

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-RETORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

**CARACTERIZAÇÃO DE MANGAS CV. PALMER E A
EFICIÊNCIA DO REVESTIMENTO NA CONSERVAÇÃO**

Autora: Rutinéia Martins Freitas
Orientadora: Geovana Rocha Plácido
Orientador: Hygor Rodrigues de Oliveira
Coorientador: Osvaldo Resende
Coorientador: Alex Fonseca Souza

Rio Verde – GO
Setembro – 2023

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-RETORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

**CARACTERIZAÇÃO DE MANGAS CV. PALMER E A
EFICIÊNCIA DO REVESTIMENTO NA CONSERVAÇÃO**

Autora: Rutinéia Martins Freitas
Orientadora: Geovana Rocha Plácido
Orientador: Hygor Rodrigues de Oliveira
Coorientador: Osvaldo Resende
Coorientador: Alex Fonseca Souza

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRA EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de contração pós-colheita e processamento de grãos e vegetais.

Rio Verde – GO
Setembro – 2023

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

FF866c Freitas, Rutinéia Martins
Caracterização de mangas cv. Palmer e a eficiência do revestimento na conservação / Rutinéia Martins Freitas; orientadora Geovana Rocha Plácido; orientador Hygor Rodrigues de Oliveira; co-orientador Osvaldo Resende; co-orientador Alex Fonseca Souza. -- Rio Verde, 2023.
64 p.

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

1. Mangifera indica. 2. desperdício. 3. cadeia de suprimentos. 4. revestimentos comestíveis. I. Plácido, Geovana Rocha, orient. II. Resende, Osvaldo, 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

**CARACTERIZAÇÃO DE MANGAS CV. PALMER E A EFICIÊNCIA
DO REVESTIMENTO NA CONSERVAÇÃO**

Autora: Rutinéia Martins Freitas

Orientadores: Geovana Rocha Plácido e Hygor Rodrigues de Oliveira

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

APROVADA em 21 de setembro de 2023.

Dr. Danilo Tófoli
Avaliador externo
IF Mato Grosso do Sul

Dra. Viviane Patrícia Romani
Avaliadora interna
IF Goiano/RV

Dra. Karla Suzana Moresco
Avaliadora Externa
Universidade Federal da Fronteira
do Sul

Dra. Geovana Rocha Plácido
Presidente da banca
IF Goiano/RV

Documento assinado eletronicamente por:

- Viviane Patricia Romani, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO - VISITANTE , em 27/09/2023 08:54:13.
- Danilo Tofoli, Danilo Tofoli - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (1) , em 21/09/2023 19:04:12.
- Karla Suzana Moresco, Karla Suzana Moresco - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500), em 21/09/2023 17:18:52.
- Geovana Rocha Plácido, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 21/09/2023 17:13:24.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 31/08/2023. 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: 527286
Código de Autenticação: fd3d53254b



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

Agradeço a Deus pela força que me concedeu ao longo dessa jornada, através dEle que pude superar os desafios e não desistir de meu objetivo.

Ao meu marido, Henrique Corrêa, por todo o apoio incondicional durante o experimento deste estudo, inclusive na coleta das mangas. Sua disposição em me ajudar, aprendendo análises químicas e dedicando seu tempo para me auxiliar. Além disso, e não menos importante, agradecer por ter aguentado meu mau humor em momentos de pressão e estresse. Obrigada, amor, por ter me dado força e por estar ao meu lado neste momento.

Ao meu colega e amigo, Lucas Peixoto, por seu apoio ao longo da pesquisa. Nossas conversas, risadas e reclamações foram fundamentais para eu não ter abandonado o curso nos momentos difíceis. Agradeço por compartilhar conhecimentos, trocar ideias e discutir os desafios (e raivas) durante o processo. Sou grata pela oportunidade de ter conhecido e trabalhado junto de alguém tão dedicado e comprometido.

Ao professores: Marco Antônio, por sua perspicácia em apontar as falhas em minha ideia inicial, sua avaliação crítica e visão apurada permitiram reconsiderar minha abordagem, levando a um resultado mais sólido que me ajudou a crescer como pesquisadora; Viviane Romani, que ministrou com clareza e paixão a disciplina mais enriquecedora e essencial para condução desta pesquisa e que sempre esteve disponível para esclarecer dúvidas e orientar; Marcos Hendges, que sempre se dispôs a ajudar; Adriano Carvalho por compartilhar sua experiência e conhecimento que me fizeram adquirir habilidades necessárias para realizar a pesquisa; e ao Daniel Emanuel, que fez considerações importantes para a escrita deste trabalho.

A minha orientadora, Geovana, e aos meus coorientadores, Osvaldo, Hygor e Alex, pelo suporte inestimável durante todo o processo desta dissertação. A orientação cuidadosa, a expertise e o conhecimento de vocês foram primordiais para este trabalho. A capacidade de fornecer *feedbacks* precisos, orientações claras e respostas às minhas dúvidas foram

fundamentais para o meu crescimento acadêmico. Sou grata pela oportunidade de conhecê-los e poder contar com uma equipe tão competente comprometida e dedicada.

Ao meu coorientador Hygor, minha imensa gratidão por sua dedicação exemplar durante todo o processo desta pesquisa. Sua disposição em ficar ao meu lado até tarde da noite no laboratório, auxiliando nas análises, arrumando equipamentos e preparando soluções demonstra seu comprometimento invejável. Além de seu compromisso, sou grata por toda paciência, principalmente no primeiro dia que nada saiu como o esperado, e orientação minuciosa ao me acompanhar durante as etapas experimentais. Sua experiência e habilidade em solucionar problemas técnicos me salvaram do fracasso total. Agradeço por tudo e, especialmente, por ter ido muito além das suas obrigações para me auxiliar.

