpo espesso; (c) mesocarpo e sementes

Fonte: A autora (2023).

Conforme apontado por Lim (2013) em seu estudo, a fruta abiu apresenta, por porção comestível de 100g, os seguintes valores nutricionais: energia 95 cal, umidade 74,1 g, proteína 2,1 g, lipídio 1,1 g, glicérides 22 g, fibra 3,0 g, cinzas 0,7 g, Ca 96 mg, P 45 mg, Fe 1,8 mg, vitamina B1 0,2 mg, vitamina B2 0,2 mg, niacina 3,4 mg, ácido ascórbico 49 mg, lisina 316 mg, metionina 178 mg, treonina 219 mg, triptofano 75 mg.

Essa fruta, amplamente disponível comercialmente nos Estados Unidos e no Brasil, assim como em diversas partes do mundo, destaca-se não apenas por suas propriedades nutricionais, mas também por seu uso tradicional em práticas medicinais, como destacado por Veeramani *et al.* (2021).

O estudo mais aprofundado sobre as propriedades de *Pouteria caimito* tem relevância significativa. No entanto, a literatura existente sobre essa espécie ainda é escassa e investigações adicionais são necessárias para preencher as lacunas de conhecimento existentes sobre as composições da *Pouteria caimito* (SOUSA *et al.*, 2019).

2.4 Filmes comestíveis

A embalagem é uma etapa determinante na pós-colheita de frutas, vegetais e alimentos processados, pois contribui para a preservação e a extensão da vida útil desses produtos. Suas principais funções são proteção, comunicação e conveniência. Atualmente, os materiais de embalagem convencionais feitos de fontes não renováveis estão sendo substituídos por alternativas mais sustentáveis. Além disso, esses materiais podem ser uma excelente opção para substituir os plásticos derivados de petróleo na indústria alimentícia, tornando os produtos mais saudáveis para os consumidores (AJESH KUMAR *et al.*, 2022; SÁEZ-ORVIZ *et al.*, 2021).

Biopolímeros biodegradáveis têm preferência primordial na produção de filmes, uma vez que atendem às crescentes preocupações ambientais. Dentro dessa categoria de biopolímeros, os polissacarídeos destacam-se como materiais formadores de filme viáveis, aproveitando sua abundância como recurso natural (MA; WANG, 2016).

A utilização de filmes à base de polissacarídeos em produtos alimentícios abre novas perspectivas para o desenvolvimento de sistemas de embalagem inovadores. Além disso, esses filmes biodegradáveis têm o potencial de mitigar impactos ambientais relacionados às embalagens de alimentos. Materiais de embalagem à base de polissacarídeos devem ser economicamente viáveis, amplamente disponíveis e apresentar propriedades funcionais ou específicas desejáveis (CAZÓN *et al.*, 2017).

2.5 Carboximetilcelulose

A carboximetilcelulose (CMC) é um polissacarídeo semissintético de baixo custo com ampla aplicação industrial. Na forma reticulada, é utilizada como cátion ácido fraco permutador. Sendo biodegradável, seus resíduos desaparecem rapidamente em

temperatura ambiente. Tem diversas aplicações, incluindo uso em cosméticos e como espessante alimentar. Devido a suas cadeias longas com carga negativa, as soluções de CMC são altamente viscosas e estáveis, com disponibilidade em vários graus de viscosidade (CHARPENTIER *et al.*, 1997; DAMORADAN; PARKIN, 2019).

No entanto, os filmes comestíveis feitos de CMC têm pontos fracos, como menor resistência à tração. Por isso, o aprimoramento de CMC com características encontradas em hidrocoloides é necessário (EL-NEWEHY *et al.*, 2016). De acordo com Ma e Wang (2016), os compósitos de mistura de polímeros são materiais versáteis que oferecem sinergismo em propriedades para uma ampla gama de aplicações fenomenais, incluindo embalagem e fins de liberação controlada. Inúmeras pesquisas desenvolvidas com misturas poliméricas têm apresentado resultados promissores. Nota-se que as propriedades funcionais dos filmes à base de carboximetilcelulose (CMC) aprimoram significativamente quando combinados com gelatina e quitosana, resultando em melhor resistência à tração e maior biodegradabilidade (SUDERMAN; ISA; SARBON, 2016). Da mesma forma, os filmes compósitos de pectina e CMC demonstraram termogravimetria (TGA) com interações físicas robustas entre os grupos polares, o que resultou em uma notável melhoria na estabilidade térmica desses filmes (ŠEŠLIJA *et al.*, 2018).

2.6 Pectina

A pectina é um polissacarídeo abundante extraído das paredes celulares de plantas e frutas, também conhecida como polissacarídeo péctico. As principais classes de pectina encontradas são homogalacturonan (HG), ramnogalacturonan I (RG-I) e ramnogalacturonan II (RG-II), que contêm ácido galacturônico em diferentes proporções. É amplamente utilizada na indústria de alimentos, sendo considerada segura pela Food and Drug Administration (FDA) sob boas práticas de fabricação (SHAFIE *et al.*, 2020).

Tem estrutura essencialmente linear. Como a maioria dos outros polissacarídeos vegetais, é polidispersa e polimolecular, e sua composição varia com a fonte e as condições aplicadas durante o isolamento. Em qualquer amostra de pectina, parâmetros como o peso molecular ou conteúdo de subunidades específicas serão diferentes molécula para molécula (SRIAMORNSAK, 2003).

A pectina é alimento natural, verde e nutritivo, reconhecido oficialmente como

um ingrediente saudável pela Organização para Alimentação e Agricultura (FAO) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Suas propriedades têm sido usadas em embalagens de alimentos como uma matriz polimérica não tóxica na fabricação de filmes comestíveis que são usados para aumentar a segurança alimentar e prolongar a vida útil (EZATI; RIM, 2020).

Khalil, Sharaby e Abdelrahim (2023) verificaram que a pectina era acessível em grandes quantidades a partir de resíduos de casca de toranja e tinha características comparáveis, se não superiores, à pectina cítrica comercial em relação a muitos aspectos além de boa viscosidade e solubilidade. Compostos fenólicos extraídos de cascas de toranja e limão, tanto na forma livre quanto encapsulada, mostraram grande potencial antioxidante antes e após a incorporação na matriz de pectina. No mesmo estudo, o autor refere que os filmes ativos produzidos à base de pectina comestível apresentavam características-chave de transparência, flexibilidade e biodegradabilidade.

2.7 Nanopartículas de zinco

O ZnO é um material ecologicamente correto, pois tem baixa toxicidade, estabilidade ambiental e é compatível com organismos vivos (ZAMBRANO *et al.*, 2022). As nanopartículas de óxido de zinco (NPsZnO) são muito pequenas, compostas por óxido de zinco, com dimensões na escala nanométrica variando de 1 a 100 nanômetros. Isso as torna extremamente diminutas, cerca de um bilionésimo de metro (JOSHI *et al.*, 2019). Avanços recentes têm permitido a aplicação da nanotecnologia no desenvolvimento de novos materiais com propriedades melhoradas. Além disso, as nanopartículas de ZnO permitem melhorar propriedades da embalagem, como resistência, propriedades de barreira e estabilidade (ESPITIA *et al.*, 2016).

Entre todas as partículas inorgânicas em nanoescala, as nanopartículas de óxido de zinco (NPsZnO) são atualmente consideradas a classe mais promissora de nanoagentes pelas suas notáveis propriedades físico-químicas (GUO *et al.*, 2020). Os materiais nanocompósitos mostram-se muito promissores, pois podem fornecer a estabilidade e processabilidade necessárias para essas aplicações importantes (BEECROFT; OBER, 1997).

Explorando ainda mais o vasto potencial da nanotecnologia em diferentes aspectos do sistema alimentar, inúmeras pesquisas têm sido conduzidas. Um exemplo

notável dessa exploração é a aplicação da nanotecnologia como agroquímico, proporcionando a entrega eficaz de novos pesticidas, nanoencapsulação de sabores ou intensificadores de odor, antiaglomerantes, filmes de proteção UV, purificação de água potável e suplementos nutricionais (SUN; LI, J.; LE, 2018). Essa ampla gama de aplicações destaca a versatilidade e o potencial transformador da nanotecnologia na indústria alimentar.

2.8 Cera de arroz

A cera de farelo de arroz é um subproduto secundário das indústrias de processamento de arroz, conhecida por ter boas propriedades nutricionais (ABHIRAMI; MODUPALLI; NATARAJAN, 2020). É uma substância orgânica hidrofóbica com cadeias médias e longas de átomos de carbono. A cera de arroz é uma matéria-prima potencialmente versátil com uma infinidade de alimentos e aplicações não alimentares (VALI *et al.*, 2005). Na indústria alimentícia, a cera tem sido utilizada como material estruturante de petróleo, como revestimento de chocolate, para revestir frutas, vegetais e queijo, como agente antiespumante, como microcápsula para aromatizantes e na formulação de gomas de mascar (PANDOLSOOK; KUPONGSAK, 2017).

De acordo com Rhim e Shellhammer (2005), as ceras são altamente hidrofóbicas, sendo insolúveis em água e incapazes de se espalhar para formar uma monocamada na superfície. Essa característica é evidenciada pela sua solubilidade em solventes orgânicos como hexano, clorofórmio ou benzeno. Em razão da falta de constituintes polares ou da presença de uma parte hidrofílica muito pequena ou enterrada na molécula, as ceras não interagem facilmente com a água, o que as torna barreiras mais eficientes contra a transferência de vapor de água. Assim, a principal propriedade dessa matéria-prima como material de revestimento é bloquear a migração de umidade em razão da sua natureza hidrofóbica (GOSLINSKA; HEINRICH, 2019).

A Food and Drug Administration (FDA) determina que todos os componentes que devem ser incluídos na composição dos revestimentos comestíveis devem ser seguros, ou os aditivos alimentares utilizados devem estar em uma quantidade especificamente definida (PASHOVA, 2023).

3 OBJETIVOS

Este trabalho tem como OBJETIVO GERAL produzir e avaliar compósitos de filmes comestíveis à base de pectina da casca da laranja, carboximetilcelulose, nanopartículas de ZnO e cera de arroz, incorporados com frutos da Amazônia para conservação de frutas.

Tem como OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a) extrair pectina do albedo da laranja e determinar seu rendimento;
- b) desenvolver blendas de filmes à base de pectina e CMC, enriquecendo-os com nanopartículas de ZnO e cera de arroz, introduzindo diferentes concentrações de farinha de pajurá e de abiu;
- c) caracterizar os filmes quanto às propriedades físicas e identificar o mais apropriado em relação à resistência mecânica, permeabilidade ao vapor, propriedades térmicas, atividade microbiológica e biodegradabilidade para determinar sua viabilidade como embalagens de alimentos; e
- d) analisar o filme quanto à espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier- FTIR para obter informações sobre sua composição e sua qualidade.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Materiais

As laranjas para extração da pectina foram obtidas na fazenda do Instituto Federal Goiano - IFGoiano no município de Rio Verde – GO, Brasil (-17.801997, -50.904153) em maio de 2022. Todos os frutos selecionados estavam em estágio de maturação inicial, caracterizados pela coloração verde amarelada, casca intacta e firme ao toque. A fruta *Couepia bracteosa* (pajurá) foi colhida em uma comunidade localizada no município de Candeias do Jamari - RO, Brasil (-8.781456, -63.602387). A *Pouteria caimito* (abiu) foi adquirida na feira regional localizada no Município de Porto Velho - RO, Brasil (-8.757711, -63.882143) em maio de 2022. O pó de CMC (como sal de sódio) foi obtido de Sigma-Aldrich. A cera de arroz foi cedida pela empresa Megh Indústria e Comércio LTDA.

4.2 Extração da pectina

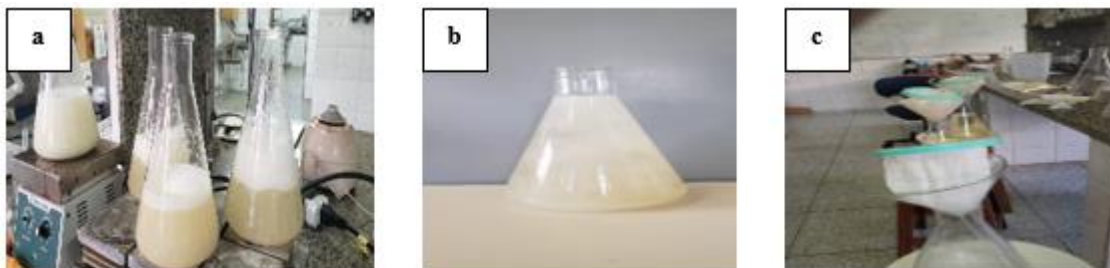
Ao chegar ao Laboratório de Frutas e Hortaliças do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, inicialmente as laranjas (*Citrus sinensis*) (Fig. 3) foram sanitizadas em água clorada (100 mg. L⁻¹) por três minutos. Após serem lavados em água corrente, com o auxílio de uma faca afiada os frutos foram descascados, cortados ao meio e tiveram sua polpa e sementes retiradas. Posteriormente, o albedo foi cortado em pedaços, acondicionados em bandejas, e submetido ao processo de secagem em estufa a uma temperatura de 60 °C por 24 horas. O material seco foi triturado em moinho de facas até formar uma farinha fina, armazenada em potes de vidros herméticos e mantida sob refrigeração a 4 °C. Com a farinha obtida do albedo da laranja, foi iniciada a extração da pectina.



Figura 3 - Preparação das amostras. (a) mensuração do tamanho do fruto; (b) descascamento; (c) albedo separado para desidratação em estufa (d) albedo desidratado; (e) farinha do fruto desidratado após passar pelo moinho de facas

Fonte: A autora (2023).

Através deste material insolúvel, também denominado como farinha do albedo da laranja, a pectina foi extraída em meio ácido, conforme Munhoz, Sanjinez-Argandoña e Soares Júnior (2010), com modificações (Fig.4). Foram adicionados 16 g da farinha do albedo da laranja, 33 g de ácido cítrico P.A (Synth) em 640 mL de água destilada. Essa mistura foi mantida sob agitação constante, em um Agitador Magnético (SP 162-SP LABOR), e mantida sob aquecimento até atingir a temperatura de 80 °C. Após atingir essa temperatura, a mistura foi deixada por mais 1 h em agitação com controle de temperatura. Findado o tempo determinado, a amostra foi resfriada até atingir temperatura de 4 °C. Em seguida, filtrada em tecido de náilon de 150 micras e ao filtrado obtido adicionou-se na proporção de 1:2 álcool etílico absoluto P.A. (LS Chemicals®). A solução ficou em repouso por 1 h para precipitação da pectina. A pectina coagulada foi separada por filtração em tecido de náilon e lavada com 200 mL de álcool etílico 70%, seguido da lavagem com 200 mL de álcool etílico 95% para retirada dos resíduos provenientes da extração. O gel obtido no filtro foi então seco em estufa a temperatura de 60 °C por 24 h até peso constante. A pectina seca foi triturada em moinho de facas e armazenada em potes de vidros herméticos.



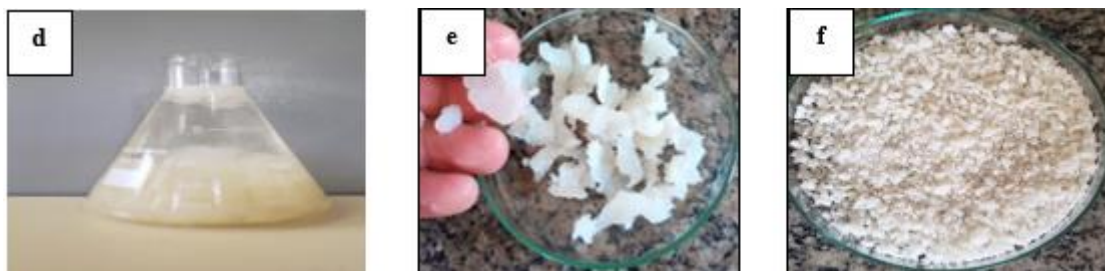


Figura 4. -Extração da pectina (a) solução da farinha da laranja com ácido cítrico em água destilada; (b) solução resfriada a 4 °C; (c) processo de filtração; (d) solução em repouso para precipitação da pectina; (e) pectina filtrada; (f) pectina seca moída

Fonte: A autora (2023).

O cálculo do rendimento na obtenção da pectina foi feito conforme Munhoz, Sanjinez-Argandoña e Soares Júnior (2010), através da massa inicial da farinha da laranja utilizada, [Equação (1)].

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{massa de pectina obtida após extração e secagem (g)} \times 100}{\text{massa da amostra em base seca (g)}} \quad (1)$$

4.3 Preparo da farinha dos frutos amazônicos

O transporte dos frutos pajurá (Fig. 5) e abiu (Fig. 6) para o IFGoiano campus Rio Verde foi feito por transporte de cargas, devidamente acondicionados em ambiente refrigerado para evitar perda. Os frutos foram sanitizados (Fig. 7), descascados, despolpados e secos em estufa a 60 °C até atingir peso constante. O material foi triturado em moinho de facas e armazenado em refrigerador para uso posterior.

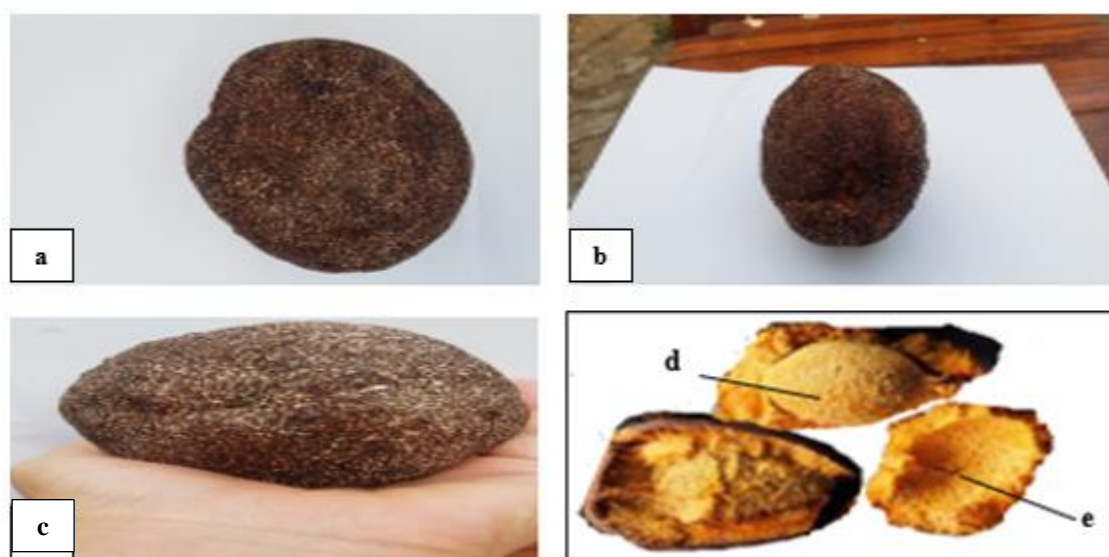


Figura 5 – Aspecto visual do fruto *Couepia bracteosa* Benth (pajurá) e seus componentes: (a;b;c) fruto inteiro; (d) semente; (e) polpa amarela

Fonte: A autora (2023).

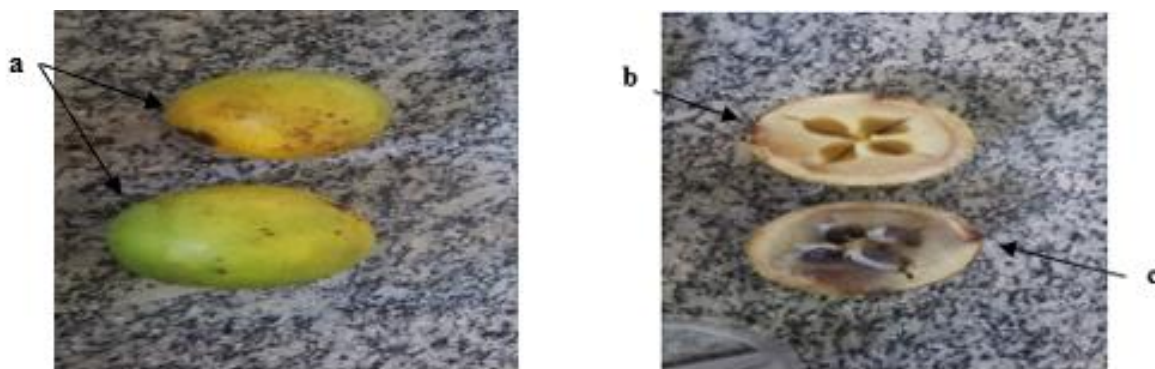


Figura 6 -Aspecto visual do fruto *Pouteria caimito* (abiu) e seus componentes: (a) fruto inteiro; (b) polpa branca; (c) sementes

Fonte: A autora (2023).

