



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

**CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MANGAS  
PELO USO DE REVESTIMENTOS À BASE DE  
PECTINA E CARBOXIMETILCELULOSE  
ASSOCIADOS A CERAS VEGETAIS**

Autor: Adriana Sousa e Silva Carvalho  
Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Geovana Rocha Plácido  
Coorientador: Prof. Dr. Leandro Pereira Cappato

RIO VERDE (GO)  
Abril – 2023



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

**CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MANGAS  
PELO USO DE REVESTIMENTOS À BASE DE  
PECTINA E CARBOXIMETILCELULOSE  
ASSOCIADOS A CERAS VEGETAIS**

Mestranda: Adriana Sousa e Silva Carvalho  
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Geovana Rocha Plácido  
Coorientador: Prof. Dr. Leandro Pereira Cappato

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, no 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)  
Abril – 2023

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

S331c      Sousa e Silva Carvalho , Adriana  
             CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MANGAS PELO USO DE  
             REVESTIMENTOS À BASE DE PECTINA E  
             CARBOXIMETILCELULOSE ASSOCIADOS A CERAS VEGETAIS /  
             Adriana Sousa e Silva Carvalho ; orientadora Geovana  
             Rocha Plácido; co-orientador Leandro Pereira  
             Cappato. -- Rio Verde, 2023.  
             68 p.

             Dissertação (Mestrado em Mestrado em Tecnologia de  
             Alimentos) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio  
             Verde, 2023.

             1. Alimentos. 2. Biodegradável. 3. Embalagens. 4.  
             Preservação. 5. Solução Filmogênica. I. Rocha Plácido,  
             Geovana, orient. II. Pereira Cappato, Leandro, co-  
             orient. III. Título.





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

Conservação pós-colheita de mangas pelo uso de  
revestimentos à base de pectina e carboximetilcelulose  
associados a ceras vegetais

Autora: Adriana Sousa e Silva Carvalho  
Orientadora: Geovana Rocha Plácido

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

APROVADA em 06 de junho de 2023.

Dra. Patrícia Fazzio Martins  
Martinez  
Avaliadora externa  
Unicamp

Dra. Viviane Patrícia Romani  
Avaliadora interna  
IF Goiano/RV

Dra. Geovana Rocha Plácido

Presidente da banca  
IF Goiano/RV

Documento assinado eletronicamente por:

- **Patricia Fazzio Martins Martinez, Patricia Fazzio Martins Martinez - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500)**, em 14/06/2023 08:34:49.
- **Viviane Patricia Romani, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO - VISITANTE**, em 07/06/2023 11:22:58.
- **Geovana Rocha Placido, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 07/06/2023 08:18:13.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/05/2023. 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: 492723

Código de Autenticação: f23badf839



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

A realização desta dissertação contou com diversos e importantes contributos que quero fazer referência e deixar os meus sinceros agradecimentos:

Primeiramente, agradeço a Deus, pela oportunidade de cursar esta pós-graduação, dando-me inteligência e saúde para poder concluir, pela família maravilhosa que Ele me abençoou e que tanto me apoia.

Em especial a meu esposo Rodrigo, por todo apoio, dedicação e companheirismo, aos meus filhos amados que não reclamaram minha ausência e igualmente me apoiaram

À minha orientadora Profa. Dra. Geovana Rocha Plácido, obrigada por toda dedicação, apoio, disposição e empenho na realização desta pesquisa, por todo esforço e comprometimento, estando presente em todas as fases do nosso projeto, nada seria realizado sem seu apoio incondicional. Esta conquista é tão sua quanto minha!

Ao meu coorientador externo, Josemar Gonçalves de Oliveira Filho, agradeço de coração por toda imensa ajuda e orientação, não medindo esforços para que este projeto e esta dissertação se concretizassem. Muito obrigada!

Ao IF Goiano, agradeço a oportunidade e toda infraestrutura ofertada para a realização do Mestrado.

À minha colega Maria Siqueira, que não mediu esforços nem horários para me ajudar nessa jornada.

À prof. Caroline Cagnim, que tanto me ajudou nas análises dos resultados.

O presente projeto foi desenvolvido com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás, FAPEG, através da concessão de bolsa de estudo de Mestrado.

Obrigada!!

## DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação à minha amada mãe, Anísia Maria, que nunca mediu esforços para que eu e meus irmãos pudéssemos estudar. Esteve e está comigo sempre! Uma mulher forte, batalhadora e incrível, que sempre me norteou e me serve de exemplo para toda a minha vida! Te amo mãe! Obrigada por tudo!

## RESUMO

**CARVALHO, A. Conservação pós-colheita de mangas pelo uso de revestimentos à base de pectina e carboximetilcelulose associados a ceras vegetais.** 2023. Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (GO), como parte das exigências da Pós-Graduação - Mestrado em Tecnologia de Alimentos.

A manga é uma das frutas mais importantes da fruticultura brasileira, e o Brasil é importante produtor e exportador desta fruta, porém, sua alta perecibilidade é uma característica marcante e indesejável, trazendo grandes perdas quando transportado por longas distâncias. Com o intuito de encontrar alternativas que sejam compatíveis com o fruto, que possam estender a vida útil, preservando a qualidade e a aceitabilidade do consumidor, o objetivo deste trabalho foi testar novos materiais de revestimentos comestíveis para conservação pós-colheita de mangas (*Mangifera indica L.*), à base de pectina da casca do maracujá e carboximetilcelulose incorporados com ceras de cana-de-açúcar e de arroz. Os revestimentos foram desenvolvidos utilizando a pectina extraída da casca do maracujá a 2% e a carboximetilcelulose a 1%. Paralelamente, foram associadas aos polímeros 20% de cera de cana-de-açúcar e 20% de cera de arroz, totalizando seis tratamentos: pectina 2% (PEC), pectina 2% com 20% de cera de cana-de-açúcar (PECC), pectina 2% com 20% de cera de arroz (PECA), CMC 1%, CMC 1% com 20% de cera de cana-de-açúcar (CMCC), CMC 1% com 20% de cera de arroz (CMCA). As mangas foram revestidas e armazenadas durante 15 dias, sob temperatura de 20°C e umidade relativa de 60%. Durante o período de armazenamento, os frutos foram avaliados em relação quanto à perda de massa, coloração, taxa respiratória, acidez total titulável, teor de sólidos solúveis e firmeza. Os resultados demonstraram que os revestimentos utilizados atuaram de forma positiva no retardo do amadurecimento das mangas. Não houve diferença significativa para perda de massa. Os frutos não revestidos apresentaram aumento nos valores de luminosidade e chroma, bem como diminuição nos valores de ângulo Hue, sugerindo que os frutos mudaram

da coloração verde para amarelada. Todos os tratamentos permitiram a respiração, sendo que os tratamentos pectina com cera de arroz, pectina com cera de cana-de-açúcar e pectina foram os mais eficientes como barreira gasosa. Ao final do experimento os frutos não revestidos apresentaram acidez total titulável significativamente mais baixo em comparação aos demais tratamentos, bem como aumento significativo no teor de sólidos solúveis totais (°Brix) e decréscimo na firmeza, passando de 123,60 N para menor de 20 N. Assim, os dados demonstraram que a adição das ceras de arroz e cana-de-açúcar foi benéfica para manutenção da firmeza dos frutos. É possível afirmar que os recobrimentos à base de pectina com cera de arroz e pectina com cera de cana-de-açúcar foram os mais efetivos para garantir maior vida útil das mangas e, portanto, o uso combinado destas ceras com pectina pode ser adequado ao uso comercial na pós-colheita de frutos de manga.

**Palavras-Chave:** Alimentos; Biodegradável; Embalagens; Preservação; Shelf life; Solução Filmogênica.

## ABSTRACT

CARVALHO, A. **Postharvest conservation of mangoes using pectin and carboxymethylcellulose based coatings associated with vegetable waxes.** 2023. Dissertation presented to Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (GO), as part of the graduation requirements - Master in Food Technology.

Mango is one of the most important fruits of Brazilian fruit, and Brazil is an important producer and exporter of this fruit, however, its high perishability is a striking and undesirable characteristic, bringing great losses when transported over long distances. To find alternatives that are compatible with the fruit, that can extend the shelf life, preserving the quality and consumer acceptability, the objective of this work was to test new materials for edible coatings for post-harvest conservation of mangoes (*Mangifera indica L.*), based on passion fruit peel pectin and carboxymethylcellulose incorporated with sugar cane and rice waxes. The coatings were developed using 2% pectin extracted from passion fruit peel and 1% carboxymethylcellulose. At the same time, 20% sugarcane wax and 20% rice wax were associated with the polymers, totaling 6 treatments: 2% pectin (PEC), 2% pectin with 20% sugarcane wax (PECC), 2% pectin with 20% rice wax (PECA), 1% CMC, 1% CMC with 20% sugar cane wax (CMCC), 1% CMC with 20% rice wax (CMCA). The mangoes were coated and stored for 15 days at a temperature of 20°C and relative humidity of 60%. During the storage period, the fruits were evaluated for weight loss, color, respiratory rate, total titratable acidity, soluble solids content and firmness. The results showed that the coatings acted positively in delaying the ripening of mangoes. There was no significant difference for weight loss. Uncoated fruits showed an increase in luminosity and chroma values, as well as a decrease in Hue angle values, suggesting that the fruits changed from green to yellowish in color. All treatments allowed respiration, with pectin with rice wax, pectin with sugar cane wax and pectin being the most efficient as a gas barrier. At the

end of the experiment, the uncoated fruits showed a significantly lower titratable total acidity compared to the other treatments, as well as a significant increase in the total soluble solids content (°Brix) and a decrease in firmness, from 123.60 N to less than 20 N. Thus, the data demonstrated that the addition of rice and sugarcane waxes was beneficial for maintaining fruit firmness. It is possible to state that the coatings based on pectin with rice wax and pectin with sugar cane wax were the most effective in guaranteeing a longer shelf life of mangoes and, therefore, the combined use of these waxes with pectin may be suitable for the commercial use in the post-harvest of mango fruits.

**Keywords:** Foods; Biodegradable; Packaging; Preservation; Shelf life; Filmogenic Solution.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Coleta, seleção e sanitização dos frutos das mangas	<b>12</b>
<b>Figura 2</b> - Processamento da casca do maracujá para extração de Pectina	<b>13</b>
<b>Figura 3</b> - Extração da pectina da casca do maracujá	<b>14</b>
<b>Figura 4</b> - Disposição das mangas em bandejas de polipropileno	<b>17</b>
<b>Figura 5</b> - Efeito dos diferentes tratamentos nos parâmetros de Luminosidade (L*), Chroma (C*) e ângulo Hue nas cascas de mangas armazenadas durante 15 dias a 20°C e UR 60%	<b>21</b>
<b>Figura 6</b> - Efeito dos diferentes tratamentos na perda de massa fresca (%) em mangas armazenadas durante 15 dias a 20°C e UR 60%	<b>25</b>
<b>Figura 7</b> - Efeito dos diferentes tratamentos sobre a taxa respiratória (mg CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ) em mangas armazenadas por 15 dias a 20°C e 60% UR	<b>27</b>
<b>Figura 8</b> - Efeito dos diferentes tratamentos nos níveis de acidez titulável (% Ácido Cítrico) em mangas armazenadas por 15 dias a 20°C e 60% UR	<b>28</b>
<b>Figura 9</b> - Efeito dos diferentes tratamentos nos teores de sólidos solúveis (°Brix) em mangas armazenadas por 15 dias a 20°C e 60% UR	<b>30</b>
<b>Figura 10</b> - Efeito dos diferentes tratamentos na firmeza (Newtons) em mangas armazenadas durante 15 dias a 20°C e UR 60%	<b>32</b>
<b>Figura 11</b> - Micrografias da superfície dos diferentes revestimentos aplicados em frutos de mangas	<b>34</b>

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

<b>Tabela 1</b> - Descrição das concentrações e associações das soluções filmogênicas utilizadas no recobrimento dos frutos de manga em testes preliminares	<b>15</b>
<b>Tabela 2</b> - Efeito dos diferentes tratamentos nos parâmetros de luminosidade (L*), chroma (C*) e ângulo Hue nas cascas de mangas armazenadas durante 15 dias a 20°C e UR 60%	<b>22</b>
<b>Tabela 3</b> - Efeito dos diferentes tratamentos na perda de massa fresca (%) em mangas armazenadas durante 15 dias a 20°C e UR 60%	<b>25</b>
<b>Tabela 4</b> - Efeito dos diferentes tratamentos sobre a taxa respiratória (mg CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ) em mangas armazenadas por 15 dias a 20°C e 60% UR	<b>27</b>
<b>Tabela 5</b> - Efeito dos diferentes tratamentos nos níveis de acidez titulável (% Ácido Cítrico) em mangas armazenadas por 15 dias a 20°C e 60% UR	<b>29</b>
<b>Tabela 6</b> - Efeito dos diferentes tratamentos nos teores de sólidos solúveis (°Brix) em mangas armazenadas por 15 dias a 20°C e 60% UR	<b>30</b>
<b>Tabela 7</b> - Efeito dos diferentes tratamentos na firmeza (Newtons) em mangas armazenadas durante 15 dias a 20°C e UR 60%	<b>32</b>
<b>Quadro 1</b> - Descrição das concentrações e associações das soluções filmogênicas utilizadas no recobrimento dos frutos de manga	<b>16</b>

## **LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES**

ha - Hectares

mL – Mililitro

gr - Gramas

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

CMC – Carboximetilcelulose

PEC – Pectina 2%

PECC – Pectina 2% + 20% de Cera de Cana-de-açúcar

PECA - Pectina 2% + 20% de Cera de Arroz

CMCC - CMC 1% + 20% de Cera de Cana-de-açúcar

CMCA - CMC 1% + 20% de Cera de Arroz

Emulsão A/0 – Emulsão água em óleo

m/v – Massa/Volume

O<sub>2</sub> – Oxigênio

CO<sub>2</sub> – Gás Carbono

ATT – Acidez Total Titulável

SST – Sólidos Solúveis Totais

°C – Graus Celsius

## SUMÁRIO

1. INTODUÇÃO-----	01
2. REVISÃO DA LITERATURA-----	03
2.1 Cenário mundial da manga-----	03
2.2 Fisiologia pós-colheita da manga-----	04
2.3 Revestimentos comestíveis-----	05
2.4 Pectina-----	07
2.5 Carboximetilcelulose-----	09
2.6 Cera da cana-de-açúcar-----	10
2.7 Cera de arroz-----	11
3. OBJETIVOS-----	11
3.1 Objetivo geral-----	11
3.2 Objetivos específicos-----	11
4. MATERIAL E MÉTODOS-----	12
4.1 Material-----	12
4.2 Extração da pectina-----	12
4.3 Emulsão de cera de cana-de-açúcar e de arroz-----	14
4.4 Preparação dos revestimentos compostos-----	14
4.5 Testes preliminares-----	15
4.6 Revestimento dos frutos-----	16
4.7 Coloração-----	17
4.8 Perda de massa-----	17
4.9 Taxa respiratória-----	18
4.10 Acidez total titulável-----	19
4.11 Sólidos solúveis totais (°Brix)-----	19
4.12 Firmeza-----	19
4.13 Microestrutura-----	20
4.14 Estimativa de rendimento-----	20
4.15 Análise estatística-----	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO-----	21
5.1 Coloração-----	21
5.2 Perda de massa-----	24

5.3 Taxa respiratória-----	26
5.4 Acidez total titulável-----	28
5.5 Sólidos solúveis totais (°Brix)-----	29
5.6 Firmeza-----	31
5.7 Microestrutura-----	33
6. ESTIMATIVA DE RENDIMENTO-----	35
7. CONCLUSÃO-----	35
8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA-----	37

## 1. INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica L.*) é um fruto de grande potencial econômico, comercialmente é um dos frutos tropicais mais importante do mundo (ZHOU WEI *et al.*, 2021). Essa fruta é rica em vitamina C, carotenoides, compostos fenólicos, e minerais, e é reconhecida pela aparência atraente, aroma atraente, sabor e alto valor nutricional (EBRAHIMI & RASTEGAR, 2020). No entanto, por ser uma fruta climatérica, está sujeita à perda de massa, conversão de amido em açúcares, amolecimento, degradação de clorofilas e apodrecimento (ZHOU WEI *et al.*, 2021). Devido à natureza perecível, estima-se que em média 28% deste fruto é perdido antes de atingir o mercado-alvo, quando transportado por longas distâncias (SILVA, 2016). Essas perdas podem variar entre 20% e 40%, que representa enorme perda de alimento, bem como significativo prejuízo econômico (CHOUDHURY & COSTA, 2004).

A vida útil da manga é muito curta, atingindo o pico respiratório do processo de amadurecimento entre o terceiro ou quarto dia após a colheita, se mantida em temperatura ambiente (THARANATHAN & PRABHA, 2006), e isso limita o armazenamento, manuseio e potencial de transporte (BALOCH *et al.*, 2013). No processo de amadurecimento da manga, inúmeras reações bioquímicas envolvidas culminam em crescimento na taxa respiratória do fruto, produção de etileno, hidrólise da pectina, que acarreta amolecimento e mudança na textura (LALEL *et al.*, 2003). Caso as condições de armazenamento não sejam controladas, a senescência é atingida muito rapidamente, levando a perda do fruto. Porém, controlando certas condições ambientais (como temperatura, umidade relativa e composição atmosférica), lançando mão de tecnologias pós-colheitas corretas, que sejam eficazes na manutenção da qualidade dos frutos e que minimizem a maturação no período de comercialização, a vida útil pode ser aumentada consideravelmente (CHITARRA & CHITARRA 2005; ESHETU ABONESH *et al.*, 2019).

As coberturas comestíveis vêm ganhando destaque e estão sendo amplamente usadas para a preservação de frutas (GARCÍA *et al.*, 2020), sendo consideradas boa alternativa para a expansão do mercado de fruticultura, estendendo o tempo de transporte da fruta para os mercados interno e externo (ESHETU ABONESH *et al.*, 2019). Essas coberturas são ecologicamente corretas, retém sabor e aparência de frutas frescas, são seguras para consumo e devem atuar como barreira semipermeável ao vapor de água e aos gases respiratórios entre a atmosfera circundante e as frutas, controlando as mudanças físicas e bioquímicas durante o armazenamento prolongado e retardando o processo de amadurecimento (KHAN *et al.*, 2019).

Podem ser preparadas a partir de vários tipos de material ecológico como: pectina, quitosana, gelatina, alginato, amido, celulose ou outras sementes mucilaginosas (SHIVANGI

*et al.*, 2021). A pectina é um polissacarídeo aniônico, amplamente estudado por ser atóxico, totalmente biodegradável, de baixo custo e muito disponível (JRIDI *et al.*, 2020). Vários estudos já demonstraram a eficácia do revestimento à base de pectina para extensão da vida útil em frutas frescas (JRIDI *et al.*, 2020). A carboximetilcelulose é um polissacarídeo linear aniônico derivado da celulose, amplamente aplicados em produtos farmacêuticos, cosméticos, alimentícios, dentre outros (KIBAR *et al.*, 2013). Para isso, é um polímero atóxico, solúvel em água, não carcinogênico e biocompatível e biodegradável, sendo ótima opção como revestimento em frutas e hortaliças (AMANCIO, D. F., 2020).

Os revestimentos produzidos com polissacarídeos apresentam baixa capacidade de proteção à umidade, já que são extremamente higroscópicos. Uma boa opção para reduzir a permeabilidade das películas formadas é a adição de lipídios às soluções filmogênicas (DE ASSIS *et al.*, 2008; ZARITZKY, 2011). Assim, os revestimentos formados por polissacarídeos e lipídios são opções com propriedades de barreira interessantes, tanto à umidade quanto aos gases (CHIUMARELLI, 2014). Entre os compostos mais comumente usados como revestimentos comestíveis derivados de lipídios são cera de abelha, candelila, carnaúba e parafina. As ceras reduzem a permeabilidade de gases e umidade, podem melhorar a aparência da superfície de vários alimentos (ARANDA-LEDESMA *et al.*, 2022).

Estudos anteriores utilizando revestimentos à base de hidroxipropilmetilcelulose e cera de abelha demonstraram ser eficientes em manter a firmeza e as características qualitativas, reduzir a perda de peso em mangas (SOUSA *et al.*, 2021), porém, não há estudos utilizando as ceras de arroz e de cana-de-açúcar para manutenção da qualidade em mangas.

Existe uma tendência atual para ceras naturais renováveis devido a preocupações ambientais. Em 2019 a magnitude do consumo mundial anual de ceras segue o seguinte patamar: parafina (3), carnaúba (0,015), cera de abelha (0,01), candelilla (0,001) e outras ceras vegetais (0,002 milhões de toneladas/ano) (Saji V. S., 2020). Nesse ínterim, a proposta de utilizar tanto a cera de cana-de-açúcar quanto a cera de arroz, ambas ceras vegetais de fontes renováveis e de grande importância econômica.

Portanto, diante da importância na agricultura comercial e características perecíveis da manga, bem como o benefício da reutilização de resíduos agroindustriais, o presente trabalho tem como objetivo testar diferentes revestimentos comestíveis à base de pectina da casca do maracujá, carboximetilcelulose, incorporados com emulsão das ceras de cana-de-açúcar e de arroz, aqueles cujas propriedades físicas e efeitos permitam manter a qualidade e a conservação pós-colheita da manga, sob armazenamento em temperatura de 20°C.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CENÁRIO MUNDIAL DA MANGA

O Brasil é importante produtor de manga, além de ser também grande consumidor deste fruto, com inúmeras variedades nativas e outras resultantes da inserção e cruzamentos naturais ocorridos a partir do material genético trazido da Ásia pelos portugueses (EVANGELISTA, 2007). Os maiores produtores mundiais de manga, de acordo com os dados consolidados pelo FAOSTAT nos últimos 60 anos, são Índia, Tailândia, China, Indonésia, Paquistão, Brasil e México (FAOSTAT, 2020). Após a crescente expansão e propulsão das mangas brasileiras no mercado internacional, a produção brasileira deste fruto acelerou a partir dos anos 2000, dobrando a produção nacional em menos de 10 anos (FAOSTAT, 2020). Apesar de incrementos significativos no volume de exportações, o Brasil ainda é o oitavo no ranking, sendo o primeiro colocado o México (PANORAMA DA PRODUÇÃO DE MANGA, 2023).