A Prefeitura Municipal de Coxim – MS, Secretaria Municipal de Saúde, Coordenação de Atenção Primária em Saúde e meus colegas da Estratégia Saúde da Família que compreenderam a importância desse projeto e me apoiaram.

Ao Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – Campus Coxim e Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, pela oportunidade de cursar o mestrado no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Rutinéia Martins Freitas nasceu em 06 de junho de 1995 na cidade de General Câmara – RS. Após concluir seus estudos básicos, ingressou no ensino superior por meio do ProUni onde obteve seu diploma de bacharel em Nutrição. Atua desde 2021 na Secretaria Municipal de Saúde Pública de Coxim como nutricionista. Em busca de aprimoramento contínuo em outras áreas de atuação, ingressou em 2022 no mestrado em Tecnologia de Alimentos do IF Goiano em parceria com o IFMS.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1. Mercado da manga	18
2.2. Transformações pós-colheita	19
2.3. Conservação pós-colheita de mangas	19
2.4. Revestimentos comestíveis	20
2.4.1. Amido de milho	21
2.4.2. Cera de abelha	22
2.4.3. Cera de candelila	23
2.4.4. Cera de carnaúba	23
3. OBJETIVOS	31
4. MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1. Mangas cv. Palmer	32
4.2. Parte A	32
4.2.1. Determinação da massa	32
4.2.2. Medição do comprimento	33
4.2.3. Medição da largura	34
4.2.4. Medição da espessura	34
4.2.5. Análise estatística	35
4.3. Parte B	35
4.3.1. Revestimento comestível	35
4.3.2. Revestimento e armazenamento das mangas	37

4.3.3. Análises físico-químicas	37
4.3.4. Características visuais	38
4.3.5. Taxa respiratória.....	38
4.3.6. Perda de massa	39
4.3.7. Firmeza da polpa	40
4.3.9. pH e acidez titulável.....	40
4.3.10. Sólidos solúveis totais	41
4.3.11. Microscopia eletrônica de Varredura (MEV)	41
4.3.12. Parâmetros colorimétricos.....	41
4.3.13. Análise estatística.....	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1. Parte A	42
5.2. Parte B	45
5.2.1. Taxa respiratória.....	45
5.2.2. Perda de massa	46
5.2.3. Firmeza da polpa	48
5.2.4. pH e acidez titulável.....	49
5.2.5. Sólidos solúveis totais	52
5.2.6. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	53
5.2.8. Parâmetros colorimétricos.....	55
6. CONCLUSÃO	58
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 – Aferição da massa do fruto	27
FIGURA 2 – Mensuração do comprimento do fruto.....	27
FIGURA 3 – Avaliação da largura do fruto	28
FIGURA 4 – Avaliação da espessura do fruto	29
FIGURA 5 – Preparo e aplicação dos revestimentos comestíveis	30
FIGURA 6 – Temperatura e umidade relativa do ar da aplicação do revestimento ao final do período de análise	31
FIGURA 7 – Distribuição em frequência da massa das mangas cv. Palmer conforme categorias de valoração da CEAGESP	37
FIGURA 8 – Gráfico de correlação de Pearson dos parâmetros físicos dos frutos.....	38
FIGURA 9 – Taxa respiratória das mangas cv. Palmer	39
FIGURA 10 – Perda de massa dos frutos ao longo do período de armazenamento.....	41
FIGURA 11 – Firmeza da polpa do fruto obtida por meio da avaliação da força de penetração.....	42
FIGURA 12 – pH das amostras analisadas	43
FIGURA 13 – Ácido cítrico expresso em percentual (mg por 100g).....	44
FIGURA 14 – Análise de sólidos solúveis.....	46
FIGURA 15 – Imagens de microscopia eletrônica de varredura de superfície da casca com os revestimentos aplicados	48
FIGURA 16 – Parâmetros colorimétricos da casca e polpa dos frutos	49

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
TABELA 1 – Variáveis estatísticas das quatro características biométricas	37
TABELA 2 – Força de correlação de Pearson dos parâmetros físicos dos frutos.....	39

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo, sigla, abreviação e unidade	Significado
%	Percentual
'	Minutos
''	Segundos
±	Margem de erro
μ	Micro
a*	Cromaticidade (- verde a + vermelho)
b*	Cromaticidade (- azul a + amarelo)
BaCl ₂	Cloreto de bário
BEE	Revestimento com cera de abelha
CAND	Revestimento com cera de candelila
CARN	Revestimento com cera de carnaúba
CAS	<i>Chemical Abstracts Service</i> (número de registro)
cm	Centímetros (comprimento)
cm ³	Centímetro cúbico (volume)
CMC	Carboximetilcelulose
CO ₂	Gás carbônico
CTRL	Controle
cv	Variedade cultivada
CV	Coeficiente de variação percentual
g	Gramas (massa)
h	Hora
H ₂ O	Água
HCl	Ácido clorídrico
HPMC	Hidroxipropilmetilcelulose
IFMS	Instituto Federal de Mato Grosso do Sul
kg	Quilograma (massa)
L*	Luminosidade
L.	Carl Linnaeus
Ltda	Limitada
m	Metros (comprimento)

mg	Miligrama (massa)
min	Minutos
mL	Militros (capacidade)
mm	Milímetros (comprimento)
N	Normal (massa do soluto)
N	Newtons (força)
NaOH	Hidróxido de sódio
n°	Número
°	Graus
°C	Grau Celsius (temperatura)
pH	Potencial hidrogeniônico
ppm	Partes por milhão
PVC	Policloreto de vinilo
R\$	Reais (moeda brasileira)
R ²	Coefficiente de determinação
S	Sul
US\$	Dólar dos Estados Unidos
W	Oeste
β	Beta

RESUMO

FREITAS, RUTINÉIA MARTINS. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, setembro de 2023. Caracterização e método de conservação de mangas cv. Palmer. Orientadora: Geovana Rocha Plácido. Coorientadores: Osvaldo Resende, Hygor Rodrigues de Oliveira e Alex Fonseca Souza.