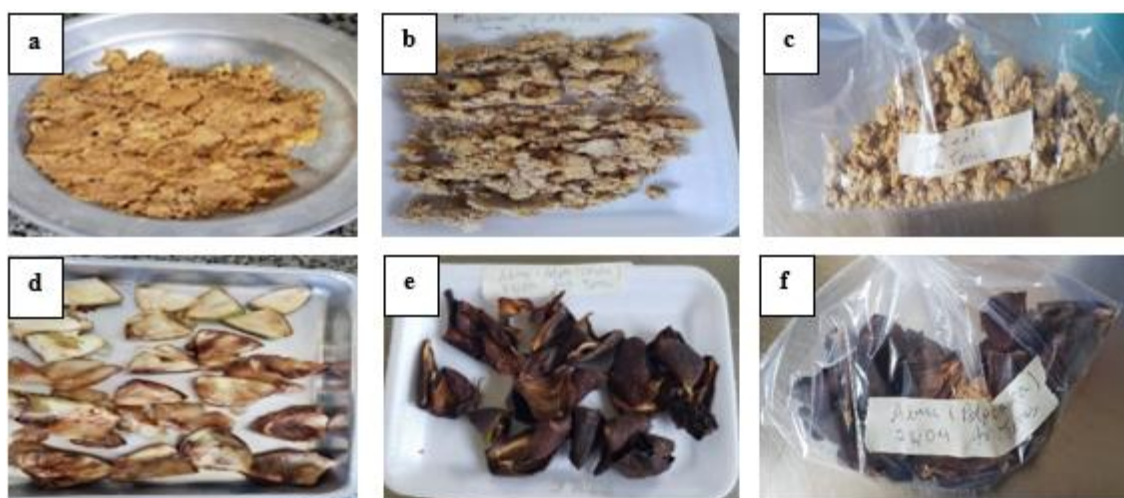


Figura 7 - Preparação do pajurá e abiu para a desidratação (a) polpa de pajurá úmida; polpa do pajurá desidratada; (b;c); (d) polpa de abiu úmida; (e;f) polpa de abiu desidratada

Fonte: A autora (2023).

4.4 Obtenção das nanopartículas de zinco

As nanopartículas foram preparadas no laboratório de frutas e hortaliças do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. Esse método é baseado no trabalho de referência de Sathiya *et al.* (2018) e envolve o uso de irradiação por micro-onda (Panasonic, 20L, modelo CMA20BBNA/220W). Para obtenção das nanopartículas de zinco, primeiramente 0,3 M de solução foram preparados pela dissolução de acetato de zinco desidratado em água destilada. O pH da solução foi ajustado a 10 por adição de NaOH 2 M (grau GR da Merck). A solução foi irradiada por 1 hora em micro-ondas doméstico, e o produto resultante foi filtrado, lavado com água destilada e etanol até ficar livre de impurezas. O precipitado foi irradiado por 1 h em forno de micro-ondas, dando

um produto branco, e as amostras foram então secas em temperatura ambiente em 25 ± 2 °C por 72 h.

4.5 Preparação da emulsão da cera de arroz

A cera de arroz foi preparada na forma de emulsão A/0 com uma concentração de 8%, seguindo a metodologia utilizada por Rodrigues, D. *et al.* (2014), com pequenas adaptações.

Para criar cada emulsão, a cera foi aquecida a uma temperatura superior a 85 °C em um béquer sob agitação. Simultaneamente, uma solução aquosa contendo Tween 80 (polisorbato 80) e Span 80 (monooleato de sorbitan 80) como emulsificantes (a uma concentração de 14,4% p/p e 5,6% p/p, respectivamente, com base no peso seco da cera) também foi aquecida a 85 °C. Sob agitação contínua, esta mistura foi adicionada à cera derretida. A emulsão foi então processada em um ultrassom de 400 W (UP400S, Hielscher, Teltow, Alemanha), operando a uma frequência de 24 kHz em dez ciclos alternados, com intervalos de pausa de 15 segundos entre cada ciclo.

4.6 Preparo dos filmes compostos

A produção dos filmes foi feita seguindo a técnica de casting (LÓPEZ *et al.*, 2011; TURBIANI; KIECKBUSCH, 2011) com modificações. Os materiais utilizados neste experimento incluíram carboximetilcelulose (CMC), pectina, cera de arroz, farinha de pajurá, farinha de abiu, glicerol e nanopartículas de óxido de zinco (NPsZnO).

As soluções distintas preparadas para este experimento estão descritas detalhadamente nas Tabelas 1 e 2. Cada solução foi obtida dissolvendo CMC e pectina em água destilada e, posteriormente, adicionando os compósitos farinha de pajurá, farinha de abiu, nanopartículas de zinco e cera de arroz de acordo com cada formulação descrita.

Para dissolução, o CMC foi adicionado à água destilada (solução A) em um béquer e colocado em agitador de placa quente a 50 °C para a dissolução total até a obtenção de uma mistura cristalina. Simultaneamente a pectina também foi dissolvida em béquer separado (solução B) em água destilada, mantida sob aquecimento e agitação constante de 20 a 35 minutos a 70 °C. As soluções A e B foram misturadas mecanicamente usando um bastão de vidro até a homogeneização completa. A essas

soluções bases, foram adicionados glicerol (30%, 40%, 50%), NPsZnO (10%), cera de arroz (15%), farinha de pajurá (5%, 30%, 40%, 50%) e farinha de abiu (5%, 30%, 40%, 50%), segundo cada formulação (Tabelas 1 e 2). Quando preparadas, as soluções foram homogeneizadas e ultrassonificadas (Lavadora Ultrassônica, Ultronique, Q3.0/40, Brasil) em 3 ciclos de 30 m para a retirada das bolhas na solução.

Todas as adições de componentes foram feitas com base no peso total da CMC e pectina, que, combinadas, totalizaram 2 g. Dessa forma, as proporções de glicerol, NPsZnO, cera de arroz, farinha de pajurá e farinha de abiu foram calculadas em relação a essa massa combinada de 2 g, ou seja, (p/p de sólidos totais).

Após a mistura completa, as soluções filmogênicas (100 ml) foram depositadas em placas de acrílico de 14 cm de diâmetro e secas por desidratação em estufa convencional por 24 h a 40 °C (JESUS, 2017; SILVA, M.; BIERHALZ; KIECKBUSCH, 2009).

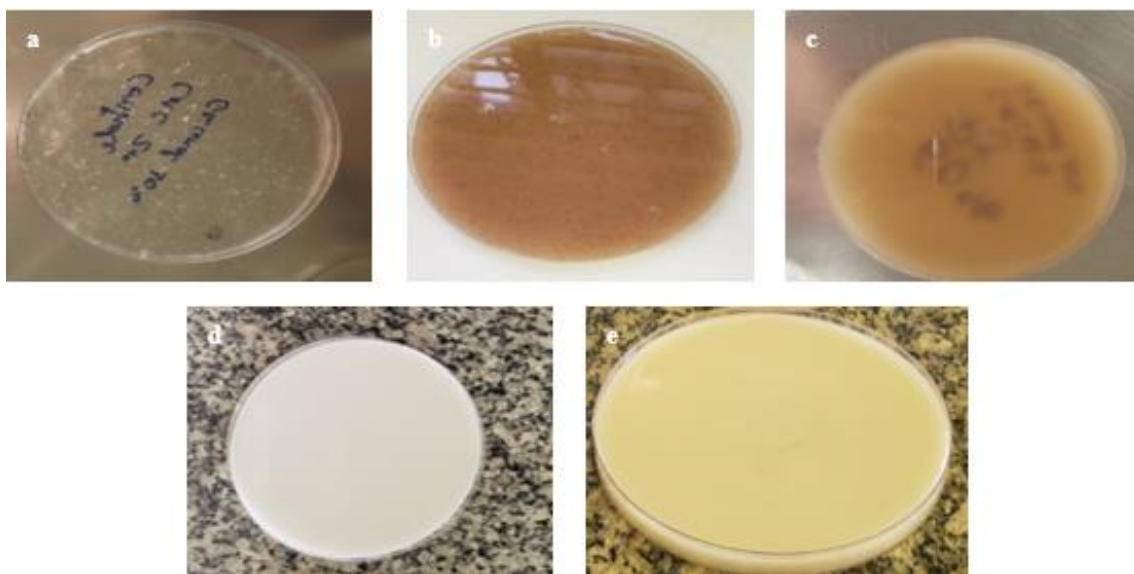


Figura 8 - Filmes e suas composições (blendas): (a) CMC/pectina; (b) CMC/pectina e farinha de pajurá; (c) CMC/pectina e farinha de abiu; (d) CMC/pectina, cera de arroz e farinha de abiu; (e) CMC/pectina, cera de arroz e farinha de pajurá.

Fonte: A autora (203).

Após a secagem, os filmes foram armazenados por 72 h em dessecadores a uma umidade relativa de 52% (solução saturada de nitrato de magnésio) e temperatura de 25 °C para uniformizar seu conteúdo de umidade para momento das análises.

4.6.1 Testes preliminares

Tabela 1 - Testes preliminares das soluções filmogênicas. Descrição das concentrações e associações

Filmes	CMC/PEC	CMC	Pectina	Cera de arroz	Farinha de pajurá	Farinha de abiu	Glicerol	NPsZnO
	P/P (%)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
CP	50/50	1,0	1,0	0	0	0	0,8	0
CP-P30	50/50	1,0	1,0	0	0,6	0	0,8	0
CPZ-P30	50/50	1,0	1,0	0	0,6	0	0,8	0,2
CP-P40	50/50	1,0	1,0	0	0,8	0	0,8	0
CPZ-P40	50/50	1,0	1,0	0	0,8	0	0,8	0,2
CP-P50	50/50	1,0	1,0	0	1,0	0	0,8	0
CPZ-P50*	80/20	1,6	0,4	0	1,0	0	0,8	0,2
CPZ-P50	50/50	1,0	1,0	0	1,0	0	0,8	0,2
CPZ-A30	50/50	1,0	1,0	0	0	0,6	1,0	0,2
CPZ-A30*	20/80	0,4	1,6	0	0	0,6	0,8	0,2
CP-A40	50/50	1,0	1,0	0	0	0,8	1,0	0
CPZ-A40	50/50	1,0	1,0	0	0	0,8	0,8	0,2
CP-A50	50/50	1,0	1,0	0	0	1,0	1,0	0
CPZ-A50*	80/20	1,6	0,4	0	0	1,0	0,8	0,2
CPZ-A50	50/50	1,0	1,0	0	0	1,0	0,8	0,2
CP-AC	50/50	1,0	1,0	0,3	0	0,1	0,8	0
CP-AC10	50/50	1,0	1,0	0,3	0	0,2	0,8	0
CPZ-AC	50/50	1,0	1,0	0,3	0	0,1	0,8	0,2
CP-PC	50/50	1,0	1,0	0,3	0,1	0	0,8	0,2
CPZ-PC*	20/80	0,4	1,6	0,3	0,1	0	0,8	0,2
CPZ-PC	50/50	1,0	1,0	0,3	0,1	0	0,8	0,2
CPZ-C10	50/50	1,0	1,0	0,3	0,2	0	0,8	0,2

Fonte: A autora (2023).

As concentrações dos materiais empregadas nas soluções filmogênicas foram determinadas após a realização de testes preliminares (Tabela 1) ao longo dos meses de maio e julho de 2022.

A variação nas concentrações dos compostos resultou de ajustes experimentais focados em propriedades essenciais como aparência visual, uniformidade de cores, homogeneidade, facilidade de descascamento e resistência ao manuseio. Esses critérios foram fundamentais para determinar as formulações a serem analisadas (Tabela 2). Priorizamos essas características, adaptando as concentrações para atender aos requisitos práticos e técnicos da aplicação. A totalização exata de 100% não foi considerada crucial, com ênfase no ajuste para garantir um produto funcional e durável.

Tabela 2 - Detalhamento das concentrações e composições das soluções filmogênicas, definidas para análises específicas, visando a explorar propriedades físico-químicas e mecânicas

Filmes	CMC/ Pec	CMC	Pectina	Cera de arroz	Farinha de pajurá	Farinha de abiu	Glicerol	NPsZnO
	(%)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
CP	50/50	1,0	1,0	0	0	0	0,8	0
CP-P40	50/50	1,0	1,0	0	0,8	0	0,8	0
CPZ-P40	50/50	1,0	1,0	0	0,8	0	0,8	0,2
CPZ-P50	80/20	1,6	0,4	0	1,0	0	0,8	0,2
CP-A40	50/50	1,0	1,0	0	0	0,8	1,0	0
CPZ-A50	80/20	1,6	0,4	0	0	1,0	0,8	0,2
CP-AC	50/50	1,0	1,0	0,3	0	0,1	0,8	0
CPZ-PC	20/80	0,4	1,6	0,3	0,1	0	0,8	0,2

Fonte: A autora (2023).

Entre todas as formulações testadas, um total de oito foram selecionadas para análises. Essas formulações representam uma variedade de combinações de ingredientes e proporções, conforme delineado no planejamento estatístico. As propriedades físico-químicas e mecânicas dessas oito formulações foram avaliadas em detalhes, incluindo cor, espessura, umidade, solubilidade, permeabilidade ao vapor, espectroscopia em infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), atividade antimicrobiana e biodegradabilidade, bem como análises térmicas e exames por microscopia eletrônica de varredura (MEV).

4.7 Caracterização dos filmes

4.7.1 Espessura

A espessura foi feita seguindo a adaptação da metodologia utilizada por Avila-Sosa *et al.* (2010), com modificações. As medidas foram feitas em 3 filmes de cada tratamento, cada filme foi medido em dez pontos aleatórios em diferentes segmentos. O equipamento utilizado foi o micrômetro digital (Mitutoyo, MDC-25PX, Japão) com capacidade 0-25 mm e resolução (precisão) de 0,001 mm.

4.7.2 Teor de umidade

A determinação do teor de umidade dos filmes foi feita seguindo a metodologia AOAC (AOC INTERNATIONAL, HORWITZ; LATIMER, 2010). As amostras dos filmes foram cortadas em dimensão padronizada de 2 cm² cada e pesadas antes e depois

da secagem. O teor de umidade foi determinado pela porcentagem de perda de massa após a secagem em estufa a 105 °C por 24 h [Equação (2)].

$$\text{Umidade (\%)} = \frac{(m_i - m_f)}{m_f} \times 100 \quad (2)$$

em que:

a umidade (%) é a porcentagem de água evaporada do filme;

m_i é a massa inicial do filme; e

m_f é a massa final do filme após a secagem.

4.7.3 Solubilidade



Figura 9 - Análise de solubilidade em água
Fonte: A autora (2023).

A determinação da solubilidade foi conduzida para avaliar a resistência à água e a integridade dos filmes em sistemas aquosos. O método adotado envolveu amostras em triplicata, com dimensão padronizada de 2 cm², que foram secas em estufa a 105 °C por 24 h e pesadas para obter o peso inicial. Posteriormente, as amostras foram imersas em 50 ml de água destilada, mantidas sob agitação constante e lenta a 25 °C por 24 h em um agitador magnético (Warmnest, Virgínia, EUA). Após o período de agitação, as amostras foram filtradas, e o material remanescente foi novamente seco em estufa a 105 °C por 24 h, permitindo a determinação da quantidade de matéria seca não solubilizada. (CHIUMARELLI; HUBINGER, 2012).

A determinação de teor de matéria seca solubilizada após 24 h de imersão em água [Equação (3)].

$$\text{MS (\%)} = \frac{(m_i - m_f)}{m_f} 100 \quad (3)$$

em que:

MS (%) é a porcentagem de matéria seca solubilizada;

m_i é a massa do filme após primeira secagem; e
 m_f é a massa do filme seco após a segunda secagem.

4.7.4 Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água foi medida gravimetricamente a 25 ± 2 °C, utilizando o método ASTM E96/96 M-16, com adaptações. Amostras de filmes em formato de disco (diâmetro de 8 cm) de filme foram seladas em uma célula de permeação contendo sílica gel e colocadas em dessecadores com água destilada. A célula foi pesada a cada 1 h, durante 9 h, utilizando uma balança analítica. A PVA do filme foi calculada [Equação (4)].

$$WVP = \frac{W \cdot X}{T \cdot A \cdot \Delta P} \quad (4)$$

em que:

"x" é a espessura média do filme;

"A" é a área de permeação do filme em (m²); e

"ΔP" é a diferença entre a pressão parcial da atmosfera sobre a sílica gel e sobre a água pura (3,168 kPa a 25 °C).

O termo w/t, em que w representa o ganho de peso nas cápsulas de permeação e t é o tempo, foi calculado por regressão linear com base nos dados de ganho de peso ao longo do tempo. Esse método permitiu determinar a taxa de permeação de vapor de água do filme.

4.7.5 Propriedades mecânicas

Para avaliação das propriedades mecânicas, foram feitas as seguintes análises dos filmes: tensão de ruptura, que é a avaliação da máxima tensão suportada pelo filme antes da sua ruptura, e alongação, que é a verificação da máxima variação de comprimento que os filmes terão antes da ruptura.

Para a realização dessas análises, foi utilizada uma máquina universal de ensaios (Instron, modelo 3367, Grove City). Além disso, empregou-se um Texturômetro (Texture Analyser, TA-XT Plus, Inglaterra). Os ensaios foram feitos em um ambiente controlado a 25 ± 1 °C de temperatura e $55\% \pm 3\%$ de umidade relativa. As amostras dos filmes

foram cortadas com uma largura de 25,0 mm e um comprimento de 120 mm. As espessuras médias dos filmes foram de $0,07 \pm 0,04$ mm a $0,08 \pm 0,02$ mm. Previamente aos ensaios, as amostras foram submetidas a um processo de condicionamento, permanecendo em dessecadores contendo cloreto de magnésio, tendo a umidade sido mantida a 55% e a temperatura, a 25 °C, durante 48 h.

4.7.6 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi feita para examinar a microestrutura das amostras de filme. As imagens foram obtidas em um microscópio eletrônico de varredura (MEV) (Jeol, *JSMIT 300-LV*, Japão) com tensão de aceleração de elétrons de 5kV no modo de detecção de elétrons secundários (SED). As amostras foram recobertas com ouro como material condutor.

4.7.7 Espectroscopia em infravermelho (FTIR)

Os espectros de infravermelho por transformada de Fourier (FT-IR) foram obtidos utilizando um equipamento FTIR-ATR-NIRA (Frontier PerkinElmer, Waltham, EUA). Cada amostra foi submetida a sessenta varreduras na faixa espectral de 600-4000 cm^{-1} , com uma resolução de 4 cm^{-1} .

4.7.8 Análise de estabilidade térmica

As propriedades térmicas dos filmes foram analisadas em um analisador termogravimétrico (Netzsch, STA 449 F3 Nevio, Alemanha). Cerca de 10 mg de cada amostra foram pesados em cadinhos Alumina 85 μ L, aberto. A faixa de temperatura estudada foi de 30 a 600 °C, e a taxa de aquecimento foi de 10 K/min, sob uma atmosfera de nitrogênio (50 mL/min). Mudanças de massa foram registradas continuamente em função da temperatura.

4.7.9 Análise de cor

Os parâmetros instrumentais de cor foram determinados em colorímetro

(Chroma Meter CR - 400 - KONICA MINOLTA, EUA), de acordo com os valores de luminosidade L^* (variação de claro para o escuro), cromaticidade a^* (variação no eixo da cor verde para vermelha) e cromaticidade b^* (variação no eixo da cor azul para amarelo), bem como os parâmetros de saturação (Croma- C^*) [Equação (5)].

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (5)$$

O filme foi dividido em quatro quadrantes e, em cada amostra, foram feitas quatro leituras em cada um desses quadrantes.

4.7.10 Atividade antimicrobiana

A atividade antibacteriana dos filmes foi avaliada utilizando o método de difusão em disco sobre as bactérias *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* e *Staphylococcus aureus*. Foram aplicados 100 μ L de cada suspensão bacteriana (com concentração de 10^6 unidades formadoras de colônias por mililitro) utilizando uma alça de Drigalski, distribuindo-as uniformemente nas placas contendo ágar Müller-Hinton (MHA). Discos de 1,5 cm de diâmetro foram cortados de cada filme, colocados sobre as placas contendo o ágar e bactéria, e incubados por 24 h (37 ± 1 °C). Finalmente, os diâmetros da zona de inibição (ZOI) foram medidos por um paquímetro digital. As análises foram feitas em triplicado (KHEDRI *et al.*, 2021).

4.7.11 Teste de biodegradabilidade

A técnica para avaliar a biodegradabilidade consiste enterrar o filme no solo. Os experimentos foram colocados em recipientes contendo solo com umidade constante, simulando o processo natural de biodegradabilidade, segundo a norma da ASTM G160-03 (2009).

O solo empregado foi preparado mediante a combinação de areia, terra e esterco. Esse substrato vegetal foi devidamente tratado no laboratório de Frutas e Hortaliças do IF Goiano - Rio Verde. Os corpos de prova, com dimensões de 3 cm², foram identificados e dispostos em béqueres de 250 mL, contendo 200 g de solo. Eles foram posicionados a 3 cm abaixo da superfície do solo em uma câmara B.O.D., mantida a uma temperatura de 30 °C e a uma umidade relativa de 99%, assegurando uma constante umidade no solo.