Em 2021, a área plantada de mangas no Brasil foi de aproximadamente 76,9 mil hectares (ha), sendo que a produção nacional está concentrada nas regiões Nordeste 57,8 mil ha (75,2% do total) e Sudeste 18 mil ha (23,4% do total). Os estados da Bahia (31,1 mil ha), Pernambuco (15,9 mil ha), São Paulo (10,9 mil ha), Minas Gerais (5,8 mil ha), Ceará (4,25 mil ha) e Rio Grande do Norte (2,74 mil ha) representam, respectivamente, 40,48%, 20,74%, 14,2%, 7,53% e 5,52% e 3,57% do total nacional. A trajetória de crescimento da área produtora de manga no Vale do São Francisco mantém-se, saindo de 15,9 mil ha em 2015 para 34,4 mil ha em 2021, segundo o IBGE (2022), representando aumento de 115,67% (DE LIMA, 2023).

A União Europeia, Estados Unidos e países da Europa estão entre os maiores compradores da produção de manga do Brasil (XAVIER & PENHA, 2021). Em 2020 as exportações de manga brasileiras cresceram substancialmente. Os valores e volumes das exportações neste ano subiram mais de 10% em relação ao ano anterior, atingindo 243,2 mil toneladas. Esses números representam aumento de 13% em volume de exportação, em relação a 2019 (ROCHA & BIROLO, 2021). Conforme as Projeções do Agronegócio, a produção brasileira de manga até 2029/2030 aumentará em 22,8% e devem passar de 1.382 mil toneladas em 2020 para 2.383 mil toneladas em 2030 (MAPA, 2020). Os principais fatores de crescimento são mercados interno e a demanda internacional em alta (GAZZOLA *et al.*, 2020).

Para que manga brasileira seja aceita no mercado internacional, os produtores devem atender a padrões de qualidade. O fruto deve apresentar-se inteiro, firme, fresco, sadio, livre de materiais estranhos, sem manchas, sem danos mecânicos, livre de injúrias por pragas ou por baixas temperaturas, isento de sabor e odor estranhos. Deve estar suficientemente desenvolvido

e apresentar maturação adequada, o tamanho do pedúnculo não deve exceder 1,0 cm (EMBRAPA, 2000). A produção de manga e o comércio internacional estão expandindo rapidamente, no entanto, os principais desafios que afetam a comercialização da manga decorrem de sua alta perecibilidade pós-colheita e a crescente demanda por frutas de melhor qualidade (SINGH *et al.*, 2013).

## 2.2 FISIOLOGIA PÓS-COLHEITA DA MANGA

A manga é uma fruta climatérica, com acelerado processo de amadurecimento à temperatura ambiente, desencadeado e rapidamente realizado por aumento na produção de etileno, concomitante aumento significativo na velocidade de respiração (LI *et al.*, 2023). O processo de amadurecimento pós-colheita do fruto climatérico é acompanhado por respostas metabólicas complexas, como alterações na cor, mudança na textura da polpa (LI *et al.*, 2023). Várias mudanças bioquímicas, incluindo aumento da respiração climatérica, no teor de ácidos orgânicos, compostos fenólicos, compostos voláteis, além do desenvolvimento de coloração amarelada na polpa e casca, bem como a degradação de polímeros causam à perda da textura e amolecimento do fruto (BAMBALELE *et al.*, 2021). Considerado pelos consumidores como uma qualidade importante, o amolecimento impacta fortemente na aceitação da fruta, já que reflete o grau de maturação da mesma (JHA *et al.*, 2010). A vida útil da manga varia dependendo das condições de armazenamento. Se mantida em temperatura ambiente, pode durar de quatro a oito dias. Em armazenamento refrigerado, até três semanas (CARRILLO-LOPEZ *et al.*, 2000).

O local de cultivo, a variedade da espécie e o estágio de maturação que o fruto está, impactam na composição química da polpa da manga, sendo que os principais constituintes encontrados no fruto são água, carboidratos, ácidos orgânicos, gorduras, minerais, pigmentos, taninos, vitaminas e compostos aromáticos (THARANATHAN *et al.*, 2006). É um fruto rico em vários compostos bioativos, incluindo mangiferina, ácido gálico, isoquercetina, quercetina, ácido elágico, galotaninos e  $\beta$ -glucogalina (BURTON-FREEMAN *et al.*, 2017). Dentre os açúcares, sacarose, frutose e glicose são os principais, enquanto o ácido cítrico e málico são os ácidos orgânicos predominantes. O equilíbrio entre esses dois últimos componentes está diretamente ligado ao sabor da fruta e depende do estágio de maturação do fruto (BURTON-FREEMAN *et al.*, 2017).

A qualidade da manga está intimamente relacionada com suas propriedades sensoriais características que determina o consumo (PENHA *et al.*, 2015). Dentre os principais cultivares estão Espada, Rosa, Kent, Haden, Palmer e Tomy Atkins, sendo que a condição climática da

região produtora é determinante para a escolha do cultivar (PENHA *et al.*, 2015).

A manga apresenta grande suscetibilidade a doenças pós-colheita, como antracnose, distúrbios fisiológicos, lesões por resfriamento, tecido esponjoso e mancha de lenticela. Esses problemas individuais ou a combinação destes, podem resultar em grandes perdas pós-colheita, bem como enormes prejuízos para os produtores (SIVAKUMAR *et al.*, 2011). Estima-se que cerca de 1,3 bilhão de toneladas de alimentos são perdidos globalmente a cada ano e entre os quais mais de 40% das perdas de alimentos são frutas e vegetais (DOS SANTOS *et al.*, 2020). O transporte comercial de longa distância da manga é seriamente limitado pela vida útil curta da fruta (HOA *et al.*, 2002). Aproximadamente 90% do volume de manga exportada utiliza o transporte marítimo como via de escoamento deste produto, mesmo que seja o mais demorado, já que a via aérea só é utilizada como opção quando a manga atinge preço diferenciado no mercado externo (ALMEIDA, 2023).

Uma quantidade consideravelmente elevada de manga é perdida antes de chegar ao mercado-alvo ou aos consumidores por causa do manuseio pós-colheita inadequado e vida útil limitada, característica da fruta (DEBELA *et al.*, 2011; BAMBALLELE *et al.*, 2021). Uma redução na perda pós-colheita aumentará os retornos para a indústria da manga, impulsionará o comércio e aumentará a disponibilidade de alimentos para a crescente população mundial (ESHETU *et al.*, 2019). A extensão da vida de prateleira em frutas climatéricas pode ser realizada pela aplicação de embalagens e métodos de preservação apropriados. A embalagem adequada pode desempenhar papel principal na proteção dos produtos colhidos, minimizando a taxa de respiração e amadurecimento, eliminando atividades microbianas, reduzindo o etileno e controlando a perda de água (JAFARZADEH *et al.*, 2021). Assim, métodos seguros, naturais e ecologicamente corretos devem ser investigados para manter a qualidade e estender o período comercializável da manga durante o armazenamento à temperatura ambiente. Um dos métodos simples, não tóxicos e biodegradáveis que foi testado recentemente é o uso de revestimentos comestíveis de fontes naturais (SUPUT *et al.*, 2015).

### **2.3 REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS**

O uso de revestimentos comestíveis é uma boa alternativa para aumentar a vida útil das mangas, podendo contribuir para a expansão do mercado brasileiro, por aumentar o tempo de transporte da fruta para os mercados interno e externo (ESHETU *et al.*, 2019). O uso de revestimento em frutas e vegetais não é uma técnica recente. Há relatos que já no século XII na China, laranjas e limões eram cobertos com cera a fim de minimizar a perda de umidade e aprimorar a aparência (ANDRADE *et al.*, 2012). Mesmo assim, a aplicação comercial de cera

para reduzir as perdas pós-colheita em frutas e vegetais só iniciou em 1922 (RAGHAV *et al.*, 2016). No entanto, as ceras foram rotuladas como prejudiciais aos consumidores, e a busca por revestimentos mais naturais e sustentáveis deu espaço a novo nicho de mercado e a pesquisa concentrou-se na aplicação de revestimentos comestíveis (NCAMA *et al.*, 2018). Estes revestimentos podem ser consumidos com segurança pois são produzidos com materiais de qualidade alimentar (TAVASSOLI-KAFRANI *et al.*, 2016).

Os revestimentos comestíveis são definidos como uma aplicação fina de material que forma uma barreira protetora em torno de um alimento e que pode ser consumido junto com o produto revestido (MCHUGH & SENESI, 2000). São aplicados aos alimentos na forma líquida, por imersão, pulverização, pincelagem ou gotejamento (ANDRADE *et al.*, 2013 ; TAVASSOLI-KAFRANI *et al.*, 2016 ). Criam uma barreira protetora semipermeável ao redor de toda a superfície da fruta, reduzindo as perdas de qualidade, regula a umidade e a troca gasosa entre o ambiente interno da fruta e a atmosfera externa (NCAMA *et al.*, 2018). Atuam no preenchimento de rachaduras e poros, selando estômatos e lenticelas, cobrindo completamente o epicarpo do fruto (THAKUR *et al.*, 2018 ; KUMAR *et al.*, 2017). Também diminuem significativamente o crescimento microbiano, protegendo os produtos por eles revestidos contra danos mecânicos e evitando a fuga de compostos voláteis (KUMAR & SETHI, 2018). Como consequência, os revestimentos podem aumentar a vida útil pós-colheita e retardar o amadurecimento e as alterações físico-químicas nos alimentos aplicados (KUMAR *et al.*, 2017).

Os revestimentos comestíveis geralmente são classificados em três principais grupos (NOR & DING, 2020): 1) À base de polissacarídeos (por exemplo, pectina, quitosana, gomas, derivados da celulose); 2) À base de proteínas (por exemplo, gelatina, zeína, isolado de proteína de soja, isolado de proteína de soro de leite, caseína); e 3) à base de lipídios (por exemplo, ceras, gorduras e óleos, resinas) que podem ser utilizados isoladamente ou em combinação (DUBEY & DUBEY, 2020). Quando utilizados em combinação são intitulados como revestimentos compostos, apresentando funcionalidade aprimorada (KUMAR & SETHI, 2018 ; NCAMA *et al.*, 2018).

As coberturas comestíveis mais comumente utilizadas possuem na composição materiais hidrofílicos, geralmente constituídos por grupamentos amino (NH<sub>3</sub>), hidroxila (OH) e carboxila (COOH), que facilita o agrupamento e rearranjo molecular polar (ASSIS & BRITTO, 2014). Por causa de suas fracas propriedades de barreira ao vapor de água, o uso de revestimentos hidrofílicos é limitado (DE BRITTO & ASSIS, 2010). Na antiguidade, as ceras eram muito utilizadas como revestimento, para reduzir a desidratação e dar uma aparência

lustrosa e brilhante em diversas frutas, sendo esta técnica ainda muito praticada atualmente para alguns frutos (RUIZ-MATÍNEZ *et al.*, 2020; ARANDA-LEDESMA *et al.*, 2022).

Com o intuito de obter maiores benefícios e minimizar as desvantagens de usar apenas um tipo de material de revestimento, os revestimentos compostos surgiram (BHAGATH & MANJULA, 2019). Os revestimentos compostos (ou de emulsão) são combinação de componentes hidrocoloides (proteínas ou polissacarídeos) e lipídeos. O revestimento constituído por apenas um tipo de macromolécula (polissacarídeo, proteína ou lipídeo) pode apresentar algumas propriedades satisfatórias, mas pode deixar de apresentar algumas propriedades importantes. Por exemplo, polissacarídeos e proteínas são bons materiais formadores de película e podem fornecer excelentes propriedades mecânicas e estruturais, mas (por serem hidrofílicos) proporcionam uma barreira fraca à umidade. Portanto, os componentes lipídicos, que são hidrofóbicos, podem desempenhar papel importante ao atuar como uma excelente barreira à água. Assim, combinar as vantagens dos componentes hidrocoloides e lipídicos nos revestimentos compostos que serão formulados pode mascarar ou reduzir as limitações de cada um (YOUSUFA, *et al.*, 2017).

As ceras são formadas por ésteres de ácidos e álcoois alifáticos de cadeia longa. Revestimentos e filmes com cera em suas formulações são mais resistentes à difusão de água do que a maioria dos outros filmes comestíveis por seu baixo teor de grupos polares e seu alto teor de álcoois graxos de cadeia longa e alcanos. Ceras vegetais (candelila, cana-de-açúcar, arroz), minerais (por exemplo, parafina e ceras microcristalinas) ou ceras animais, incluindo insetos (por exemplo, cera de abelha, lanolina e gordura de lã), enquanto algumas outras ceras produzidas sinteticamente, como carboxes e cera de polietileno estão entre os materiais que podem ser utilizados em filmes e revestimentos (GALUS & KADZIŃSKA, 2015).

## 2.4 PECTINA

Entre as várias opções de materiais utilizados para formar coberturas comestíveis, a classe dos polissacarídeos está disponível em abundância em fontes naturais e apresentam ótima propriedade de formação de gel na água. A pectina é um polissacarídeo aniônico que geralmente está presente em muitas lamelas primárias e intermediárias das paredes celulares das plantas (MEHRAJ & SISTLA, 2022).

A pectina pode ser amplamente utilizada na produção de revestimento comestível por ser fonte totalmente renovável e biodegradável na água e solo, e, é uma das maiores vantagens ecológicas (JÚNIOR *et al.*, 2006; JIMÉNEZ *et al.*, 2012). Algumas fontes naturais de pectina incluem cascas de frutas cítricas, apresentando alta disponibilidade e baixo custo (JRIDI *et al.*,

2020). Do ponto de vista da tecnologia de alimentos, as pectinas são reconhecidas por sua capacidade como gelificantes (GAWKOWSKA *et al.*, 2018) e emulsificantes (ALBA & KONTOGIORGOS, 2017). Além disso, podem produzir revestimentos solúveis em água, com baixa opacidade e comestíveis (ESPITIA *et al.*, 2014). Os revestimentos à base de pectina são ainda conhecidos pela boa barreira ao oxigênio e dióxido de carbono (MEHRAJ & SISTLA, 2021).

Os revestimentos à base de pectina são atóxicos, biodegradáveis, biocompatíveis, com permeabilidade seletiva à gases, baixas propriedades mecânicas, transparentes e resistentes a óleos e gorduras (LARA-ESPINOZA *et al.*, 2018). Devido à natureza hidrofílica, apresentam altas taxas de transmissão de vapor de água (MENEZES & ATHMASELVI, 2016) e mantêm as propriedades sensoriais e a qualidade de frutas e vegetais (VALDÉS *et al.*, 2015). Seu uso como cobertura reduz a perda de nutrientes e materiais voláteis durante o armazenamento e transporte, além de controlar a contaminação microbiana do produto (MOHAMED *et al.*, 2020). Ademais, são comercialmente disponíveis, baratos e, sendo assim, uma excelente opção para aplicação como revestimento em frutas e vegetais (VALDÉS *et al.*, 2015).

Pfaltzgraff *et al.* (2013) descreveram que os polissacarídeos pécticos vêm sendo estudados através da extração em resíduos o que contribui para o crescimento da importância econômica de cascas, talos e sementes. A preocupação das indústrias com a destinação de resíduos está contribuindo para que pesquisas sejam realizadas, a fim de ampliar o uso destes produtos que antes eram utilizados apenas para ração animal, fertilizantes e geração de bioenergia (SHIVANGI *et al.*, 2021).

Os produtos biodegradáveis estão sendo observados com maior atenção e são fontes infundáveis de pesquisas como possíveis materiais de embalagens para os produtos alimentícios, especialmente frutas e hortaliças (SHETH & SRINIVAS, 2011). O aproveitamento de resíduos de algumas frutas (principalmente cascas) vem se destacando nos últimos anos como fonte renovável de matérias-primas para produção de novos insumos funcionais, compatíveis com a alimentação humana, como é o caso das pectinas, que podem ser extraídas e isoladas com fins comerciais de alguns resíduos como cascas do limão, laranja e bagaço da maçã (SHIVANGI *et al.*, 2021).

A casca do maracujá (pericarpo) assemelha-se à casca dos cítricos, pois contém de 10 a 20% de pectina que pode ser aproveitada como insumo na fabricação de outros produtos aplicáveis à indústria alimentícia (CANTERI, 2010). Tendo em vista as propriedades químicas favoráveis e a abundância deste resíduo agroindustrial, a casca do maracujá tornou-se excelente fonte alternativa para extração de pectina (PINHEIRO, 2007). O Brasil é o maior produtor e

principal consumidor mundial de maracujá amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*), produzindo por ano um milhão de toneladas da fruta (SANTOS-TIERNO et al., 2022).

O mercado de pectina está expandindo em 5 a 6% pela crescente procura por produtos alimentícios de baixa caloria e baixo teor de gordura. Estima-se que o mercado da pectina aumente mais rapidamente do que o do amido e da gelatina (SEISUN & ZALESNY, 2021). Entretanto, poucas fontes vegetais foram estudadas e utilizadas para a produção de pectina, especialmente a casca cítrica (85,5%), bagaço de maçã (14,0%) e polpa de beterraba (0,5%) (CIRIMINNA et al., 2016). Portanto, outras fontes vegetais devem ser exploradas para a extração de pectina (HOKPUTSA et al., 2004).

Sendo assim, justifica-se a extração de pectina da casca do maracujá, bem como a produção de solução filmogênica à base de pectina extraída a partir do maracujá para o revestimento da manga. Com isso, o aproveitamento do resíduo industrial contribuirá com a redução dos impactos ambientais, além de promover a substituição do consumo de embalagens sintéticas oriundas de fontes não renováveis e proporcionar maior conservação de alimentos frescos, evitando o desperdício.

## 2.5 CARBOXIMETILCELULOSE

A carboximetilcelulose (CMC) é um derivado de celulose, à base de polissacarídeos, solúvel em água que possui ampla gama de aplicações em alimentos e filmes alimentícios, com grande potencial para formar película flexível, transparente, com boa aderência à superfície dos produtos (BISWAL & SINGH, 2004; LIU *et al.*, 2021). CMC é um composto aniônico linear e de cadeia longa, com alto peso molecular (TONGDEESOONTORN *et al.*, 2011) que proporciona resistência e integridade estrutural aos revestimentos comestíveis. É o mais importante derivado da celulose solúvel em água, com diversas aplicações na indústria de alimentos, sendo o que é produzido em maior quantidade a nível comercial (DHALL, 2016). Devido à estabilidade de gelificação, alta viscosidade, boa transparência, alta disponibilidade, biodegradabilidade superior, biocompatibilidade e baixo preço, a carboximetilcelulose tem encontrado ampla aplicação nos estudos de embalagens de alimentos (NOSHIRVANI *et al.*, 2017).

Os revestimentos à base de CMC exibem alta propriedades de barreira ao oxigênio, aroma e a óleos, resultado de sua estrutura de rede ordenada de ligações de hidrogênio (SAXENA, *et al.*, 2020). Apresentam propriedades antissenescência (SAEKOW *et al.*, 2019) que atrasam o processo de amadurecimento em algumas frutas climatéricas como banana, manga, mamão e abacate, e preservam a firmeza original das frutas (JAFARIZADEH

MALMIRI *et al.*, 2011). Podem também serem aplicados nos frutos colhidos para fornecer barreiras contra a troca gasosa entre o fruto e o ambiente, sendo utilizados com sucesso para controlar a transferência de oxigênio e água (EYIZ *et al.*, 2020).

Coberturas comestíveis feitas de derivados da celulose podem prolongar a firmeza e a vida útil da goiaba (KUMAR *et al.*, 2021) e do morango (LIU *et al.*, 2021). Além disso, Moradinezhad *et al.* (2018) relataram que a aplicação de revestimento comestível à base de carboximetilcelulose foi eficaz para manter a firmeza e diminuir a perda de peso, bem como reduziu a decomposição em frutas de jujuba. Como resultado, a CMC é promissora para preservar a qualidade de frutas e prolongar a vida de prateleira dos alimentos (EYIZ *et al.*, 2020).

## 2.6 CERA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cera de cana-de-açúcar é um termo geralmente usado para designar os lipídios contidos na cana-de-açúcar. Eles representam aproximadamente 0,18% do peso da planta e consistem em duas frações, a fração de cera e a fração oleosa (PATURAU, 1989; AZZAM, 1986). Apesar de a cana-de-açúcar seja cultivada desde 500 a.C., esta cera só foi isolada em 1840, sendo descrita como um produto com aspecto de “pó” branco amarelado, obtido das tortas de filtro de cana-de-açúcar (MANOHAR RAO, 1997). Em 1841 determinou-se a composição deste produto e constatou que se tratava de uma nova variedade de cera vegetal (GARCÍA *et al.*, 1988). A fração de cera é formada em depósitos, principalmente perto dos nós e das bainhas foliares, correspondendo a 0,12% do peso da planta. Tem a função de proteção à planta contra a perda de água por evaporação (PATURAU, 1969; GARCÍA *et al.*, 2003; TAMAKI, 2003). A cera de cana tem excelente qualidade, e é equivalente à carnaúba. Com isso, possui ampla aplicação, como matéria-prima, no processo industrial (AZZAM, 1986). Por sua dureza, coesão e alto ponto de fusão, é um material interessante para diversas aplicações como: cosméticos, polimentos para piso, emulsões para preservação de frutas, vegetais e queijo ou como substituto de outras ceras vegetais, animais ou sintéticas (GANDRA K. M., 2006).

Além do uso como material de revestimento com função de proteção (queijos e frutas), no setor alimentício as ceras são utilizadas na elaboração de emulsões e biofilmes (DONHOWE & FENNEMA, 1993). Emulsões de cera naturais são utilizadas para retardar a deterioração de algumas frutas cítricas, sendo componentes adequados para emulsões alimentícias por serem inertes e por sua dispersibilidade. Emulsões do tipo cera em água podem ser mais estáveis que emulsões tipo óleo em água, devido ao alto peso específico da cera, como no caso da candelila (HERNANDEZ & BAKER, 1991).