A manga, uma fruta climatérica, enfrenta perdas consideráveis na cadeia de suprimentos por causa dos danos físicos ou as alterações que afetam sua cor, aroma, sabor e textura. Entre as variedades comercializadas, destaca-se a cultivar Palmer. A eficácia do transporte e armazenamento destes frutos estão diretamente relacionados a diversos atributos, especialmente as características físicas. Neste contexto, este estudo avaliou 145 mangas cv. Palmer colhidas em Coxim, Mato Grosso do Sul. Parâmetros como peso, comprimento, largura e espessura dos frutos foram analisados. Os resultados indicaram que esses frutos demandam atenção especial ao longo da cadeia de suprimentos, pela densidade de $0,534 \text{ g/cm}^3$ e a ampla área de contato. Essa constatação ressalta a necessidade de aprimoramentos nos processos de embalagem, transporte e armazenamento, visando a redução de perdas e desperdício. Além disso, o estudo também aborda desafios na qualidade pós-colheita da manga, uma fruta tropical amplamente cultivada, com o objetivo de aperfeiçoar as tecnologias pós-colheita para preservar a qualidade e reduzir o desperdício de recursos naturais. Foram aplicados revestimentos comestíveis à base de amido de milho acrescido com ceras naturais (abelha, candelila e carnaúba). Após a colheita, as mangas foram higienizadas, revestidas e armazenadas em temperatura média de 29°C . Foram analisadas

em triplicata, a cada dois dias, 108 mangas da variedade Palmer, em perda de massa, coloração, textura, pH, acidez, sólidos solúveis, taxa respiratória e microscopia eletrônica a fim de obter a visão abrangente da preservação pós-colheita e da qualidade dos frutos revestidos, indicando a eficiência dos revestimentos aplicados. Os revestimentos prolongaram o armazenamento, mantendo as propriedades químicas e sensoriais. Mangas revestidas mantiveram sua integridade por 12 dias, enquanto as não revestidas, por 8 dias. A cera de abelha demonstrou ser a mais eficaz, seguida por candelila e carnaúba, indicando avanços na preservação pós-colheita com benefícios para a indústria de alimentos.

Palavras-chave: Mangifera indica, desperdício, cadeia de suprimentos, revestimentos comestíveis.

ABSTRACT

FREITAS, RUTINÉIA MARTINS. Goiano Federal Institute – Rio Verde Campus – GO, September 2023. Characterization and conservation method of Palmer mangoes. Advisors: Geovana Rocha Plácido, and Hygor Rodrigues de Oliveira. Co-advisors: Osvaldo Resende, and Alex Fonseca Souza.

Mango, a climacteric fruit, faces significant losses in the supply chain due to its physical damage or alterations that affect color, aroma, taste, and texture. Among the commercially available varieties, the Palmer cultivar stands out. The effectiveness of transporting and storing of these fruits is directly related to various attributes, especially their physical characteristics. In this context, this study assessed 145 cv. Palmer mangoes harvested in Coxim, Mato Grosso do Sul. Parameters such as weight, length, width, and fruit thickness were analyzed. The results indicated that these fruits require special attention throughout the supply chain due to their density of 0.534 g/cm^3 and their extensive contact area. This finding highlights the need for improvements in packaging, transportation, and storage processes, aiming to reduce losses and waste.

Furthermore, the study also addresses challenges in the post-harvest quality of mangoes, which is a widely cultivated tropical fruit, with the goal of enhancing post-harvest technologies to preserve its quality and reduce the waste of natural resources. To achieve this, edible coatings based on cornstarch combined with natural waxes (beeswax, candelilla, and carnauba) were applied. After harvesting, the mangoes were sanitized, coated, and stored at an average temperature of 29°C . In triplicate, 108 Palmer variety mangoes were analyzed every two days for weight loss, coloration, texture, pH, acidity, soluble solids, respiratory

rate, and electron microscopy to obtain a comprehensive insight into post-harvest preservation and coated fruits quality, indicating the efficiency of the applied coatings. These coatings extended the storage life while maintaining chemical and sensory properties. Coated mangoes retained their integrity for 12 days, whereas uncoated ones lasted for 8 days. Beeswax proved to be the most effective, followed by candelilla and carnauba, indicating advancements in post-harvest preservation with benefits for the food industry.

Keywords: *Mangifera indica*, waste, supply chain, edible coatings.

1. INTRODUÇÃO GERAL

As mangas são frutas climatéricas, muito consumidas no Brasil por sua textura, sabor e composição nutricional que é rica em nutrientes (Li *et al.*, 2022). Em 2021 foram produzidas 1.505.372 toneladas de mangas, arrecadando cerca de R\$1.953.638.000,00. Em torno de 272.500 toneladas de mangas foram destinadas ao mercado exterior, sendo esta fruta a recordista de exportações em 2021. As principais variedades exportadas pelo Brasil são a Tommy Atkins para o mercado americano e Kent, Keitt e Palmer para o mercado europeu (EMBRAPA, 2022; IBGE, 2022). De acordo com o Sebrae (2022), mangas como a da variedade Palmer estão sendo mais exploradas no mercado interno por causa do sabor.

Frutas tropicais como a manga são sensíveis ao frio e podem ser danificadas por diferentes bactérias e fungos. A perda de alimentos, incluindo frutas como a manga, requer do setor produtivo controle da deterioração, a fim de economizar recursos ambientais (Taïbi *et al.*, 2022). Anualmente, cerca de 31% da produção global é desperdiçada desde o processo de colheita até o consumidor final. Além disso, o desperdício de alimentos contribui também para a crise climática com 10% da emissão global dos gases de efeito estufa (ONU, 2022).