O experimento foi conduzido em triplicata, e os filmes foram avaliados em intervalos específicos de 72 h, seguindo as condições previamente mencionadas. Após cada período estipulado, os filmes foram desenterrados com o auxílio de um pincel, removendo o máximo possível de resíduos de solo. Posteriormente, foram fotografados para análise e discussão visual.

4.7.12 Análise estatística

O experimento adotou o delineamento experimental inteiramente casualizado, utilizando um esquema fatorial 8x10. Cada formulação entre os oito tratamentos corresponde a uma configuração específica de níveis dos fatores, permitindo uma avaliação abrangente dos efeitos individuais e das interações entre os fatores nas propriedades dos filmes compósitos.

As avaliações deste estudo foram feitas em triplicata para assegurar a consistência e a precisão dos resultados. Os dados obtidos foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA). Quando foram observadas diferenças estatisticamente significativas, aplicou-se o teste de comparação de médias de Tukey, com um nível de significância de 5%. A análise estatística foi feita utilizando programa estatístico, garantindo uma abordagem robusta na interpretação dos resultados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Rendimento da pectina

A média obtida para o rendimento da pectina extraída do albedo da laranja foi de 20%. Esse valor é considerado satisfatório quando comparado ao valor obtido por Sthel *et al.* (2014) e Ramos (2021), que obtiveram em suas pesquisas rendimento de 25% e 23,54%, respectivamente. Ramos (2021) obteve pectina do mesocarpo da laranja pera. O rendimento obtido é inferior quando comparado à extração da pectina do limão siciliano, que foi de 33,35% (PINHEIRO *et al.*, 2022).

5.2 Espessura, umidade, solubilidade em água e permeabilidade ao vapor de água (PVA)

A Tabela 3 mostra que os filmes CPZ-P40, CP-P40, CPZ-P50, CP-A40 e CPZ-A50 não apresentam diferenças estatisticamente significativas entre si em relação à espessura. No entanto, eles diferem significativamente em termos de aumento da espessura, quando comparados ao filme CP (controle). E apesar de terem sido concebidos com valores preestabelecidos para atingir espessuras semelhantes, foram constatadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as formulações, o que pode ser justificado pelo aumento no teor de sólidos e pela presença de fibras introduzidas na matriz do filme (ADILAH; JAMILAH; HANANI, 2018). Observa-se que os tratamentos CPZ-A50 e CP-A40 tiveram espessuras ligeiramente aumentadas mesmo que sem diferença estatisticamente significativas ($p > 0,05$). Esses resultados podem ser atribuídos à composição da farinha de abiu, que é mucilaginoso e espessa, uma possível justificativa pode estar relacionada à natureza hidrofílica das fibras.

Os valores obtidos para umidade variaram de 10,3% (CP Controle) a 20,0% (CP-

A40). Todos os tratamentos apresentaram umidades superiores às encontradas para o controle (10,3%), indicando que a adição das farinhas de pajurá e abiu, nanopartículas de zinco e cera de arroz pode aumentar a umidade dos filmes de CMC e Pectina. Conforme relatado em um estudo desenvolvido por Dong *et al.* (2022), filmes compostos por CMC, pectina e nanopartículas de zinco apresentaram teor de umidade consonante com os filmes CP-P40, CPZ-P50 e CPZ-A50 do presente estudo. Os tratamentos CP-AC e CPZ-PC com valores 18,6 e 18,1, respectivamente, tiveram resultados contrários aos encontrados por Oliveira Filho *et al.* (2020), que relatam que a presença de cera de carnaúba reduziu o teor de umidade dos filmes. Quanto ao tratamento CP-A40 com maior teor de umidade (20%), observa-se que a formulação tem maior concentração de glicerol (50%), podendo ter influenciado no resultado que está de acordo com o estudo da produção de filmes de amido de milho em combinação com sorbitol e glicerol de Hazrol *et al.* (2021), que concluíram que o teor de umidade aumentou significativamente à medida que a concentração de plastificantes aumentou. O glicerol, pela sua natureza hidrofílica, retém água na matriz do filme (CERQUEIRA *et al.*, 2012).

Tabela 3 - Espessura, umidade, solubilidade em água e permeabilidade ao vapor de água (PVA) dos tratamentos CP, CPZ-PC, CP-AC, CPZ-P40, CPZ-P50, CP-A40, CPZ-A50. Valores na mesma coluna com letras diferentes são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Filmes	Espessura (mm)	Umidade	Solubilidade	PVA
		(%)	(%)	($g \cdot m^{-1} \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-1}$)
CP (controle)	0,17 ± 0,01 ^b	10,3 ± 1,41 ^b	36,2 ± 0,69 ^{bc}	13,85 ± 0,95 ^b
CP-P40	0,27 ± 0,05 ^{ad}	14,8 ± 0,70 ^{ab}	48,3 ± 0,50 ^a	27,32 ± 0,27 ^a
CPZ-P40	0,25 ± 0,02 ^{acd}	11,2 ± 0,52 ^{ab}	38,1 ± 0,80 ^{bc}	14,25 ± 0,48 ^b
CPZ-P50	0,28 ± 0,02 ^a	16,7 ± 8,97 ^{ab}	41,6 ± 6,61 ^{abc}	11,66 ± 0,69 ^b
CP-A40	0,29 ± 0,01 ^a	20,0 ± 1,79 ^a	46,0 ± 0,57 ^{ab}	17,36 ± 0,30 ^{ab}
CPZ-A50	0,29 ± 0,03 ^a	16,2 ± 0,52 ^{ab}	32,5 ± 0,34 ^c	22,54 ± 0,13 ^{ab}
CP-AC	0,21 ± 0,01 ^{bcd}	18,6 ± 0,35 ^{ab}	40,4 ± 0,77 ^{abc}	10,48 ± 0,70 ^b
CPZ-PC	0,19 ± 0,01 ^{ab}	18,1 ± 0,76 ^{ab}	40,6 ± 7,37 ^{abc}	12,16 ± 0,26 ^b

Fonte: A autora (2023).

Os resultados deste estudo evidenciaram uma notável diminuição na solubilidade do filme CPZ-A50, que é composto por CMC, pectina, ZnO-NPs e farinha de abiu, com um valor de $32,5 \pm 0,34$. Essa redução pode ser atribuída à incorporação das nanopartículas de zinco, que conferem ao filme uma característica de menor solubilidade. De acordo com Babapour, Jalali e Nafchi (2021), esse efeito pode ser explicado pela formação de ligações de hidrogênio mais fortes entre a rede de polissacarídeos e as nanopartículas. A adição de nanopartículas de ZnO à matriz polimérica reduz os grupos hidroxila disponíveis para as moléculas de água, resultando na diminuição da hidrofiliabilidade dos filmes. Os dados obtidos estão em consonância com descobertas

semelhantes relatadas por Kanmani e Rhim (2014), em que a formação de CMC com ZnO resultou em filmes mais hidrofóbicos.

Resultados consistentes com o presente estudo foram também apresentados por Jebel e Almasi (2016), cujo estudo demonstrou redução significativa de cerca de 22% na absorção total de umidade ao adicionar 5% de ZnO aos filmes. Para os referidos autores, essa melhoria pode ser atribuída à capacidade das fibras de celulose de estabelecer novas ligações com os grupos de oxigênio presentes no ZnO, resultando em uma estrutura reforçada que limita a difusão das moléculas de água no material. Notavelmente, pode-se observar que os filmes CP-P40 e CP-A40 exibiram maior solubilidade em comparação com as composições CPZ-P40 e CPZ-A50, que continham adição de NPsZnO.

É importante observar que, com exceção do tratamento CPZ-A50, todos os outros filmes apresentaram maior solubilidade em comparação ao filme controle CP ($36,2 \pm 0,69$). Esse aumento na solubilidade pode ter sido influenciado por vários fatores, como as proporções específicas dos ingredientes utilizados e possíveis interações entre esses componentes.

Essas interações podem incluir a forma como os ingredientes se combinam ou se afetam mutuamente na formulação dos filmes. A variação nas propriedades de solubilidade entre os diferentes tratamentos destaca a complexidade dessas interações dentro das formulações. Isso enfatiza a importância de um planejamento cuidadoso ao criar os filmes de embalagem para atingir as propriedades desejadas.

Analisando a Tabela 3 neste estudo, destaca-se que o filme compósito de CMC e pectina (tratamento controle) registrou um dos menores índices de permeabilidade ao vapor de água (PVA) ($13,85 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$) entre os tratamentos avaliados. Uma possível explicação para essa observação é a natureza coesa dos filmes, que frequentemente apresenta menor porosidade e, por conseguinte, menor permeabilidade ao vapor de água (SILVA, K. *et al.*, 2018). Curiosamente, apesar da hidroflicidade intrínseca dos polímeros, a interação entre eles não favoreceu a permeabilidade. Gutierrez *et al.* (2015) ressaltam que o PVA é influenciado por uma série de fatores, incluindo a espessura dos filmes e as proporções relativas dos componentes empregados na formulação.

Nos tratamentos CP-AC e CPZ-PC, a adição de farinha de pajurá e abiu associada à cera de arroz ($10,48$ e $12,16 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$ respectivamente) desempenhou papel crucial na redução do PVA, indicando propriedades superiores de barreira à água. Esse efeito pode ser atribuído à presença da cera, cujo caráter hidrofóbico

contribuiu para a diminuição da permeabilidade e para a intensificação da barreira ao vapor. Estudos anteriores, como o Oliveira Filho *et al.* (2020), confirmam esse fenômeno, relatando uma significativa redução no PVA com a incorporação da cera de carnaúba, especialmente na concentração de 15%, em razão da sua natureza hidrofóbica.

A composição e a concentração do filme são reconhecidas como fatores que influenciam o comportamento do PVA, principalmente pelas interações intermoleculares entre a matriz e os compostos presentes. Essas interações podem impactar a via de tortuosidade das moléculas de água no filme, culminando em diferentes valores de PVA. Por exemplo, a introdução de 0,2 g de NPsZnO e 1g de farinha de pajurá no filme CPZ-P50 ($11,66 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$) proporcionou um trajeto mais complexo para a passagem dos vapores de água pela matriz do filme. Como resultado direto, verificou-se redução na permeabilidade. Esse efeito foi previamente observado em estudos conduzidos por Rodsamran e Sothornvit (2019) e Dash *et al.* (2019).

O filme CPZ-A50 ($22,54 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$) exibiu uma permeabilidade aumentada em relação aos demais tratamentos. Essa característica pode ser atribuída à presença significativa de compostos hidrofílicos, como compostos fenólicos, na farinha de abiu. Os polifenóis presentes no abiu têm capacidade de perturbar a estrutura ordenada do filme, levando à formação de espaços vazios nos seus canais internos, como mencionado em estudos anteriores (BARREIROS, A.; BARREIROS, M., 2011; THIVYA *et al.*, 2022). O tratamento CP-P40 foi o que alcançou o melhor resultado com uma taxa de permeabilidade ao vapor ($27,32 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$), podendo ter sido afetado pela mistura de ingredientes, que não foi feita de maneira homogênea. Isso poderia ter levado à falta de uniformidade na distribuição dos componentes no filme resultante. Quando a mistura de ingredientes não é feita de maneira adequada, podem surgir áreas no filme com maior permeabilidade.

5.3 Propriedades mecânicas

Os filmes poliméricos analisados exibiram variações notáveis na resistência à tração (TS) e no alongamento percentual na ruptura (EB), sendo essas variações diretamente influenciadas pelo tipo específico de polímero empregado. A TS variou de 3,93 a 40,32 MPa, enquanto o EB variou de 3,54 a 45,40%. Observou-se que o filme CP (controle) apresentou o melhor resultado para TS, fato atribuído à estrutura química

semelhante da carboximetilcelulose e da pectina, que leva a fortes interações entre os compósitos, resultando na formação de uma matriz mais densa. A pectina e a carboximetilcelulose, ambas pertencentes ao grupo dos poliuronatos, são exemplos de polissacarídeos iônicos naturais. O aumento nas propriedades mecânicas do filme pode ter sido causado pela interação intermolecular entre o grupo carboxila do CMC e o grupo hidroxila das moléculas de polissacarídeos (AKHTAR *et al.*, 2018; YU *et al.*, 2014).

A comparação entre os tratamentos CPZ-P40 e CPZ-P50 revelou ausência de diferenças significativas ($p < 0,05$) nos valores de TS e EB (Tabela 4). Ambos os tratamentos exibiram reduções nos valores de TS em relação ao filme controle, enquanto os valores de EB não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. No entanto, é notável que os valores de TS foram superiores em comparação com os demais tratamentos, indicando robustez e uma menor flexibilidade. A inclusão de farinha de pajurá e nanopartículas de zinco na solução revelou afinidade química dos polímeros com a solução formadora do filme. Esses resultados foram superiores às propriedades dos filmes desenvolvidas à base de farinha de resíduos de frutas e vegetais (FVR) (BRITO *et al.*, 2019), tanto para TS quanto para EB. Em outro estudo, foi observado que os filmes preparados com polpas de goiaba e manga apresentaram diferenças em termos de resistência, sendo que os filmes com purê de manga mostraram maior resistência. Essa característica pode ser atribuída à natureza fibrosa da manga, cujas fibras desempenham papel de reforço nos filmes, conforme relatado por Viana *et al.* (2018).

Os filmes CP-A40, CPZ-A50 e CP-AC tiveram os piores resultados em termos de TS (4,6; 3,93 e 6,01 MPa) e EB (27,65%; 45,40% e 30,92%), respectivamente. Essa redução é atribuída à inclusão da farinha de abiu, que pode ter aumentado o espaço livre e a mobilidade dos polímeros. Essa tendência é semelhante ao estudo de Ahmad *et al.* (2015). Em outro estudo, Sougandhi *et al.* (2022) examinaram filmes bio-nanocompósitos multifuncionais com carboximetilcelulose, pectina, nanopartículas de zinco e extrato de goiaba e concluíram que a adição do extrato e das nanopartículas de zinco melhorou os resultados de TS (8,43 MPa) e EB (18,54%). No entanto, no presente estudo, o desempenho foi inferior, provavelmente pela fraca interação molecular, resultando em filmes mais fracos e deformáveis.

A adição de cera de arroz diminuiu a resistência à tração e aumentou o alongamento dos filmes (Tabela 4), semelhante aos resultados obtidos por Kowalczyk e Baraniak (2014) em que, independentemente do tipo de biopolímero utilizado, a presença de cera diminuiu significativamente a resistência mecânica dos filmes. No mesmo estudo

observa-se que o resultado do filme desenvolvido com CMC e cera de candelária tem valores aproximados aos do filme CPZ-PC do presente estudo.

Tabela 4 - Propriedades mecânicas dos filmes

Filmes	TS (Mpa)	EB (%)
CP (controle)	40,32± 5,85 ^a	5,38± 2,22 ^d
CP-P40	7,00 ±2,35 ^{cd}	18,85± 6,0 ^c
CPZ-P40	19,79±2,83 ^b	3,54± 1,12 ^d
CPZ-P50	20,28±2,24 ^c	4,17± 1,11 ^d
CP-A40	4,67±1,01 ^{cd}	27,65± 4,24 ^b
CPZ-A50	3,93±1,14 ^d	45,40± 7,65 ^a

Fonte: A autora (2023).

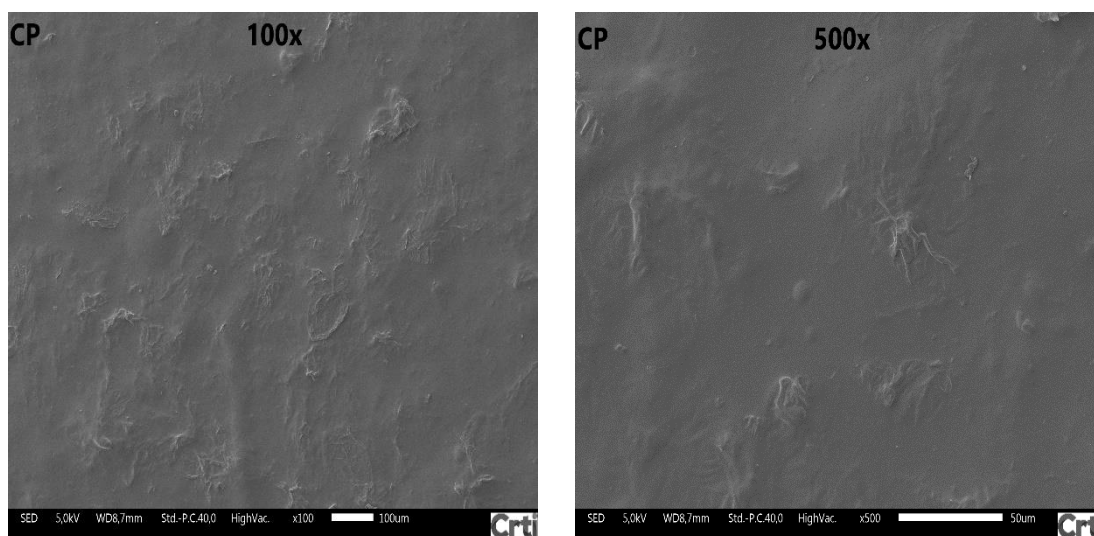
5.4 Micrografia eletrônica de varredura (MEV)

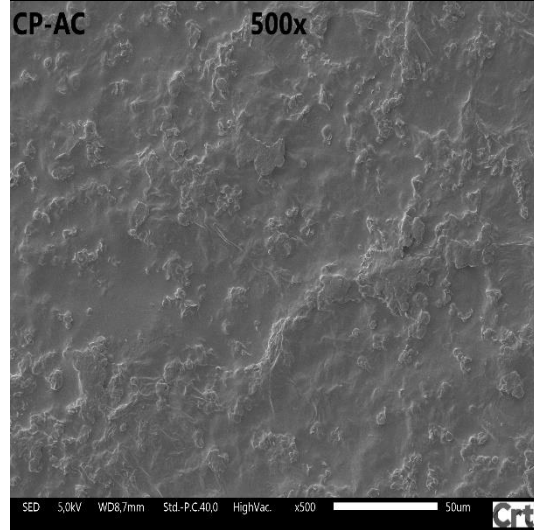
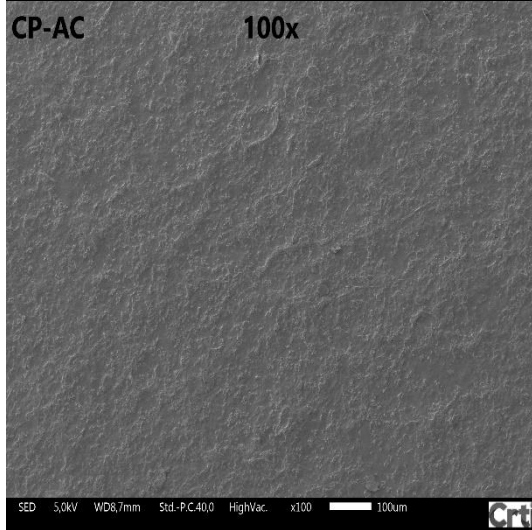
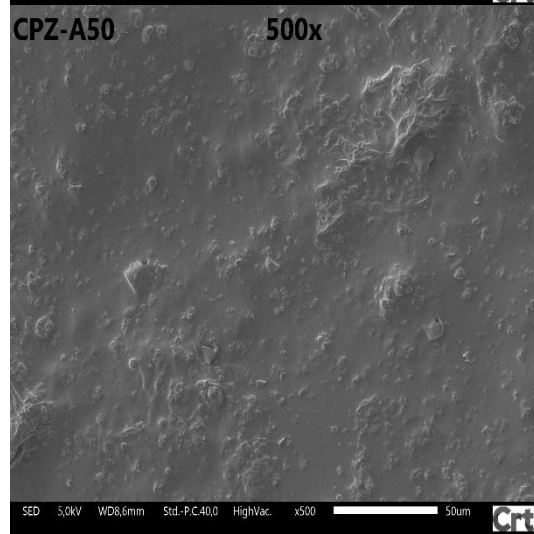
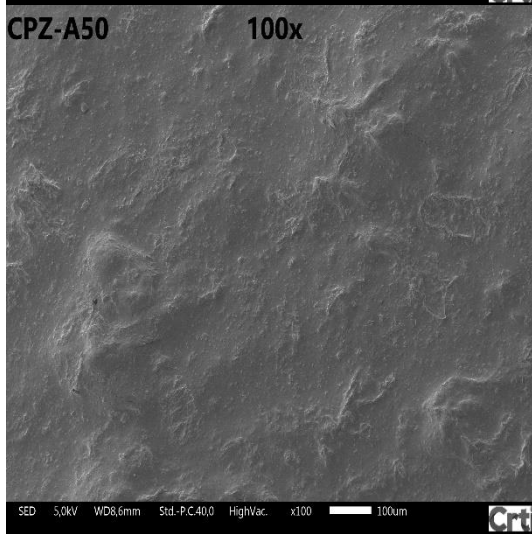
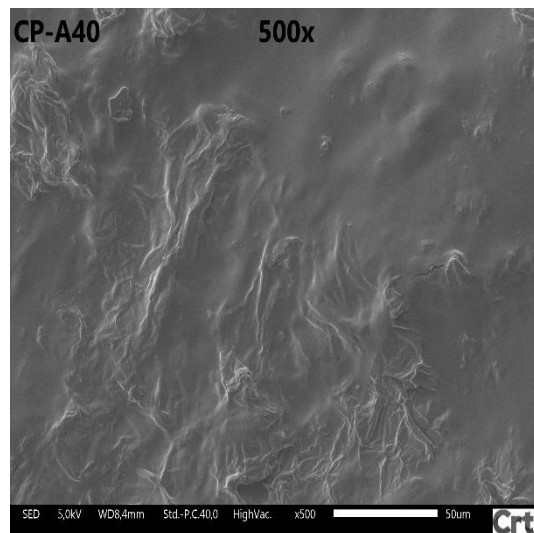
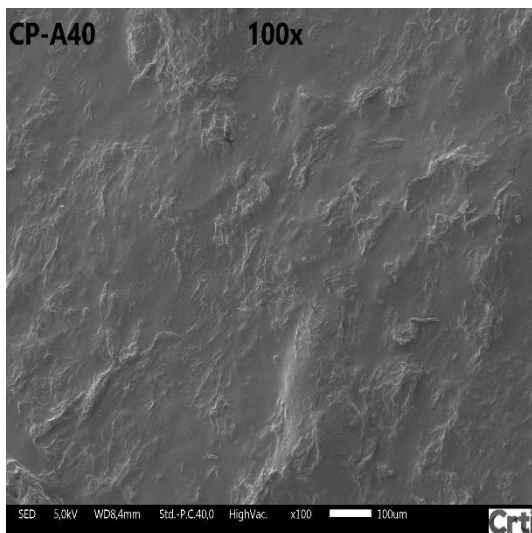
A utilização de micrografias eletrônicas de varredura (MEV) permite uma análise mais aprofundada da morfologia da superfície dos filmes de CMC, pectina e seus compósitos. Essas imagens fornecem informações valiosas sobre como as propriedades físicas e mecânicas dos filmes estão relacionadas às suas características estruturais. A Figura 10 exibe micrografias eletrônicas de varredura, que destacam as propriedades de superfície em questão. Importante notar que as amostras (CP-P40, CPZ-P40, CPZ-P50), submetidas à análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), sofreram alterações em razão das condições inadequadas de armazenamento e transporte. Portanto, a apresentação e a interpretação concentram-se exclusivamente nas amostras que foram preservadas adequadamente para análise.