## **2.7 CERA DE ARROZ**

A cera de farelo de arroz é uma cera natural tradicional à base de plantas, cada vez mais popular em têxteis, revestimentos de frutas e cosméticos (ZHANG, ZHEN *et al.*, 2019). A cera de farelo de arroz de grau alimentício já está disponível comercialmente e está se tornando um ingrediente popular em alimentos para consumidores preocupados com a saúde. Portanto, o desenvolvimento de filmes comestíveis com cera de arroz é desejável. Esses filmes podem ser úteis como transportadores de sabor e aditivos nutricionais ou como revestimentos de barreira à água para alimentos como produtos de panificação (ZHONG *et al.*, 2020). A cera de farelo de arroz é um subproduto do processo de refino do óleo de farelo de arroz. É uma cera natural de alto ponto de fusão (81–82°C) e uma rica fonte de ácidos graxos de cadeia longa e álcoois graxos, que a conferem fortes propriedades hidrofóbicas (KODALI, 2009; DASSANAYAKE *et al.*, 2011). A cera de farelo de arroz tem potencial para aplicação nas indústrias cosmética, farmacêutica, alimentícia, de polímeros e de couro, semelhante a outras ceras vegetais, como as ceras de carnaúba e de candelila. Tem sido utilizada na indústria alimentícia para diversos fins, inclusive para revestir frutas, legumes e queijo (VALI *et al.*, 2005; PANDOLSOOK & KUPONGSAK, 2017). Por conter ésteres monoméricos, as propriedades da cera de arroz são comparadas à cera de carnaúba (BELAVADI & BHOWMICK, 1988).

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. OBJETIVO GERAL**

Aumentar a conservação pós-colheita de mangas pela utilização de revestimentos comestíveis à base de pectina da casca de maracujá e carboximetilcelulose incorporados com cera de cana-de-açúcar e cera de arroz.

### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Obter pectina da casca do maracujá;
- Definir a formulação da matriz do revestimento de pectina e carboximetilcelulose;
- Incorporar as ceras de cana-de-açúcar e arroz na matriz polimérica do revestimento;
- Analisar os parâmetros de perda de massa, coloração, taxa respiratória, acidez total titulável, teor de sólidos solúveis e firmeza nos frutos revestidos e armazenados a 20°C durante 15 dias.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAL

Os frutos de maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) foram adquiridos em mercado local da cidade de Rio Verde (GO), durante os meses de março e abril de 2022. As frutas selecionadas eram maduras e tinham coloração semelhantes.

Para os testes preliminares, foram utilizadas mangas da cultivar Tommy Atkins, gentilmente cedidas pelo Campeão Supermercados, na cidade de Rio Verde (GO). Os frutos foram selecionados quanto a ausência de defeitos fisiológicos, tamanho e estágio de maturação verde.

A cera de cana-de-açúcar foi extraída e purificada na Faculdade de Engenharia Química da Unicamp, que a forneceu gentilmente para o desenvolvimento deste trabalho. A cera de arroz foi cedida pela empresa Megh Indústria e Comércio LTDA.

O pó de CMC (como sal de sódio) foi obtido de Sigma-Aldrich.

As mangas utilizadas do experimento foram colhidas em estágio de maturação verde, no mês de novembro de 2022, cultivar ‘Coquinho’, no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde (GO), sendo encaminhadas para o laboratório de frutas e hortaliças do mesmo Instituto. As mangas foram preparadas previamente à aplicação do revestimento conforme apresentado na Figura 1. As amostras passaram por lavagem em água corrente e sanitização em solução de água clorada a 200 ppm por 5 minutos, sendo novamente lavadas com água corrente para retirada do excesso de cloro e posteriormente selecionadas com base na uniformidade de tamanho, sanidade e ausência de defeitos.

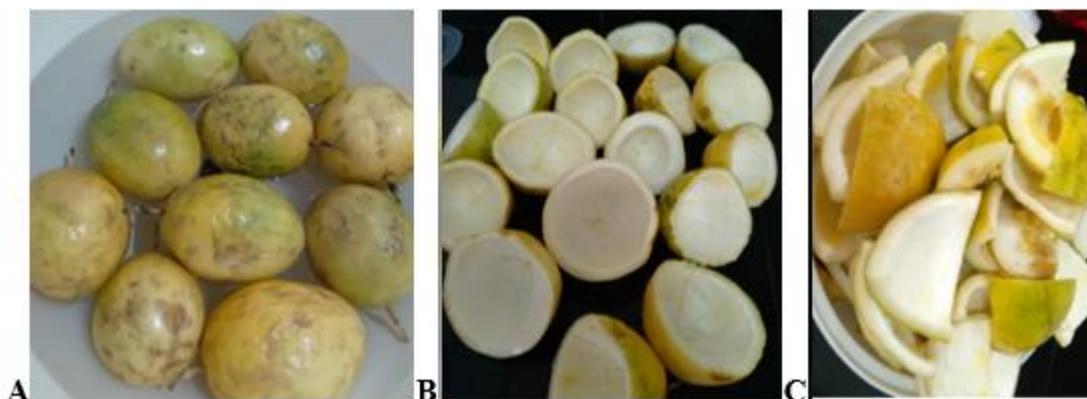


**Figura 1** - Coleta (A), seleção (B) e sanitização (C) dos frutos das mangas. Fonte: Própria autora.

### 4.2 EXTRAÇÃO DA PECTINA

Ao chegar ao Laboratório de Frutas e Hortaliças do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (GO), primeiramente houve o preparo da casca do maracujá conforme apresentado

na Figura 1. Após serem lavados em água corrente e com o auxílio de uma faca o fruto foi cortado ao meio e teve sua polpa e sementes retiradas. Posteriormente, a casca (epicarpo) unida ao mesocarpo do maracujá foi cortada em pequenos pedaços, acondicionados em bandejas e submetidas ao processo de secagem em estufa a uma temperatura de 60°C por 24 horas. O material seco foi triturado em moinho de faca até formar uma farinha fina, armazenada em sacos de poliestireno e mantida sob refrigeração a 4°C. Com a farinha obtida da casca do maracujá iniciou-se a extração da pectina.



**Figura 2** - Processamento da casca do maracujá para extração de pectina, em que A - frutos de maracujá selecionados, B - cascas de maracujá preparadas e C - cascas de maracujá cortadas previamente à secagem. Fonte: própria autora.

Através deste resíduo insolúvel, também referenciado como farinha da casca do maracujá, a pectina foi extraída com o uso de ácido cítrico e altas temperaturas. Para extração foram adicionados 16 g da farinha da casca do maracujá e 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 hora em agitação com controle de temperatura. Findado o tempo determinado, a amostra foi resfriada até atingir temperatura de 4°C. Em seguida, foi filtrada em tecido de náilon de 150 micras. O sobrenadante foi descartado e ao filtrado obtido adicionou-se álcool etílico absoluto P.A. (LS Chemicals®) na proporção de duas vezes o volume de solução e aguardou-se repouso por 1 hora 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 (Figura 3). O gel obtido no filtro foi então seco em estufa a temperatura de 60°C por 24 horas até peso constante. A pectina seca foi triturada em moinho de facas e armazenada em sacos plásticos dentro de dessecadores.



**Figura 3** - Extração da pectina da casca do maracujá. Fonte: própria autora.

### **4.3 EMULSÃO DE CERA DE CANA-DE-AÇÚCAR E DE ARROZ**

As ceras foram preparadas em forma de emulsão A/0, com concentração de 8%, conforme metodologia usada por Rodrigues *et al.* (2014), com ligeiras modificações.

Para o preparo de cada emulsão, fundiu-se a cera acima de 85°C em um béquer sob agitação. Paralelamente, uma suspensão aquosa contendo Tween 80 (polissorbato 80) e Span 80 (monooleato de sorbitan 80) como emulsificantes (a 14,4% p/p e 5,6%, respectivamente, com base no peso seco de cera) também foi aquecida a 85°C e, sob agitação constante, esta mistura foi vertida sob a cera fundida. A emulsão foi conduzida ao processador ultrassônico de 400 W (UP400S, Hielscher, Teltow), trabalhando a 24 kHz em dez ciclos intercalados com pausas de 15 s.

### **4.4 PREPARO DOS REVESTIMENTOS COMPOSTOS**

A solução filmogênica de pectina (PEC) foi preparada seguindo adaptação da metodologia de Asevedo *et al.* (2018). Foram adicionados 500 mL de água destilada, 10 g de pectina (2% m/v) e 2,5 g de glicerol (0,5% m/v) em um béquer. Essa solução permaneceu sob agitação constante em agitador magnético (SP 162 - SP LABOR) por cerca de 30 minutos após atingir a temperatura de 70°C. Findado o tempo, a solução foi mantida em temperatura ambiente para resfriamento. O pó de CMC na concentração de 1% foi dissolvido em água destilada e a mistura foi vertida em um béquer de 1 L. A solução de CMC foi homogeneizada continuamente por ~ 3 h em um agitador magnético. Depois disso, o material de revestimento foi mantido a  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  em geladeira para completa solubilidade. Após a hidratação de 24 h do CMC, ele foi levado à temperatura ambiente e 1% de glicerol foi adicionado como plastificante (ALI *et al.*, 2021).

Cada uma das emulsões de cera, (arroz (A) e cana-de-açúcar (C)), previamente preparadas, foram adicionadas às correspondentes dispersões de pectina e CMC em diferentes

concentrações, ou seja, 0% (controle) e 20% (PECA, PECC, CMCC e CMCA). As emulsões formadoras de revestimento resultantes foram então homogeneizadas por 10 minutos e posteriormente aplicadas para o recobrimento dos frutos de manga.

#### 4.5 TESTES PRELIMINARES

A concentração dos materiais utilizados nas soluções filmogênicas foi selecionada após testes preliminares. Os testes preliminares foram conduzidos no mês de maio de 2022, e as soluções filmogênicas testadas foram as descritas na Tabela 1.

Tratamentos	Pectina (%)	CMC (%)	Cera de arroz (%)	Cera de cana-de-açúcar (%)
T1 (PEC)	2	0	0	0
T2 (PECC)	2	0	0	10
T3 (PECC)	2	0	0	20
T4 (PECA)	2	0	10	0
T5 (PECA)	2	0	20	0
T5 (CMC)	0	1	0	0
T6 (CMCC)	0	1	0	10
T7 (CMCC)	0	1	0	20
T8 (CMCA)	0	1	10	0
T9 (CMCA)	0	1	20	0
T10 (C)	0	0	0	0

**Tabela 1** - Descrição das concentrações e associações das soluções filmogênicas utilizadas no recobrimento dos frutos de manga em testes preliminares. PEC = Pectina; PECC = Pectina + de Cera de Cana-de-açúcar; PECA = Pectina + de Cera de Arroz; CMC = CMC; CMCC = CMC + de Cera de Cana-de-açúcar; CMCA = CMC + Cera de Arroz; C = controle (não revestidas).

As mangas foram armazenadas em B.O.D. a 20°C e UR de 60% por 15 dias e avaliadas na frequência de 3 em 3 dias para os parâmetros de coloração e perda de massa. Com base nos resultados obtidos nos testes preliminares, foram definidas as condições experimentais. As soluções filmogênicas que tiveram o melhor desempenho em recobrir os frutos e retardar a maturação dos frutos foram as selecionadas para o experimento, sendo as seguintes: pectina 2% + 20% de cera cana-de-açúcar, pectina 2% + 20% de cera cana-de-arroz, pectina 2%, CMC 1% + 20% de cera cana-de-açúcar, CMC 1% + 20% de cera arroz e CMC 1%.

#### 4.6 REVESTIMENTO DOS FRUTOS

O revestimento dos frutos consistiu na imersão completa do fruto em cada solução filmogênica. Os frutos foram totalmente submersos nas soluções por três minutos e em seguida drenados utilizando telas de náilon para que o excesso de solução fosse eliminado, sobrando apenas uma fina película que promoveu o revestimento. As concentrações de cada tratamento, bem como a composição dos revestimentos compostos foram determinados em estudos preliminares e estão descritos no Quadro 1.

Tratamentos	Pectina (%)	CMC (%)	Cera de arroz (%)	Cera de cana-de-açúcar (%)
T1 (PEC)	2	0	0	0
T2 (PECC)	2	0	0	20
T3 (PECA)	2	0	20	0
T4 (CMC)	0	1	0	0
T5 (CMCC)	0	1	0	20
T6 (CMCA)	0	1	20	0
T7 (C)	0	0	0	0

**Quadro 1** – Descrição das concentrações e associações das soluções filmogênicas utilizadas no recobrimento dos frutos de manga. PEC = Pectina; PECC = Pectina + de Cera de Cana-de-açúcar; PECA = Pectina + de Cera de Arroz; CMC = CMC; CMCC = CMC + de Cera de Cana-de-açúcar; CMCA = CMC + Cera de Arroz; C = controle (não revestidas).

Os frutos foram secos e foram acondicionados em bandejas de polipropileno (Figura 4), padronizando o número de frutos por bandeja e armazenados a 20°C e UR 60% durante 15 dias. Foram preparadas três bandejas com três frutos para cada tratamento para as análises não destrutivas e outras três bandejas com três frutos para as análises destrutivas, em todos os tempos, totalizando 441 frutos. As análises físico-químicas foram realizadas a cada três dias durante 15 dias, sendo elas: coloração, perda de massa, taxa respiratória, acidez total titulável, teor de sólidos solúveis e firmeza.



**Figura 4** - Disposição das mangas em bandejas de polipropileno. Fonte: Própria autora.

#### 4.7 COLORAÇÃO

Foi utilizado colorímetro digital (Chroma Meter CR - 400 - KONICA MINOLTA), expressando os resultados pelo sistema CIE  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , em que foram medidos os valores de  $L^*$  (100 = branco; 0 = preto),  $a^*$  (positivo = vermelho; negativo = verde),  $b^*$  (positivo = amarelo; negativo = azul) (KONICA MINOLTA, 2003). O colorímetro foi calibrado com a placa padrão branco que acompanha o equipamento ( $L = 92,8$ ,  $a = -0,8$ ,  $b = 0,1$ ). A cor da casca foi medida diretamente nos frutos de manga. Para a medição da coloração foram utilizados 9 frutos e foram feitas 2 leituras ao longo do perímetro equatorial de  $360^\circ$  de cada fruto. Assim, os valores de cor relatados foram a média de 18 leituras por tratamento em cada tempo amostrado. A determinação dos índices de cor Chroma e  $^\circ\text{Hue}$  foi realizada utilizando a média dos parâmetros  $a^*$  e  $b^*$ , de acordo com as Equações 1 e 2, respectivamente:

$$\text{Chroma} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (\text{Equação 1})$$

$$^\circ\text{Hue} = \text{tg}^{-1} \cdot b^* / a^* \quad (\text{Equação 2})$$

#### 4.8 PERDA DE MASSA

O acompanhamento da perda de massa ao longo do armazenamento foi feito por meio de uma balança analítica, com quatro casas decimais de precisão e com calibração automática (Marca Bel Engineering, modelo M214AIH). Os valores foram expressos em percentagem,

calculados sobre o peso inicial e final de cada fruto (ROSANOVA, 2013), conforme Equação 3:

$$PMF = \left( \frac{MFI - MFF}{MFI} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

PMF = perda de massa fresca (%);

MFI = massa fresca inicial (g);

MFF = massa fresca final (g).

#### 4.9 TAXA RESPIRATÓRIA

As taxas respiratórias foram verificadas conforme metodologia descrita por Castricini *et al.* (2004). No interior de um recipiente foi acondicionado um fruto com um reservatório de polipropileno contendo 10 mL de NaOH 0,5 N, que funciona como fixador do CO<sub>2</sub> produzido no processo de respiração. Cada tratamento contou com uma repetição denominada prova em branco (controle), que foi preparada sem o fruto. Todos os recipientes tiveram a vedação reforçada com película de filme PVC, para evitar que ocorresse trocas gasosas com o meio externo.

Os frutos permaneceram em cada frasco por um período de duas horas, quando foi retirada a solução de NaOH do reservatório e transferida para um Erlenmeyer. A esta solução foi adicionada três gotas do indicador fenolftaleína, em seguida procedeu-se a titulação com ácido clorídrico a 0,1 N.

A taxa respiratória foi expressa em mg de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> e o cálculo obtido pela Equação 4:

$$mg \text{ CO}_2 \cdot g \text{ matéria fresca}^{-1} = \left( \frac{(B-L)XC}{MF} \right) \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

B = volume em mL gasto para a titulação do “branco” (recipiente sem o fruto, somente com recipiente contendo o NaOH) e todos os intervalos de tempo tem o seu próprio valor para cada tratamento;

L = leitura do volume gasto para neutralizar o NaOH submetido à respiração dos frutos;

C = Fator de correção;

MF = massa fresca dos frutos no momento das avaliações.

A taxa respiratória horária, foi obtida através da Equação 5:

$$\text{mg } CO_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1} = \left( \frac{\text{mg } CO_2 / g \text{ matéria fresca}}{IT} \right) \times 1000 \quad (\text{Equação 5})$$

Em que:

IT = Intervalo de tempo entre as titulações (2h).

#### 4.10 ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL

Foram pesados 5 g da fruta que foram dissolvidos em 50 mL de água destilada e a mistura filtrada em papel de filtro. A análise de acidez foi realizada através da titulação com hidróxido de sódio 0,1 M, utilizando 3 gotas do indicador fenolftaleína à solução (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985). A acidez foi expressa em percentagem de ácido cítrico e o cálculo feito conforme Equação 6:

$$AT = ((V) \times (N) \times \left( \frac{0,064}{6} \right) \times 100) \quad (\text{Equação 6})$$

Em que:

AT = acidez titulável (% ácido cítrico);

V = volume gasto de NaOH (mL);

N = normalidade do NaOH.

#### 4.11 SÓLIDO SOLÚVEIS TOTAIS (°BRIX)

Os sólidos solúveis expressos em °Brix foram avaliados conforme o Instituto Adolfo Lutz (1985), utilizando o meio de leitura direta em refratômetro digital portátil (DR 301-95-KRUSS). A medição foi feita depositando uma pequena quantidade do suco homogeneizado sobre a superfície do prisma, dando início a leitura dos valores de forma direta (MORETTI, 2006).

#### 4.12 FIRMEZA

As mudanças na textura da casca e da polpa dos frutos de manga durante o período de

armazenamento foram analisadas em texturômetro TexturePro CT V1.5 Build (Brookfield), com uma célula de carga de 0,07 Newtons (N).

Após testes preliminares, foram adotadas as melhores condições em detectar a força de penetração nos frutos. Com isso, utilizou-se um probe cilíndrico de 2 mm de diâmetro a uma velocidade de 1,00 mm.s<sup>-1</sup>. A distância de perfuração do fruto inteiro foi de 10 mm. Para cada fruto foram realizadas duas medições em pontos aleatórios do fruto objetivando melhor representação, obtendo um valor médio da força máxima de penetração (N). Os testes de penetração forneceram as forças requeridas de rompimento da periderme.

#### **4.13 MICROESTRUTURA**

A análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi feita para observar a microestrutura das amostras de cascas das mangas revestidas. As amostras foram fixadas aos porta-amostras com fita adesiva de carbono e recobertas com ouro como elemento condutor. As imagens foram obtidas em um microscópio eletrônico de varredura por emissão de campo (MEV-FEG Jeol JSM7100F) com tensão de aceleração de elétrons de 3 kV no modo de detecção de elétrons secundários. As análises foram feitas no laboratório CRTI (Centro Regional para Desenvolvimento Tecnológico e Inovação) – Goiânia (GO).

#### **4.14 ESTIMATIVA DE RENDIMENTO**

O rendimento da pectina foi expresso em percentagem e foi calculado ao final da extração. O cálculo foi feito pela divisão do peso de pectina extraído pelo peso da quantidade de farinha de casca de maracujá utilizado e o valor foi multiplicado por 100, como descrito na Equação 7:

$$\text{Pectina extraída (g) / Farinha de Casca de Maracujá utilizado (g) x 100} \quad (\text{Equação 7})$$

O rendimento das ceras foi expresso em percentagem, segundo revisão da literatura, uma vez que não foi feita extração de nenhuma delas.

#### **4.15 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com esquema fatorial 7 (tratamentos) × 6 (dias de amostragem) x 9 (repetições), totalizando 378 frutos para as análises físicas e químicas destrutivas, 63 frutos para as não destrutivas, totalizando 441 frutos amostrados.