Durante o armazenamento, frutas e hortaliças continuam o processo de respiração, levando ao metabolismo de substratos e degradação de carboidratos. Desta forma, ocorrem diversas alterações de senescência e fisiológicas, reduzindo a qualidade para comercialização como a produção de etileno, perda de água e mudança de coloração. Além disso, as frutas e hortaliças são suscetíveis a lesões mecânicas durante o armazenamento e transporte, acelerando o processo de senescência (Oyom *et al.*, 2022). Novas tecnologias pós-colheita utilizando irradiação, aplicação de sal, tratamentos térmicos e revestimentos comestíveis estão sendo estudados e aplicados a fim de aumentar a vida útil de diversos produtos frescos (Osae *et al.*, 2022). Revestimentos que aderem à superfície dos frutos mostram-se como tecnologia promissora e sustentável, o aumento da vida útil de mangas

pós-colheita beneficia não somente à economia, mas permite o aumento da qualidade e segurança do fruto (Sousa *et al.*, 2021).

Filmes e revestimentos elaborados a partir de proteínas e polissacarídeos oferecem características mecânicas promissoras. Contudo, a região hidrofílica torna o filme sensível para perda de umidade. Por outro lado, os lipídios fornecem proteção maior quanto a umidade devido à hidrofobia (Blancas-Benitez *et al.*, 2022). Os revestimentos lipídicos são utilizados há séculos para proteger os alimentos frescos. Dentre os lipídios, as ceras produzem as melhores barreiras ao vapor d'água, contudo geram filmes frágeis e quebradiços devido ao grau de dureza, requerendo, portanto, a adição de substâncias que aumentem a flexibilidade e elasticidade. Ceras de abelha, candelila e carnaúba estão sendo amplamente estudadas no desenvolvimento de tecnologias pós-colheita para preservação de frutos (Galus e Kadzinska *et al.*, 2015).

Desta forma, no presente estudo objetiva-se contribuir com a indústria alimentícia para a melhoria da cadeia de suprimentos e preservação de alimentos frescos, especialmente mangas, por meio da caracterização da cv. Palmer e do desenvolvimento de revestimentos comestíveis à base de ceras de abelha, candelila e carnaúba.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLANCAS-BENITEZ, F. J.; MONTAÑO-LEYVA, B.; AGUIRRE-GÜITRÓN, L.; MORENO-HERNÁNDEZ, C. L.; FONSECA-CANTABRANA, A.; ROMERO-ISLAS, L. DEL C.; GONZÁLEZ-ESTRADA, R. R. Impact of edible coatings on quality of fruits: A review. *Food Control*, v. 139, p. 109063, 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). 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-brasileira-bate-recorde-em-2020-totalizando-us-246-milhoes>>. Acesso em: 03 out. 2022.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção de Manga. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/manga/br>>. Acesso em: 09 dez. 2022.

LI, D.; DENG, L.; DAI, T.; CHEN, M.; LIANG, R.; LIU, W.; LIU, C.; CHEN, J.; SUN, C. Ripening induced degradation of pectin and cellulose affects the far infrared drying kinetics of mangoes. *Carbohydrate Polymers*, v. 291, p. 119582, 2022.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. FAO combate desperdício de frutas e hortaliças. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/201527-fao-combate-desperdicio-de-frutas-e-hortalicas>>. Acesso em: 03 out. 2022.

OSAE, R.; APALIYA, M. T.; ALOLGA, R. N.; KAWA, E.; OTU, P. N. Y.; AKABA, S. Influence of shea butter, bee wax and cassava starch coatings on enzyme inactivation, antioxidant properties, phenolic compounds and quality retention of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruits. *Applied Food Research*, v. 2, suppl. 1, p. 100041, 2022.

OYOM, W.; ZHANG, Z.; BI, Y.; TAHERGORABI, R. Application of starch-based coatings incorporated with antimicrobial agents for preservation of fruits and vegetables: A review. *Progress in Organic Coatings*, v. 166, p. 106800, 2022.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). O cultivo e o mercado da manga. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-da-manga,90f5438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD>>. Acesso em: 10 dez. 2022.

SOUSA, F. F.; JUNIOR, J. S. P.; OLIVEIRA, K. T. E. F.; RODRIGUES, E. C. N.; ANDRADE, J. P.; MATTIUZ, B-H. Conservation of 'Palmer' mango with an edible coating of hydroxypropyl methylcellulose and beeswax. *Food Chemistry*, v. 346, p. 128925, 2021.

TAÏBI, A.; DIOP, A.; LENEVEU-JENVRIN, C.; BROUSSOLLE, V.; LORTAL, S.; MÉOT, JM.; SORIA, C.; CHILLET, M.; LECHAUDEL, M.; MINIER, J.; CONSTANCIAS, F.; REMIZE, F.; MEILE, J-C. Dynamics of bacterial and fungal communities of mango: From the tree to ready-to-Eat products. *Food Microbiology*, v. 108, p. 104095, 2022.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Mercado da manga

O mercado da manga enfrenta desafios, como falta de conhecimento dos produtores, dificuldades de crédito, problemas com pragas e transporte. No entanto, há oportunidades, como terras disponíveis, interesse em variedades aprimoradas, apoio à extensão, crescimento do mercado global, demanda por produtos frescos e processados, valor agregado por meio do processamento e produção orgânica (Dibaba *et al.*, 2019). Apesar dos obstáculos, o mercado da manga oferece perspectivas de crescimento e expansão (Ledesma e Campbell, 2019). Para atender às demandas do mercado global de mangas, é essencial manter a qualidade de acordo com padrões internacionais e fortalecer a cadeia de produção e distribuição (Ntsoane *et al.*, 2019). A variedade, tamanho, cor, formato e sabor são atributos que influenciam a qualidade (Thulasiram *et al.*, 2016). Os produtores devem cumprir normas de rastreabilidade e segurança, especialmente para exportações, enfrentando desafios como custos de frete, regulamentações, disponibilidade de mangas de qualidade e infraestrutura. Melhorar a qualidade, estabelecer conexões diretas com compradores estrangeiros e oferecer preços competitivos são passos fundamentais para o sucesso no mercado global de mangas (Vanany *et al.*, 2016; Padaliya *et al.*, 2022; Bannor *et al.*, 2023).