De acordo com as imagens, o filme de CMC/Pectina (CP-controle) se mostrou homogêneo e uniforme. Os resultados são semelhantes aos encontrados por Sharifi e Pirsá (2021) em estudo com os mesmos polímeros, mostrando a micrografia de pectina/carboximetilcelulose que o hidrogel de CMC preencheu amplamente as lacunas na superfície do filme de pectina, o que pode ter sido causado pela formação de ligações de hidrogênio entre os grupos H^+ e OH^- nas cadeias poliméricas de pectina e carboximetilcelulose. Os resultados da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para o filme CP-A40 revelaram uma superfície mais irregular, uma característica que pode ser atribuída à presença da farinha de abiu. Esses achados confirmam os estudos conduzidos por Azeredo *et al.* (2016), em que filmes contendo suco de romã exibiram superfícies mais rugosas em comparação com aqueles sem esse componente. Essa rugosidade pode ser explicada pela possível formação de cristalitos de monossacarídeos (glicose e frutose)

durante o processo de secagem do filme. Quando a imagem MEV é observada em uma ampliação de 500 x (Fig. 10), a superfície do filme tem presença de partículas reveladas possivelmente pela presença de celulose insolúvel na farinha de abiu, efeito semelhante também foi observado por Lu *et al.* (2022). Essa superfície mais áspera ajudaria a aumentar as interações com a água, correspondendo ao resultado do PVA observado no referido filme.

Apesar de o filme CPZ-A50 que contém nanopartículas de zinco em sua composição apresentar uma superfície homogênea e compacta, algumas irregularidades foram observadas. Essas irregularidades são semelhantes às encontradas no estudo realizado por Noshirvani *et al.* (2017a). Os filmes compostos com cera de arroz (CP-AC e CPZ-PC) tiveram resultados de imagem semelhantes com superfícies apresentando partículas de ceras mais visíveis e aumentadas. De acordo com Kowalczyk e Biendl (2016), a incorporação de EHE (cera de candelilla) em filmes de CMC induziu aumento no tamanho das partículas de cera, o que sugere que EHE aumentou a taxa de coalescência e desestabilização da emulsão. Em níveis mais altos de EHE, a cera tendeu a formar glóbulos maiores (diâmetro máx. $\sim 120 \mu\text{m}$) em comparação com a adição de baixo nível (diâmetro máx. $\sim 100 \mu\text{m}$). De acordo com Liu *et al.* (2019), depois de tratada com cera de candelilla e cera de farelo de arroz em emulsão de etanol à temperatura ambiente, a superfície do polipropileno tornou-se super-hidrofóbica com micronano rugosidade lamelar. No presente estudo, esses tratamentos tiveram um dos menores resultados de PVA.





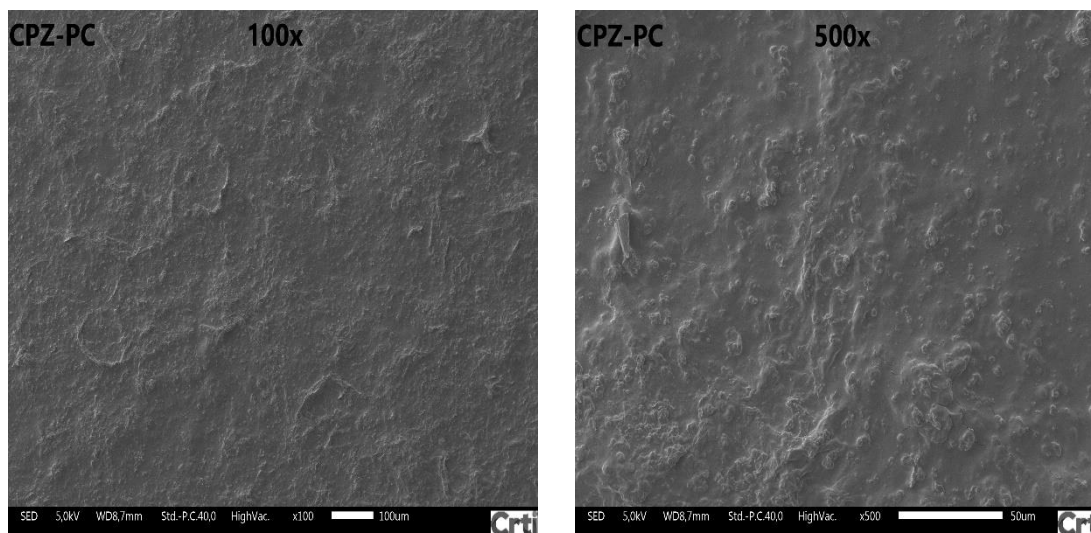


Figura 10 - Micrografias SEM (ampliação: 100x/500x) de filmes comestíveis de diferentes composições: CP (CMC/pectina), CP-A40 (CMC/pectina/ glicerol/farinha de abiu 40%); CPZ-A50 (CMC, pectina/glicerol/ZnO/farinha de abiu); CP-AC (CMC/pectina/glicerol/farinha de abiu/cera de arroz); CPZ-PC (CMC/pectina/glicerol/ZnO/farinha de pajurá/cera de arroz)

Fonte: A autora (2023).

5.5 Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier

Na Figura 11, estão apresentados os espectros de FTIR obtidos para os filmes analisados neste estudo. Observa-se que os filmes compostos exibem o diagrama de bandas típico da carboximetilcelulose, cujos grupos funcionais são semelhantes aos da pectina, resultando assim em uma sobreposição de picos, como também observado no estudo de Sharifi e Pirsá (2021).

As amplas bandas entre 3400 e 3100 cm^{-1} em todas as amostras indicam presença de grupos hidroxila (-OH) com ligações de estiramento de hidrogênio intermoleculares, características comuns em polissacarídeos. Esta observação é corroborada pelos estudos de Li, Y. *et al.* (2021b). Na faixa de 2800–3000 cm^{-1} (Fig. 11), os picos foram identificados como atribuídos a C-H, O-H e NH_3 . Esses estiramentos são predominantemente associados a carboidratos, ácidos carboxílicos, aminoácidos livres e fenólicos (ANJOS *et al.*, 2015; THUMMAJITSAKUL *et al.*, 2020). Destaca-se que os tratamentos CPZ-PC, CP-AC e CPZ-A50 exibiram maior intensidade nessa região, sugerindo maior concentração dos componentes mencionados nestas formulações.

A região próxima a 1730 cm^{-1} corresponde ao número de grupos carboxila esterificados. A banda de absorção acentuada em 1590 cm^{-1} foi atribuída ao alongamento assimétrico e simétrico do grupo COO^- (MANRIQUE; LAJOLO, 2002).

A banda de absorção em 1460 cm^{-1} pode ser atribuída à combinação da vibração de flexão de CH_2 e à vibração do grupo COO^- . Essa mesma região espectral também foi associada à presença de flavonol e ácidos orgânicos, conforme mencionado no estudo de Ibrahim *et al.* (2018). Além disso, a banda de absorção em 1320 cm^{-1} está relacionada às deformações simétricas do CH_2 ligado aos grupos carboxila. A região da impressão digital de 1500 a 800 cm^{-1} é muito rica em picos originários de vários modos de estiramento, flexão, balanço, tesoura e torção. Essa região é, por um lado, muito rica em informações, mas, por outro, difícil de analisar em razão da sua complexidade. Esta área fornece informações importantes sobre compostos orgânicos como açúcares, álcoois e ácidos orgânicos presentes na amostra (LUCARINI *et al.*, 2019).

Em relação ao filme controle CP, observa-se que há diferenças na intensidade das bandas dos filmes CP-AC, CPZ-PC, CPZ-A50, CP-P40 e CP-A40 tanto nas bandas ~ 3299 - 3014 quanto nos picos 1000 - 1200 , sugerindo ter havido maior quantidade de energia absorvida. Ainda se observa que o sinal de presença dos fenóis pode ser encontrado na região 1680 - 900 cm^{-1} (SILVA, S. *et al.*, 2014), o que corresponde a uma maior intensidade dos filmes citados.

Os picos de absorção entre 1010 e 1150 cm^{-1} indicam que a amostra contém piranose. A absorção em 920 cm^{-1} refere-se à absorção de d-glucopiranosil (ZHANG *et al.*, 2013), nesse estudo, fixado em 1014 , 1020 cm^{-1} e 918 cm^{-1} para todos os tratamentos.

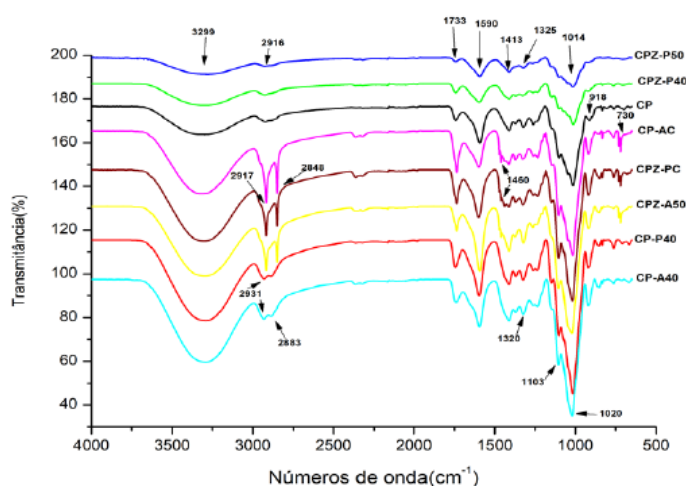


Figura 11 - Espectro de absorção na região do infravermelho (FTIR) dos tratamentos compostos de CMC, pectina e associados à Farinha de pajará, farinha de abiu, NPsZnO e cera de arroz

Fonte: A autora (2023).

5.6 Análise termogravimétrica

As análises termogravimétricas (TGA) dos sistemas de filmes avaliados revelaram três estágios distintos que caracterizam o comportamento térmico desses materiais (Fig. 12). Na faixa de temperatura de 35 a 190 °C, uma perda inicial de peso de aproximadamente 14% foi observada em todas as amostras, exceto nos filmes CPZ-P40 e CPZ-P50, que apresentaram perdas de peso em torno de 27%. Essa redução inicial pode estar relacionada à evaporação da água contida nas amostras, evidenciando uma variação significativa no teor de umidade. Essa observação pode ser atribuída às propriedades higroscópicas dos biopolímeros e do glicerol, os quais são sensíveis às condições ambientais, ou a possíveis compostos voláteis presentes nos filmes (BÁTORI *et al.*, 2017; SHARIFI; PIRSA, 2021).

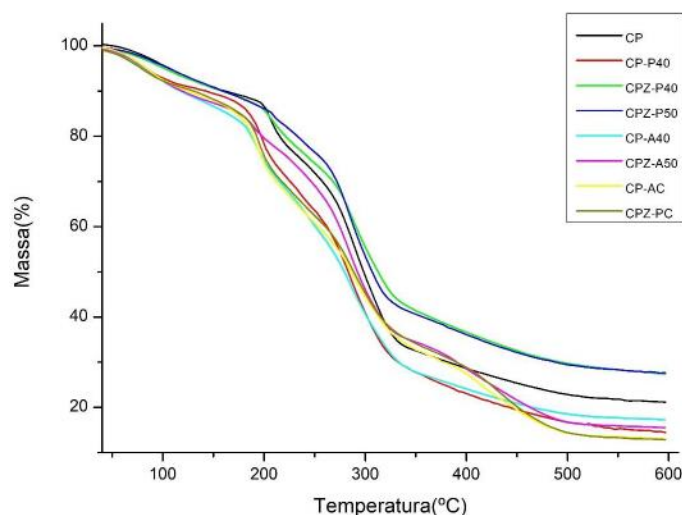


Figura 12-Análise termogravimétrica (TGA) dos filmes
Fonte: A autora (2023).

O segundo estágio ocorreu entre as faixas de temperatura de 210 e 340 °C, com os filmes CPZ-P40 e CPZ-P50 apresentando uma perda de massa de 80%, enquanto os demais tratamentos registraram perda de massa de 70%. Essa temperatura corresponde ao processo de degradação, indicado pela perda significativa de massa. De acordo com Rogovina *et al.* (2011), as temperaturas observadas confirmam a degradação dos polissacarídeos, consistentes com a faixa de 210-260°C, identificada em seus estudos. Em uma pesquisa anterior com filmes de quitosana e CMC, a análise termogravimétrica evidenciou considerável redução de peso de aproximadamente 76% na faixa de temperatura de 200 a 380 °C, indicando a pirólise completa da celulose e a liberação de hidrocarbonetos voláteis pela rápida decomposição térmica das cadeias celulósicas (BAJPAI; CHAND; AHUJA, 2015).

O terceiro estágio correspondeu à perda de massa associada ao processo de decomposição da matriz polimérica (ABUTALIB; RAJEH, 2020). Neste estudo, a temperatura máxima de decomposição ocorreu em torno de 340 °C.

No que se refere à incorporação das nanopartículas de zinco, observa-se que os filmes que exibiram maior perda de massa podem ter sofrido modificações na estrutura polimérica após a adição das NPsZnO. Isso está alinhado aos achados de Noshirvani *et al.* (2017b), que demonstraram redução na estabilidade térmica do polímero com a adição de NPsZnO, especialmente quando a concentração de NPsZnO aumentou de 0,5% para 2%. Por outro lado, também foi relatado que a incorporação de NPsZnO aos filmes de carragenina pura resultou em aumento da estabilidade térmica do filme (ROY; RHIM, 2019a).

Consequentemente, com base na análise TGA, é possível inferir que os filmes examinados exibem uma estabilidade térmica satisfatória para aplicações na indústria de embalagens de alimentos. No entanto, é relevante ressaltar que os tratamentos (CPZ-P40 e CPZ-P50) que apresentaram maior perda de massa e, conseqüentemente, menor estabilidade térmica demandam investigações mais detalhadas e aprofundadas.

5.7 Calorimetria exploratória diferencial

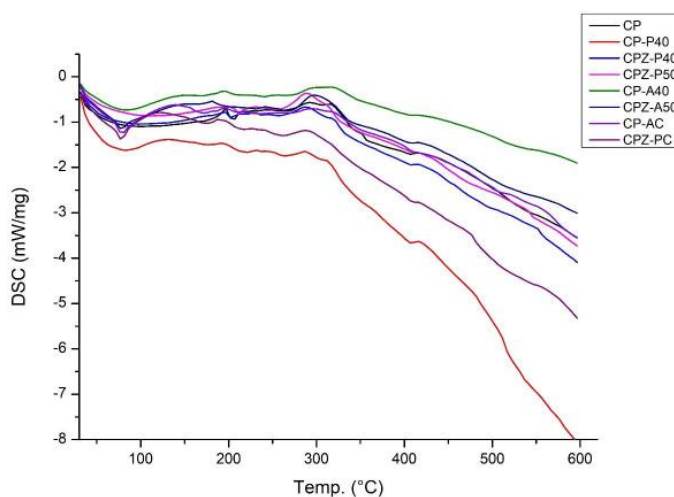


Figura 13 - Calorimetria exploratória diferencial (DSC): CP (CMC/pectina), CP-P40 (CMC/pectina/ glicerol/farina de pajurá 40%), CPZ-P40 (CMC/pectina/ glicerol/NPsZnO/farina de pajurá 40%), CPZ-P50 (CMC/pectina/ glicerol/NPsZnO/farina de pajurá 50%), CP-A40 (CMC/pectina/ glicerol/farina de abiu 40%), CPZ-A50 (CMC, pectina/glicerol/ZnO/farina de abiu), CP-AC (CMC/pectina/glicerol/farina de abiu/cera de arroz), CPZ-PC (CMC/pectina/glicerol/ZnO/farina de pajurá/cera de arroz)

Fonte: A autora (2023).

Para determinar a resistência térmica de um material de embalagem é

fundamental obter conhecimento sobre as alterações na estrutura molecular que ocorrem em resposta a flutuações de temperatura. Essas informações são indispensáveis para uma análise precisa da capacidade de o material lidar com condições térmicas adversas (NISAR *et al.*, 2018).

A Figura 13 ilustra as curvas DSC de todos os filmes preparados, enquanto a Tabela 5 apresenta a temperatura de fusão (T_m) e a quantidade de resíduos dos filmes. Os resultados revelam que os filmes CP, CPZ-P40 e CPZ-P50 apresentam temperaturas de fusão (T_m) mais elevadas em comparação com os demais tratamentos (exceto o filme CP-P40, que apresentou somente peso residual). Além disso, os filmes exibiram apenas um pico endotérmico, indicando ausência de separação de fases, confirmando a compatibilidade dos compósitos que formam filmes homogêneos. Esses resultados estão em concordância com o fenômeno descrito por Charles, Motsa e Abdillah (2022), em que filmes preparados com fécula e amido de casca de batata também apresentaram picos endotérmicos e T_m superiores a 100 °C. Isso sugere que os tratamentos não sofreram fusão durante o tratamento térmico, demonstrando seu potencial uso como material de embalagem. Comparando o peso residual dos filmes que a 600 °C variou na faixa de 12,80% a 27,47%, dependendo do tipo de carga, eles apresentaram maior percentual de resíduos e, conseqüentemente, maior estabilidade térmica.

A análise de Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC) feita nos filmes CP-A40, CPZ-A50, CP-AC e CPZ-PC revelou presença de múltiplas transições térmicas. Entre essas transições, predominam duas variedades endotérmicas, que indicam processos de absorção de calor pelo material. No caso do filme CP-A40, ocorre também uma transição exotérmica, caracterizada pela liberação de calor. No filme CPZ-A50, são observadas duas transições exotérmicas. O primeiro pico endotérmico pode corresponder à evaporação de umidade e à água ligada dos filmes (ROY; KIM; RHIM, 2021). Observa-se pelos resultados que os filmes compósitos com farinha de abiu e farinha de abiu/cera de arroz adicionados apresentaram tendência de diminuição relevante da área do pico em relação aos demais tratamentos, indicando que a estabilidade dos filmes compósitos foi reduzida. A decomposição subsequente ocorreu em torno de 172-242 °C em decorrência da degradação térmica da matriz polimérica do CMC, pectina e do glicerol usado como plastificante (LI, X. *et al.*, 2021a; PRIYADARSHI; KIM; RHIM, 2021; ROY; RHIM, 2019a).

Os resultados de estabilidade térmica confirmam os resultados do MEV e da análise de propriedades mecânicas. Os tratamentos CP-A40 e CPZ-A50 exibem picos

exotérmicos distintos a temperaturas de 316,7 e 182,1 °C, respectivamente. Esses picos podem ser atribuídos à degradação térmica dos materiais compósitos, especialmente pela adição da farinha de abiu. Essa observação sugere que ocorreram reações exotérmicas nos compostos durante o processo de aquecimento. Essas reações exotérmicas podem estar relacionadas a processos de degradação térmica, interações entre os componentes ou reações químicas específicas dos ingredientes utilizados.