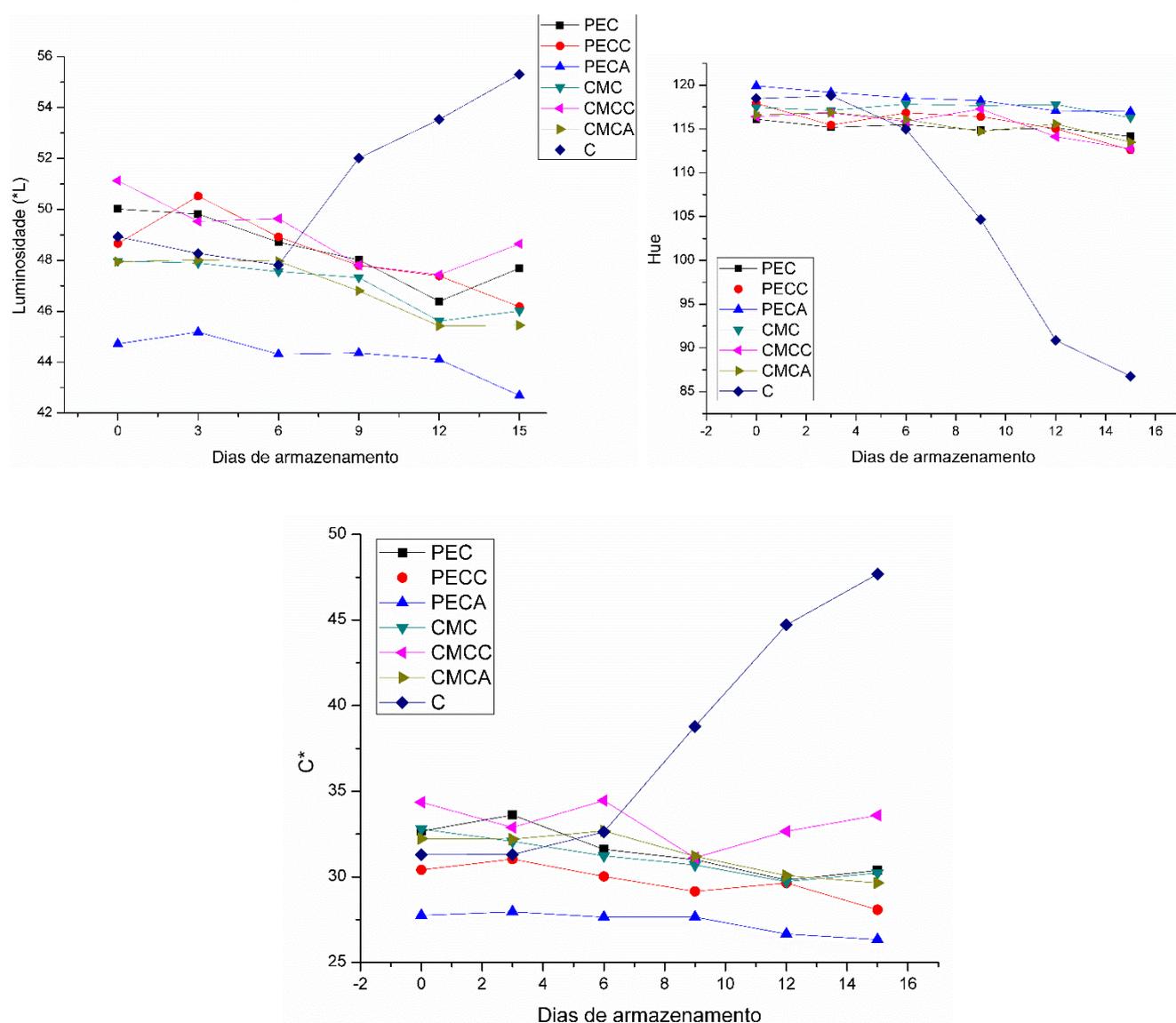
Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando pertinente

ao teste de comparação de médias (Tukey) ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar 5.8.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 COLORAÇÃO

Os frutos revestidos mantiveram sua cor durante o período do experimento, em contraste com os frutos não revestidos que mudaram da coloração verde para coloração amarela. A Figura 5 e a Tabela 2 apresentam os resultados das medições de cor ( $L^*$ ,  $C^*$  e  $^{\circ}$ Hue) realizadas nas cascas das mangas.



**Figura 5** – Efeito dos diferentes tratamentos nos parâmetros de luminosidade ( $L^*$ ), chroma ( $C^*$ ) e ângulo Hue nas cascas de mangas armazenadas durante 15 dias a 20°C e UR 60%. C = Controle (frutos não revestidos); PEC = frutos revestidos com pectina 2%; PECC = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de cana-de-açúcar; PECA = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de arroz; CMC = frutos revestidos com CMC 1%; CMCC = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de cana-de-açúcar; CMCA = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de arroz.

Tratamentos	Parâmetros	Dias de armazenamento					
		0	3	6	9	12	15
C	L*	48,93 ± 4,29 <sup>ab</sup>	48,27 ± 4,43 <sup>ab</sup>	47,82 ± 4,27 <sup>ab</sup>	53,53 ± 7,79 <sup>aAB</sup>	55,06 ± 7,75 <sup>aA</sup>	52,01 ± ,80 <sup>aAB</sup>
	C*	31,30 ± 3,86 <sup>abD</sup>	31,30 ± 4,81 <sup>abD</sup>	32,62 ± 4,20 <sup>aCD</sup>	38,78 ± 8,03 <sup>aBC</sup>	44,71 ± 10,08 <sup>aAB</sup>	47,69 ± 0,71 <sup>aA</sup>
	Hue	118,46 ± 3,92 <sup>abA</sup>	118,79 ± 3,61 <sup>abA</sup>	114,97 ± 5,42 <sup>aAB</sup>	104,66 ± 12,72 <sup>bB</sup>	90,88 ± 16,92 <sup>bC</sup>	86,78 ± 7,34 <sup>bC</sup>
PEC	L*	50,01 ± 4,53 <sup>aA</sup>	49,81 ± 4,01 <sup>aA</sup>	48,71 ± 3,98 <sup>aA</sup>	48,02 ± 4,52 <sup>abA</sup>	46,95 ± 5,34 <sup>bA</sup>	47,52 ± 4,18 <sup>bA</sup>
	C*	32,67 ± 5,10 <sup>aA</sup>	33,61 ± 4,21 <sup>aA</sup>	31,61 ± 4,91 <sup>abA</sup>	31,00 ± 5,43 <sup>bA</sup>	29,81 ± 5,43 <sup>bcA</sup>	30,37 ± 4,65 <sup>bcA</sup>
	Hue	116,11 ± 4,39 <sup>ba</sup>	115,19 ± 4,12 <sup>ca</sup>	115,48 ± 3,51 <sup>aA</sup>	114,85 ± 4,78 <sup>aA</sup>	115,57 ± 4,64 <sup>aA</sup>	114,14 ± ,76 <sup>aA</sup>
PECC	L*	48,66 ± 3,68 <sup>abAB</sup>	50,52 ± 3,56 <sup>aA</sup>	48,92 ± 3,40 <sup>aAB</sup>	47,80 ± 3,00 <sup>abAB</sup>	47,38 ± 3,00 <sup>bAB</sup>	46,43 ± 4,04 <sup>bcB</sup>
	C*	30,41 ± 3,49 <sup>abA</sup>	31,03 ± 3,91 <sup>abA</sup>	30,02 ± 4,27 <sup>abA</sup>	29,15 ± 4,43 <sup>ba</sup>	29,64 ± 4,41 <sup>bcA</sup>	28,07 ± 5,04 <sup>bcA</sup>
	Hue	117,93 ± 2,53 <sup>abA</sup>	115,44 ± 5,08 <sup>bcAB</sup>	116,83 ± 4,13 <sup>aA</sup>	116,39 ± 3,65 <sup>aAB</sup>	115,02 ± 2,87 <sup>aAB</sup>	112,62 ± ,13 <sup>aB</sup>
PECA	L*	44,72 ± 3,34 <sup>ba</sup>	45,18 ± 1,84 <sup>ba</sup>	44,31 ± 2,55 <sup>ba</sup>	44,36 ± 4,03 <sup>ba</sup>	44,10 ± 4,03 <sup>ba</sup>	42,51 ± 2,77 <sup>ca</sup>
	C*	27,74 ± 3,46 <sup>ba</sup>	27,95 ± 2,89 <sup>ba</sup>	27,64 ± 2,89 <sup>ba</sup>	27,64 ± 2,53 <sup>ba</sup>	26,66 ± 2,55 <sup>ca</sup>	26,33 ± 1,86 <sup>ca</sup>
	Hue	119,91 ± 2,31 <sup>aA</sup>	119,17 ± 1,34 <sup>aAB</sup>	118,53 ± 2,10 <sup>aABC</sup>	118,23 ± 2,67 <sup>aABC</sup>	117,07 ± 2,52 <sup>aBC</sup>	116,99 ± ,97 <sup>aC</sup>
CMC	L*	47,98 ± 3,51 <sup>abA</sup>	47,89 ± 4,09 <sup>abA</sup>	47,56 ± 3,49 <sup>abA</sup>	47,33 ± 3,47 <sup>ba</sup>	45,61 ± 3,36 <sup>ba</sup>	46,07 ± 3,33 <sup>bcA</sup>
	C*	32,79 ± 4,53 <sup>aA</sup>	32,07 ± 4,46 <sup>abA</sup>	31,23 ± 5,15 <sup>abA</sup>	30,69 ± 4,52 <sup>ba</sup>	29,72 ± 4,24 <sup>bcA</sup>	30,23 ± 4,09 <sup>bcA</sup>
	Hue	117,46 ± 2,92 <sup>abA</sup>	117,11 ± 2,75 <sup>abcA</sup>	117,83 ± 3,19 <sup>aA</sup>	117,65 ± 3,12 <sup>aA</sup>	117,76 ± 3,15 <sup>aA</sup>	116,28 ± ,27 <sup>aA</sup>
CMCC	L*	51,13 ± 3,77 <sup>aA</sup>	49,53 ± 4,09 <sup>aA</sup>	49,63 ± 3,30 <sup>aA</sup>	47,81 ± 3,73 <sup>abA</sup>	47,43 ± 3,60 <sup>ba</sup>	48,32 ± 4,53 <sup>ba</sup>
	C*	34,36 ± 4,40 <sup>aA</sup>	32,88 ± 4,97 <sup>aA</sup>	34,45 ± 4,06 <sup>aA</sup>	31,11 ± 4,29 <sup>ba</sup>	32,66 ± 4,43 <sup>ba</sup>	33,59 ± 6,31 <sup>ba</sup>
	Hue	116,40 ± 3,05 <sup>baB</sup>	116,82 ± 3,45 <sup>abcAB</sup>	115,85 ± 3,20 <sup>aAB</sup>	117,26 ± 3,45 <sup>aA</sup>	114,12 ± 5,19 <sup>aAB</sup>	112,72 ± ,49 <sup>aB</sup>
CMCA	L*	47,94 ± 4,26 <sup>abA</sup>	48,02 ± 4,19 <sup>abA</sup>	47,96 ± 4,78 <sup>abA</sup>	46,80 ± 5,01 <sup>ba</sup>	45,42 ± 5,01 <sup>ba</sup>	45,49 ± 4,18 <sup>bcA</sup>
	C*	32,23 ± 4,75 <sup>aA</sup>	32,20 ± 4,52 <sup>aA</sup>	32,68 ± 5,51 <sup>aA</sup>	31,20 ± 5,25 <sup>ba</sup>	30,06 ± 5,71 <sup>bcA</sup>	29,64 ± 5,41 <sup>bcA</sup>
	Hue	116,60 ± 3,64 <sup>abA</sup>	116,88 ± 3,34 <sup>abcA</sup>	116,06 ± 3,16 <sup>aA</sup>	114,70 ± 4,10 <sup>aA</sup>	115,57 ± 3,23 <sup>aA</sup>	113,49 ± ,55 <sup>aA</sup>

**Tabela 2** – Efeito dos diferentes tratamentos nos parâmetros de luminosidade (L\*), chroma (C\*) e ângulo Hue nas cascas de mangas armazenadas durante 15 dias a 20°C e UR 60%. Letras minúsculas diferentes na coluna mostram diferenças significativas e letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre linhas usando o teste de Tukey (p < 0,05). C = Controle (frutos não revestidos); PEC = frutos revestidos com pectina 2%; PECC = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de cana-de-açúcar; PECA = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de arroz; CMC = frutos revestidos com CMC 1%; CMCC = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de cana-de-açúcar; CMCA = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de arroz.

Os valores de  $L^*$  variam de 0 a 100, em que zero representa a cor preta e 100 corresponde à cor branca. Dessa forma, quanto menor o valor de  $L^*$ , mais escuro será o produto (FURUSE *et al.*, 2018). Com base nos resultados apresentados na Figura 5 e Tabela 2 não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) nos valores médios de  $L^*$  entre os frutos revestidos. No entanto, em comparação com os frutos sem revestimento (C), foi observado aumento nos valores de  $L^*$  durante o armazenamento. Essa diferença pode estar relacionada com o retardo do amadurecimento dos frutos revestidos, que apresentaram coloração mais escura (NUNES *et al.*, 2007). Portanto, os frutos revestidos apresentaram menores valores de  $L^*$  por sua coloração mais escura, que é uma característica dos estágios iniciais de maturação.

A análise colorimétrica realizada sugere que os frutos sem revestimento iniciaram o processo de amadurecimento a partir do sexto dia de armazenamento, quando a luminosidade da casca apresentou diferença significativa em relação às frutas revestidas, tornando-se mais clara a partir desse momento. Esse aumento do valor de luminosidade da casca está diretamente relacionado ao amadurecimento, refletindo a cor amarela resultante da degradação da clorofila (verde) e da síntese de pigmentos carotenoides (amarelo-alaranjado). Isso é um dos principais processos responsáveis por alterações na cor dos frutos, de acordo com Nunes *et al.* (2007) e Chien *et al.* (2009). Jha *et al.* (2006) também observaram que à medida que a cor da casca dos frutos de manga tornou-se mais amarelada, houve aumento na luminosidade.

O ângulo Hue, de acordo com o sistema CIE  $L^* a^* b^*$ , é considerado como vermelho no ângulo  $0^\circ$ , amarelo no ângulo  $90^\circ$ , verde no ângulo  $180^\circ$  e azul no ângulo  $270^\circ$  (FERREIRA & SPRICIGO, 2017). Ao analisarmos a Figura 5 e a Tabela 2, podendo observar que os valores médios do ângulo Hue apresentaram diminuição nos frutos sem revestimento (C), enquanto nos frutos com revestimento não houve mudanças significativas ( $p > 0,05$ ) desse parâmetro durante o armazenamento. No último dia de armazenamento, nos frutos sem revestimento (C), as variações do ângulo Hue na coloração da casca estavam na faixa do amarelo ( $86,78^\circ$ ), enquanto nas mangas com revestimento esses valores estavam na faixa do verde amarelado (valores próximos a  $110^\circ$ ).

Segundo Nunes *et al.*, (2007) a redução do ângulo Hue da casca de mangas ‘Palmer’ indica mudança na coloração de verde amarelado para amarelo avermelhado, ocorrendo a cerca de oito dias, quando os frutos são mantidos a temperatura ambiente. De forma similar, o experimento apresentou redução do ângulo Hue da casca das mangas não revestidas a partir do sexto dia de armazenamento (Figura 5 e Tabela 2), indicando mudança da cor verde para o amarelo, ao contrário dos frutos revestidos, que apresentaram menor alteração de cor. Este efeito, que também foi observado por Nunes *et al.*, (2007) em mangas ‘Tommy Atkins’ e

‘Palmer’, foi atribuído ao amadurecimento.

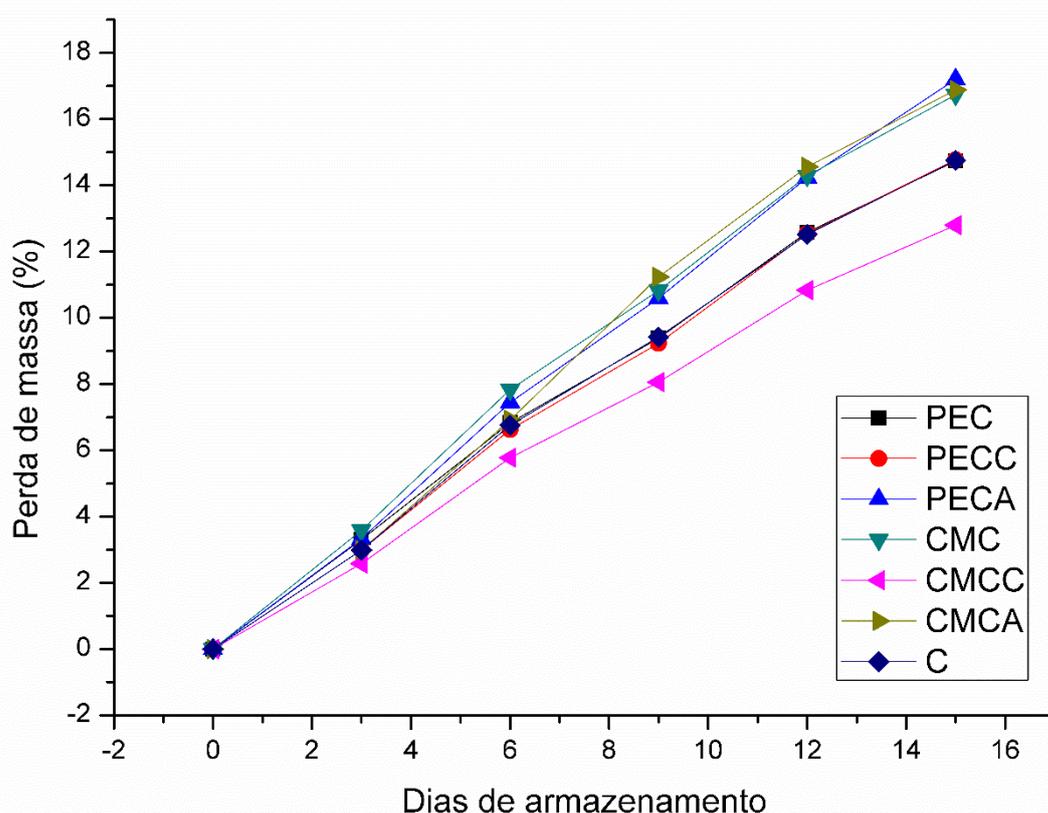
Verificou-se que todos os revestimentos contribuíram para manutenção do ângulo Hue, sugerindo atraso no amadurecimento, uma vez que as mudanças na coloração da casca estão relacionadas ao processo de degradação da clorofila e síntese de carotenoides (EBRAHIMI & RASTEGAR, 2020; SINGH *et al.*, 2013). Isso ocorreu em decorrência da modificação da atmosfera circundante nos frutos tratados, que elevou a taxa de CO<sub>2</sub> interno e reduziu o consumo de O<sub>2</sub>. Com isso, houve redução dos processos enzimáticos e da atividade respiratória. Resultados similares foram encontrados em goiabas (FORMIGA *et al.*, 2019), tomates (FAGUNDES *et al.*, 2015) e mangas (SOUSA *et al.*, 2021) submetidos ao recobrimento com hidroxipropilmetilcelulose e cera de abelha.

O chroma representa a saturação da cor, relacionado à intensidade, sendo que quanto maior for o chroma, maior a vivacidade das cores perceptíveis aos humanos (FERREIRA & SPRICIGO, 2017). Sendo assim, valores de chroma maior da casca de mangas sem recobrimento indica cores mais vibrantes e menos opacas. Os valores encontrados de chroma (C\*) apresentaram tendência semelhante à luminosidade (L\*), com aumento dos valores a partir do 6º dia de armazenamento nos frutos não revestidos (Figura 5 e Tabela 2). Em contrapartida, nos frutos recobertos, não houve variação significativa na cromaticidade da casca.

Nunes *et al.*, (2007) caracterizaram a mudança na cor da casca de mangas ‘Palmer’, de verde fosco para amarelo avermelhado vívido. Já Santos & Morgado (2010) e Serpa *et al.*, (2014), constataram aumento na intensidade da cor amarela e no brilho da polpa, relacionados ao amadurecimento. Assim, a manutenção da cromaticidade da casca nos frutos revestidos e o aumento deste valor nos frutos controle, também sugerem que os recobrimentos contribuíram para retardar o amadurecimento das mangas no presente estudo.

## 5.2 PERDA DE MASSA

Os resultados para perda de massa para frutos não revestidos e revestidos estão representados na Figura 6 e Tabela 3. A perda de massa fresca aumentou à medida que foi passando os dias de armazenagem em todos os tratamentos.



**Figura 6** – Efeito dos diferentes tratamentos na perda de massa fresca (%) em mangas armazenadas durante 15 dias a 20°C e UR 60%. C = Controle (frutos não revestidos); PEC = frutos revestidos com pectina 2%; PECC = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de cana-de-açúcar; PECA = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de arroz; CMC = frutos revestidos com CMC 1%; CMCC = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de cana-de-açúcar; CMCA = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de arroz.

Tratamentos	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
C	0 ± 0 <sup>cF</sup>	2,99 ± 0,37 <sup>abE</sup>	6,76 ± 0,74 <sup>abD</sup>	9,42 ± 0,96 <sup>aC</sup>	12,52 ± 1,20 <sup>aB</sup>	14,75 ± 1,31 <sup>abA</sup>
PEC	0 ± 0 <sup>cD</sup>	3,31 ± 1,37 <sup>abC</sup>	6,83 ± 1,86 <sup>abB</sup>	9,38 ± 2,32 <sup>aB</sup>	12,58 ± 2,90 <sup>aA</sup>	14,73 ± 3,31 <sup>abA</sup>
PECC	0 ± 0 <sup>cD</sup>	2,99 ± 0,72 <sup>abC</sup>	6,63 ± 1,50 <sup>abB</sup>	9,23 ± 2,05 <sup>aB</sup>	12,54 ± 2,71 <sup>aA</sup>	14,77 ± 3,17 <sup>abA</sup>
PECA	0 ± 0 <sup>cF</sup>	3,33 ± 0,32 <sup>abE</sup>	7,45 ± 0,58 <sup>abD</sup>	10,59 ± 1,05 <sup>aC</sup>	14,23 ± 0,93 <sup>aB</sup>	17,20 ± 1,74 <sup>aA</sup>
CMC	0 ± 0 <sup>cF</sup>	3,58 ± 0,51 <sup>aE</sup>	7,84 ± 1,04 <sup>aD</sup>	10,82 ± 1,37 <sup>aC</sup>	14,29 ± 1,76 <sup>aB</sup>	16,73 ± 2,00 <sup>abA</sup>
CMCC	0 ± 0 <sup>cF</sup>	2,58 ± 0,41 <sup>bE</sup>	5,77 ± 0,79 <sup>bD</sup>	8,06 ± 1,07 <sup>aC</sup>	10,83 ± 1,43 <sup>aB</sup>	12,80 ± 1,65 <sup>bA</sup>
CMCA	0 ± 0 <sup>cE</sup>	2,99 ± 0,47 <sup>abDE</sup>	6,92 ± 1,28 <sup>abCD</sup>	11,23 ± 5,16 <sup>aBC</sup>	14,56 ± 5,24 <sup>aAB</sup>	16,88 ± 5,37 <sup>abA</sup>

**Tabela 3** – Efeito dos diferentes tratamentos na perda de massa fresca (%) em mangas armazenadas durante 15 dias a 20°C e UR 60%. Letras minúsculas diferentes na coluna mostram diferenças significativas e letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre linhas usando o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). C = Controle (frutos não revestidos); PEC = frutos revestidos com pectina 2%; PECC = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de cana-de-açúcar; PECA = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de arroz; CMC = frutos revestidos com CMC 1%; CMCC = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de cana-de-açúcar; CMCA = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de arroz.