A exportação de frutas, tanto para a Europa quanto para os Estados Unidos, envolve certificações e requisitos rigorosos para garantir qualidade, segurança alimentar e conformidade com boas práticas agrícolas. A União Europeia regula os preços de entrada de algumas frutas. Já nos Estados Unidos, os requisitos são voltados para a prevenção de pragas, limites de resíduos de produtos químicos e pesticidas, exigindo evidências de conformidade (Gordon *et al.*, 2015; Kareem *et al.*, 2017).

2.2. Transformações pós-colheita

As mangas são frutas climatéricas, o que significa que continuam a amadurecer após a colheita, afetando sua qualidade e vida útil. Durante esse processo, ocorrem mudanças significativas na cor, textura, sabor e aroma da fruta, à medida que moléculas, como açúcares, são quebradas em compostos mais simples. No entanto, essas mudanças também tornam a manga mais suscetível a danos e decomposição (Hoque *et al.*, 2018). A produção excessiva de etileno acelera ainda mais esse amadurecimento e deterioração. Portanto, o controle desses processos com tratamentos pós-colheita é crucial para preservar a qualidade e vida útil das mangas (Mounika *et al.*, 2017).

Além disso, outros fatores afetam a qualidade das mangas durante o armazenamento. A taxa respiratória da fruta aumenta com o tempo, mas a aplicação de revestimentos pode retardar esse fenômeno (Ebrahimi e Rastegar; Karthiayani e Nithyalakshmi, 2020; Ali *et al.*; Shah e Hashmi, 2022). No entanto, a taxa respiratória é influenciada positivamente pela temperatura e negativamente pelo tempo de armazenamento. A perda de massa, que indica a perda de água durante o armazenamento, afeta a textura e a aceitação do fruto pelo consumidor (Karthiayani e Nithyalakshmi, 2020). A firmeza da polpa é uma característica sensorial relacionada à maturação da fruta, sendo que frutas mais maduras tendem a ser menos firmes (Uwadaira *et al.*, 2018). O teor de ácido cítrico diminui à medida que a manga amadurece, indicando a maturação e qualidade (Wibowo *et al.*, 2015). A quantidade de açúcares aumenta com o amadurecimento, tornando o sabor mais doce e influenciando na qualidade da fruta. O pH também desempenha um papel na percepção do sabor da manga, e o equilíbrio afeta a qualidade e o grau de maturação da fruta (Ibarra-Garza *et al.*, 2015).

2.3. Conservação pós-colheita de mangas

Várias tecnologias pós-colheita emergentes estão sendo exploradas na indústria de mangas, como o uso de ozônio, luz pulsada, irradiação, tratamento com água resfriada, agentes de controle biológico e atmosfera controlada, que demonstraram eficácia na preservação da qualidade da fruta (Liu *et al.*, 2018; Bambalele *et al.*, 2021). Entre as abordagens há também o uso de revestimentos comestíveis, vapores de óleos essenciais e nanoformulações, agentes de biocontrole e nanomateriais, que visam reduzir a deterioração pós-colheita e proteger as mangas de fatores externos prejudiciais. Essas tecnologias

promissoras oferecem oportunidades significativas para melhorar a qualidade e a vida útil das mangas na indústria (Sivakumar *et al.*, 2021).

Os filmes e embalagens ativas e inteligentes desempenham papel essencial na conservação de mangas, oferecendo diversos benefícios. Além de proteger contra danos físicos e contaminações químicas, essas embalagens mantêm o frescor e a qualidade nutricional das mangas durante o transporte e o armazenamento prolongado. Isso é especialmente importante devido às condições adversas da colheita das mangas, com altas temperaturas e umidade, que aceleram a deterioração. O uso de filmes com atmosfera modificada, em particular, tornou-se uma escolha comum para armazenar frutas e vegetais, incluindo mangas (Ai *et al.*, 2021). Além de reduzir a perda de peso e a perda de água das mangas, essas embalagens mantêm a aparência e a qualidade da fruta durante o armazenamento (Tavassoli-Kafrani *et al.*, 2022).

A tendência em direção a materiais de embalagem naturais, degradáveis e comestíveis é uma alternativa sustentável às embalagens sintéticas, enquanto filmes comestíveis ativos, enriquecidos com compostos naturais, atuam como barreiras eficazes contra oxigênio, umidade e solutos, preservando a qualidade e prolongando a vida útil das mangas. Os filmes e embalagens ativas desempenham papel valioso na proteção e conservação das mangas, agregando valor e sustentabilidade à indústria de frutas (Zhou *et al.*, 2021).