Tabela 5 - Propriedades térmicas dos filmes: temperaturas de fusão; picos exotérmicos e peso residual

Filmes	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de fusão (°C)	Picos exotérmicos (°C)	Picos exotérmicos (°C)	Peso residual (%)
CP	203,7	-	-	-	20,22
CP-P40	-	-	-	-	14,89
CPZ-P40	202,4	-	-	-	27,28
CPZ-P50	209,1	-	-	-	27,47
CP-A40	83,5	242	316,7	-	17,26
CPZ-A50	78,4	-	182,1	297,5	15,48
CP-AC	78,6	172,7	-	-	13,04
CPZ-PC	78,5	175,5	-	-	12,80

Fonte: A autora (2023).

5.8 Medição de cores

A avaliação da cor dos filmes testados (Tabela 6) revelou notáveis modificações nas propriedades cromáticas após a incorporação das farinhas de pajurá, abiu e cera de arroz quando comparadas ao filme controle (CMC/pectina). Especificamente, o filme CP-A40, contendo farinha de abiu, se destacou por apresentar valores de luminosidade (L^*) mais baixos, indicando uma tonalidade mais escura, e valores elevados de a^* (matiz entre avermelhado e esverdeado) e b^* (matiz entre amarelado e azulado). Essas diferenças de cor são facilmente perceptíveis a olho nu (Fig. 14).

Tabela 6 - Efeito dos diferentes tratamentos nos parâmetros de Luminosidade (L^*), componente de cor no eixo vermelho-verde (a^*) e componente de cor no eixo amarelo-azul (b^*)

Filmes	L^*	a^*	b^*
CP	73,19±7,40 ^a	2,61±0,17 ^c	-0,59±0,37 ^e
CP-P40	67,07±0,84 ^a	2,70±0,08 ^c	3,07±0,11 ^{cd}
CPZ-P40	41,76±7,44 ^c	4,34±0,26 ^b	5,43±0,29 ^c
CPZ-P50	40,00±4,30 ^c	4,71±0,34 ^b	4,40±0,18 ^c
CP-A40	36,19±4,24 ^c	5,43±0,32 ^a	11,64±0,63 ^a
CPZ-A50	47,75±3,48 ^{bc}	5,62±0,50 ^a	10,34±0,87 ^a
CP-AC	64,48±5,17 ^{ab}	3,77±0,01 ^{bc}	8,70±0,07 ^b
CPZ-PC	67,07±2,01 ^a	3,33±0,11 ^c	5,44±0,34 ^c

Fonte:A autora (2023).

A influência significativa da coloração das farinhas de pajurá e abiu na tonalidade dos filmes é notável. A riqueza de pigmentos marrons escuros na farinha de pajurá e os carotenoides amarelos presentes na farinha de abiu contribuíram substancialmente para a coloração dos filmes que empregaram esses ingredientes. O tom amarelo característico de muitas frutas está relacionado à presença de carotenoides, pigmentos naturais que também podem atuar como antioxidantes benéficos para a saúde (GUTIÉRREZ; ALVAREZ, 2016).

Vale ressaltar que filmes com coloração mais escura têm aplicações especialmente relevantes para alimentos sensíveis à luz. Materiais de embalagem mais densos e de tonalidade escura têm propriedade de bloquear os raios ultravioleta (UV), oferecendo uma proteção adicional contra o processo de foto-oxidação. Essa barreira adicional é essencial para preservar a qualidade dos alimentos ao longo do tempo, garantindo a manutenção da cor, sabor, textura e valor nutricional dos produtos.

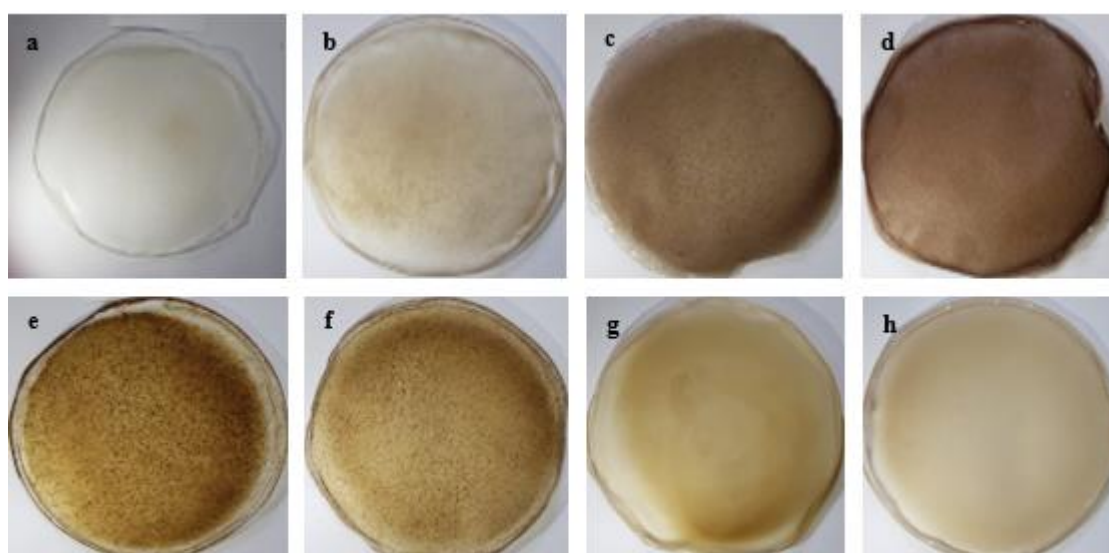


Figura 14 - Resultado visual dos filmes comestíveis de diferentes composições: (a) CP; (b) CP-P40; (c) CPZ-P40; (d) CPZ-P50; (e) CP-A40; (f) CPZ-A50; (g) CP-AC; e (h) CPZ-PC

Fonte: A autora (2023).

5.9 Avaliação da atividade antibacteriana

A atividade antibacteriana dos filmes em relação a *E. coli* (bactéria Gram-negativa), *S. aureus* (bactéria Gram-positiva) e *Salmonella enteritidis* (bactéria Gram-negativa) foi ilustrada na Figura 15. Os filmes compostos não mostraram qualquer efeito inibitório sobre o crescimento dos microrganismos testados, mesmo considerando que os frutos utilizados na formulação têm comprovada produção de compostos fenólicos. Esses

compostos fenólicos são conhecidos por desempenhar papel defensivo nas plantas contra patógenos invasores, abrangendo bactérias, fungos e vírus (DAVIDSON; TAYLOR; SCHMIDT, 2012).

Essa ausência de atividade antimicrobiana nos filmes compostos se assemelha aos resultados obtidos em estudos anteriores. Por exemplo, em uma pesquisa realizada por Du *et al.* (2011), filmes fabricados a partir de cascas de maçã contendo polifenóis também não exibiram propriedades antimicrobianas contra *E. coli* O157:H7 e *S. enterica*. Esses resultados coincidem com as conclusões alcançadas neste estudo.

Resultados divergentes foram observados em outras pesquisas. Um estudo recente (ROSAS-BURGOS *et al.*, 2017; VENKATESH; SUTARIYA, 2019) revelou que filmes feitos de cascas de romã e de laranja, ricas em compostos fenólicos, exibiram atividade antimicrobiana. Esses compostos atuam como agentes antimicrobianos naturais, inibindo o crescimento microbiano e proporcionando proteção especialmente em produtos de panificação.

Essas discrepâncias entre os estudos podem sugerir que os compostos fenólicos presentes em diferentes frutos podem exercer diferentes níveis de atividade antimicrobiana, influenciados por vários fatores, incluindo concentração e composição específica dos compostos fenólicos.

Em resumo, apesar das expectativas em relação às propriedades antimicrobianas dos filmes compostos em razão da presença de compostos fenólicos, não foram identificadas atividades inibitórias contra os microrganismos testados. A complexidade dos sistemas e a influência variável dos compostos fenólicos nos diferentes materiais podem contribuir para essas divergências nos resultados entre diferentes estudos.

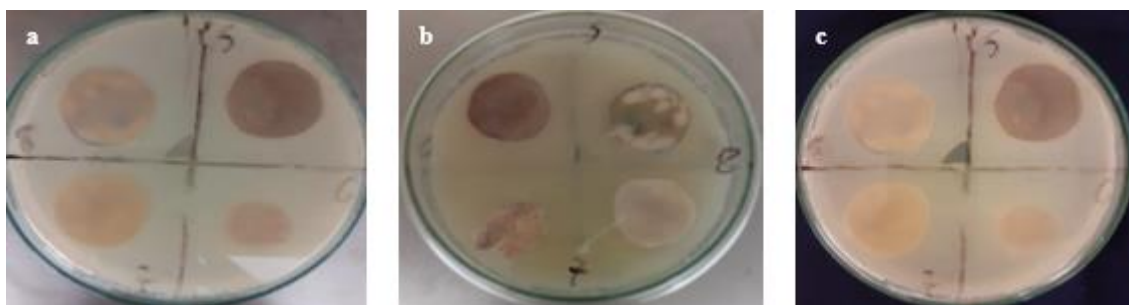


Figura 15 - Análise da atividade antimicrobiana para os diferentes filmes de Cmc/pectina incorporados com farinha de frutas, cera de arroz e nanopartículas – CP-A40, CPZ-A50, CP-AC, CPZ-PC contra (a) *Staphylococcus*; (b) *E. coli*; e (c) *Salmonella enteritidis*

Fonte: A autora (2023).

5.10 Avaliação da biodegradabilidade

Para avaliar a biodegradabilidade dos filmes, foi conduzido um estudo qualitativo da degradação dos materiais com base no tempo de enterramento das amostras em solo orgânico natural.

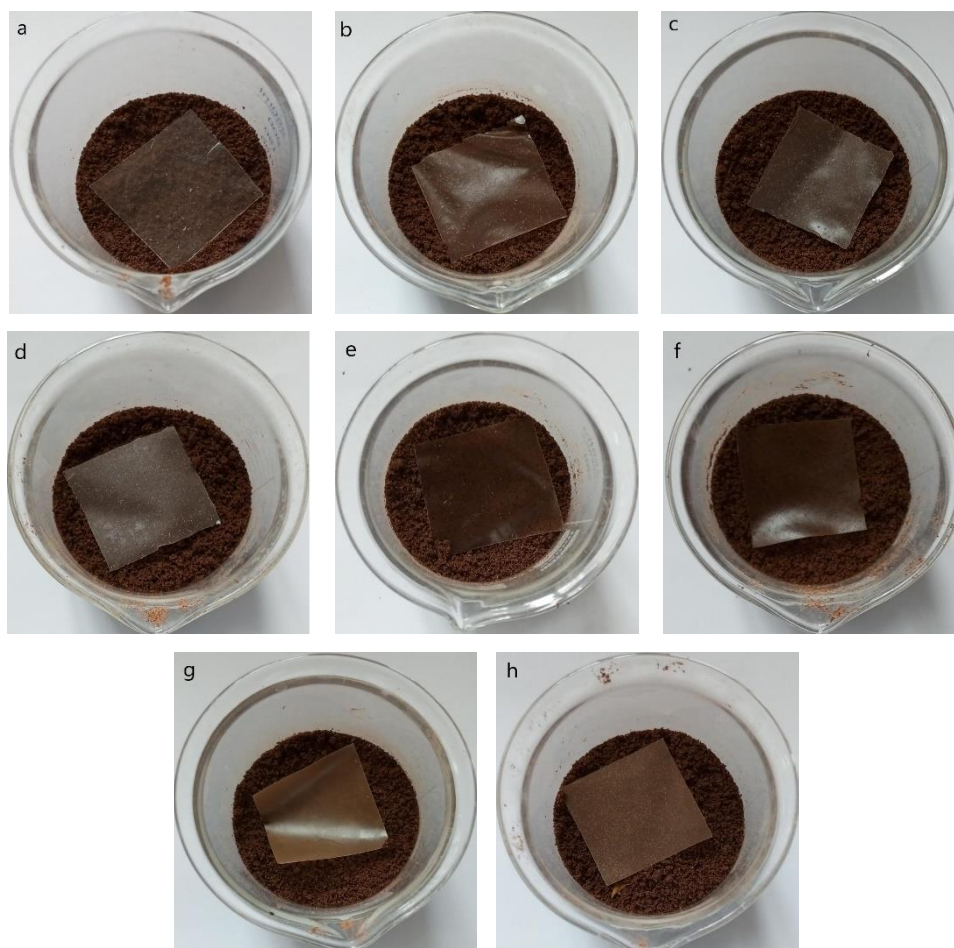


Figura 16 -Análise da biodegradabilidade dos filmes no dia 0: (a) CP; (b) CP-P40; (c) CPZ-P40; (d) CPZ-P50; (e) CP-A40; (f) CPZ-A50; (g) CP-AC; e (h) CPZ-PC

Fonte: A autora (2023).

Nos primeiros três dias, os filmes não mostraram grandes alterações em sua integridade estrutural. Nos dias 6, 9 e 12, as modificações foram mais visíveis e significativas, sendo essas mudanças perceptíveis nas amostras CP-P40, CP-A40, CPZ-A50, CP-AC e CPZ-PC. Em um estudo, filmes de pectina contendo pó de frutas (framboesa, amora-preta e mirtilo) foram desenvolvidos, apresentando resultados semelhantes. Foram observados sinais de biodegradação nos filmes após 6 dias, e alterações mais significativas na degradação foram visualizadas após 12 dias (ROMERO *et al.*, 2022). No 15º dia, foi observada presença de resíduos nos tratamentos CP

(controle), CPZ-P40 e CPZ-P50. No entanto, é importante notar que, nessa fase, esses resíduos já estavam em processo de biodegradabilidade, indicando tendência para a decomposição dos materiais associados a esses tratamentos.

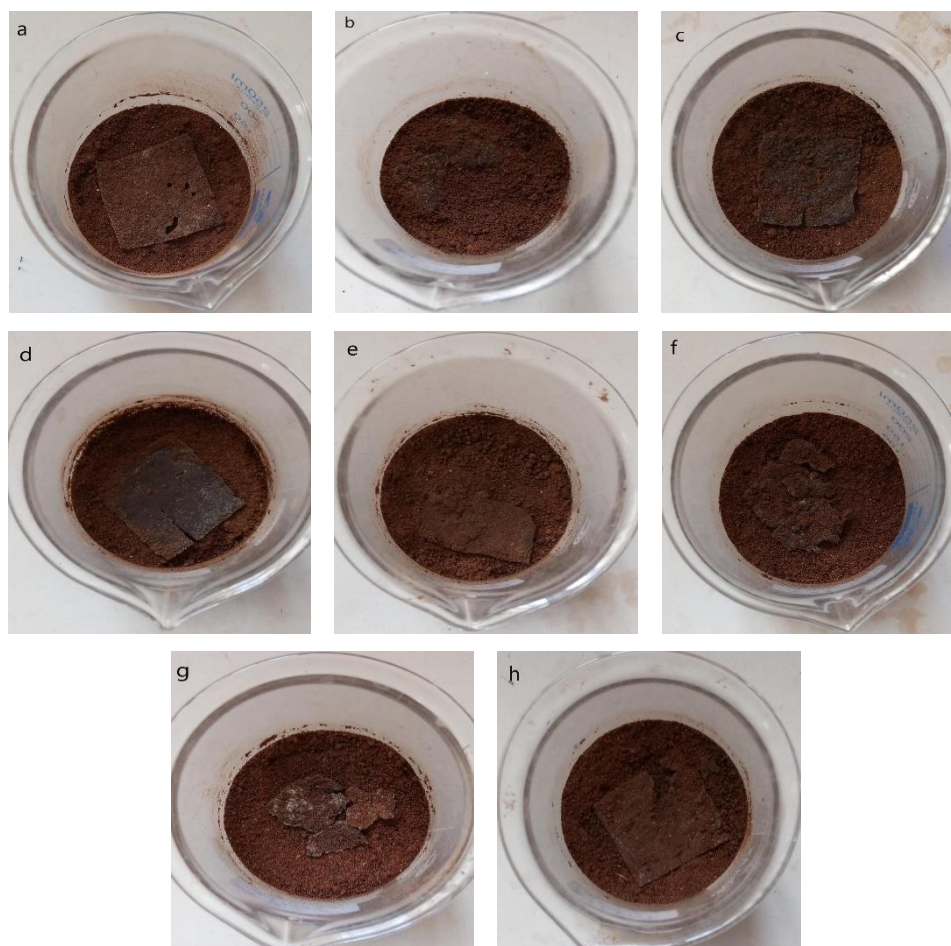


Figura 17 - Análise da biodegradabilidade dos filmes no dia 12: (a) CP; (b) CP-P40; (c) CPZ-P40; (d) CPZ-P50; (e) CP-A40; (f) CPZ-A50; (g) CP-AC; e (h) CPZ-PC

Fonte: A autora (2023).

Observa-se que os filmes com farinha de pajurá e ZnO apresentaram estruturas mais rígidas, justificando o tempo de degradação mais longo. Por outro lado, a maior resistência à degradação do filme CP, composto de CMC, pectina e glicerol, indica que a interação intermolecular entre os componentes poliméricos pode ter influenciado na redução da sua biodegradabilidade. Essas interações podem fortalecer ou enfraquecer as ligações químicas dentro dos polímeros, afetando sua estabilidade e sua suscetibilidade à degradação.

Ressalta-se ainda que originalmente a biodegradabilidade não era um aspecto considerado na produção de filmes. No entanto, pela crescente preocupação com a administração de resíduos, essa característica passou a ser valorizada como uma

qualidade desejável. A Norma Europeia EN 13432 estabelece que uma embalagem deve atingir uma taxa de biodegradação de pelo menos 90% em 6 meses para ser considerada biodegradável por ação biológica. Com base nesse critério, é válido considerar os filmes desenvolvidos como biodegradáveis, visto que evidenciaram habilidade para degradação conforme parâmetros estabelecidos pela norma.

6 Conclusão

Notavelmente, as formulações que incorporaram as NPsZnO apresentaram redução significativa na solubilidade, melhores resultados para barreira ao vapor de água e resistência mecânica. Quanto às propriedades térmicas, os filmes incorporados mostraram boa estabilidade térmica com temperaturas de fusão elevadas no resultado DSC. Em geral, os filmes mostraram-se resistentes, com resultados de temperatura máxima para decomposição em torno de 340 °C.

A cera de arroz melhorou as propriedades de barreira ao vapor de água dos filmes, além de conferir propriedades de solubilidade e biodegradabilidade.

A incorporação de farinhas de frutos amazônicos em filmes compostos emerge como uma escolha atraente, especialmente ao considerar a produção de embalagens de tonalidade escura. Esses filmes, pela sua coloração mais profunda, conferem vantagens substanciais, sobretudo no que diz respeito à proteção de alimentos sensíveis à luz. Essa proteção desempenha papel crucial na manutenção da qualidade, sabor e valor nutricional desses alimentos, promovendo uma eficaz extensão de sua vida útil.

Os filmes CPZ-P40 e CPZ-P50 destacam-se como excelentes opções de filmes comestíveis, mostrando notáveis propriedades em permeabilidade, resistência mecânica e estabilidade térmica. Esses filmes têm potencial para aplicação em diversos alimentos, especialmente naqueles que requerem proteção contra umidade e luz. Sua robustez mecânica, resistência térmica e baixa permeabilidade ao vapor de água sugerem uma contribuição significativa para preservar a qualidade e a segurança alimentar. A farinha de pajurá se destaca como um componente valioso, apresentando potencial para melhorar as propriedades dos filmes, o que merece atenção em futuras pesquisas e aplicações práticas.

7 REFERÊNCIAS

ABDELRAZEK, E. M.; ELASHMAWI, I. S.; LABEED, S. J. P. B. C. M. Chitosan filler effects on the experimental characterization, spectroscopic investigation and thermal studies of PVA/PVP blend films. **Physica B: Condensed Matter**, Elsevier, v.405, n.8, p.2021-2027, 15 Apr. 2010.

<https://doi.org/10.1016/j.physb.2010.01.095> Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921452610001249> Acesso em: 10 jul. 2022.

ABHIRAMI, P.; MODUPALLI, N.; NATARAJAN, V. Novel postharvest intervention using rice bran wax edible coating for shelf-life enhancement of Solanum lycopersicum fruit. **Journal of Food Processing and Preservation**, Institute of Food Science + Technology, v.44, n.12, p. e14989, Dec. 2020. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14989>

Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfpp.14989> Acesso em: 19 dez. 2022.

ABREU, M. M. D. **Avaliação da atividade antidiarreica em camundongos e antimicrobiana in vitro do extrato bruto das cascas de fruto de Pouteria caimito (Ruiz e Pavon) Radlk.** 2018.62f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2018. Disponível em:

http://repositorio.unifap.br/bitstream/123456789/340/1/Dissertacao_AvaliacaoAtividadeAntidiarreica.pdf. Acesso em 15 jul. 2022.

ABUTALIB, M. M.; RAJEH, A. Structural, thermal, optical and conductivity studies of Co/ZnO nanoparticles doped CMC polymer for solid state battery applications. **Polymer Testing**, Elsevier, v.91, p.106803, Nov. 2020.

<https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106803> Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142941820320328> Acesso em: 11 ago. 2022.