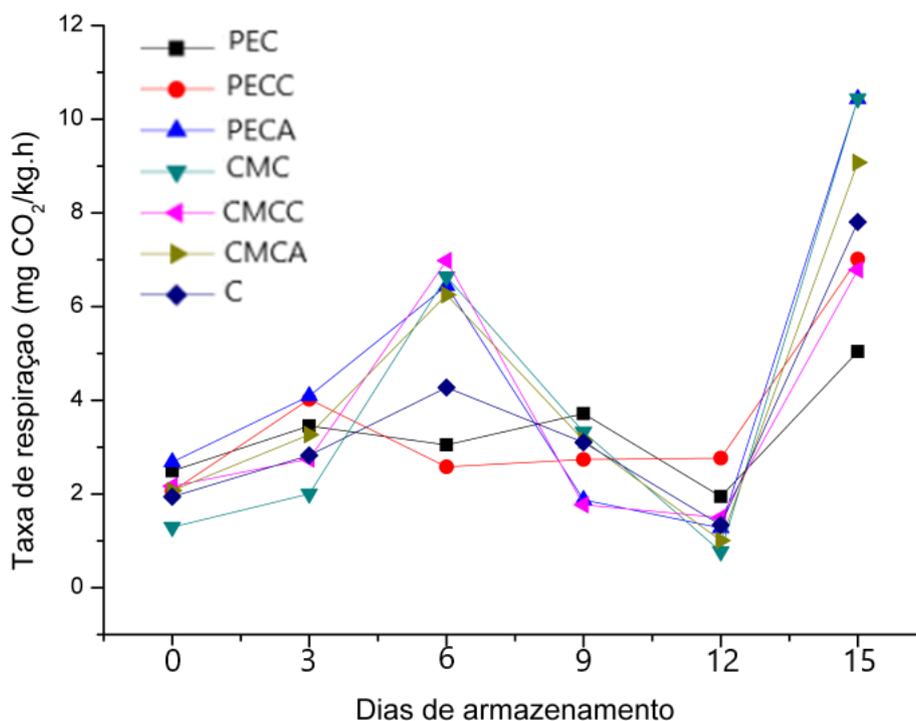
Os frutos revestidos com CMCC apresentaram os menores percentuais de perda de massa durante o armazenamento em comparação com os outros tratamentos (Figura 6 e Tabela 3). No último dia de armazenamento (15º dia), os frutos revestidos com CMCC apresentaram valores de perda de massa de 12,80%, enquanto os demais tratamentos apresentaram valores variando de 14,73-16,88%.

Os menores valores de perda de massa observados para CMCC podem estar relacionados com as boas propriedades de barreira a umidade do material de revestimentos, associada principalmente à presença da cera de cana que apresenta boa hidrofobicidade (BARBOZA *et al.*, 2022; GALUS & KADZIŃSKA, 2015). Comportamento similar foi relatado por Sousa *et al.* (2021) em frutos de manga revestidos com hidroxipropilmetilcelulose e cera de abelha.

Os resultados evidenciam que os revestimentos utilizados são semipermeáveis, permitindo que o fruto continuasse respirando e perdendo água, e, como consequência, reduzindo massa com o passar do tempo (DOS SANTOS *et al.*, 2011). Os resultados evidenciam que os revestimentos utilizados são semipermeáveis, permitindo que o fruto continuasse respirando e perdendo água, e, como consequência, reduzindo massa com o passar do tempo (DOS SANTOS *et al.*, 2011). As variações nos valores de perda de massa podem estar relacionadas à permeabilidade e espessura nas coberturas formadas pela incorporação das ceras aos revestimentos, que possibilitaram a passagem de vapor água (JIMÉNEZ *et al.*, 2010).

### **5.3 TAXA RESPIRATÓRIA**

Os valores da taxa respiratória, expressa em  $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , estão descritos na Figura 7 e Tabela 4, e mostram que a respiração da manga produz  $\text{CO}_2$  durante o armazenamento. O pico de produção de  $\text{CO}_2$  ocorreu no 15º dia de armazenamento, independente do tratamento, sendo as frutas recobertas com PECA, PECC e PEC apresentaram menor diferença na produção de  $\text{CO}_2$  que o controle.



**Figura 7** - Efeito dos diferentes tratamentos sobre a taxa respiratória ( $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) em mangas armazenadas por 15 dias a  $20^\circ\text{C}$  e 60% UR. C = Controle (frutos não revestidos); PEC = frutos revestidos com pectina 2%; PECC = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de cana-de-açúcar; PECA = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de arroz; CMC = frutos revestidos com CMC 1%; CMCC = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de cana-de-açúcar; CMCA = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de arroz.

Tratamentos	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
C	$1,94 \pm 0,40^{\text{aBC}}$	$2,82 \pm 1,22^{\text{aBC}}$	$4,27 \pm 0,76^{\text{abB}}$	$3,10 \pm 1,53^{\text{aBC}}$	$1,34 \pm 0,82^{\text{abC}}$	$7,80 \pm 1,25^{\text{abA}}$
PEC	$2,49 \pm 0,34^{\text{aBC}}$	$3,45 \pm 0,54^{\text{aABC}}$	$3,05 \pm 0,82^{\text{bBC}}$	$3,72 \pm 0,66^{\text{aAB}}$	$1,94 \pm 0,66^{\text{abC}}$	$5,04 \pm 0,29^{\text{bA}}$
PECC	$2,06 \pm 0,32^{\text{aB}}$	$4,02 \pm 1,03^{\text{aAB}}$	$2,58 \pm 0,97^{\text{bB}}$	$2,74 \pm 0,68^{\text{aB}}$	$2,76 \pm 0,66^{\text{aB}}$	$7,01 \pm 2,33^{\text{abA}}$
PECA	$2,68 \pm 0,63^{\text{aCD}}$	$4,09 \pm 1,39^{\text{aBC}}$	$6,44 \pm 0,35^{\text{aB}}$	$1,87 \pm 0,13^{\text{aCD}}$	$1,27 \pm 0,09^{\text{bD}}$	$10,43 \pm 1,93^{\text{aA}}$
CMC	$1,29 \pm 0,97^{\text{aC}}$	$2,74 \pm 0,52^{\text{aC}}$	$6,64 \pm 1,57^{\text{aAB}}$	$3,32 \pm 1,25^{\text{aBC}}$	$0,77 \pm 0,31^{\text{bC}}$	$10,44 \pm 2,72^{\text{aA}}$
CMCC	$2,17 \pm 0,77^{\text{aB}}$	$2,75 \pm 0,71^{\text{aB}}$	$6,98 \pm 1,71^{\text{aA}}$	$1,77 \pm 0,30^{\text{aB}}$	$1,49 \pm 0,40^{\text{abB}}$	$6,78 \pm 0,75^{\text{abA}}$
CMCA	$2,07 \pm 0,84^{\text{aCD}}$	$3,27 \pm 0,55^{\text{aD}}$	$6,25 \pm 0,29^{\text{aB}}$	$3,15 \pm 0,56^{\text{aC}}$	$1,00 \pm 0,39^{\text{bD}}$	$9,07 \pm 0,56^{\text{abA}}$

**Tabela 4** - Efeito dos diferentes tratamentos sobre a taxa respiratória ( $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) em mangas armazenadas por 15 dias a  $20^\circ\text{C}$  e 60% UR. Letras minúsculas diferentes na coluna mostram diferenças significativas e letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre linhas usando o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). C = Controle (frutos não revestidos); PEC = frutos revestidos com pectina 2%; PECC = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de cana-de-açúcar; PECA = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de arroz; CMC = frutos revestidos com CMC 1%; CMCC = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de cana-de-açúcar; CMCA = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de arroz.

Este comportamento provavelmente indica redução na respiração decorrente do uso dos revestimentos, gerando menor degradação dos ácidos orgânicos (MIGUEL *et al.*, 2009), sugerindo que foram mais eficientes no retardo da senescência dos frutos por reduzir as taxas metabólicas e contribuir, assim, para o retardo do amadurecimento.

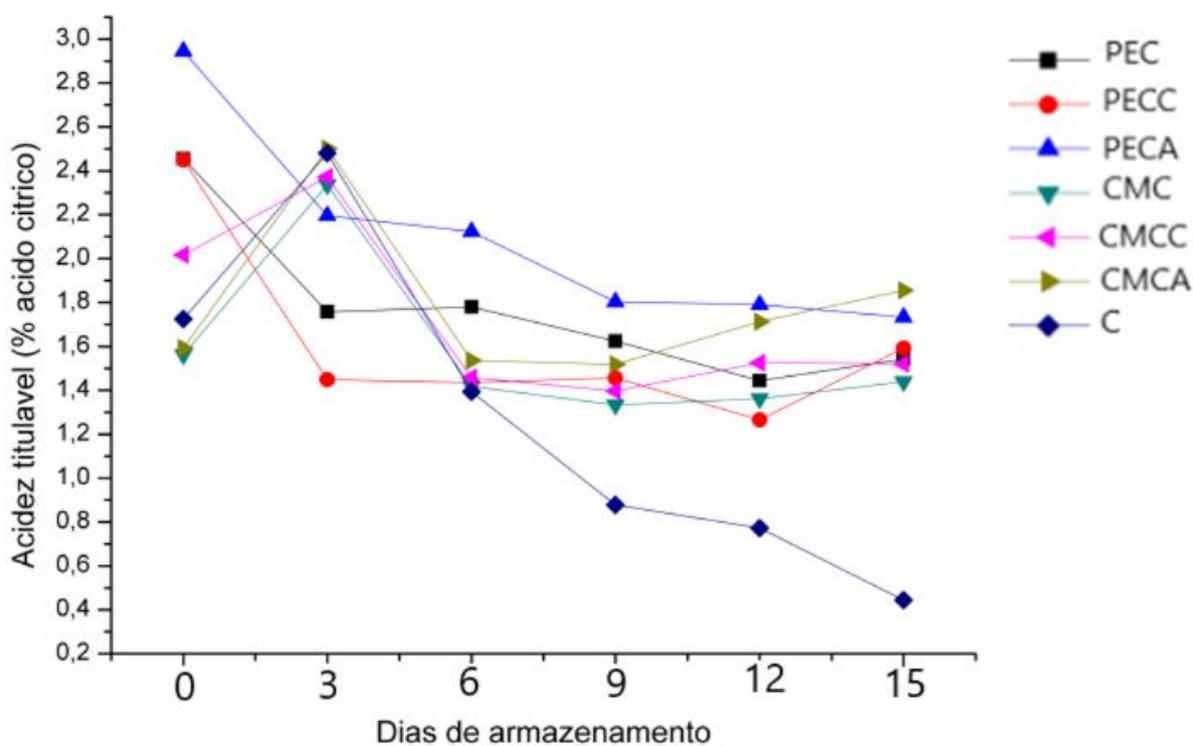
A atividade respiratória das frutas pode sofrer influência de diversos fatores, como tipo

de espécie, tipo de cultivo, genótipo, temperatura, umidade relativa e concentração atmosférica ( $O_2$ ,  $CO_2$ , etileno) (PINHEIRO, 2009). Um dos fatores que pode ter influenciado nos resultados encontrados é o estágio de maturação dos frutos utilizados. Os frutos foram colhidos em estágio de maturação verde, foram classificados após a colheita, porém, alguns podem ter sido colhidos antes da maturidade fisiológica.

A atividade respiratória dos frutos revestidos pode ser reduzida pela alteração da atmosfera gasosa produzida pela aplicação de revestimentos comestíveis (JAYAS e JEYAMKONDAN, 2002), como observado durante o transcorrer dos dias de armazenamento.

#### 5.4 ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL

Durante o período de armazenamento, todos os frutos apresentaram redução na acidez total titulável (ATT), independentemente do tratamento (Figura 8 e Tabela 5). Entretanto, ao final dos 15 dias, os frutos sem revestimento (C) exibiram valores de ATT significativamente mais baixos em comparação aos demais tratamentos, indicando maior maturação nesse grupo. Os resultados da acidez total titulável (ATT) foram expressos em teor (%) de ácido cítrico, conforme Figura 8 e Tabela 5.



**Figura 8** - Efeito dos diferentes tratamentos nos níveis de acidez titulável (% Ácido Cítrico) em mangas armazenadas por 15 dias a 20°C e 60% UR. C = Controle (frutos não revestidos); PEC = frutos revestidos com pectina 2%; PECC = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de cana-de-açúcar; PECA = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de arroz; CMC = frutos revestidos com CMC 1%; CMCC = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de cana-de-açúcar; CMCA = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de arroz.

Tratamentos	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
C	1,78 ± 0,29 <sup>bcB</sup>	2,48 ± 0,25 <sup>aA</sup>	1,39 ± 0,12 <sup>cC</sup>	0,88 ± 0,12 <sup>dD</sup>	0,77 ± 0,28 <sup>bD</sup>	0,44 ± 0,05 <sup>dE</sup>
PEC	2,45 ± 0,58 <sup>abcA</sup>	1,76 ± 0,30 <sup>bbB</sup>	1,78 ± 0,22 <sup>bbB</sup>	1,62 ± 0,29 <sup>bcB</sup>	1,44 ± 0,16 <sup>aB</sup>	1,54 ± 0,07 <sup>bcB</sup>
PECC	2,57 ± 0,56 <sup>abA</sup>	1,50 ± 0,17 <sup>bbB</sup>	1,50 ± 0,19 <sup>bcB</sup>	1,48 ± 0,07 <sup>bcB</sup>	1,33 ± 0,09 <sup>aB</sup>	1,59 ± 0,13 <sup>bcB</sup>
PECA	2,90 ± 1,12 <sup>aA</sup>	2,19 ± 0,23 <sup>abB</sup>	2,14 ± 0,05 <sup>abB</sup>	1,81 ± 0,05 <sup>abB</sup>	1,56 ± 0,13 <sup>aB</sup>	1,73 ± 0,13 <sup>abB</sup>
CMC	1,61 ± 0,30 <sup>cB</sup>	2,34 ± 0,14 <sup>aA</sup>	1,42 ± 0,08 <sup>cB</sup>	1,33 ± 0,08 <sup>cB</sup>	1,36 ± 0,19 <sup>aB</sup>	1,44 ± 0,09 <sup>cB</sup>
CMCC	2,02 ± 0,54 <sup>abcA</sup>	2,37 ± 0,32 <sup>aA</sup>	1,46 ± 0,15 <sup>cB</sup>	1,40 ± 0,15 <sup>bcB</sup>	1,53 ± 0,12 <sup>aB</sup>	1,52 ± 0,12 <sup>bcB</sup>
CMCA	1,59 ± 0,25 <sup>cBC</sup>	2,50 ± 0,16 <sup>aA</sup>	1,54 ± 0,20 <sup>bcBC</sup>	1,52 ± 0,20 <sup>bcB</sup>	1,71 ± 0,21 <sup>aBC</sup>	1,85 ± 0,35 <sup>abB</sup>

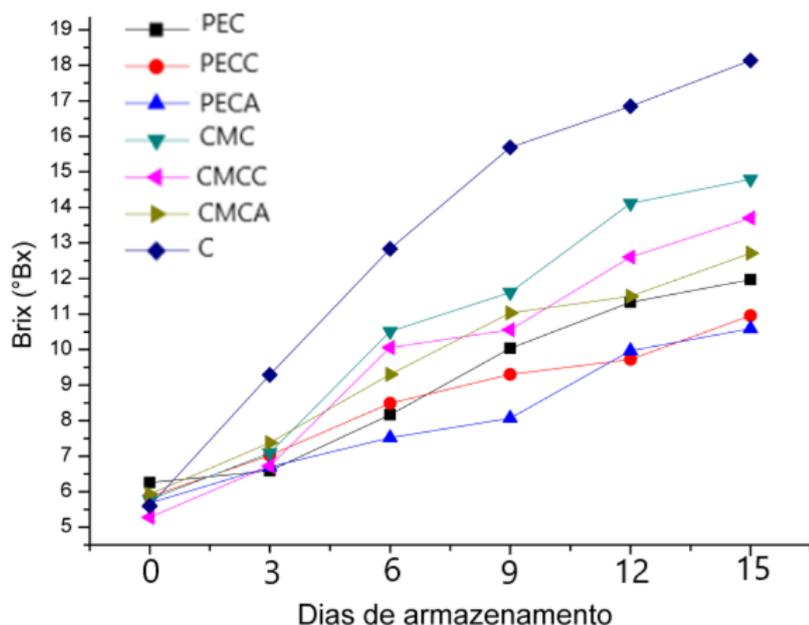
**Tabela 5** - Efeito dos diferentes tratamentos nos níveis de acidez total titulável (% ácido cítrico) em mangas armazenadas por 15 dias a 20°C e 60% UR. Letras minúsculas diferentes na coluna mostram diferenças significativas e letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre linhas usando o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). C = Controle (frutos não revestidos); PEC = frutos revestidos com pectina 2%; PECC = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de cana-de-açúcar; PECA = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de arroz; CMC = frutos revestidos com CMC 1%; CMCC = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de cana-de-açúcar; CMCA = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de arroz.

Entre os revestimentos, o de CMC apresentou a menor queda de ATT (-10,56%), seguidas do tratamento de CMCA (-16,35%), CMCC (-24,75%), PEC (-37,14%), PECC (-38,13%) e por último PECA (-40,34%). Os revestimentos mostraram-se eficientes na redução da velocidade das reações metabólicas dos frutos que são características da senescência. Em alguns casos, no terceiro dia de amostragem o valor de ATT foi maior que no primeiro dia de análise, provavelmente pelo fato de alguns frutos estarem em estágio de maturidade diferente.

O atraso do processo de amadurecimento nas mangas revestidas é constatado pela maior quantidade de ácidos encontrados ao final do experimento, sugerindo que houve redução na taxa metabólica dos mesmos (BATISTA-SILVA *et al.*, 2018). De acordo com Lucena *et al.* (2007) e Chitarra & Chitarra (2005), isso já era esperado, uma vez que no transcorrer da maturação há conversão dos ácidos presentes na manga em açúcares simples, resultado do processo de respiração. Essa conversão é o que proporciona sabor característico e agradável do fruto (SERPA *et al.*, 2014).

## 5.5 SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (°BRIX)

O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) é utilizado e considerado um valioso atributo para avaliar a qualidade dos frutos durante o processo de amadurecimento (SIDDIQUI *et al.*, 2015), uma vez que indica o total dos sólidos dissolvidos na água (açúcares glicose, sacarose e frutose, ácidos orgânicos e, em quantidades menores, proteínas, óleos essenciais, amido e sais). Geralmente este teor é medido em °Brix (escala numérica) a 20°C, em que 1 °Brix corresponde a 1 grama de sacarose (SILVA C. S. D., 2021). Os resultados obtidos de sólidos solúveis totais para as mangas com e sem recobrimento estão apresentados na Figura 9 e na Tabela 6.



**Figura 9** - Efeito dos diferentes tratamentos nos teores de sólidos solúveis (°Brix) em mangas armazenadas por 15 dias a 20°C e 60% UR. C = Controle (frutos não revestidos); PEC = frutos revestidos com pectina 2%; PECC = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de cana-de-açúcar; PECA = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de arroz; CMC = frutos revestidos com CMC 1%; CMCC = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de cana-de-açúcar; CMCA = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de arroz.

Tratamentos	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
C	5,60 ± 0,44 <sup>bcE</sup>	9,29 ± 1,13 <sup>ad</sup>	12,83 ± 1,28 <sup>ac</sup>	15,69 ± 1,28 <sup>ab</sup>	16,84 ± 0,47 <sup>aAB</sup>	18,13 ± 0,85 <sup>aA</sup>
PEC	6,26 ± 0,41 <sup>ad</sup>	6,59 ± 0,20 <sup>cd</sup>	8,17 ± 0,26 <sup>efC</sup>	10,03 ± 0,80 <sup>cdB</sup>	11,33 ± 0,39 <sup>dA</sup>	11,97 ± 0,44 <sup>dA</sup>
PECC	5,86 ± 0,21 <sup>abE</sup>	7,02 ± 0,40 <sup>bcd</sup>	8,49 ± 0,43 <sup>edC</sup>	9,30 ± 0,43 <sup>deB</sup>	9,72 ± 0,43 <sup>eB</sup>	10,96 ± 0,66 <sup>eA</sup>
PECA	5,68 ± 0,22 <sup>bcF</sup>	6,70 ± 0,24 <sup>bcE</sup>	7,52 ± 0,26 <sup>fc</sup>	8,07 ± 0,26 <sup>cc</sup>	9,97 ± 0,53 <sup>eB</sup>	10,59 ± 0,74 <sup>eA</sup>
CMC	5,78 ± 0,38 <sup>bE</sup>	7,09 ± 0,45 <sup>bcd</sup>	10,51 ± 0,35 <sup>bc</sup>	11,61 ± 0,35 <sup>bb</sup>	14,11 ± 0,56 <sup>bA</sup>	14,79 ± 0,44 <sup>bA</sup>
CMCC	5,28 ± 0,16 <sup>cE</sup>	6,72 ± 0,30 <sup>bcd</sup>	10,06 ± 0,48 <sup>bc</sup>	10,56 ± 0,48 <sup>bcd</sup>	12,60 ± 0,62 <sup>cb</sup>	13,70 ± 0,66 <sup>cA</sup>
CMCA	5,93 ± 0,32 <sup>abE</sup>	7,38 ± 0,31 <sup>bd</sup>	9,30 ± 0,56 <sup>dc</sup>	11,03 ± 0,56 <sup>bcB</sup>	11,50 ± 0,29 <sup>dB</sup>	12,71 ± 0,42 <sup>dA</sup>

**Tabela 6** - Efeito dos diferentes tratamentos nos teores de sólidos solúveis (°Brix) em mangas armazenadas por 15 dias a 20°C e 60% UR. Trat são tratamentos. Letras minúsculas diferentes na coluna mostram diferenças significativas e letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre linhas usando o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). C = Controle (frutos não revestidos); PEC = frutos revestidos com pectina 2%; PECC = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de cana-de-açúcar; PECA = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de arroz; CMC = frutos revestidos com CMC 1%; CMCC = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de cana-de-açúcar; CMCA = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de arroz.