2.4. Revestimentos comestíveis

Os principais materiais de revestimento comestível utilizados em mangas incluem quitosana, ceras (principalmente cera de carnaúba), amido, gomas (principalmente goma arábica) e celulose. A quitosana é um revestimento à base de carboidratos amplamente estudado, enquanto as ceras e óleos comestíveis, como a cera de carnaúba, são utilizados como revestimentos à base de lipídios. Além disso, proteínas como zeína, gelatina e glúten de trigo são usados como revestimentos à base de proteínas. Para otimizar o desempenho dos revestimentos, muitas vezes é empregada a combinação de materiais, criando revestimentos compósitos compatíveis (Tavassoli-Kafrani *et al.*, 2022). Outras matérias-primas relevantes para a formulação de revestimentos comestíveis de manga incluem alginato de sódio, pectina, cloreto de cálcio, glicerol de qualidade alimentar e ácido ascórbico. O alginato de sódio e a pectina são polímeros naturais que formam uma película ao redor da fruta, o cloreto de cálcio é usado para reticular os polímeros e melhorar as

propriedades mecânicas do revestimento, o glicerol melhora a flexibilidade e previne rachaduras, e o ácido ascórbico evita o escurecimento da fruta. Essas matérias-primas desempenham papéis essenciais na criação de revestimentos comestíveis eficazes para prolongar a vida útil das mangas (Silva *et al.*, 2018).

A integração de ceras nas formulações de revestimento tem se revelado altamente vantajosa para aprimorar a qualidade e prolongar a vida útil das mangas. Essa abordagem eficaz reduz a perda de peso, previne doenças e mantém a firmeza das mangas, resultando em maior durabilidade quando comparada às frutas não tratadas. Os benefícios dessa estratégia incluem a diminuição da perda de peso das frutas durante o armazenamento, a desaceleração dos processos de degradação e oxidação enzimática, preservando o conteúdo fenólico total das mangas, além da influência da concentração de cera na solução de revestimento sobre o pH das mangas durante o armazenamento (Karunanayake *et al.*, 2020; Amin *et al.*, 2021). A estratégia de incorporar ceras em revestimentos mostra-se altamente promissora para a indústria de mangas, enriquecendo a qualidade e estendendo a vida útil em diversas dimensões (Eshetu *et al.*, 2019).

Os revestimentos comestíveis oferecem a versatilidade de incorporar ampla variedade de substâncias funcionais. Isso abrange agentes antimicrobianos, como óleo essencial, que combatem microrganismos indesejados, e antioxidantes, como ácido ascórbico, ácido cinâmico e extrato de pimenta vermelha, que preservam a qualidade e evitam o escurecimento de frutas e vegetais (Tahir *et al.*, 2019). Além disso, nutrientes como vitamina E e fontes de cálcio podem ser adicionados para enriquecer o valor nutricional dos alimentos, enquanto agentes antioxidantes, como óleos essenciais, protegem contra a oxidação. A inclusão de agentes antimicrobianos, como sorbato de potássio, assegura a segurança alimentar (Jung *et al.*, 2020). Essa capacidade de incorporar diversas substâncias funcionais torna os revestimentos comestíveis uma ferramenta versátil na melhoria da qualidade e na preservação de produtos alimentícios (Eshetu *et al.*, 2019).

2.4.1. Amido de milho

O milho é uma das principais culturas de cereais do mundo e é amplamente utilizado pela indústria de alimentos pelo baixo custo em comparação com outros cereais. O amido é a principal reserva energética das plantas, incluindo o milho. Trata-se de um polissacarídeo formado por polímeros de glicose, como a amilose e a amilopectina. Esse amido é a matéria-prima primordial para a fabricação de alimentos extrusados, pois é bem aceito pelos

consumidores e possui características de alta expansão, essenciais para a formulação de diversos tipos de alimentos (EMBRAPA, 2023).

Pesquisas demonstraram que a concentração de amido de milho desempenha papel crucial na influência da espessura e na permeabilidade ao vapor de água de revestimentos comestíveis produzidos a partir de farinha de casca de banana (Arquelau *et al.*, 2019) e que revestimentos comestíveis feitos com a combinação de polímeros naturais, como amido e gelatina, juntamente com amido de milho e um componente hidrofóbico, como óleo de linhaça, têm o potencial de substituir as embalagens tradicionais de papel (Shulga *et al.*, 2018). Esses estudos destacam a crescente relevância do uso de amido de milho e outros componentes em revestimentos comestíveis, fornecendo oportunidades significativas para melhorar a qualidade e a eficácia na conservação de alimentos.

2.4.2. Cera de abelha

A cera de abelha é um subproduto da produção de mel e constitui a base da estrutura dos favos. Em 2020, a produção mundial de cera de abelha gerou US\$ 46.991 milhões (FAOSTAT, 2022). Ela contém mais de 300 substâncias diferentes, principalmente ésteres de ácidos graxos e álcoois. A cera de abelha possui estrutura físico-química estável, sendo quebradiça à temperatura ambiente, mas acima de 30°C pode ser moldada. Quando recém-produzida, é de coloração branca, mas em razão da transferência de pigmentos, passa a ser amarela e, posteriormente, escurece (Ollé *et al.*, 2018).

O uso da cera de abelha em revestimentos comestíveis tem sido objeto de estudo e pesquisa em diversos artigos científicos. Entre os campos de aplicação da cera de abelha, encontram-se o uso em revestimentos para queijo (Guldas *et al.*, 2018), que possui o potencial de prolongar a vida útil do queijo, mantendo sua qualidade e frescor por mais tempo; em revestimentos para maçãs cortadas, nos quais a cera de abelha pode evitar o escurecimento e a deterioração (Handayani e Aldwin, 2020); e em embalagens de bebidas, melhorando a barreira e contribuindo para a manutenção da qualidade (Wang *et al.*, 2018).

Um aspecto interessante é a capacidade da cera de abelha de aprimorar as propriedades de barreira, flexibilidade e estrutura dos revestimentos comestíveis (Esim, 2020). Isso torna a cera de abelha uma escolha atraente para a indústria de embalagens de alimentos.