ADILAH, Z. A. M.; JAMILAH, B.; HANANI, Z. A. N. Functional and antioxidant properties of protein-based films incorporated with mango kernel extract for active packaging. **Food Hydrocolloids**, Elsevier, v.74, p.207-218, Jan. 2018.

<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.08.017> Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X17307725> Acesso em: 14 abr. 2023.

AHMAD, M.; HANI, N. M.; NIRMAL, N. P.; FAZIAL, F. F., MOHTAR, N. F.; ROMLI, S. R. Optical and thermo-mechanical properties of composite films based on fish gelatin/rice flour fabricated by casting technique. **Progress in Organic Coatings**,

Elsevier Science, v.84, n.C, p.115-127, July 2015.

<https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2015.02.016> Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300944015000648> Acesso em: 1 maio 2023.

AJESH KUMAR, V.; HASAN, M.; MANGARAJ, S.; PRAVITHA, M.; VERMA, D. K.; SRIVASTAV, P. P. Trends in Edible Packaging Films and its Prospective Future in Food: A Review. **Applied Food Research**, Elsevier, v.2, n.1, p.100118, June 2022.

<https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100118> Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772502222000786> Acesso em: 10 out. 2022.

AKHTAR, H. M. S.; RIAZ, A.; HAMED, Y. S.; ABDIN, M.; CHEN, G.; WAN, P.; ZENG, X. Production and characterization of CMC-based antioxidant and antimicrobial films enriched with chickpea hull polysaccharides. **International journal of biological macromolecules**, Elsevier, n.118, p.469-477, 15 Oct. 2018.

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.090> Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813018321226> Acesso em: 10 maio 2023.

ANDRADE, R. M. S. de. Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis à base de resíduos de frutas e hortaliças, 2014. 76fl. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em:

https://www.unirio.br/proplan/ccbs/nutricao/ppgan_pt/dissertacoes-e-teses/dissertacoes-e-teses-defendidas/2011-2019/2014/desenvolvimento-e-caracterizacao-de-filmes-biodegradaveis-a-base-de-residuos-de-frutas-e-hortalicas

Acesso em: 20 ago. 2022.

ANJOS, O.; CAMPOS, M. G.; RUIZ, P. C.; ANTUNES, P. Application of FTIR-ATR spectroscopy to the quantification of sugar in honey. **Food chemistry**, Elsevier, v.169, p.218-223, 15 Feb. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.138> Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814614011868> Acesso em: 4 abr. 2023.

AOAC INTERNATIONAL; HORWITZ, W.; LATIMER JR., G. (ed.). Official methods of analysis of AOAC International. Print Book, English, 2010. Edition:18th ed., 2005, revision 3. Disponível em:

<https://search.worldcat.org/title/Official-methods-of-analysis-of-AOAC-International/oclc/649275444> Acesso em: 11 fev. 2023.

ARAÚJO, NATÁLIA. M. de. Morfologia polínica de espécies frutíferas nativas da Amazônia. jul. 2021. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, jul. 2021. Disponível em:

https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/38278/1/DISSERTAÇÃO_FINAL.pdf Acesso em: 25 maio 2022. \

ARAÚJO, NAYARA. M. P.; ARRUDA, H. S.; MARQUES, D. R. P.; OLIVEIRA, W. Q. de; PEREIRA, G. A.; PASTORE, G. M. Functional and nutritional properties of selected Amazon fruits: A review. **Food Research International**, Elsevier, v.147, p.110520, Sept. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110520> Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996921004191?via=ihub> Acesso em: 2 jul. 2023.

ASTM. American Standard Testing and Method. **ASTM G160-03**. Standard Practice for Evaluating Microbial Susceptibility of Nonmetallic Materials by Laboratory Soil Burial, Historical. ASTM International [astm]. West Conshohocken, PA, 2009. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/541795938/ASTM-G160-03-Reapproved-2009> Acesso em: 22 jul. 2022.

AVILA-SOSA, R.; HERNÁNDEZ-ZAMORAN, E.; LÓPEZ-MENDOZA, I.; PALOU, E.; MUNGUÍA, M. T. J.; NEVÁREZ-MOORILLÓN, G. V.; LÓPEZ-MALO, A. Inativação fúngica por orégano mexicano (*Lippia berlandieri* Schauer) óleo essencial adicionado a filmes comestíveis amaranto, quitosana ou amido. **Journal of Food Science**, Institute of Food Technologists, v.75, n.3, p.M127-M133, Apr. 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01524.x> Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1750-3841.2010.01524.x> Acesso em: 6 jun. 2022.

AZEREDO, H. M. C.; MORRUGARES-CARMONA, R.; WELLNER, N.; CROSS, K.; BAJKA, B.; WALDRON, K. W. Development of pectin films with pomegranate juice and citric acid. **Food Chemistry**, Elsevier, v.198, p.101-106, 1 May 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.117> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814615301138> Acesso em: 22 maio 2023.

BABAPOUR, H.; JALALI, H.; NAFCHI, M. A. The synergistic effects of zinc oxide nanoparticles and fennel essential oil on physicochemical, mechanical, and antibacterial properties of potato starch films. **Food Science & Nutrition**, Wiley, Online Library, v.9, n.7, p.3893-3905, July 2021. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2371> Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fsn3.2371> Acesso em: 12 dez. 2022.

BAJPAI, S. K.; CHAND, N.; AHUJA, S. Investigation of curcumin release from chitosan/cellulose micro crystals (CMC) antimicrobial films. **International Journal of Biological Macromolecules**, Elsevier, v.79, p.440-448, Aug. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.05.012> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813015003402> Acesso em: 2 fev. 2023.

BARREIROS, A. L. B. S.; BARREIROS, M. L. Atividade antioxidante das frutas amazônicas abiu (*Pouteria caimito*), biribá (*Rollinia mucosa*) e cubiu (*Solanum sessiliflorum*) pelo método do seqüestro do DPPH. SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA (SBQ). Laboratório de Produtos Naturais - Departamento de Química – Universidade Federal de Sergipe, 2011. Disponível em: <http://sec.s bq.org.br/cdrm/34ra/resumos/T3818-2.pdf> Acesso em: 2 jul. 2022.

BÁTORI, V.; JABBARI, M.; ÅKESSON, D.; LENNARTSSON, P. R.; TAHERZADEH, M. J.; ZAMANI, A. Produção de biofilmes de pectina-celulose: uma nova abordagem para a reciclagem de resíduos cítricos. **International Journal of Polymer Science**, Hindawi, v.2017, Article ID 9732329, 9p., 2017.

<https://doi.org/10.1155/2017/9732329> Disponível em:
<https://www.hindawi.com/journals/ijps/2017/9732329/> Acesso em: 7 fev. 2022.

BAYRAM, B.; OZKAN, G.; KOSTKA, T.; CAPANOGLU, E.; ESATBEYOGLU, T. Valorization and application of fruit and vegetable wastes and by-products for food packaging materials. **Molecules**, MDPI, v.26, n.13, 4031, 2021.

<https://doi.org/10.3390/molecules26134031> Disponível em:
<https://www.mdpi.com/1420-3049/26/13/4031> Acesso em: 5 jun. 2022.

BECKER, M. M.; MANDAJI, C. M.; CATANANTE, G.; MARTY, J.-L.; NUNES, G. S. Mineral and bromatological assessment and determination of the antioxidant capacity and bioactive compounds in native Amazon fruits. **Brazilian Journal of Food Technology**, Scielo Brazil, n.21, 2018. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.02218>

Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/bjft/a/fL4936cKbYmWHKhVQrsj3cB/?lang=en#> Acesso em: 10 maio 2022.

BEECROFT, L. L.; OBER, C. K. Nanocomposite Materials for Optical Applications. **Chem. Mater.**, American Chemical Society, ACS Publications, v.9, n.6, p.1302-1317, June 17, 1997. <https://doi.org/10.1021/cm960441a> Disponível em:
<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/cm960441a> Acesso em: 15 jun. 2022.

BERTO, A.; RIBEIRO, A. B.; SENTANDREU, E.; SOUZA, N. E. de; MERCADANTE, A. Z.; CHISTÉ, R. C.; FERNANDES, E. The seed of the Amazonian fruit *Couepia bracteosa* exhibits higher scavenging capacity against ROS and RNS than its shell and pulp extracts. **Food & Function**, [S.l.], v.6, n.9, p.3081-3090, 16 July 2015. Disponível em:
<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2015/fo/c5fo00722d/unauth> Acesso: 12 ago. 2022.

BRITO, T. B.; CARRAJOLA, J. F.; GONÇALVES, E. C. B. A.; MARTELLI-TOSI, M.; FERREIRA, M. S. L. Fruit and vegetable residues flours with different granulometry range as raw material for pectin-enriched biodegradable film preparation. **Food Research International**, Elsevier, v.121, p.412-421, July 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.058> Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996919302091> Acesso em: 8 set. 2022.

CAZÓN, P.; VELAZQUEZ, G.; RAMÍREZ, J. A.; VÁZQUEZ, M. Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review. **Food Hydrocolloids**, Elsevier, v.68, p.136-148, July 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.09.009> Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X16304155> Acesso em: 22 ago. 2022.

CERQUEIRA, M. A.; SOUZA, B. W. S.; TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A. Efeito do glicerol e do óleo de milho nas propriedades físico-químicas de filmes de polissacarídeos – um estudo comparativo. **Food hidrocolóides**, Elsevier, v.27, n.1, p.175-184, 1 May 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.07.007> Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X11002086> Acesso em: 29 out. 2022.

CHARLES, A. L.; MOTSA, N.; ABDILLAH, A. A. A comprehensive characterization of biodegradable edible films based on potato peel starch plasticized with glycerol. **Polymers**, MDPI, v.14, n.17, p.3462, 25 Aug. 2022.

<https://doi.org/10.3390/polym14173462> Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/17/3462> Acesso em: 22 nov. 2022.

CHARPENTIER, D.; MOCANU, G.; CARPOV, A.; CHAPELLE, S.; MERLE, L.; MÜLLER, G. New hydrophobically modified carboxymethylcellulose derivatives. **Carbohydrate polymers**, Elsevier, v.33, n.2-3, p.177-186, June-July 1997.

[https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(97\)00031-3](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(97)00031-3) Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861797000313> Acesso em: 28 jan. 2023.

CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D. Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch–Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. **Food hydrocolloids**, Elsevier, v. 28, n. 1, p. 59-67, July 2012.

<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.006> Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X11003195> Acesso: 10 jul. 2023.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. Química de alimentos de Fennema. Artmed editora. São Paulo, 5.ed., p.123-157, 2019. *E-Book* [1.120p.]. Disponível em:

<https://books.google.com.br/books?hl=pt->

[BR&lr=&id=KSCADwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=DAMODARAN,+S.%3B+PARKIN,+K.+L.+Química+de+alimentos+de+Fennema.+Artmed+editora.+São+Paulo,+5.ed.,+p.123-157,+2019.+1.120p.+E-](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=KSCADwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=DAMODARAN,+S.%3B+PARKIN,+K.+L.+Química+de+alimentos+de+Fennema.+Artmed+editora.+São+Paulo,+5.ed.,+p.123-157,+2019.+1.120p.+E-Book.+&ots=3l8Kb4xg1f&sig=yZLq_dt051xvrlm04-GznnS9xE&redir_esc=y-v=onepage&q&f=false)

[Book.+&ots=3l8Kb4xg1f&sig=yZLq_dt051xvrlm04-GznnS9xE&redir_esc=y-v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-Book.+&ots=3l8Kb4xg1f&sig=yZLq_dt051xvrlm04-GznnS9xE&redir_esc=y-v=onepage&q&f=false) Acesso em: 22 maio 2023.

DASHIPOUR, A.; RAZAVILAR, V.; HOSSEINI, H.; SHOJAEE-ALIABADI, S.; GERMAN, J. B.; GHANATI, K.; KHAKPOUR, M.; KHAKSAR, R. Antioxidant and antimicrobial carboxymethyl cellulose films containing Zataria multiflora essential oil. **International Journal of Biological Macromolecules**, Elsevier, v.72, p.606-613, Jan. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.09.006> Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813014006035> Acesso em: 30 jun. 2023.

DASH, K. K.; ALI, N. A.; DAS, D.; MOHANTA, D. Thorough evaluation of sweet potato starch and lemon-waste pectin based-edible film with nano-titania inclusions for food packaging applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, Elsevier, v.139, p.449-458, 15 Oct. 2019.

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.07.193> Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813019321579> Acesso em: 16 fev. 2023.

DAVIDSON, P. M.; TAYLOR, T. M.; SCHMIDT, S. E. Chemical preservatives and natural antimicrobial compounds. In: DOYLE, M. P.; BUCHANAN, R. L. (ed.) **Food**

microbiology: fundamentals and frontiers, Wiley, Online Library. 4th ed., 28 Dec. 2012. 1.118p. Cap. 30, p.765-801. <https://doi.org/10.1128/9781555818463.ch30> Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1128/9781555818463.ch30>. Acesso em: 17 jun. 2023.

DONG, Z.; DU, Z.; WU, X.; ZHAI, K.; WEI, Z.; RASHED, M. M. A. Fabrication and characterization of ZnO nanofilms using extracted pectin of *Premna microphylla* Turcz leaves and carboxymethyl cellulose. **International Journal of Biological Macromolecules**, Elsevier, v.209, p.525-532, 1 June 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.04.030> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813022007280> Acesso em: 2 mar. 2022.

EL-NEWEHY, M. H.; EL-NAGGAR, M. E.; \ALOTAIBY, S.; EL-HAMSHARY, H.; MOYDEEN, M.; AL-DEYAB, S. Preparation of biocompatible system based on electrospun CMC/PVA nanofibers as controlled release carrier of diclofenac sodium. **Journal of Macromolecular Science, Part A**, Taylor & Francis Online, v.53, n.9, p.566-573, 15 July 2016. <https://doi.org/10.1080/10601325.2016.1201752> Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10601325.2016.1201752> Acesso em: 23 ago. 2023.

EMAMHADI, M. A.; SARAFRAZ, M.; AKBARI, M.; THAI, V. N.; FAKHRI, Y.; LINH, N. T. T.; KHANEGHAH, A. M. Nanomaterials for food packaging applications: A systematic review. **Food and Chemical Toxicology**, Elsevier, v.146, p.111825, Dec. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111825> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691520307158> Acesso em: 7 ago. 2022.

ESPITIA, P. J. P. **Desenvolvimento e avaliação de embalagens ativas antimicrobianas a base de metil celulose e polpa de açaí**. 2013. 156f.:il. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013. Disponível em: https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/469/1/texto_completo.pdf Acesso em: 19 ago. 2022.

ESPITIA, P. J. P.; OTONI, C. G.; SOARES, N. F. F. Chapter 34 - Zinc Oxide Nanoparticles for Food Packaging Applications. **Antimicrobial Food Packaging**, Academic Press, p.425-432, 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800723-5.00034-6> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128007235000346?via%3Dihub> Acesso em: 25 jul. 2023.

EZATI, P.; RHIM, J.-W. pH-responsive pectin-based multifunctional films incorporated with curcumin and sulfur nanoparticles. **Carbohydrate Polymers**, Elsevier, n.230, p.115638, 15 Feb. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115638> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861719313062> Acesso em: 18 abr. 2022.

EZATI, P.; RIAHI, Z.; RHIM, J.-W. CMC-based functional film incorporated with copper-doped TiO₂ to prevent banana browning. **Food Hydrocolloids**, Elsevier, v.122,

p.107104, Jan. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107104> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X21005208> Acesso em: 28 maio 2023.

FRANÇA, C. V.; PERFEITO, J. P. S.; RESCK, I. S.; GOMES, S. M.; FAGG, C. W.; CASTRO, C. F. S.; SIMEONI, L. A.; SILVEIRA, D. Potential radical-scavenging activity of Pouteria caimito leaves extracts. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v.6, n.7, p.184-188, July 28, 2016. [10.7324/JAPS.2016.60727](https://doi.org/10.7324/JAPS.2016.60727) Disponível em: https://japsonline.com/abstract.php?article_id=1938&sts=2 Acesso em: 22 jun. 2022.

GOSLINSKA, M.; HEINRICH, S. Characterization of waxes as possible coating material for organic aerogels. **Powder technology**, Elsevier, v.357, p.223-231, 1 Dec. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.08.096> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032591019306953> Acesso em: 3 maio 2023.

GUO, X.; CHEN, B.; WU, X.; LI, J.; SUN, Q. Utilization of cinnamaldehyde and zinc oxide nanoparticles in a carboxymethylcellulose-based composite coating to improve the postharvest quality of cherry tomatoes. **International Journal of Biological Macromolecules**, Elsevier, v.160, p.175-182, 1 Oct. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.05.201> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813020333602> Acesso em: 25 ago. 2022.

GUTIÉRREZ, T. J.; ÁLVAREZ, K. Physico-chemical properties and in vitro digestibility of edible films made from plantain flour with added Aloe vera gel. **Journal of Functional Foods**, Elsevier, v.26, p.750-762, Oct. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.08.054> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464616302687> Acesso em: 2 jun. 2023.

GUTIÉRREZ, T. J.; TAPIA, M. S.; PÉREZ, E.; FAMÁ, L. Structural and mechanical properties of edible films made from native and modified cush-cush yam and cassava starch. **Food Hydrocolloids**, Elsevier, v.45, p.211-217, Mar. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.11.017> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X14004275> Acesso em: 12 maio 2023.

HASSAN, B.; CHATHA, S. A. S.; HUSSAIN, A. I.; ZIA, K. M.; AKHTAR, N. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, Elsevier, v.109, p.1095-1107, 1 Apr. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813017330520>. Acesso em: 21 maio 2022.

HAZROL, M. D.; SAPUAN, S. M.; ZAINUDIN, E. S.; ZUHRI, M. Y. M.; ABDUL WAHAB, N. I. Corn Starch (Zea mays) Biopolymer Plastic Reaction in Combination with Sorbitol and Glycerol. **Polymers**, MDPI, v.13, n.2, p.242, 12 Jan. 2021. <https://doi.org/10.3390/polym13020242> Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/2/242> Acesso em: 9 jul. 2023.

HOPKINS, M. J. G. Flora da Reserva Ducke, Amazonas, Brasil: Chrysobalanaceae. **Rodriguésia**, Scielo Brazil, v.56, n.86, p.493-531, Jan.-Apr. 2005. <https://doi.org/10.1590/2175-78602005568602> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/7S6NLyHvjPChf84ZG3WncMN/> Acesso em: 2 maio 2022.

IBRAHIM, N.; ZAKARIA, A. J.; ISMAIL, Z.; AHMAD, Y.; MOHD, K. S. Application of GCMS and FTIR Fingerprinting in discriminating two species of Malaysian stingless bees propolis. **International Journal of Engineering and Technology**, ResedarchGate, v.7, n.4.43, p.106-112, Jan. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Khamsah-Mohd/publication/334284691_Application_of_GCMS_and_FTIR_Fingerprinting_in_Discriminating_Two_Species_of_Malaysian_Stingless_Bees_Propolis/links/5d220a6d458515c11c1b82f3/Application-of-GCMS-and-FTIR-Fingerprinting-in-Discriminating-Two-Species-of-Malaysian-Stingless-Bees-Propolis.pdf. Acesso em: 8 fev. 2023.

JEBEL F. S.; ALMASI, H. Morphological, physical, antimicrobial and release properties of ZnO nanoparticles-loaded bacterial cellulose films. **Carbohydrate Polymers**, Elsevier, v.149, p.8-19. 20 Sept. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.04.089> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861716304660> Acesso em: 9 out. 2022.

JESUS, L. S. de. Produção de biofilmes á partir do mesocarpo externo do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb). 2017. 47f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Instituto Federal Goiano, Rio Verde, Goiás, 2017. <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/29> Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/29> Acesso em: 12 nov. 2022.

JOSHI, H.; BISHNOI, S.; CHOUDHARY, P.; MUNDRA, S. L. Future prospects of nanotechnology in agriculture. **Int. J. Chem. Stud**, v.7, n.2, p.957-963, 10 Feb. 2019. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.chemijournal.com/archives/2019/vol7issue2/PartO/7-1-480-271.pdf> Acesso em: 17 jan. 2023.

KANMANI, P.; RHIM, J.-W. Properties and characterization of bionanocomposite films prepared with various biopolymers and ZnO nanoparticles. **Carbohydrate Polymers**, Elsevier, v.106, p.190-199, 15 June 2014. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.02.007> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861714001271> Acesso em: 21 fev. 2023.

KHALIL, R. K. S.; SHARABY, M. R.; ABDELRAHIM, D. S. Novel active edible food packaging films based entirely on citrus peel wastes. **Food Hydrocolloids**, Elsevier, v.134, p.107961, Jan. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107961> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X22004817> Acesso em: 3 mar. 2023.

KHEDRI, S.; SADEGHI, E.; ROUHI, M.; DELSHADIAN, Z.; MOHAMMAD MORTAZAVIAN, A.; GUIMARÃES, J. de T.; FALLAH, M.; MOHAMMADI, R. Bioactive edible films: Development and characterization of gelatin edible films incorporated with casein phosphopeptides. **LWT**, Elsevier, v.138, p.110649, Mar. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110649> Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643820316376> Acesso em: 5 jul. 2022.