Durante a maturação da manga, uma série de alterações fisiológicas modificam os teores de açúcares, ácidos orgânicos, vitaminas e pigmentação da polpa do fruto (JONGSRI *et al.*, 2016; KHALIQ *et al.*, 2015). Observou-se aumento gradativo no teor de sólidos solúveis totais (°Brix) para todos os tratamentos durante o período de armazenamento (Figura 9 e Tabela 7). Porém, os frutos não revestidos (C) exibiram valores bem maiores que os frutos revestidos (aumento de 223,75%), sugerindo que os revestimentos aplicados nas frutas foram eficientes para retardar a maturação. Os tratamentos PECA e PECC apresentaram o menor aumento de sólidos solúveis ao final do experimento, indicando maior eficácia no atraso da maturação,

seguidos dos tratamentos PEC, CMCA, CMCC e CMC.

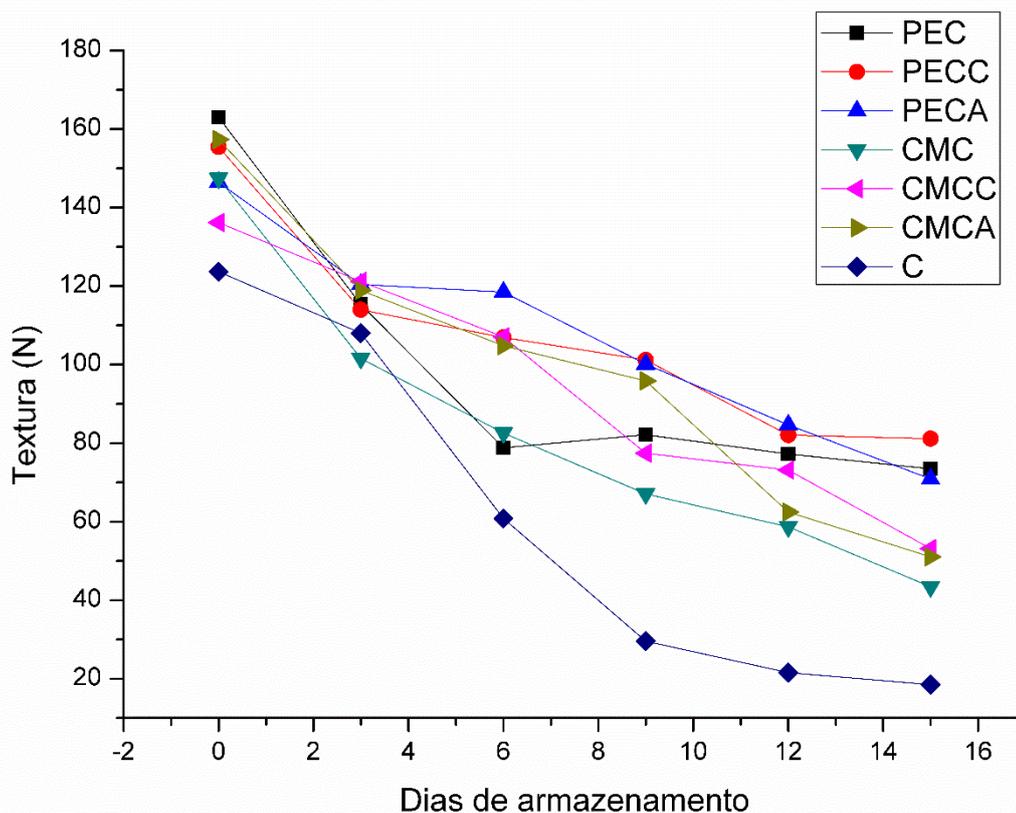
Conforme é verificado na Figura 9 e na Tabela 7, os revestimentos aplicados afetaram significativamente ( $p < 0,05$ ) o teor de sólidos solúveis dos frutos ao final de 15 dias de armazenamento. Mangas fisiologicamente maduras apresentam teores de sólidos solúveis totais entre 7 e 9 °Brix, sendo que no decorrer da maturação estes valores podem alcançar de 14 a 20 °Brix, quando a fruta estiver completamente madura (NATIONAL MANGO BOARD, 2011).

É preconizado pela Instrução Normativa N° 37 de 18 de outubro de 2018 que o teor mínimo aceito de sólidos solúveis para manga madura é de 11 °Brix a 20 °C (BRASIL, 2018). Vários autores já relataram aumento nos teores de sólidos solúveis de mangas durante a maturação dos frutos (LUCENA *et al.*, 2007; MORAIS *et al.*, 2003; SARANWONG *et al.*, 2004). Consideraram que até atingirem a maturidade fisiológica, não há mudança significativa nos teores de sólidos solúveis (°Brix). O incremento que se sucede é resultante da conversão de amido em açúcares (SUBEDI *et al.*, 2007) e os valores são influenciados também pelo cultivar e pela região produtora (JACOBI *et al.*, 1995).

Conforme Kluge & Minami (1997) afirmam, o sabor dos frutos é relacionado ao equilíbrio entre sólidos solúveis totais (°Brix) e ácidos orgânicos. Quando o fruto perde massa os teores de açúcares aumentam e há incremento no teor de sólidos solúveis. A hidrólise de açúcares complexos que ocasiona aumento nos teores de sólidos solúveis durante o amadurecimento faz com o que o índice °Brix seja bom indicador na avaliação do estágio de maturação (SANTOS *et al.*, 2008). A avaliação deste parâmetro em manga tem dois principais objetivos: averiguar a qualidade do fruto para comercialização e determinar o ponto ideal de colheita (LIMA, 1997).

## 5.6 FIRMEZA

Em frutos de manga, a firmeza é uma característica relacionada ao amolecimento do tecido vegetal, irreversível e que ocorre em decorrência da ação de enzimas hidrolíticas (GILL *et al.*, 2017; SINGH *et al.*, 2013). Os resultados dos valores médios da firmeza dos frutos, expressos em Newtons, são apresentados na Figura 10 e na Tabela 7.



**Figura 10** – Efeito dos diferentes tratamentos na firmeza (Newtons) em mangas armazenadas durante 15 dias a 20°C e UR 60%. C = Controle (frutos não revestidos); PEC = frutos revestidos com pectina 2%; PECC = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de cana-de-açúcar; PECA = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de arroz; CMC = frutos revestidos com CMC 1%; CMCC = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de cana-de-açúcar; CMCA = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de arroz.

Tratamentos	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
C	123,67 ± 13,92 <sup>ba</sup>	108,00 ± 14,42 <sup>aA</sup>	60,82 ± 16,84 <sup>cB</sup>	29,58 ± 6,52 <sup>cC</sup>	21,56 ± 3,98 <sup>cC</sup>	18,47 ± 2,06 <sup>cC</sup>
PEC	163,02 ± 20,13 <sup>aA</sup>	115,33 ± 13,29 <sup>aB</sup>	78,85 ± 14,44 <sup>cC</sup>	82,16 ± 21,16 <sup>abC</sup>	77,28 ± 19,00 <sup>abC</sup>	73,47 ± 14,58 <sup>abC</sup>
PECC	155,48 ± 16,20 <sup>aA</sup>	113,98 ± 9,75 <sup>aB</sup>	106,93 ± 14,92 <sup>abB</sup>	101,17 ± 15,31 <sup>abC</sup>	82,07 ± 16,42 <sup>abC</sup>	81,19 ± 12,18 <sup>aC</sup>
PECA	146,43 ± 20,06 <sup>abA</sup>	120,41 ± 13,70 <sup>aB</sup>	118,46 ± 14,44 <sup>aB</sup>	100,13 ± 8,28 <sup>abC</sup>	84,67 ± 2,35 <sup>aCD</sup>	70,92 ± 17,26 <sup>abCD</sup>
CMC	147,44 ± 11,24 <sup>abA</sup>	101,58 ± 6,08 <sup>aB</sup>	82,62 ± 3,62 <sup>bcBC</sup>	67,11 ± 21,85 <sup>bCD</sup>	58,69 ± 15,96 <sup>bDE</sup>	43,39 ± 8,92 <sup>dE</sup>
CMCC	136,17 ± 12,55 <sup>abA</sup>	121,20 ± 11,58 <sup>aB</sup>	107,06 ± 20,96 <sup>abB</sup>	77,44 ± 20,52 <sup>abC</sup>	73,16 ± 23,87 <sup>abC</sup>	53,16 ± 7,79 <sup>bcdC</sup>
CMCA	157,31 ± 20,91 <sup>aA</sup>	118,88 ± 21,45 <sup>aB</sup>	104,81 ± 17,26 <sup>abB</sup>	95,89 ± 18,76 <sup>aB</sup>	62,44 ± 11,56 <sup>abC</sup>	51,05 ± 15,98 <sup>cdC</sup>

**Tabela 7** – Efeito dos diferentes tratamentos na firmeza (Newtons) em mangas armazenadas durante 15 dias a 20°C e UR 60%. Letras minúsculas diferentes na coluna mostram diferenças significativas e letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre linhas usando o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). C = Controle (frutos não revestidos); PEC = frutos revestidos com pectina 2%; PECC = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de cana-de-açúcar; PECA = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de arroz; CMC = frutos revestidos com CMC 1%; CMCC = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de cana-de-açúcar; CMCA = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de arroz.

Houve redução na firmeza dos frutos durante o período de armazenamento para todos os tratamentos (Figura 10 e Tabela 7). Porém, nos frutos não revestidos (C), o decréscimo na dureza foi maior que nos frutos revestidos. Até o terceiro dia de armazenamento todos os frutos apresentaram queda semelhante na firmeza. A partir do sexto dia os frutos do grupo controle (C) apresentaram redução expressiva na firmeza, passando de 123,60 (dia zero) e chegando a

valores abaixo de 20 N (ao final dos quinze dias).

A cobertura mais eficiente na manutenção da firmeza das mangas foi a de PECC (redução em 47,78%), seguida por PECA (51,56%), PEC (54,93%), CMCC (60,96%), CMCA (67,54%) e CMC (70,57%). Os frutos do grupo controle, não recobertos, perderam 85,06% de dureza. Os resultados do experimento demonstram que os recobrimentos à base de PEC e CMC, adicionados com 20% de cera de arroz e cana-de-açúcar, foram mais eficientes na diminuição do metabolismo das mangas do que o uso deles isoladamente.

Resultados semelhantes foram observados por Navarro-Tarazaga *et al.* (2011), em ameixas 'Angeleno' recobertas com hidroxipropilmetilcelulose e 20% de cera de abelha. Também, Souza (2020) obteve resultados semelhantes em mangas 'PALMER' recobertas com hidroxipropilmetilcelulose e 20% de cera de abelha.

A firmeza do fruto e da polpa são importantes porque estão relacionadas com a longevidade (tempo de duração para comercialização ou tempo de prateleira) e com a resistência ao transporte. Desta forma, quanto maior a firmeza melhor (SCANAVACA JUNIOR *et al.*, 2004). A redução na firmeza de frutos é consequência da degradação da parede celular, resultada pelo aumento de atividade enzimática associada a outros processos que contribuem para o amolecimento dos frutos, como perda de água e hidrólise de amido (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Com o aumento da respiração climatérica e produção de etileno durante a maturação dos frutos climatéricos, como a manga, há indução de enzimas degradadoras de parede celular, como a poligalacturonase e pectinametilesterase. A degradação da parede torna os frutos amolecidos, com menor firmeza e conseqüentemente mais frágeis ao transporte e com menor vida de prateleira (SERPA *et al.*, 2014).

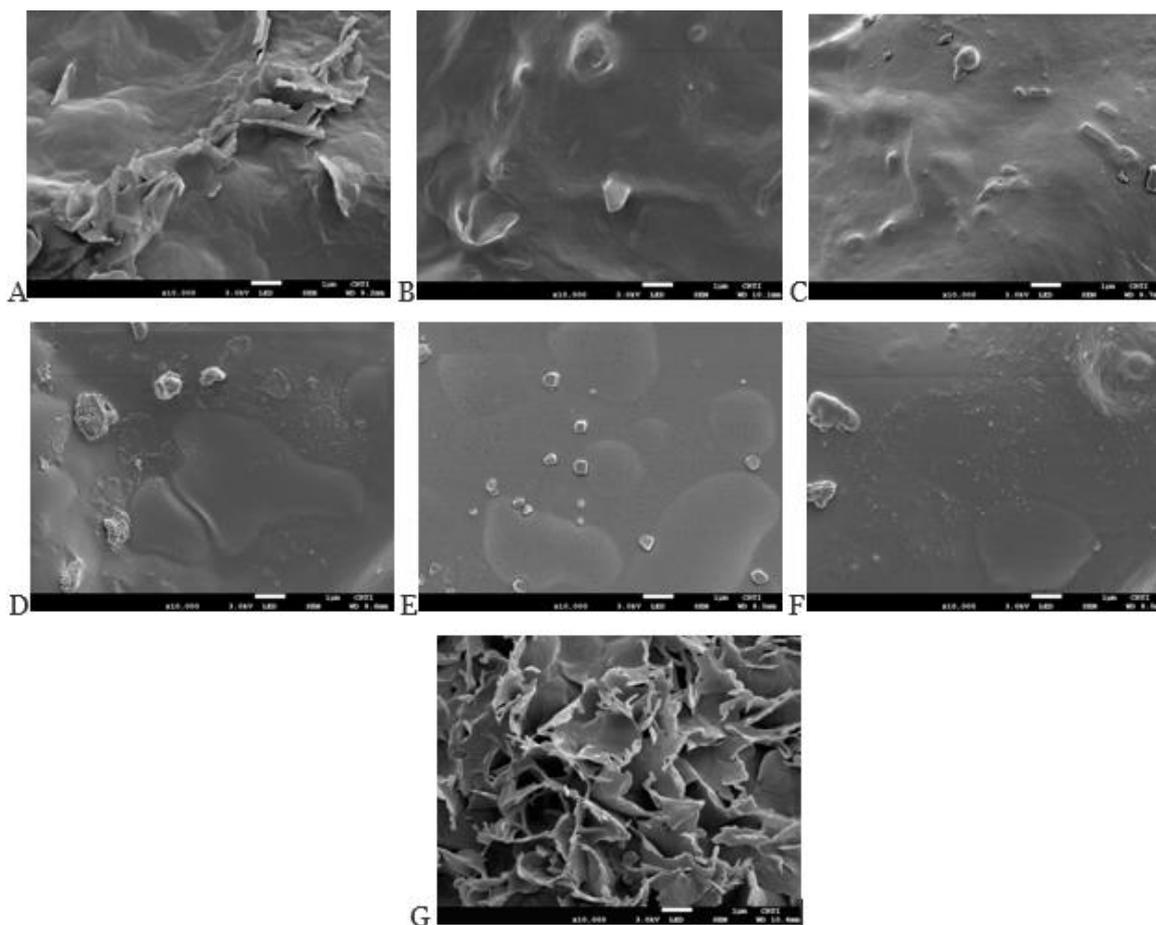
De acordo com De Azeredo (2003), a utilização de películas comestíveis tem sido bastante explorada para revestimento de frutas e hortaliças frescas, visando minimizar a perda de umidade e reduzir as taxas de respiração, além de conferir aparência brilhante e atraente. A firmeza em mangas 'Tommy' diminuiu durante o amadurecimento pós-colheita, registrando variações de 96,1 N a 9,4 N no estudo De Rocha *et al.* (2001).

Podendo verificar que no transcorrer dos dias de armazenamento os frutos continuaram seu metabolismo com queda na acidez total titulável, aumento nos valores de sólidos solúveis totais e já era esperado a decorrente redução nos valores da firmeza.

## 5.7 MICROESTRUTURA

A microestrutura foi avaliada através de Microscopia Eletrônica de Varredura e as imagens em ampliação de 10.000 vezes dos diferentes revestimentos aplicados nas frutas estão

apresentadas na Figura 11.



**Figura 11** - Micrografias da superfície dos diferentes revestimentos aplicados em frutos de mangas. A) PEC, B) PECC, C) PECA, D) CMC, E) CMCC, F) CMCA e G) C. C = Controle (frutos não revestidos); PEC = frutos revestidos com pectina 2%; PECC = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de cana-de-açúcar; PECA = frutos revestidos com pectina 2% + 20% de cera de arroz; CMC = frutos revestidos com CMC 1%; CMCC = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de cana-de-açúcar; CMCA = frutos revestidos com CMC 1% + 20% de cera de arroz.

A estrutura da superfície das cascas com revestimentos apresentou-se densa e lisa, enquanto a superfície da casca sem revestimento era áspera e continha pequenas áreas salientes. O tratamento com PEC (A) apresentou algumas regiões rugosas, sugerindo menor plasticidade, enquanto os tratamentos PECC (B), PECA (C), CMC (D), CMCC (E) e CMCA (F), apresentam-se em camada contínua.

As imagens obtidas para todas as formulações mostraram a influência de constituintes específicos (pectina, CMC e ceras) na aparência da superfície. Também é possível observar que os revestimentos estavam firmemente aderidos à superfície e a formação e compactação dos revestimentos foram satisfatórias. Além disso, quase não havia falhas na superfície. Estas observações confirmam o grau de ligação dos revestimentos à superfície da manga. Em todos os casos, foi observada a compatibilidade de componentes, resultando na dispersão e macroestrutura compacta e não porosa que retardaram a troca gasosa, o avançar do

metabolismo pós-colheita e conseqüentemente o amadurecimento nos frutos revestidos. Tal fato resulta em capacidade geral de adsorção de água menor, uma propriedade importante para revestimentos alimentícios (GUTIÉRREZ, 2017).

## 6. ESTIMATIVA DE RENDIMENTO

Em vista do pouco conhecimento sobre os aspectos econômicos da produção de revestimentos comestíveis em escala industrial, apresenta-se breve análise acerca do rendimento das soluções filmogênicas, utilizadas neste trabalho. Primeiramente, a pectina extraída da casca do maracujá teve rendimento médio de 11% sobre o peso da casca desidratada. Isso significa que para cada 100 gramas da farinha da casca de maracujá extraiu-se 11 gramas de pectina.

Para a extração de compostos bioativos, incluindo a pectina, o resíduo alimentar a ser processado pode estar disponível a custo zero ou insignificante para reduzir o custo de extração por meio de estratégias de extração sustentáveis. As crescentes indústrias de processamento de frutas e instalações de fabricação no mundo liberam grandes quantidades de resíduos extraíveis de pectina (semente, casca, bagaço e casca de frutas e vegetais), e a casca do maracujá, objeto de estudo deste trabalho, é um deles. Por ser um subproduto agroindustrial, seu custo é ínfimo e o que mais impactaria no valor da extração desta pectina seria o custo com etanol e ácido cítrico (para cada 100 gramas de farinha de maracujá, utiliza-se cerca de 6.000 mL de etanol absoluto e 206,50 gramas de ácido cítrico P.A.). Para cada 63 frutos, utilizou-se cerca de 1,0 litro de solução filmogênica.

A extração da cera de cana-de-açúcar tem rendimento perto de 7% sob o peso da torta de cana. Novamente, por ser obtida através de um subproduto agroindustrial, seu custo pode ser baixo em comparação com outras ceras vegetais (WADA, 2008). Outra opção de utilização de subproduto agroindustrial é extração da cera encontrada no farelo do arroz, sendo uma alternativa de promover a valorização deste coproduto. O rendimento da extração da cera de arroz depende muito das condições de extração, variando de 3 a até 12% (MARTINS & COSTA, 2018).

## 7. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos confirmam a hipótese testada. Os revestimentos apresentaram benefícios significativos na conservação e qualidade pós-colheita da manga, retardando o amadurecimento dos frutos, mantendo a cor e firmeza da casca e da polpa, com leve aumento

nos sólidos solúveis totais e pequena queda na acidez total titulável.

De forma geral, todos os revestimentos utilizados atuaram de forma positiva no retardo do amadurecimento das mangas. Em relação à perda de massa, não houve diferença significativa entre os resultados dos frutos não revestidos, com exceção do tratamento CMCC em que os valores foram menores (12,80 % no último dia de armazenamento).

Nos frutos sem revestimento (C), foi observado aumento nos valores de luminosidade e chromaticidade, indicando que se tornaram mais claros a partir do sexto dia de armazenamento. No final do experimento as mangas não revestidas apresentaram valores de ângulo Hue próximo a 85° que indica coloração amarelada, enquanto nas mangas revestidas esses valores estavam próximos a 110° indicando coloração verde.

O pico de produção de CO<sub>2</sub> ocorreu no 15° dia de armazenamento, independente do tratamento, sendo que os tratamentos PECC e PEC foram os mais eficientes como barreira gasosa. Durante o período de armazenamento os frutos sem revestimento (C) exibiram valores de ATT significativamente mais baixos em comparação aos demais tratamentos. Houve aumento no teor de sólidos solúveis totais nos frutos não revestidos (aumento de 223,75%). Os frutos dos tratamentos PECA e PECC apresentaram o menor aumento de SST ao final do experimento, indicando maior eficácia no atraso da maturação.

Os frutos do grupo controle (C) apresentaram redução expressiva na firmeza, passando de 123,60 (dia zero) e chegando a valores abaixo de 20 N (ao final dos quinze dias). A cobertura mais eficiente na manutenção da firmeza das mangas foi a de PECC (redução em 47,78%), seguida por PECA (51,56%).