2.4.3. Cera de candelila

A cera de candelila é uma cera natural extraída da *Euphorbia Antisyphilitica* Zucc, que é natural do norte do México e do sul dos Estados Unidos. Quimicamente, a cera de candelila é uma mistura de ésteres, álcoois, esteróis, hidrocarbonetos, ácidos livres e resíduos inorgânicos. Seu ponto de fusão varia entre 56,84 e 79°C, assemelhando-se à cera de abelha em termos de dureza, fazendo com que seja recomendada a utilização de plastificantes. Quando empregada em filmes e revestimentos comestíveis, a cera de candelila reduz a permeabilidade ao vapor d'água e melhora as características texturais, bem como a estabilidade física e oxidativa dos produtos (Kowalczyk e Baraniak, 2014; Aranda-Ledesma *et al.*, Alvarez-Perez *et al.*, 2022).

Os estudos indicam que a utilização de cera de candelila em revestimentos comestíveis tem demonstrado benefícios significativos na preservação da vida útil e na qualidade de frutas e vegetais. Os revestimentos que incorporam cera de candelila exibem notáveis propriedades de barreira, que desempenham importante papel na redução da perda de peso e na manutenção da firmeza, além de inibirem o crescimento de fungos patogênicos. Esses revestimentos também contribuem para a melhoria da qualidade sensorial dos alimentos, preservando, ao mesmo tempo, o teor de ácido ascórbico (León-Zapata *et al.*, 2015; Simonne *et al.*, 2018; Ruiz-Martínez *et al.*, 2022; García-Betanzos *et al.*, 2023).

2.4.4. Cera de carnaúba

A cera de carnaúba é extraída das folhas da palmeira brasileira *Copernico prunifera*. Sua composição química inclui ésteres, ácidos alifáticos, ácidos aromáticos, álcoois livres, hidrocarbonetos, ácidos ω -hidrocarboxílicos livres e dióis triterpeno. O ponto de fusão da cera de carnaúba é mais elevado do que qualquer outra cera natural comercial, situando-se entre 82 e 86°C, caracterizando-a como uma cera rígida e pouco solúvel (Freitas *et al.*, 2019; Devi *et al.*, 2022).

Os estudos indicam que a cera de carnaúba desempenha papel fundamental em revestimentos comestíveis, contribuindo para a extensão da durabilidade de alimentos perecíveis, incluindo frutas cítricas (Devi *et al.*, 2022). A popularidade da cera de carnaúba como escolha predominante para esses revestimentos é atribuída às características físico-químicas distintas, caracterizadas pela presença predominante de ésteres e componentes inertes e estáveis (Freitas *et al.*, 2019). Adicionalmente, destaca-se a capacidade da cera de

carnaúba de aprimorar a hidrofobicidade da superfície de embalagens alimentícias à base de papel, produzidas a partir de materiais como cascas de grãos de cacau (Tamrin *et al.*, 2019). Em resumo, a utilização da cera de carnaúba em revestimentos comestíveis tem o propósito de prolongar a vida útil e melhorar a aparência de produtos alimentícios, além de conferir propriedades hidrofóbicas a embalagens de alimentos.

Sendo assim, a indústria de mangas apresenta oportunidades e obstáculos. Para garantir sucesso duradouro, é vital manter a qualidade de acordo com padrões internacionais e fortalecer toda a cadeia de produção e distribuição. Isso envolve cuidados específicos, pois as mangas são frutas climatéricas que continuam a amadurecer após a colheita. O controle desses processos, como a produção excessiva de etileno, por meio de tratamentos pós-colheita é essencial para manter a qualidade e vida útil das mangas. Além disso, a integração de tecnologias emergentes, como ozônio e embalagens ativas, desempenha papel fundamental na conservação da fruta. Revestimentos comestíveis à base de diversos materiais, como quitosana e ceras, também contribuem para a preservação das mangas, oferecendo a flexibilidade de incorporar substâncias funcionais, como antioxidantes e nutrientes. Enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades do mercado de mangas requer foco constante na qualidade, inovação e atendimento aos padrões internacionais de excelência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AI, B.; ZHENG, L.; LI, W.; ZHENG, X.; YANG, Y.; XIAO, D.; SHI, J.; SHENG, Z. Biodegradable Cellulose Film Prepared From Banana Pseudo-Stem Using an Ionic Liquid for Mango Preservation. *Frontiers in Plant Science*, v. 12, p. 625878, 2021.

ALI, S.; ANJUM, M. A.; KHAN, A. S.; NAWAZ, A.; EJAZ, S.; KHALIQ, G.; IQBAL, S.; ULLAH, S. REHMAN, R. N. U.; ALI, M. M.; SALEEM, M. S. Carboxymethyl cellulose coating delays ripening of harvested mango fruits by regulating softening enzymes activities. *Food Chemistry*, v. 380, p. 131804, 2022.

ALVAREZ-PEREZ, O. B.; VENTURA-SOBREVILLA, J. M.; TORRES-LEÓN, C.; ROJAS-MOLINA, R.; RODRÍGUEZ-HERRERA, R.; AGUILAR-GONZÁLEZ, M. A.; AGUILAR, C. N. Development and characterization of whey protein films incorporated with tarbush polyphenols and candelilla wax. *Food Bioscience*, v. 45, p. 101505, 2022.

AMIN, U.; KHAN, M. K. I.; KHAN, M. U.; EHTASHAM AKRAM, M.; PATEIRO, M.; LORENZO, J. M.; MAAN, A. A. Improvement of the Performance of Chitosan—Aloe vera Coatings by Adding Beeswax on Postharvest Quality of Mango Fruit. *Foods*, v. 10, p. 2240, 2021.

ARANDA-LEDESMA, N. E.; BAUTISTA-HERNÁNDEZ, I.; ROJAS, R.; AGUILAR-ZÁRATE, P.; MEDINA-HERRERA, N. DEL P.; CASTRO-LÓPEZ, C.; MARTÍNEZ-ÁVILA, G. C. G. Candelilla wax: Prospective suitable applications within the food field. *LWT*, v. 159, p. 113170, 2022.