KOUHI, M.; PRABHAKARAN, M. P.; RAMAKRISHNA, S. Edible polymers: an insight into its application in food, biomedicine and cosmetics. **Trends in Food Science & Technology**, Elsevier, v.103, p.248-263, Sept. 2020.

<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.025> Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224420304866> Acesso em: 7 abr. 2023.

KOWALCZYK, D.; BARANIAK, B. Effect of candelilla wax on functional properties of biopolymer emulsion films—a comparative study. **Food Hydrocolloids**, Elsevier, v.41, p.195-209, Dec. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.04.004> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X14001349> Acesso em:

6 jul. 2023.

KOWALCZYK, D.; BIENDL, M. Physicochemical and antioxidant properties of biopolymer/candelilla wax emulsion films containing hop extract—A comparative study. **Food hydrocolloids**, Elsevier, v.60, p.384-392, Oct. 2016.

<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.04.010> Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X16301461> Acesso em: 10 jul. 2023.

KUCIEL, S.; KUŹNIAR, P.; LIBER-KNEÉ, A. Polymer biocomposites with renewable sources. **Archives of Foundry Engineering**, Foundry Commission of the Polish Academy of Sciences, v.10, Special Issue, p.53-56, Mar. 2010. Disponível em: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.researchgate.net/profile/Stanislaw-Kuciel-](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.researchgate.net/profile/Stanislaw-Kuciel-2/publication/267963752_A_R_C_H_I_V_E_S_Polymer_biocomposites_with_renewable_sources/links/550a874c0cf20ed529e35f72/A-R-C-H-I-V-E-S-Polymer-biocompos)

2/publication/267963752_A_R_C_H_I_V_E_S_Polymer_biocomposites_with_renewable_sources/links/550a874c0cf20ed529e35f72/A-R-C-H-I-V-E-S-Polymer-biocompos

Acesso em: 12 abr. 2022.

LI, H.; LYV, Y.; ZHOU, S.; YU, S.; ZHOU, J. Microbial Cell Factories for the production of flavonoids-barriers and opportunities. **Bioresource Technology**, Elsevier, v.360, p.127538, Sept. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127538> Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852422008677> Acesso em: 22 ago. 2023

LIM, T. K. Pouteria caimito. In: LIM, T. K. Fruits. **Edible Medicinal and non-medicinal plants**, Springer, Dordrecht, v.6, p.129-132, 2012129-132, 2013.

https://doi.org/10.1007/978-94-007-5628-1_22 Disponível em:

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-5628-1_22 Acesso: 7 jun. 2022.

LIM, S.-H.; HUDSON, S. M. Review of chitosan and its derivatives as antimicrobial agents and their uses as textile chemicals. **Journal of Macromolecular Science, Part**

C, Polymer reviews, v.43, n.2, p.223-269, 2003. <https://doi.org/10.1081/MC-120020161>
Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1081/MC-120020161> Acesso em: 14 abr. 2023.

LIU, B.-Y.; XUE, C.-H.; AN, Q.-F.; JIA, S.-T.; XU, M.-M. Fabrication of superhydrophobic coatings with edible materials for super-repelling non-Newtonian liquid foods. **Chemical Engineering Journal**, Elsevier, v.371, p.833-841, Sept. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.03.222> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894719306965> Acesso em: 13 dez. 2022.

LI, X.; REN, Z.; WANG, R.; LIU, L.; ZHANG, J.; MA, F.; KHAN, Md. Z. H.; ZHAO, D.; LIU, X. Characterization and antibacterial activity of edible films based on carboxymethyl cellulose, Dioscorea opposita mucilage, glycerol and ZnO nanoparticles. **Food Chemistry**, Elsevier, v.349, p.129208, 1 July 2021a. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129208> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814621002120> Acesso em: 15 ago. 2022.

LI, Y.; LU, J.; TIAN, X.; XU, Z.; HUANG, L.; XIAO, H.; REN, X.; KONG, Q. Alginate with citrus pectin and pterostilbene as healthy food packaging with antioxidant property. **International Journal of Biological Macromolecules**, Elsevier, v.193, p.2093-2102, 15 Dec. 2021b. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.11.041>
Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813021024387>. Acesso em: 3 jun. 2022.

LÓPEZ, O. V.; LECOT, C. J.; ZARITZKY, N. E.; GARCÍA, M. A. Biodegradable packages development from starch based heat sealable films. **Journal of Food Engineering**, Elsevier, v.105, n.2, p.254-263, July 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.02.029> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877411000938> Acesso em: 11 nov. 2022.

LU, X.; CHEN, Z.; MA, Q.; MU, J.; LI, X.; LIU, H. Preparation and Characterization of Yellow Peach Peel/Sodium Alginate/Glycerol Antioxidant Film Applicable for Oil Package. **Polymers**, MDPI, Circular and Green Polymer Science, v.14, n.9, p.1693, 21 Apr. 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/9/1693> Acesso em: 15 mar. 2023.

LUCARINI, M.; DURAZZO, A.; KIEFER, J.; SANTINI, A.; LOMBARDI-BOCCIA, G.; SOUTO, E. B.; ROMANI, A.; LAMPE, A.; NICOLI, S. F.; GABRIELLI, P.; BEVILACQUA, N.; CAMPO, M.; MORASSUT, M.; CECCHINI, F. Grape seeds: chromatographic profile of fatty acids and phenolic compounds and qualitative analysis by FTIR-ATR spectroscopy. **Foods**, MDPI, Nutraceuticals in Human Health, v.9, n.1, p.10, 21 Dec. 2019. <https://doi.org/10.3390/foods9010010> Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/1/10> Acesso em: 6 maio 2022.

LUNA, F. M. S. Ethnobotany of the communities of the upper Rio Nangaritza. **Lyonia**, Journal of Ecology and Application, v., n.2, p.105-122, June 28, 2004 Disponível em: https://www.lyonia.org/articles/rbusmann/article_316/pdf/article.pdf Acesso em: 9 dez. 2022.

MANRIQUE, G. D.; LAJOLO, F. M. FT-IR spectroscopy as a tool for measuring degree of methyl esterification in pectins isolated from ripening papaya fruit **Postharvest Biology and Technology**, Elsevier, v.25, n.1, p.99-107, May 2002.
[https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(01\)00160-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00160-0) Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521401001600> Acesso em: 25 abr. 2023.

MA, Q.; WANG, L. Preparation of a visual pH-sensing film based on tara gum incorporating cellulose and extracts from grape skins. **Sensors and Actuators B: Chemical**, Elsevier, v.235, p.401-407, 1 Nov. 2016.
<https://doi.org/10.1016/j.snb.2016.05.107> Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925400516307924> Acesso em: 5 abr. 2022.

MARIN, N. G. **Potencialidades bioeconômicas de espécies frutíferas do município de Tabatinga, Tríplice Fronteira-Amazonas**. 2023. 87p. Monografia (Licenciatura em Ciências, Biologia e Química) – Universidade Federal do Amazonas (UF AM), Benjamin Constant, Amazonas, 2023. Disponível em:
https://www.riu.ufam.edu.br/bitstream/prefix/6821/5/TCC_NatanielGomesMarin.pdf
Acesso em: 27 jun. 2023.

MARTELLI, M. R.; BARROS, T. T.; MOURA, M. R. de; MATTOSO, L. H. C.; ASSIS, O. B. G. Effect of chitosan nanoparticles and pectin content on mechanical properties and water vapor permeability of banana puree films. **Journal of food science**, Institute of Food Technologists, v.78, n.1, p.N98-N104, Jan. 2013.
<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.03006.x> Disponível em:
<https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1750-3841.2012.03006.x> Acesso: 9 abr. 2023.

MASSING, L. T. **Características físico-químicas da polpa do fruto de Couepia bracteosa Benth (Chrysobalanaceae), uma espécie subutilizada da Amazônia**. 2016. 89p. Dissertação (Mestrado em Biociências) - Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, 16 dez. 2016. Disponível em:
https://repositorio.ufopa.edu.br/jspui/bitstream/123456789/485/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o_Caracter%c3%adsticasF%c3%adsico-qu%c3%admicasdaPolpa.pdf Acesso em: 16 jun. 2022

MAYACHIEW, P.; DEVAHASTIN, S. Effects of drying methods and conditions on release characteristics of edible chitosan films enriched with Indian gooseberry extract. **Food Chemistry**, Elsevier, v.118, n.3, p.594-601, 1 Feb. 2010.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.027> Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814609006827> Acesso em: 20 dez. 2022.

MIRANDA, P. H. S.; SANTOS, A. C. dos; FREITAS, B. C. B. de; MARTINS, G. A. de S.; VILAS BOAS, E. V. de B.; DAMIANI, C. A scientific approach to extraction methods and stability of pigments from Amazonian fruits. **Trends in Food Science & Technology**, Elsevier, v.113, p.335-345, July 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.047> Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224421003071> Acesso em: 5 mar. 2023.

MUNHOZ, C. L.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; SOARES-JÚNIOR, M. S. Extração de pectina de goiaba desidratada. **Food Sci. Technol.**, Scielo Brazil, v.30, n.1, p.119-125, Mar. 2010. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010005000013> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/FdFYT9tJkhB7KKz5RK5KVwb/> Acesso em: 2 set. 2022.

NASCIMENTO, W. M. O. do; MÜLLER, C. H.; ARAÚJO, C. dos S.; FLORES, B. C. Ensacamento de frutos de abiu visando à proteção contra o ataque da mosca-das-frutas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Scielo Brazil, v.33, n.1, p.48-52, mar. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000100007> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/jMjKPTc4ZyZGVZcWqKcn6Zf/#> Acesso em: 10 jun. 2022.

NEVES, L. C.; TOSIN, J. M.; BENEDETTE, R. M.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Post-harvest nutraceutical behaviour during ripening and senescence of 8 highly perishable fruit species from the Northern Brazilian Amazon region. **Food Chemistry**, Elsevier, v.174, p.188-196, 1 May 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.111> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814614016756> Acesso em: 2 fev. 2023.

NISAR, T.; WANG, Z.-C.; YANG, X.; TIAN, Y.; IQBAL, M.; GUO, Y. Characterization of citrus pectin films integrated with clove bud essential oil: Physical, thermal, barrier, antioxidant and antibacterial properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, Elsevier, v.106, p.670-680, Jan. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.08.068> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813017322171> Acesso em: 2 nov. 2022.

NOSHIRVANI, N.; GHANBARZADEH, B.; MOKARRAM, R. R.; HASHEMI, M. Novel active packaging based on carboxymethyl cellulose-chitosan-ZnO NPs nanocomposite for increasing the shelf life of bread. **Food Packaging and Shelf Life**, Elsevier, v.11, p.106-114, Mar. 2017a. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.01.010> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221428941630120X> Acesso em: 10 fev. 2023.

NOSHIRVANI, N.; GHANBARZADEH, B.; MOKARRAM, R. R.; HASHEMI, M.; COMA, V. Preparation and characterization of active emulsified films based on chitosan-carboxymethyl cellulose containing zinc oxide nano particles. **International Journal of Biological Macromolecules**, Elsevier, v.99, p.530-538, June 2017b. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.03.007> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014181301632414X> Acesso em: 1 dez. 2022.

OLIVEIRA FILHO, J. G. de; BEZERRA, C. C. de O. N.; ALBIERO, B. R.; OLDONI, F. C. A.; MIRANDA, M.; EGEEA, M. B.; AZEREDO, H. M. C. de; FERREIRA, M. D.

New approach in the development of edible films: The use of carnauba wax micro-or nanoemulsions in arrowroot starch-based films. **Food Packaging and Shelf Life**, Elsevier, v.26, p.100589, Dec. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.100589> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214289420306074> Acesso em: 2 maio 2023.

OLIVEIRA, V. B.; YAMADA, L. T.; FAGG, C. W.; BRANDÃO, M. G. L. Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds. **Food Research International**, Elsevier, v.48, n.1, p.170-179, Aug. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.03.011> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996912001123> Acesso em: 18 dez. 2022.

PALLET, D. Perspectives de valorisation des fruits amazoniens issus de l'extractivisme. *In: Les systèmes agroalimentaires localisés: produits, entreprises et dynamiques locales*, Montpellier, France, 16-18 octobre 2002, **CIRAD-TERA - Agritop**, Opens Repository of CIRAD publications, 2003. Disponível em: <https://agritrop.cirad.fr/514186/> Acesso: 21 jun. 2022.

PANDOLSOOK, S.; KUPONGSAK, S. Influence of bleached rice bran wax on the physicochemical properties of organogels and water-in-oil emulsions. **Journal of Food Engineering**, Elsevier, v.214, p.182-192, Dec. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.06.030> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877417302765> Acesso em: 13 mar. 2023.

PASHOVA, S. Application of plant waxes in edible coatings. **Coatings**, MDPI, v.13, n.5, p.911, 12 May 2023. <https://doi.org/10.3390/coatings13050911> Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6412/13/5/911> Acesso em: 7 fev. 2023.

PINHEIRO, N. A. P.; ALVES, A. M. B.; CAMPOS, A. E. Q. R.; ALMEIDA, R. R. de; ABREU, F. O. M. da S.; RICARDO, N. M. P. S.; VIEIRA, I. C. P.; SIQUEIRA, S. M. C. Citrus Fruit pectins: isolation, amidation, characterization and adsorbing capacity of lead ions. **Research, Society and Development**, (S.l.), v.11, n.4, p.e50111427455-e50111427455, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27455> Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/27455> Acesso em: 12 fev. 2023.

PIROUZIFARD, M.; YORGHANLU, R. A.; PIRSA, S. Production of active film based on potato starch containing Zedo gum and essential oil of *Salvia officinalis* and study of physical, mechanical, and antioxidant properties. **Journal of Thermoplastic Composite Materials**, v.33, n.7, p.915-937, Jan. 20, 2020. <https://doi.org/10.1177/0892705718815541> Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0892705718815541> Acesso em: 8 jan. 2023.

POLMANN, G.; BADIA, V.; DANIELSKI, R.; FERREIRA, S. R. S.; BLOCK, J. M. Non-conventional nuts: An overview of reported composition and bioactivity and new approaches for its consumption and valorization of co-products. **Future Foods**, Elsevier, v.4, p.100099, Dec. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100099>

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666833521000897>
Acesso em: 11 nov. 2022.

PRIYADARSHI, R.; KIM, S.-M.; RHIM, J.-W. Pectin/pullulan blend films for food packaging: Effect of blending ratio. **Food Chemistry**, Elsevier, v.347, p.129022, 15 June 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129022>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814621000236> Acesso em: 10 nov. 2022.

RABELO, A. Frutos nativos da Amazônia: comercializados nas feiras de Manaus-AM. INPA, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Editora INPA, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Governo Federal Brasil, 2012. 388p. <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/4706> Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/4706> Acesso: 21 mar. 2023.

RAMOS, A. C. dos S. **Elaboração de biofilmes a partir da pectina extraída do mesocarpo da laranja pera**. 2021. 44p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2021. <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/28806> Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/28806> Acesso em: 2 jun. 2022.

RHIM, J.-W.; SHELLHAMMER, T. H. 21-Lipid-based edible films and coatings. **Innovations in food packaging**, Academic Press, Elsevier, p.362-383, Jan. 2005. <https://doi.org/10.1016/B978-012311632-1/50053-X> Disponível em: <https://khu.elsevierpure.com/en/publications/lipid-based-edible-films-and-coatings> Acesso em: 13 jul. 2022.

RODRIGUES, D. C.; CACERES, C. A.; RIBEIRO, H. L.; ABREU, R. F. A. de; CUNHA, A. P.; AZEREDO, H. M. C. de. Influence of cassava starch and carnauba wax on physical properties of cashew tree gum-based films. **Food hydrocolloids**, Elsevier, v.38, p.147-151, July 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.12.010> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X13003949> Acesso em: 18 ago. 2023.

RODRIGUES, L. A. Contribuição ao estudo bioquímico de frutas tropicais e exóticas produzidas no Brasil: pectina, açúcar e proteína. 2009. 110f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), set. 2009. <http://hdl.handle.net/11449/88015> Disponível em: <http://acervodigital.unesp.br/handle/11449/88015> Acesso em: 14 out. 2022.

RODSAMRAN, P.; SOTHORNVIT, R. Lime peel pectin integrated with coconut water and lime peel extract as a new bioactive film sachet to retard soybean oil oxidation. **Food Hydrocolloids**, ResearchGate, v.97, n.4, p.105173, June 2019. <https://doi.org.10.1016/j.foodhyd.2019.105173> Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/333875114_Lime_peel_pectin_integrated_with_coconut_water_and_lime_peel_extract_as_a_new_bioactive_film_sachet_to_retard_soybean_oil_oxidation Acesso em: 12 set. 2023.

ROGOVINA, S. Z.; GRACHEV, A. V.; ALEKSANYAN, K. V.; PRUT, E. V. Study of the thermal stability of blends based on synthetic polymers and natural polysaccharides. **Russian Journal of Bioorganic Chemistry**, Springer Link, n.37, p.791-795, 20 Nov.

2011 <https://doi.org/10.1134/S1068162011070211> Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1134/S1068162011070211#citeas> Acesso em: 2 jan. 2023.

ROMERO, J.; CRUZ, R. M. S.; DÍEZ-MÉNDEZ, A.; ALBERTOS, I. Valorization of berries' agro-industrial waste in the development of biodegradable pectin-based films for fresh salmon (*Salmo salar*) shelf-life monitoring. **International Journal of Molecular Sciences**, MDPI, v.23, n.16, p.8970, 11 Aug. 2022. <https://doi.org/10.3390/ijms23168970> Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/16/8970> Acesso em: 5 mar 2023.

ROSAS-BURGOS, E. C.; BURGOS-HERNÁNDEZ, A.; NOGUERA-ARTIAGA, L.; KAČÁNIOVÁ, M.; HERNÁNDEZ-GARCÍA, F.; CÁRDENAS-LÓPEZ, J. L.; CARBONELL-BARRACHINA, Á. A. Antimicrobial activity of pomegranate peel extracts as affected by cultivar. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Wiley Online Library, v.97, n.3, p.802-810, Feb. 2017 <https://doi.org/10.1002/jsfa.7799> Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.7799> Acesso em: 19 nov. 2022.

ROY, S.; RHIM, J.-W. Carrageenan-based antimicrobial bionanocomposite films incorporated with ZnO nanoparticles stabilized by melanin. **Food Hydrocolloids**, Elsevier, v.90, p.500-507, May 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.056> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X18323051> Acesso em: 25 mar. 2023.

ROY, S.; KIM, H.-J.; RHIM, J.-W. Effect of blended colorants of anthocyanin and shikonin on carboxymethyl cellulose/agar-based smart packaging film. **International Journal of Biological Macromolecules**, Elsevier, v.183, p.305-315, 31 Jul 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.04.162> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813021009351?via%3Dihub> Acesso em: 17 jun.2022.

RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. de; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, Elsevier, v.121, n.4, p.996-1002, 15 Aug. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814610001172> Acesso em: 24 jul. 2023.

SÁEZ-ORVIZ, S.; MARCET, I.; RENDUELES, M.; DÍAZ, M. Bioactive packaging based on delipidated egg yolk protein edible films with lactobionic acid and *Lactobacillus plantarum* CECT 9567: Characterization and use as coating in a food model. **Food Hydrocolloids**, Elsevier, v.119, p.106849, Oct. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106849> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X21002654> Acesso em: 8 maio 2022.

SATHIYA, S. M.; OKRAM, G. S.; DHIVYA, S. M.; MUGESH, S.; MURUGAN, M.; RAJAN, M. A. J. Synergistic bactericidal effect of chitosan/zinc oxide based on

nanocomposites against *Staphylococcus aureus*. **Advan. Sci. Lett.**, Ingenta, v.24, n.8, p.5537-5542, Aug. 2018. <https://doi.org/10.1166/asl.2018.12144>. Disponível em: <https://www.ingentaconnect.com/content/asp/asl/2018/00000024/00000008/art00012;jsessionid=1k0uul6im697o.x-ic-live-03> Acesso em: 23 ago. 2023.

ŠEŠLIJA, S.; NEŠIĆ, A.; ŠKORIĆ, M. L.; KRUŠIĆ, M. K.; SANTAGATA, G.; MALINCONICO, M. Pectin/carboxymethylcellulose films as a potential food packaging material. **Macromolecular Symposia**, Wiley, Online Library, v.378, n.1, p.1600163, 20 Apr. 2018. <https://doi.org/10.1002/masy.201600163> Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/masy.201600163> Acesso em: 16 abr. 2023.

SHAFIE, M. H.; YUSOF, R.; SAMSUDIN, D.; GAN, C.-Y. A verrhoa bilimbi pectin-based edible films: Effects of the linearity and branching of the pectin on the physicochemical, mechanical, and barrier properties of the films. **International Journal of Biological Macromolecules**, Elsevier, v.163, p.1276-1282, 15 Nov. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.109> Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813020338630?casa_token=EHrAd48CMKYAAAAA:XiUoXQfUElggIOHdEXDoS3x1YlivgtgnAqNazdpwBfcVviv231LF0PfKgiH_Nup3AwAzvLtUAQ Acesso em: 11 jul. 2022.