É possível afirmar que os recobrimentos à base de PECC e PECA foram os mais efetivos na garantia de maior vida útil à fruta. O tratamento PECA foi o mais eficiente no retardo dos parâmetros relacionados à progressão da maturação, sendo o que apresentou melhores resultados para manutenção da coloração (L\*, Hue e C\*), manutenção de teor de sólidos solúveis totais (°Brix) e firmeza aos frutos que receberam este tratamento. Além disso, a microscopia eletrônica demonstrou boa adesão e plasticidade dos revestimentos.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADOLFO, L. (1985). Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. *Métodos químicos e físicos para análise de alimentos*, 1.
- AHMED, M. J., SINGH, Z., & KHAN, A. S. (2009). Postharvest Aloe vera gel-coating modulates fruit ripening and quality of 'Arctic Snow' nectarine kept in ambient and cold storage. *International journal of food science & technology*, 44(5), 1024-1033.
- ALI, SAJID ET AL. (2022). Carboxymethyl cellulose coating delays ripening of harvested mango fruits by regulating softening enzymes activities. *Food Chemistry*, v. 380, p. 131804, 2022.
- ALMEIDA C. F., HELOÍSA, Embrapa, Brasília, 13 de abr. de 2021. Exportação de manga brasileira bate recorde em 2020, totalizando US\$ 246 milhões, Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/60585117/exportacao-de-manga-rasileira-bate-recorde-em-2020-totalizando-us-246-milhoes>> Acesso em: 02 de mar. de 2023
- AMANCIO, DF. Efeito da aplicação de revestimentos comestíveis para conservação de tomate italiano (*Solanum lycopersicum* L.) 'Ravena'in natura. 2020. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020. Disponível em:< <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1122945/1/DISSERTACAO-CCFC-DAIANA-FERREIRA-AMANCIO.pdf>>. Acesso em: 14 set, 2021.
- Amoriello, T., Ciccoritti, R., Paliotta, M., & Carbone, K. (2018). Classification and prediction of early-to-late ripening apricot quality using spectroscopic techniques combined with chemometric tools. *Scientia Horticulturae*, 240, 310-317.
- ANDRADE, R., SKURTYS, O., & OSORIO, F. (2013). Comportamento de impacto de queda em alimentos usando revestimento por pulverização: Fundamentos e aplicações. *Food research international*, 54(1), 397-405.
- ANTONIASSI, R., WILHELM, A. E., REIS, S. L. R., REGIS, S. A., FARIA-MACHADO, A. F., BIZZO, H. R., & CENCI, S. A. (2022). Expeller pressing of passion fruit seed oil: Pressing efficiency and quality of oil. *Brazilian Journal of Food Technology*, 25.
- ARANDA-LEDESMA, N. E., BAUTISTA-HERNÁNDEZ, I., ROJAS, R., AGUILAR-ZÁRATE, P., DEL PILAR MEDINA-HERRERA, N., CASTRO-LÓPEZ, C., & MARTÍNEZ-ÁVILA, G. C. G. (2022). Candelilla wax: Prospective suitable applications within the food field. *LWT*, 159, 113170.
- ASEVEDO, E. A., DE OLIVEIRA JÚNIOR, S. D., & DOS SANTOS, E. S. (2021).

Characterization of Filmogenic/Edible Covering Based on Pectin Extracted from Cajá (*Spondias mombin*) Applied to Coating Green Acerolas (*Malpighia emarginata*). *Journal of Chemical Engineering Research Updates*, 8, 36-47.

ASSIS, O. B. G., & BRITTO, D. D. (2014). Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. *Brazilian Journal of Food Technology*, 17, 87-97.

Assis, O. B. G. D., Bernardes-Filho, R., Vieira, D. D. C., & Filho, S. C. (2002). AFM characterization of chitosan self-assembled films. *International Journal of Polymeric Materials*, 51(7), 633-638.

AZZAM, A. M. (1984). Separation and analysis of wax from Egyptian sugar cane filter press cake. *Fette, Seifen, Anstrichmittel*, 86(6), 247-250.

AZZAM, A. M. (1986). Further investigations on cane wax refining and bleaching. *Fette, Seifen, Anstrichmittel*, 88(5), 191-194.

BALOCH, M. K., BIBI, F., & JILANI, M. S. (2013). Effect of coatings over the quality and shelf life of mango (*Mangifera indica L.*) fruit. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(1), 66-73.

BAMBALELE, N. L., MDITSHWA, A., MAGWAZA, L. S., & TESFAY, S. Z. (2021). Recent advances on postharvest technologies of mango fruit: A review. *International Journal of Fruit Science*, 21(1), 565-586.

BARBOZA, H. T. G., SOARES, A. G., FERREIRA, J. C. S., & SILVA, O. F. (2022). Filmes e revestimentos comestíveis: conceito, aplicação e uso na pós-colheita de frutas, legumes e vegetais. *Research, Society and Development*, 11(9), e9911931418-e9911931418.

BATISTA-SILVA, W., NASCIMENTO, VL, MEDEIROS, DB, NUNES-NESI, A., RIBEIRO, DM, ZSÖGÖN, A., & ARAÚJO, WL (2018). Modificações nos perfis de ácidos orgânicos durante o desenvolvimento e amadurecimento do fruto: correlação ou causalidade? *Frontiers in Plant Science*, 9, 1689.

BENEVIDES, S. D., RAMOS, A. M., STRINGHETA, P. C., & CASTRO, V. C. (2008). Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. *Food Science and Technology*, 28, 571-578.

BENÍTEZ, S., ACHAERANDIO, I., SEPULCRE, F., & PUJOLÀ, M. (2013). Aloe vera based edible coatings improve the quality of minimally processed 'Hayward' kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 81, 29-36.

BHAGATH, Y. B.; MANJULA, K. (2019). Influence of composite edible coating systems on preservation of fresh meat cuts and products: a brief review on their trends and applications. *International Food Research Journal*, v. 26, n. 2, 2019.

BHANDE, S. D., RAVINDRA, M. R., & GOSWAMI, T. K. (2008). Respiration rate of banana

fruit under aerobic conditions at different storage temperatures. *Journal of Food Engineering*, 87(1), 116-123.

BIDDECI, G., CAVALLARO, G., DI BLASI, F., LAZZARA, G., MASSARO, M., MILIOTO & SPINELLI, G. (2016). Halloysite nanotubes loaded with peppermint essential oil as filler for functional biopolymer film. *Carbohydrate polymers*, v. 152, p. 548-557, 2016.

BISWAL, D. R., & SINGH, R. P. (2004). Characterisation of carboxymethyl cellulose and polyacrylamide graft copolymer. *Carbohydrate polymers*, 57(4), 379-387.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Leis, Decretos, etc. Instrução Normativa Nº 1, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas. Diário Oficial da União, Nº 6, Brasília, DF, 10 JAN de 2000. Seção 1, p. 54-58. 55 BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretária de Defesa e Agropecuária. Instrução Normativa nº 37 de 1º de outubro de 2018. Regulamento técnico de padrões de identidade e qualidade de sucos de frutas e polpas de frutas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 08 OUT. 2018. Seção 1, p. 39-77.

BURTON-FREEMAN, Britt M.; SANDHU, Amandeep K.; EDIRISINGHE, Indika. Mangos and their bioactive components: Adding variety to the fruit plate for health. *Food & function*, v. 8, n. 9, p. 3010-3032, 2017.

CANTERI, M. H. G. (2010). *Caracterização comparativa entre pectinas extraídas do pericarpo de maracujá-amarelo (Passiflora edulis f. flavicarpa)* (Doctoral dissertation, Université d'Avignon; Universidade federal do Paraná (Brésil)).

CARDOSO, W. S., PINHEIRO, F. D. A., PATELLI, T., PEREZ, R., & RAMOS, A. M. (2007). Determinação da concentração de sulfito para a manutenção da qualidade da cor em maçã desidratada. *Revista Analytica*, 29, 66-72.

CARNAÚBA resiste ao domínio do sintético. Folha de São Paulo, São Paulo, 16 de maio de 2000. Agrofólia, p. f1, f4.

CARRILLO-LOPEZ, A., RAMIREZ-BUSTAMANTE, F., VALDEZ-TORRES, J. B., ROJAS-VILLEGAS, R., & YAHIA, E. M. (2000). Ripening and quality changes in mango fruit as affected by coating with an edible film. *Journal of Food Quality*, 23(5), 479-486.

CASTRICINI, A., MEDEIROS, S., CONEGLIAN, RCC, & VITAL, H. (2004). Uso da radiação gama na conservação pós-colheita do tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* MILL.) em estágio maduro. *Revista Universidade Rural, Série Ciência da Vida*, 24 (1), 85-91

CAZÓN, P., VELAZQUEZ, G., RAMÍREZ, J. A., & VÁZQUEZ, M. (2017). Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review. *Food Hydrocolloids*, 68, 136-148.

- CHIEN, PO-JUNG; SHEU, FUU; YANG, FENG-HSU. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of food engineering*, v. 78, n. 1, p. 225-229, 2007.
- CHITARRA, G. S., ABEE, T., ROMBOUTS, F. M., & DIJKSTERHUIS, J. (2005). 1-Octen-3-ol inhibits conidia germination of *Penicillium paneum* despite of mild effects on membrane permeability, respiration, intracellular pH, and changes the protein composition. *FEMS Microbiology Ecology*, 54(1), 67-75.
- CHIUMARELLI, M., & HUBINGER, M. D. (2014). Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. *Food hydrocolloids*, 38, 20-27.
- CHOUDHURY, M. M.; COSTA, T. S. da.; Perdas na cadeia de comercialização da manga. Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE, Documentos, (186), 2004. p. 41.
- CIRIMINNA, R., FIDALGO, A., DELISI, R., ILHARCO, L. M., & PAGLIARO, M. (2016). Pectin production and global market. *Agro Food Industry Hi-Tech*, 27(5), 17-20.
- CIRIMINNA, R., FIDALGO, A., SCURRIA, A., ILHARCO, L. M., & PAGLIARO, M. (2022). Pectin: New science and forthcoming applications of the most valued hydrocolloid. *Food Hydrocolloids*, 107483.
- DAO, T. A. T., WEBB, H. K., & MALHERBE, F. (2021). Optimization of pectin extraction from fruit peels by response surface method: Conventional versus microwave- assisted heating. *Food Hydrocolloids*, 113, 106475.
- DASSANAYAKE, L. S. K., KODALI, D. R., UENO, S., & SATO, K. (2011). Physical properties of organogels made of rice bran wax and vegetable oils. In *Edible oleogels* (pp. 149-172). AOCS Press.
- DE ASSIS, ODÍLIO BENEDITO GARIDO DE; FORATO, LUCIMARA APARECIDA; BRITTO, DOUGLAS. Revestimentos comestíveis protetores em frutos minimamente processados. *Higiene e alimentos*, p. 99-105, 2008.
- DE AZEREDO, HENRIETTE MONTEIRO CORDEIRO. Películas comestíveis em frutas conservadas por métodos combinados: potencial da aplicação. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, v. 21, n. 2, 2003.
- DE BRITTO, D., & ASSIS, O. B. (2010). Hydrophilic and morphological aspects of films based on quaternary salts of chitosan for edible applications. *Packaging Technology and Science: An International Journal*, 23(2), 111-119.
- DEBELA, A., DABA, G., BANE, D., & TOLESSA, K. (2011). Identification of major causes of postharvest losses among selected fruits in Jimma zone for proffering veritable solutions.

*International Journal of Current Research*, 3(11), 040-043.

DEDAVID, BERENICE ANINA; GOMES, CARMEM ISSE; MACHADO, GIOVANNA. Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores. *EdiPUCRS*, 2007.

DELAZIO, A., ISRAR, A., & KLATZKY, R. L. (2017, June). Cross-modal correspondence between vibrations and colors. In *2017 IEEE World Haptics Conference (WHC)* (pp. 219-224).

Ferreira, M. D., & Spricigo, P. C. (2017). Colorimetria-princípios e aplicações na agricultura.

DHALL, R. K. Application of edible coatings on fruits and vegetables. *Biobased and environmental Benign coatings*, p. 87-119, 2016.

DONHOWE, G., & FENNEMA, O. (1993). Water vapor and oxygen permeability of wax films. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 70(9), 867-873.

DOS SANTOS, A. E. O., GRAVINA, G. D. A., BERBERT, P. A., DE ASSIS, J. S., BATISTA, P. F., & DOS SANTOS, O. O. (2011). Efeito do tratamento hidrotérmico e diferentes revestimentos na conservação pós-colheita de mangas 'Tommy Atkins'. *Revista brasileira de ciências agrárias*, 6(1), 140-146.

DOS SANTOS, S. F., CARDOSO, R. D. C. V., BORGES, Í. M. P., E ALMEIDA, A. C., ANDRADE, E. S., FERREIRA, I. O., & DO CARMO RAMOS, L. (2020). Post-harvest losses of fruits and vegetables in supply centers in Salvador, Brazil: Analysis of determinants, volumes and reduction strategies. *Waste Management*, 101, 161-170.

DUBEY, N. K., & DUBEY, R. (2020). Edible films and coatings: An update on recent advances. In *Biopolymer-based formulations* (pp. 675-695). Elsevier.

EBRAHIMI, F., & RASTEGAR, S. (2020). Preservation of mango fruit with guar-based edible coatings enriched with *Spirulina platensis* and *Aloe vera* extract during storage at ambient temperature. *Scientia Horticulturae*, 265, 109258.

ESHETU, A., IBRAHIM, A. M., FORSIDO, S. F., & KUYU, C. G. (2019). Effect of beeswax and chitosan treatments on quality and shelf life of selected mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *Heliyon*, 5(1), e01116.

EVANGELISTA, FRANCISCO RAIMUNDO (2007). Considerações sobre a Produção de Manga no Nordeste. Informe Rural Etene, ano 1, n. 9, 2007. Disponível em: extending the shelf life of fresh fruits and vegetables. *Advances in Colloid and Interface Science*, 102405.

EYIZ, V., TONTUL, İ., & TÜRKER, S. (2020). The effect of edible coatings on physical and chemical characteristics of fruit bars. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 1775-1783.

F. DE LIMA. Embrapa, Brasília, 15 de out. de 2022. Disponível em:

<[https://observatoriosdemercado.github.io/manga/2022/pam/#ATUALIZA%C3%87%C3%83O\\_DADOS\\_SOBRE\\_A\\_CULTURA\\_MANGA\\_COM\\_DADOS\\_DA\\_PAMIBGE\\_AT%C3%89\\_2021](https://observatoriosdemercado.github.io/manga/2022/pam/#ATUALIZA%C3%87%C3%83O_DADOS_SOBRE_A_CULTURA_MANGA_COM_DADOS_DA_PAMIBGE_AT%C3%89_2021)> Acesso em 02 de mar. de 2023

FAGUNDES, C., PALOU, L., MONTEIRO, A. R., & PÉREZ-GAGO, M. B. (2015). Hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings formulated with antifungal food additives to reduce alternaria black spot and maintain postharvest quality of cold-stored cherry tomatoes. *Scientia Horticulturae*, 193, 249-257.

FALGUERA, V., QUINTERO, J. P., JIMÉNEZ, A., MUÑOZ, J. A., & IBARZ, A. (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*, 22(6), 292-303.

FAO. FAOSTAT: Crops and livestock products. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL> Acesso em: 23 set. 2021.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Colorimetria: Princípios e aplicações na agricultura. In: Instrumentação em frutas e hortaliças. 1. ed. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2017. p. 209–220.

FERNANDES, R. T. V., DE ARRUDA, A. M. V., DE MORAIS OLIVEIRA, V. R., DE QUEIROZ, J. P. A. F., DA SILVA MELO, A., DIAS, F. K. D., & DOS SANTOS FILHO, C. A. (2015). Aditivos fitogênicos na alimentação de frangos de corte: óleos essenciais e especiarias. *PubVet*, 9, 502-557.

FORMIGA, A. S., JUNIOR, J. S. P., PEREIRA, E. M., CORDEIRO, I. N., & MATTIUZ, B. H. (2019). Use of edible coatings based on hydroxypropyl methylcellulose and beeswax in the conservation of red guava ‘Pedro Sato’. *Food Chemistry*, 290, 144-151.

FURUSE, A. Y., SANTANA, L. O. C., RIZZANTE, F. A. P., ISHIKIRIAMA, S. K., BOMBONATTI, J. F., CORRER, G. M., & GONZAGA, C. C. (2018). Delayed light activation improves color stability of dual-cured resin cements. *Journal of Prosthodontics*, 27(5), 449-455.

GALUS, S., & KADZIŃSKA, J. (2015). Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Trends in Food Science & Technology*, 45(2), 273-283.

GALUS, S., & KADZIŃSKA, J. (2015). Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Trends in Food Science & Technology*, 45(2), 273-283.

GANDRA, K. M. (2006). *Obtenção e caracterização de cera de cana-de-açúcar e suas frações* (Doctoral dissertation, Dissertação:(Mestre em Tecnologia dos alimentos) – Departamento de tecnologia dos alimentos. Campinas: Universidade Estadual de Campinas).

GARCÍA, A., GARCÍA, M. A., RIBAS, M., & BROWN, A. (2003). Recuperación de cera de

cutícula de caña de azúcar mediante separación mecánica y extracción con solventes. *Grasas y aceites*, 54(2), 169-174.

GARCÍA, A., PÉREZ, L. M., PICCIRILLI, G. N., & VERDINI, R. A. (2020). Evaluation of antioxidant, antibacterial and physicochemical properties of whey protein-based edible films incorporated with different soy sauces. *LWT*, 117, 108587.

GARCÍA, A., TÍO, M., & ALVAREZ, A. (1988). Cera de cachaza. Desarrollo actual y perspectivas. *Subproductos y derivados de la agroindustria azucarera. México, Geplacea*, 315-327.

GAZZOLA ROSAURA, GRÜNDLING ROBERTA DALLA PORTA, ARAGÃO ADALBERTO ARAÚJO (2020). Produção e mercado internacional de manga. *Revista Brasileira de Agrotecnologia - ISSN 2317-3114 - (BRASIL)* v. 10, n.03, p.81-87, out-dez, 2020.

GUTIÉRREZ, T. J. (2017). Surface and nutraceutical properties of edible films made from starchy sources with and without added blackberry pulp. *Carbohydrate Polymers*, 165, 169-179.

HERNANDEZ, E.; BAKER, RA Emulsão de cera de Candelilla, preparo e estabilidade. *Journal of Food Science*, v. 56, n. 5, pág. 1382-1383, 1991.

HOA, THAI THI et al. Effect of different coating treatments on the quality of mango fruit. *Journal of food quality*, v. 25, n. 6, p. 471-486, 2002.

HOKPUTSA, S., GERDDIT, W., PONGSAMART, S., INNGJERDINGEN, K., HEINZE, T., KOSCHELLA, A., ... & PAULSEN, B. S. (2004). Water-soluble polysaccharides with pharmaceutical importance from Durian rinds (*Durio zibethinus* Murr.): isolation, fractionation, characterisation and bioactivity. *Carbohydrate Polymers*, 56(4), 471-481.

[https://observatoriosdemercado.github.io/manga/2022/pam/#ATUALIZA%C3%87%C3%83O\\_DADOS\\_SOBRE\\_A\\_CULTURA\\_MANGA\\_COM\\_DADOS\\_DA\\_PAMIBGE\\_AT%C3%89\\_2021](https://observatoriosdemercado.github.io/manga/2022/pam/#ATUALIZA%C3%87%C3%83O_DADOS_SOBRE_A_CULTURA_MANGA_COM_DADOS_DA_PAMIBGE_AT%C3%89_2021) - 09/02/2023 – 16:00.

<https://revistacampoenegocios.com.br/panorama-da-producao-de-manga/> - 09/02/2023, 10:00.

indica L.), “The king of fruits”—An overview. *Food Reviews International*, 22(2), 95-123.

JAFARZADEH, S., NAFCHI, A. M., SALEHABADI, A., OLADZAD-ABBASABADI, N., & JAFARI, S. M. (2021). Application of bio-nanocomposite films and edible coatings for extending the shelf life of fresh fruits and vegetables. *Advances in Colloid and Interface Science*, 291, 102405.

JAFARZADEH, S., NAFCHI, A. M., SALEHABADI, A., OLADZAD-ABBASABADI, N., & JIMENEZ, A., FABRA, M. J., TALENS, P., & CHIRALT, A. (2012). Edible and biodegradable

starch films: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 2058-2076.

JHA, S. K., SETHI, S., SRIVASTAV, M., DUBEY, A. K., SHARMA, R. R., SAMUEL, D. V. K., & SINGH, A. K. (2010). Firmness characteristics of mango hybrids under ambient storage. *Journal of Food Engineering*, 97(2), 208-212.

JHA, S. N.; KINGSLY, A. R. P.; CHOPRA, S. (2006). Physical and mechanical properties of mango during growth and storage for determination of maturity. *Journal of Food Engineering*, v. 72, p. 73-76, 2006.

JONGSRI, P., WANGSOMBOONDEE, T., ROJSITTHISAK, P., & SERAYPHEAP, K. (2016). Effect of molecular weights of chitosan coating on postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruit. *Lwt*, 73, 28-36.

JRIDI, M., ABDELHEDI, O., SALEM, A., KECHAOU, H., NASRI, M., & MENCHARI, Y. (2020). Physicochemical, antioxidant and antibacterial properties of fish gelatin-based edible films enriched with orange peel pectin: Wrapping application. *Food Hydrocolloids*, 103, 105688.

JÚNIOR, J. E. L., DA COSTA, J. M. C., NEIVA, J. N. M., & RODRIGUEZ, N. M. (2006). Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. *Revista Ciência Agronômica*, 37(1), 70-76.

KADER, A.A. (1999). Fruit maturity, ripening, and quality relationships. *Acta Horticulturae*, In: *International Symposium Effect of Pre- & Postharvest factors in Fruit Storage* 485, p. 203-208, 1999.

KADER, ADEL A. Quality parameters of fresh-cut fruit and vegetable products. Fresh-cut fruits and vegetables. *Science, technology and market*, p. 11-20, 2002.

KAYS, S.J. (1991). Postharvest physiology of perishable plant products. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532 p.

KHALIQ, G.; MUDA MOHAMED, M. T.; ALI, A.; DING, P.; GHAZALI, H. M. (2015). Effect of gum arabic coating combined with calcium chloride on physico-chemical and qualitative properties of mango (*Mangifera indica L.*) fruit during low temperature storage. *Scientia Horticulturae*, 190, p.187-194, 2015.

KHAN, I., TANGO, C. N., CHELLIAH, R., & OH, D. H. (2019). Development of antimicrobial edible coating based on modified chitosan for the improvement of strawberries shelf life. *Food science and biotechnology*, 28(4), 1257-1264.

KIBAR, E. A. A., & US, F. (2013). Thermal, mechanical and water adsorption properties of corn starch-carboxymethylcellulose/methylcellulose biodegradable films. *Journal of Food Engineering*, 114(1), 123-131.

- KODALI, D. R. (2009). The utilization of rice bran wax to stabilize long chain  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acid esters. *Lipid Technology*, 21(11-12), 254-256.
- KONICA MINOLTA. (2003). Precise colour communications: colour control from perception to instrumentation. KONICA MINOLTA SENSING.
- KUMAR, A., ALAM, A., RANI, M., EHTESHAM, N. Z., & HASNAIN, S. E. (2017). Biofilms: Survival and defense strategy for pathogens. *International Journal of Medical Microbiology*, 307(8), 481-489.
- KUMAR, N., OJHA, A., UPADHYAY, A., SINGH, R., & KUMAR, S. (2021). Effect of active chitosan-pullulan composite edible coating enrich with pomegranate peel extract on the storage quality of green bell pepper. *LWT*, 138, 110435.
- KUMAR, P., & SETHI, S. (2018). Edible coating for fresh fruit: A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(5), 2619-2626.
- KUMAR, S., KONWAR, J., PURKAYASTHA, M. D., KALITA, S., MUKHERJEE, A., & DUTTA, J. (2023). Current progress in valorization of food processing waste and by-products for pectin extraction. *International Journal of Biological Macromolecules*, 124332.
- LALEL, H. J., SINGH, Z., & TAN, S. C. (2003). Aroma volatiles production during fruit ripening of 'Kensington Pride' mango. *Postharvest Biology and Technology*, 27(3), 323- 336.
- LARA-ESPINOZA, C., CARVAJAL-MILLÁN, E., BALANDRÁN-QUINTANA, R., LÓPEZ-FRANCO, Y., & RASCÓN-CHU, A. (2018). Pectin and pectin-based composite materials: Beyond food texture. *Molecules*, 23(4), 942.
- LBUQUERQUE, M. DE A. C., LEVIT, R., BERES, C., BEDANI, R., DE MORENO DE LEBLANC, A., SAAD, S. M. I., & LEBLANC, J. G. (2019). Tropical fruit by-products water extracts of tropical fruit by-products as sources of soluble fibres and phenolic compounds with potential antioxidant, anti-inflammatory, and functional properties. *Journal of Functional Foods*, 52, 724–733. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.12.002>.
- LEMOS, L. M. C., (2014). Controle do amadurecimento e da antracnose na pós-colheita da manga 'Ubá'. Tese de Doutorado em Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 133 p., 2014.
- LI, L., YI, P., SUN, J., TANG, J., LIU, G., BI, J., ... & LING, D. (2023). Genome-wide transcriptome analysis uncovers gene networks regulating fruit quality and volatile compounds in mango cultivar 'Tainong' during postharvest. *Food Research International*, 112531.
- LI, MENG; SLAUGHTER, DAVID C. AND THOMPSON, JAMES F. (1997). Optical chlorophyll sensing system for banana ripening. *Postharvest Biology and Technology*. 12(3):273-283.

- LIEW, S. Q., CHIN, N. L., & YUSOF, Y. A. (2014). Extraction and characterization of pectin from passion fruit peels. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 231- 236.
- LIU, C., JIN, T., LIU, W., HAO, W., YAN, L., & ZHENG, L. (2021). Effects of hydroxyethyl cellulose and sodium alginate edible coating containing asparagus waste extract on postharvest quality of strawberry fruit. *Lwt*, 148, 111770.
- LUCENA, E. M. P. D., ASSIS, J. S. D., ALVES, R. E., SILVA, V. C. M. D., & ENÉIAS FILHO, J. (2007). Alterações físicas e químicas durante o desenvolvimento de mangas' Tommy Atkins' no vale de São Francisco, Petrolina-PE. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29, 96-101.
- MALMIRI, J. H., OSMAN, A., TAN, C. P., & RAHMAN, A. R. (2011). Evaluation of effectiveness of three cellulose derivative-based edible coatings on changes of physico-chemical characteristics of 'Berangan' banana (*Musa sapientum* cv. Berangan) during storage at ambient conditions. *International food research journal*, 18(4), 1381.
- MANOHAR RAO, P. J. (1997). Industrial utilization of sugar cane and its co-products.
- MARTINS, P. F., BRASIL, J. F., SILVA, M. B. R., DE OLIVEIRA, M. S., DA SILVA, V. R. S., OLIVEIRA, R. M., ... & COSTA, V. H. (2018). Extração da cera do farelo de arroz de maneira mais sustentável. *Revista dos Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP*, (26).
- MCHUGH, T. H., & SENESI, E. (2000). Apple wraps: a novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples. *Journal of Food Science*, 65(3), 480-485.
- MEHRAJ, S., & SISTLA, Y. S. (2022). Optimization of process conditions for the development of pectin and glycerol based edible films: Statistical design of experiments. *Electronic Journal of Biotechnology*, 55, 27-39.
- MELO NETO, M. L., CHRISTOFFOLETI, P. J., SIGRIST, J. M. M., & ALVES, R. M. V. (1999). Utilização de embalagens plásticas e refrigeração na conservação da manga (*Mangifera indica* L.) cv. Palmer. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 21(2), 160-165.
- MENEZES, J., & ATHMASELVI, K. A. (2016). Study on effect of pectin based edible coating on the shelf life of sapota fruits. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 13(2), 1195-1199.
- MIGUEL, A. C. A., DIAS, J. R. P. S., ALBERTINI, S., & SPOTO, M. H. F. (2009). Postharvest of grape involved with films of sodium alginate and cold storage. *Food Science and Technology*, 29, 277-282.
- MOHAMED, S. A., EL-SAKHAWY, M., & EL-SAKHAWY, M. A. M. (2020). Polysaccharides, protein and lipid-based natural edible films in food packaging: A review. *Carbohydrate Polymers*, 238, 116178.
- MORADINEZHAD, F., NAEIMI, A., & FARHANGFAR, H. (2018). Influence of edible coatings on postharvest quality of fresh Chinese jujube fruits during refrigerated

storage. *Journal of horticulture and Postharvest Research*, 1(1), 1-14.

MORETTI, C. L. (2006). Protocolos de avaliação da qualidade química e física de tomate.

NATIONAL MANGO BOARD. Manual de Práticas para o Melhor Manejo Pós-Colheita da Manga. National Mango Board, 2011. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/read/33439137/manual-national-mango-board>. Acesso em: 09 out. 2020.

NAVARRO-TARAZAGA ML, MASSA A, PÉREZ-GAGO MB (2011). Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (Cv. Angeleno). *LWT - Food Science and Technology* 44:2328–2334. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.03.011>.

NAWAB, A., ALAM, F., & HASNAIN, A. (2017). Mango kernel starch as a novel edible coating for enhancing shelf-life of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit. *International Journal of Biological Macromolecules*, 103, 581-586.

JAYAS, D. S.; JEYAMKONDAN, S. Modified atmosphere storage of grains, meats, fruits and vegetables. *Biosystems Engineering*. v. 82, n. 3, p. 235-251, 2002.

NCAMA, K., MAGWAZA, L. S., MDITSHWA, A., & TESHAY, S. Z. (2018). Revestimentos comestíveis à base de plantas para gerenciar a qualidade pós-colheita de produtos hortícolas frescos: uma revisão. *Embalagem de alimentos e prazo de validade*, 16, 157-167.

NOR, S. M., & DING, P. (2020). Trends and advances in edible biopolymer coating for tropical fruit: A review. *Food Research International*, 134, 109208.

NOSHIRVANI, N., GHANBARZADEH, B., MOKARRAM, R. R., HASHEMI, M., & COMA, V. (2017). Preparation and characterization of active emulsified films based on chitosan- carboxymethyl cellulose containing zinc oxide nano particles. *International journal of biological macromolecules*, 99, 530-538.

NUNES MCN, EMOND JP, BRECHT JK, DEA S, PROULX E (2007) Quality Curves for Mango Fruit (Cv. Tommy Atkins and Palmer) Stored At Chilling and Nonchilling Temperatures. *Journal of Food Quality* 30:104–120. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2007.00109.x>.

PANDOLSOOK, S., & KUPONGSAK, S. (2017). Influence of bleached rice bran wax on the physicochemical properties of organogels and water-in-oil emulsions. *Journal of Food Engineering*, 214, 182-192.

PANORAMA DA PRODUÇÃO DE MANGA. Revista Campo & Negócios, Uberlândia, 13 de mar. de 2022. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/panorama-da-producao-de-manga/> . Acesso em 02 de mar. de 2023.

- PANORAMA DA PRODUÇÃO DE MANGA. Revista Campo & Negócios, Uberlândia, 13 de mar. de 2022. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/panorama-da-producao-de-manga/>>. Acesso em 02 de mar. de 2023.
- PATHARE, P. B., OPARA, U. L., & AL-SAID, F. A. J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food and bioprocess technology*, 6, 36-60.
- PATURAU, J. M. (1989). *By-products of the cane sugar industry. An introduction to their industrial utilization*. Elsevier Science Publishers BV.
- PAUL, V., & PANDEY, R. (2014). Role of internal atmosphere on fruit ripening and storability—a review. *Journal of food science and technology*, 51, 1223-1250.
- PENHA, J. D. S., BRAMONT, W. B., LEAL, I. L., DRUZIAN, J. I., & MACHADO, B. A. (2015). Caracterização de três cultivares de manga de diferentes arranjos produtivos da Bahia.
- PEROSA, J. M. Y., SILVA, C. D. S., & ARNALDI, C. R. (2009). Avaliação das perdas de manga (*Mangifera indica L.*) no mercado varejista da cidade de Botucatu-SP. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31, 732-738.
- PFALTZGRAFF, L. A.; BRUYN, M.; COOPER, E. C.; BUDARIN, V.; CLARK, J. H. (2013). Food waste biomass: A resource for high-value chemicals. *Green Chemistry*, v. 15, n. 2, p. 307, 2013.
- PINHEIRO, A. C., CERQUEIRA, M. A., SOUZA, B. W. S., MARTINS, J., TEIXEIRA, J. A., & VICENTE, A. A. (2010). Utilização de revestimentos/filmes edíveis para aplicações alimentares.
- PINHEIRO, E. (2007). Pectina da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*): otimização da extração com ácido cítrico e caracterização físicoquímica. 2007.
- Raghav, P. K., Agarwal, N., & Saini, M. (2016). Revestimento comestível de frutas e legumes: Uma revisão. *Educação*, 1(2), 188-204.
- RESTREPO-SERNA, D. L., & ALZATE, C. A. C. (2022). Economic pre-feasibility of supercritical fluid extraction of antioxidants from fruit residues. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 25, 100600.
- ROCHA C., BIROLO F. (2021). Exportação de manga brasileira bate recorde em 2020, totalizando US\$ 246 milhões. 13/04/21. *Plant production*. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/60585117/exportacao-de-manga-brasileira-bate-recorde-em-2020-totalizando-us-246-milhoes>>. Acessado em: 30 nov. 2021.
- ROCHA, R. H. C., MENEZES, J. B., MORAIS, E. A. D., SILVA, G. G. D., AMBRÓSIO, M. M. D. Q., & ALVEZ, M. Z. (2001). Uso do índice de degradação de amido na determinação da maturidade da manga 'Tommy Atkins'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23, 302-305.

- RODRIGUES, D. C., CACERES, C. A., RIBEIRO, H. L., DE ABREU, R. F., CUNHA, A. P., & AZEREDO, H. M. (2014). Influence of cassava starch and carnauba wax on physical properties of cashew tree gum-based films. *Food hydrocolloids*, 38, 147-151.
- RODRIGUES, M. Z. (2017). Obtenção de Revestimentos Comestíveis a Base de Pectina Como Veículo Para Micro-Organismos Probióticos e Aplicação em Cenoura e Goiaba Minimamente Processadas. 2017. 100f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2017.
- ROMO, G., & NAVA, G. (2005). A protocol for evaluating locally-sourced alternative feed ingredients: An example using passion fruit seed meal. In Nutritional biotechnology in the feed and food industries. *Proceedings of Alltech's 21st Annual Symposium, Lexington, Kentucky, USA* (pp. 22–25). May 2005 (pp. 43–53). Alltech UK.
- ROSANOVA, A. D. H. (2013). Análise comparativa de diferentes tratamentos para reduzir a deterioração de tomates.
- RUIZ-MARTÍNEZ, JUDITH et al. Candelilla wax edible coating with *Flourensia cernua* bioactives to prolong the quality of tomato fruits. *Foods*, v. 9, n. 9, p. 1303, 2020.
- SAEKOW, M., NARADISORN, M., TONGDEESOONTORN, W., & HAMAUZU, Y. (2019). Effect of carboxymethyl cellulose coating containing ZnO-nanoparticles for prolonging shelf life of persimmon and tomato fruit. *Journal of Food Science and Agricultural Technology (JFAT)*, 5, 41-48.
- SAJI, V. S. (2020). Wax-based artificial superhydrophobic surfaces and coatings. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 602, 125132.
- SANTOS-TIERNO, RAPHAELA et al. Teor de flavonoides e potencial antioxidante de extratos de folhas de *Passiflora setacea cv* do Cerrado, uma nova cultivar silvestre de maracujá. *Journal of Medicinal Plants Research*, v. 16, n. 2, pág. 26-34, 2022.
- SAXENA, A., SHARMA, L., & MAITY, T. (2020). Enrichment of edible coatings and films with plant extracts or essential oils for the preservation of fruits and vegetables. In *Biopolymer-based formulations* (pp. 859-880). Elsevier.
- SCANAVACA JUNIOR, L., FONSECA, N., DOS SANTOS, L. A., SANTOS, G. D. F., FARIAS, H. D. S., & NASCIMENTO, P. D. S. (2004). Avaliação de características de frutos de cultivares de manga para a diversificação do mercado interno para o consumo do fruto in natura. CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBF, 2004.
- SEISUN, D., & ZALESNY, N. (2021). Strides in food texture and hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 117, 106575.

- SEISUN, D., & ZALESNY, N. (2021). Strides in food texture and hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 117, 106575.
- SERPA, M. F. P., CASTRICINI, A., MITSUBUZI, G. P., MARTINS, R. N., BATISTA, M. F., & ALMEIDA, T. H. D. (2014). Conservação de manga com uso de fécula de mandioca preparada com extrato de cravo e canela. *Revista Ceres*, 61, 975-982.
- SHETH, J. N., SETHIA, N. K., & SRINIVAS, S. (2011). Mindful consumption: A customer-centric approach to sustainability. *Journal of the academy of marketing science*, 39, 21-39.
- SHIVANGI, S., DORAIRAJ, D., NEGI, P. S., & SHETTY, N. P. (2021). Development and characterisation of a pectin-based edible film that contains mulberry leaf extract and its bio-active components. *Food Hydrocolloids*, 121, 107046.
- SIDDIQUI, M. W.; AYALA-ZAVALA, J. F.; DHUA, R. S. (2015). Genotypic variation in tomatoes affecting processing and antioxidant properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Boca Raton, v. 55, n.13, p. 1819-1835, 2015.
- SILVA, C. S. D. (2021). Determinação do ponto de colheita da manga 'Ubá' (*Mangifera indica* L. var. Ubá) pela análise de suas propriedades físico-químicas.
- SILVA, M. D., ALVES, T. L., MARTINS, J. N., & SOUSA, F. D. C. DE. (2016). Elaboração e caracterização físico-química da polpa integral de manga (*Mangifera indica* L.) variedade espada.
- SILVA, S. N.; SILVA, P. B.; SILVA, R. M.; SILVA, L. P. F. R.; BARROSO, A. J. R.; ALMEIDA, F. D. A. C.; GOMES, J. P. (2019). Composição físico-química e colorimétrica da polpa de frutos verdes e maduros de *Cereus jamacaru*. *Magistra, Cruz das Almas*, v.30, p. 11-17, 2019.
- SINGH, Z., SINGH, R. K., SANE, V. A., & NATH, P. (2013). Mango - Postharvest Biology and Biotechnology. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 32(4), 217-236. <https://doi.org/10.1080/07352689.2012.743399>.
- SIQUEIRA, B. D. S., ALVES, L. D., VASCONCELOS, P. N., DAMIANI, C., & SOARES JÚNIOR, M. S. (2012). Extracted pectin of pequi peel and application in light mango jam. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34, 560-567.
- SOTHORNVIT, R., & KROCHTA, J. M. (2001). Plasticizer effect on mechanical properties of  $\beta$ -lactoglobulin films. *Journal of food engineering*, 50(3), 149-155.
- SOUSA, F. F., JUNIOR, J. S. P., OLIVEIRA, K. T., RODRIGUES, E. C., ANDRADE, J. P., & MATTIUZ, B. H. (2021). Conservation of 'Palmer' mango with an edible coating of hydroxypropyl methylcellulose and beeswax. *Food Chemistry*, 346, 128925.
- ŠUPUT, D. Z., LAZIĆ, V. L., POPOVIĆ, S. Z., & HROMIŠ, N. M. (2015). Edible films and

- coatings: Sources, properties and application. *Food and Feed Research*, 42(1), 11-22.
- TAMAKI, H., MAN, S. L., OHTA, Y., KATSUYAMA, N., & CHINEN, I. (2003). Inhibition of osteoporosis in rats fed with sugar cane wax. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 67(2), 423-425.
- TAVASSOLI-KAFRANI, E., SHEKARCHIZADEH, H., & MASOUDPOUR-BEHABADI, M. (2016). Desenvolvimento de filmes comestíveis e revestimentos de alginatos e carrageninas. *Polímeros de carboidratos*, 137, 360-374.
- THAKUR, R., PRISTIJONO, P., GOLDING, J. B., STATHOPOULOS, C. E., SCARLETT, C. J., BOWYER, M., ... & VUONG, Q. V. (2018). Development and application of rice starch based edible coating to improve the postharvest storage potential and quality of plum fruit (*Prunus salicina*). *Scientia horticulturae*, 237, 59-66.
- THARANATHAN, R. N., YASHODA, H. M., & PRABHA, T. N. (2006). Mango (*Mangifera indica* L.), "The king of fruits" —An overview. *Food Reviews International*, 22(2), 95-123.
- TONGDEESOONTORN, W., MAUER, L. J., WONGRUONG, S., SRIBURI, P., & RACHTANAPUN, P. (2011). Effect of carboxymethyl cellulose concentration on physical properties of biodegradable cassava starch-based films. *Chemistry Central Journal*, 5(1), 1-8.
- TRIGO, J. M., ALBERTINI, S., SPOTO, M. H. F., SARMENTO, S. B. S., REYES, A. E. L., & SARRIÉS, G. A. (2012). Efeito de revestimentos comestíveis na conservação de mamões minimamente processados. *Brazilian Journal of Food Technology*, 15, 125-133.
- VALDÉS, A., BURGOS, N., JIMÉNEZ, A., & GARRIGÓS, M. C. (2015). Natural pectin polysaccharides as edible coatings. *Coatings*, 5(4), 865-886.
- VALI, S. R., JU, Y. H., KAIMAL, T. N. B., & CHERN, Y. T. (2005). A process for the preparation of food-grade rice bran wax and the determination of its composition. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 82, 57-64.
- WADA, J. K. A. (2008). Processo simplificado para obtenção de policosanol a partir de cera de cana-de-açúcar clarificada e purificada (*Doctoral dissertation, Universidade Estadual de Campinas*).
- WANG, L., ANDO, S., ISHIDA, Y., OHTANI, H., TSUGE, S., & NAKAYAMA, T. (2001). Quantitative and discriminative analysis of carnauba waxes by reactive pyrolysis-GC in the presence of organic alkali using a vertical microfurnace pyrolyzer. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 58, 525-537.
- WANG, L., DONG, Y., MEN, H., TONG, J., & ZHOU, J. (2013). Preparation and characterization of active films based on chitosan incorporated tea polyphenols. *Food hydrocolloids*, 32(1), 35-41.

- WILLS, R., MCGLASSON, B., GRAHAM, D., & JOYCE, D. (2004). *Postharvest. An Introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals*. Adelaide, South Australia: CAB International.
- XAVIER, L. M., & PENHA, T. A. M. (2021). O desempenho das exportações da manga no Brasil: uma análise de constant market share. *Revista Análise Econômica e Políticas Públicas-RAEPP*, 1(01).
- XIAO, J., GU, C., ZHU, D., HUANG, Y., LUO, Y., & ZHOU, Q. (2021). Development and characterization of an edible chitosan/zein- inamaldehyde nano-cellulose composite film and its effects on mango quality during storage. *LWT*, 140, 110809.
- YAMASHITA, F., TONZAR, A. C., FERNANDES, J. G., MORIYA, S., & BENASSI, M. D. T. (2001). Embalagem individual de mangas cv. Tommy Atkins em filme plástico: efeito sobre a vida de prateleira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23, 288-292.
- ZARITZKY, N. (2011). Edible coatings to improve food quality and safety. In *Food engineering interfaces* (pp. 631-659). Springer New York.
- ZERBINI, P. E., VANOLI, M., RIZZOLO, A., GRASSI, M., DE AZEVEDO PIMENTEL, R. M., SPINELLI, L., & TORRICELLI, A. (2015). Optical properties, ethylene production and softening in mango fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 101, 58-65.
- ZHANG, Z., YE, J., FEI, T., MA, X., XIE, X., HUANG, H., & WANG, Y. (2019). Interesterification of rice bran wax and palm olein catalyzed by lipase: crystallization behaviours and characterization. *Food chemistry*, 286, 29-37.
- ZHONG, Y., GODWIN, P., JIN, Y., & XIAO, H. (2020). Biodegradable polymers and green-based antimicrobial packaging materials: A mini-review. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 3(1), 27-35.
- ZHOU, W., HE, Y., LIU, F., LIAO, L., HUANG, X., LI, R. & LI, J. (2021). Carboxymethyl chitosan-pullulan edible films enriched with galangal essential oil: Characterization and application in mango preservation. *Carbohydrate Polymers*, 256, 117579.