SHARIFI, K. A.; PIRSA, S. Biodegradable film of black mulberry pulp pectin/chlorophyll of black mulberry leaf encapsulated with carboxymethylcellulose/silica nanoparticles: Investigation of physicochemical and antimicrobial properties. **Materials Chemistry and Physics**, Elsevier, v.267, p.124580, 15 July 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matchemphys.2021.124580> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0254058421003631?via%3Dihub> Acesso em: 1 jul. 2023.

SHIVANGI, S.; DORAIRAJ, D.; NEGI, P. S.; SHETTY, N. P. Development and characterisation of a pectin-based edible film that contains mulberry leaf extract and its bio-active components. **Food Hydrocolloids**, Elsevier, n.121, p.107046, 1 Dec. 2021. Disponível em: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=o9UPIgoAAAJ&citation_for_view=o9UPIgoAAAAJ:qjMakFHDy7sC Acesso em: 28 dez. 2022.

SILVA, C. A. M.; SIMEONI, L. A.; SILVEIRA, D. Gênero *Pouteria*: química e atividade biológica. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.19, n.2a, p.501-509, jun.2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2009000300025> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfar/a/84MmCrvMdPfn7zYvp5DtHvS/abstract/?lang=pt> Acesso em: 16 jun. 2023.

SILVA, F. C. O.; FERREIRA, M. K. A.; SILVA, A. W. da; MATOS, M. G. C.; MAGALHÃES, F. E. A.; SILVA, P. T. da; BANDEIRA, P. N.; MENEZES, J. E. S. A. de; SANTOS, H. S. Bioatividades de triterpenos isolados de plantas: uma breve revisão. **Rev. Virtual Quim.**, [S.l.],v.12, n.1, p.234-247, 27 fev. 2020 <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20200018> Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://s3.sa-east-1.amazonaws.com/static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v12n1a18.pdf> Acesso em 30 out. 2023.

SILVA, H. A. da; CUNHA, T. A. da; PASSOS, V. T. da R. Survival and natural regeneration of forest essences cultivated in altered areas thirty-five years after planting. **Revista Floresta**, Biblioteca Digital de Periódicos, UFPR, Curitiba, PR, v.52, n.1, p.168-178, jan./mar. 2022. ISSN eletrônico 1982-4688. [10.5380/rf.v52.i1.79210](https://doi.org/10.5380/rf.v52.i1.79210) Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/79210/45624> Acesso em: 1 set. 2022.

SILVA, K. S.; FONSECA, T. M. R.; AMADO, L. R.; MAURO, M. A. Physicochemical and microstructural properties of whey protein isolate-based films with addition of pectin. **Food packaging and shelf life**, Elsevier, v.16, p.122-128, June 2018. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.03.005> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214289417301850> Acesso em: 31 jan. 2023

SILVA, M. A. da; BIERHALZ, A. C. K.; KIECKBUSCH, T. G. Alginate and pectin composite films crosslinked with Ca²⁺ ions: Effect of the plasticizer concentration. **Carbohydrate Polymers**, Elsevier, v.77, n.4, p.736-742, 19 July 2009. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.02.014> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861709001040> Acesso em: 22 jun. 2022.

SILVA, S. D.; FELICIANO, R. P.; BOAS, L. V.; BRONZE, M. R. Application of FTIR-ATR to Moscatel dessert wines for prediction of total phenolic and flavonoid contents and antioxidant capacity. **Food chemistry**, PubMed, n.150, p.489-493, May 2014. [10.1016/j.foodchem.2013.11.028](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.028) Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259447343_Application_of_FTIR-ATR_to_Moscatel_dessert_wines_for_prediction_of_total_phenolic_and_flavonoid_contents_and_antioxidant_capacity Acesso em: 9 mar. 2023.

SOTHERS, C.; PRANCE, G.; BUERKI, S.; DE KOK, R.; CHASE, M. Taxonomic novelties in Neotropical Chrysobalanaceae: towards a monophyletic Couepia. **Phytotaxa**, Open Journal Systems, v.172, n.3, p.176-200, 18 June 2014. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.172.3.2> Disponível em: <https://www.biotaxa.org/Phytotaxa/article/view/phytotaxa.172.3.2> Acesso em: 5 mar. 2022.

SOUGANDHI, P. R.; JENA, S. K.; BRAHMANAND, P. S.; TEJ, M. B.; KADIYALA, N. K.; RANI, T. S.; RAO, M. V. B. Multifunctional bio-nanocomposite films of carboxymethyl cellulose and pectin with incorporated zinc oxide nanoparticles. **Letters in Applied NanoBioScience**, v.12, n.3, 22 May 2022. <https://doi.org/10.33263/LIANBS123.085> Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://nanobioletters.com/wp-content/uploads/2022/05/LIANBS123.085.pdf> Acesso em: 11 jul. 2023.

SOUSA, L. C. R. de; CARVALHO JUNIOR, A. R. de; CARVALHO, M. G. de; SILVA, T. M. S. da; ERREIRA, R. O. UPLC-QTOF-MS analysis of extracts from the leaves of Pouteria caimito (Sapotaceae) and their antioxidant activity. **Journal of Biosciences and Medicines**, Academic Publisher, Scientific Research, v.7, n.3, p.92-101, Mar. 2019. [10.4236/jbm.2019.73009](https://doi.org/10.4236/jbm.2019.73009) Disponível em:

<https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=91379> Acesso em: 20 out. 2022.

SOUZA, A. das G. C. de; LIMA, R. M. B. de; SILVA, E. B. da; SOUZA, M. G. de. Couepia bracteosa: pajurá. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; VIEIRA, I. C. G. (ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro**: Região Norte. Brasília, DF: MMA, 2022. (Série Biodiversidade; n. 53). 1452p.:il.; color. Cap. 5, Alimentícias, p.243-247. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade/manejo-euso-sustentavel/flora> Acesso em: 6 ago.2022.

SRIAMORNSAK, P. Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: a review. **Silpakorn University International Journal**, ResearchGate, v.3, n.1-2, p.206-228, Jan. 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/215872059_Chemistry_of_pectin_and_its_pharmaceutical_uses_A_review Acesso em: 29 maio 2023.

STHEL, M. S.; MUNIZ, E. P.; PROVETI, J. R. C.; PORTO, P. S. S. Secagem e extração de pectina do albedo da casca de laranja. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 10., **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, Blucher Proceedings, v.1, n.1, p.445-449, dez. 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/chemeng-cobec-ic-02-ft-026> Disponível em: www.proceedings.blucher.com.br/article-details/secagem-e-extrao-de-pectina-do-albedo-da-casca-de-laranja-11108 Acesso em: 31 ago. 2022.

SUDERMAN, N.; ISA, M. I. N.; SARBON, N. M. Efeito da temperatura de secagem nas propriedades funcionais de filmes biodegradáveis à base de CMC para potenciais embalagens de alimentos. **International Food Research Journal**, USIM Research Repository, University Putra Malaysia, v.23, n.3, p.1075-1084, 2016. <https://oarep.usim.edu.my/jspui/handle/123456789/12407> Disponível em: [http://ifrj.upm.edu.my/23\(03\)2016/\(24\).pdf](http://ifrj.upm.edu.my/23(03)2016/(24).pdf) Acesso em: 27 set. 2022.

SUN, Q.; LI, J.; LE, T. Zinc oxide nanoparticle as a novel class of antifungal agents: current advances and future perspectives. **Journal of agricultural and food chemistry**, ACS Publications, v.66, n.43, p.11209-11220, 9 Oct. 2018. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b03210> Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.8b03210> Acesso em: 4 mar. 2023.

THIVYA, P.; BHOSALE, Y. K.; ANANDAKUMAR, S.; HEMA, V.; SINIJA, V. R. Study on the characteristics of gluten/alginate-cellulose/onion waste extracts composite film and its food packaging application. **Food Chemistry**, Elsevier, v.390, p.133221, 1 Oct. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133221> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643820309944> Acesso em: 17 jan. 2023.

THUMMAJITSAKUL, S.; SAMAIKAM, S.; TACHA, S.; SILPRASIT, K. Estudo da espectroscopia FTIR, teor de fenólicos totais, atividade antioxidante e anti-amilase de extratos e diferentes formas de chá das folhas de *Garcinia schomburgkiana*. **LWT**, Elsevier, v.134, n.1, p.110005, Dec 2020. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110005> Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643820309944> Acesso em: 31 mar. 2023.

TULER, A. C.; PEIXOTO, A. L.; SILVA, N. C. B. da. Plantas alimentícias não convencionais (PANC) na comunidade rural de São José da Figueira, Durandé, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, Scielo Brazil, n.70, 2019. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201970077>

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rod/a/t6QpNtZ8dcwsLzZsSPCXhSg/abstract/?lang=pt#> Acesso em: 12 nov. 2022.

TURBIANI, F. R. B.; KIECKBUSCH, T. G. Propriedades mecânicas e de barreira de filmes de alginato de sódio reticulados com benzoato de cálcio e/ou cloreto de cálcio. **Brazilian Journal of Food Technology**, Semantic Scholar, v.14, n.2, p.82-90, 10 May 2011. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Propriedades-mec%C3%A2nicas-e-de-barreira-de-filmes-de-e-Turbiani-Kieckbusch/24f2a31c25d13f84a68f7cbb21db6d6833c0f587?p2df> Acesso em: 2 set. 2022.

VALI, S. R.; JU, Y.-H.; KAIMAL, T. N. B.; CHERN, Y. T. A process for the preparation of food-grade rice bran wax and the determination of its composition. **JAOCs - Journal of the American Oil Chemists' Society**, AOCS, v.82, n.1, p.57-64, 1 Jan. 2005. <https://doi.org/10.1007/s11746-005-1043-z> Disponível em: <https://aocs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1007/s11746-005-1043-z> Acesso em: 10 fev. 2023.

VEERAMANI, C.; EL NEWEHY, A. S.; ALSAIF, M. A.; AL-NUMAIR, K. S. Pouteria Caimito nutritional fruit derived silver nanoparticles and core-shell nanospheres synthesis, characterization, and their oral cancer preventive efficiency. **Journal of Molecular Structure**, Elsevier, v.1245, n.131227, Dec. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2021.131227> Disponível em: <https://ksascholar.dri.sa/en/publications/pouteria-caimito-nutritional-fruit-derived-silver-nanoparticles-a> Acesso em: 31 mar. 2023.

VENKATESH, A.; SUTARIYA, H. Studies on formulation and properties of fruit peel waste incorporated edible film and its effect on quality of bread. **Journal of Packaging Technology and Research**, Semantic Scholar, n.3, p.99-108, 1 July 2019. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:199080403> Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Studies-on-Formulation-and-Properties-of-Fruit-Peel-Venkatesh-Sutariya/b9260c0081c629301ad8312af2a90136aa2a167a> Acesso em: 13 nov. 2022.

VIANA, R. M.; SÁ, N. M. S. M.; BARROS, M. O.; BORGES, M. de F.; AZEREDO, H. M. C. Nanofibrillated bacterial cellulose and pectin edible films added with fruit purees. **Carbohydrate polymers**, Elsevier, n.196, p.27-32, 7 May 2018. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.05.017> Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1091908/1/ART18016.pdf> Acesso em: 15 out. 2022.

VIEIRA, P. R.; OLIVEIRA, L. C. de; FERREIRA, M. do. S. Fitossociologia e potencial de uso, por pequenos agricultores, de duas florestas secundárias no nordeste paraense, Brasil. SIMPÓSIO INTERNACIONAL DA IUFRO. **Manejo Integrado de Florestas Úmidas Neotrópicas por Indústrias e Comunidades**. 2002. 8p. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/173115/1/Fitossociologia-e-potencial.pdf> Acesso em: 17 jul. 2022.

YU, W.-X.; WANG, Z.-W.; HU, C.-Y.; WANG, L. Properties of low methoxyl pectin-carboxymethyl cellulose based on montmorillonite nanocomposite films. **International Journal of Food Science & Technology**, IFST, Wiley, Online Library, v.49, n.12, p.2592-2601, Dec. 2014. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12590> Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ijfs.12590> Acesso em: 24 abr. 2022.

ZAMBRANO, J.; GARCÍA-ENCINA, P. A.; JIMÉNEZ, J. J.; LÓPEZ-SERNA, R.; IRUSTA-MATA, R. Photolytic and photocatalytic removal of a mixture of four veterinary antibiotics. **Journal of Water Process Engineering**, Elsevier, v.48, p.102841, Aug. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102841> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714422002859?via%3Dihub> Acesso em: 8 jan. 2023.

ZHANG, L.; YE, X.; DING, T.; SUN, X.; XU, Y.; LIU, D. Efeitos do ultrassom na cinética de degradação, estrutura e propriedades reológicas da pectina de maçã. **Ultrasonics Sonochemistry**, Elsevier, v.20, n.1, p.222-231, Jan. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2012.07.021> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350417712001605> Acesso em: 9 jul. 2023.

ANEXO – Bibliografia Complementar Consultada

AHMAD, A. A.; SARBON, N. M. A comparative study: Physical, mechanical and antibacterial properties of bio-composite gelatin films as influenced by chitosan and zinc oxide nanoparticles incorporation. **Food Bioscience**, v.43, p.101250, Oct. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101250> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429221003758> Acesso em: 11 abr. 2023.

ALOTAIBI, S.; TAHERGORABI, R. Development of a sweet potato starch-based coating and its effect on quality attributes of shrimp during refrigerated storage. **LWT**, Elsevier, n.88, p.203-209, Feb. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.022> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643817307600> Acesso em: 19 set. 2023.

AMERICAN Society for Testing and Materials. ASTM E96/E96M-10 - Standard test methods for water vapor transmission of. Significance and Use. Last updated: Feb 20, 2013. Disponível em: https://www.astm.org/e0096_e0096m-10.html Acesso em: 5 jul. 2023.

AMERICAN Society for Testing and Materials. ASTM D882-18 - **Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic**. Significance and Use. Last updated: Aug 15, 2018. Disponível em: <https://www.astm.org/d0882-18.html> Acesso em: 10 jun. 2023.

CARDOSO, D.; SÄRKINEN, T.; ALEXANDER, S.; AMORIM, A. M.; BITTRICH, V.; CELIS, M.; DALY, D. C.; FIASCHI, P.; FUNK, V. A.; GIACOMIN, L. L.; GOLDENBERG, R.; HEIDEN, G.; IGANCI, J.; KELLOFF, C. L.; KNAPP, S.; LIMA, H. C. de; MACHADO, A. F. P.; SANTOS, R. M. dos; MELLO-SILVA, R.; MICHELANGELI, F. A.; MITCHELL, J.; MOONLIGHT, P.; MORAES, P. L. R. de; MORI, S. A.; NUNES, T. S.; PENNINGTON, T. D.; PIRANI, J. R.; ; PRANCE, H. T.; QUEIROZ, L. P. de; RAPINI, A.; RIINA, R.; RINCON, C. A. V.; ROQUE, N.; SHIMIZU, G.; SOBRAL, M.; STEHMANN, J. R.; STEVENS, W. D.; TAYLOR, C. M.; TROVÓ, M.; VAN DEN BERG, C.; VAN DER WERFF, H.; VIANA, P. L.; ZARTMAN, C. E.; FORZZA, R. C. Amazon plant diversity revealed by a taxonomically verified species list. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, PNAS, Biological Sciences, v.114, n.40, p.10695-10700, Sept. 18, 2017. <https://doi.org/10.1073/pnas.1706756114> Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1706756114> Acesso em: 21 set. 2022.

CARDOSO, W. S.; DE, F.; PINHEIRO, A.; PATELLI, T.; PEREZ, R.; RAMOS, A. M. Determinação da concentração de sulfito para a manutenção da qualidade da cor em

maçã desidratada. **Revista Analytica**, ResearchGate, n.29, p.66-72, 24 June 2007. 73p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/332607494> Acesso em: 17 fev. 2022.

CONSTANTINO, A. B. T.; GARCIA-ROJAS, E. E. Microencapsulation of betanin by complex coacervation of carboxymethylcellulose and amaranth protein isolate for application in edible gelatin films. **Food Hydrocolloids**, Elsevier, n.133, p.107956, Dec. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107956> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X22004763> Acesso em: 30 mar. 2023.

DASSANAYAKE, L. S. K.; KODALI, D. R.; UENO, S.; SATO, K. Physical properties of rice bran wax in bulk and organogels. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, AOCS Press, v.86, n.12, p.1163-1173, Dec. 2009. <https://doi.org/10.1007/s11746-009-1464-6> Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11746-009-1464-6#citeas> Acesso em: 13 abr. 2023.

DU, W. X.; OLSEN, C. W.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; FRIEDMAN, M.; MCHUGH, T. H. Physical and antibacterial properties of edible films formulated with apple skin polyphenols. **Journal of Food Science**, IFT, v.76, n.2, p.M149-M155, 3 Feb. 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.02012.x> Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1750-3841.2010.02012.x> Acesso em: 8 set. 2022.

EBRAHIMZADEH, S.; BISWAS, D.; ROY, S.; McCLEMENTS, D. J. Incorporation of essential oils in edible seaweed-based films: a comprehensive review. **Trends in Food Science & Technology**, Elsevier, v.135, p.43-56, May 2023. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.03.015> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224423000912> Acesso em: 5 dez. 2022.

EN 13432 Embalagem - Requisitos para embalagem recuperável através de compostagem e plano de teste de Biodegradação e critérios de avaliação para aceitação final de embalagem. Testes de Embalagem. EUROLAB, Laboratory Services. Disponível em: <https://www.laboratuar.com/pt/testler/ambalaj-testleri/en-13432-ambalaj-kompostlama-ve-biyolojik-bozunma-yoluyla-geri-kazanilabilir-ambalaj-gereksinimleri-ambalajin-nihai-kabulu-icin-test-plani-ve-degerlendirme-kriterleri/> Acesso em: 1 set. 2023.

ESPITIA, P. J. P.; SOARES, N. de F. F.; COIMBRA, J. S. dos R.; ANDRADE, N. J. de; CRUZ, R. S.; MEDEIROS, E. A. A. Zinc oxide nanoparticles: synthesis, antimicrobial activity and food packaging applications. **Food and Bioprocess Technology**, Springer Link, n.5, p.1447-1464, 22 Feb. 2012. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0797-6> Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-012-0797-6> Acesso em: 10 jun. 2023.

EZATI, P.; KHAN, A.; PRIYADARSHI, R.; BHATTACHARYA, T.; TAMMINA, S. K.; RHIM, J.-W. Biopolymer-based UV protection functional films for food packaging. **Food Hydrocolloids**, Elsevier, v.142, p.108771, Sept. 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108771> Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X2300317X> Acesso em: 25 set. 2023

FAO. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Moving forward on food loss and waste reduction. **The state of food and agriculture**, 2019. Disponível em: <https://reliefweb.int/report/world/state-food-and-agriculture-2019-moving-forward-food-loss-and-waste-reduction> Acesso em: 10 set. 2022.

GAN, L.; JIANG, G.; YANG, Y.; ZHENG, B.; ZHANG, S.; LI, X.; TIAN, Y.; PENG, B. Development and characterization of levan/pullulan/chitosan edible films enriched with ϵ -polylysine for active food packaging. **Food Chemistry**, Elsevier, v.388, p.132989, 15 Sept. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132989> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814622009517>. Acesso em: 5 jan. 2023.

GRAS Notice Inventori. GRAS Notification of a Pectin Esterase from a Genetically Modified *Aspergillus oryzae*. Regulate Product(s), Food & Beverage, 26 Sept. 2018. <https://www.fda.gov/food/generally-recognized-safe-gras/gras-notice-inventory> Acesso em: 12 jul. 2022.

HU, W.; ZOU, Z.; LI, H.; ZHANG, Z.; YU, J.; TANG, Q. Fabrication of highly transparent and multifunctional polyvinyl alcohol/starch based nanocomposite films using zinc oxide nanoparticles as compatibilizers. **International Journal of Biological Macromolecules**, Elsevier, v.204, p.284-292, 15 Apr. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.02.020> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813022002562> Acesso em: 27 jun. 2022.

MD Divisão de exportação de ideias. **Usos e aplicação cera de farelo de arroz, de octacosanol a fitosterol**. Disponível em: <http://www.mdidea.com/products/proper/proper059.html> Acesso em: nov. 2008.

NEVES, L. C.; CAMPOS, A. J. de; BENEDETTE, R. M.; TOSIN, J. M.; CHAGAS, E. A. Characterization of the antioxidant capacity of natives fruits from the Brazilian amazon region. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Scielo Brazil, v.34, n.4, p.1165-1173, Dec. 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000400025> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/zJG559jcXJKgmg9RRvXvQkv/?lang=en> Acesso em: 8 out. 2022.

TAPIA-BLÁCIDO, D.; MAURI, A. N.; MENEGALLI, F. C.; SOBRAL, P. J. A.; AÑON, M. C. Contribution of the starch, protein, and lipid fractions to the physical, thermal, and structural properties of amaranth (*Amaranthus caudatus*) flour films. **Journal of Food Science**, v.72, n.5, p.E293-E300, June/July 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00359.x> Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1750-3841.2007.00359.x> Acesso em: 20 fev. 2023.