ARQUELAU, P. B. DE F.; SILVA, V. D. M.; GARCIA, M. A. V. T.; ARAÚJO, R. L. B. DE; FANTE, A. C. Characterization of edible coatings based on ripe “Prata” banana peel flour. *Food Hydrocolloids*, v. 89, p. 570-578, 2019.

BAMBALELE, N. L.; MDITSHWA, A.; MAGWAZA, L. S.; TESFAY, S. Z. Recent Advances on Postharvest Technologies of Mango Fruit: A Review. *International Journal of Fruit Science*, v. 21, n. 1, p. 565-586, 2021.

BANNOR, R. K.; OSEI, G.; KYIRE, S. K. C. Meeting European exporting certification standards as a sustainable marketing choice among mango farmers in Ghana. *Cogent Economics & Finance*, v. 11, n. 1, p. 2185344, 2023.

DEVI, L. S.; KALITA, S.; MUKHERJEE, A.; KUMAR, S. Carnauba wax-based composite films and coatings: recent advancement in prolonging postharvest shelf-life of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, v. 129, n. 10, p. 296-305, 2022.

DIBABA, R.; HAGOS, A.; BELE, A.; ALEMU, D. Challenges and Opportunities of Mango Production and Marketing in Assosa Zone of Benishangul Gumuz Region:

Evidence from Ethiopia. *Journal of Marketing and Consumer Research*, v. 53, p. 1-13, 2019.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Amido de milho. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pos-producao/agroindustria-do-milho/processamento/produtos-intermediarios/amido-de-milho>>. Acesso em: 03 jan. 2023.

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

ESIM, N. Yaklaşım: Arı Ürünleri İle Yenilebilir Kaplamalar A New Approach to Shelf Life Of Food: Edible Coatings With Bee Products. 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS (FAOSTAT). Value of Agricultural Production: Beeswax. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV/visualize>>. Acesso em: 02 out. 2022.

FREITAS, C. A. S. DE; SOUSA, P. H. M. DE; SOARES, D. J.; SILVA, J. Y. G. DA; BENJAMIN, S. R.; Guedes, M. I. F. Carnauba wax uses in food – A review. *Food Chemistry*, v. 291, p. 38-48, 2019.

GARCÍA-BETANZOS, C. I.; HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, H.; OJEDA-PIEDRA, S.A.; ULLOA-SAAVEDRA, A.; QUINTANAR-GUERRERO, D.; ZAMBRANO-ZARAGOZA, M. L. Study of Candelilla Wax Concentrations on the Physical Properties of Edible Nanocoatings as a Function of Support Polysaccharides. *Polymers*, v. 15, n. 5, p. 1209, 2023.

GORDON, A. Exporting Traditional Fruits and Vegetables to the United States: Trade, Food Science, and Sanitary and Phytosanitary/Technical Barriers to Trade Considerations. In: GORDON, A. Food Safety and Quality Systems in Developing Countries. Amsterdam: Academic Press, p. 1-15, 2015.

GULDAS, M.; BAYIZIT, A. A.; OZCAN, T.; ERSAN, L. Y. Using beeswax coatings for prolongation shelf-life of cheese peynirin. 2018.

HANDAYANI, R.; ALDWIN, A. Edible coating berbasis tapioka dengan penambahan beeswax dan ekstrak teh hijau pada buah apel malang potong [Cassava-Starch Edible Coating with the Addition of Beewax and Green Tea Extract Towards Fresh Cut Malang Apple]. 2020.

HOQUE, M.; CHOWHAN, S.; KAMRUZZAMAN, M. Physiological changes and shelf life of mango (*Mangifera indica* L.) Influenced by post harvest treatments. SAARC Journal of Agriculture, v. 15, n. 2, p. 219–226, 2018.

IBARRA-GARZA, I. P.; RAMOS-PARRA, P. A.; HERNÁNDEZ-BRENES, C.; JACOBO-VELÁZQUEZ, D. A. Effects of postharvest ripening on the nutraceutical and physicochemical properties of mango (*Mangifera indica* L. cv Keitt). Postharvest Biology and Technology, v. 103, p. 45-54, 2015.

JUNG, J.; DENG, Z.; ZHAO, Y. A review of cellulose nanomaterials incorporated fruit coatings with improved barrier property and stability: Principles and applications. Journal of Food Process Engineering, v. 43, n. 2, p. e13344, 2020.

KAREEM, F. O.; BRÜMMER, B.; MARTINEZ-ZARZOSO, I. European Union Market Access Conditions and Africa's Extensive Margin of Food Trade. The World Economy, v. 40, n. 10, p. 2277-2300, 2017.

KARTHIAYANI, A.; NITHYALAKSHMI, V. Mathematical Modeling of Respiration Rate of Mango (*Mangifera indica*). Agricultural Science Digest, v. 40, n. 2, p. 163-166, 2020.

KARUNANAYAKE, C.; LIYANAGE, K.; JAYAKODY, L. SOMARATNE, S. Basil oil incorporated beeswax coating to increase shelf life and reduce anthracnose development in mango cv. Willard. *Ceylon Journal of Science*, v. 49, p. 355-361, 2020.

KOWALCZYK, D.; BARANIAK, B. Effect of candelilla wax on functional properties of biopolymer emulsion films – A comparative study. *Food Hydrocolloids*, v. 41, p. 195-209, 2014.

LEDESMA, N.; CAMPBELL, R. J. The status of mango cultivars, Market perspectives and mango cultivar improvement for the future. *Acta Horticulturae*, v. 1244, p. 23-28, 2019.

LEÓN-ZAPATA, M. A. DE; SÁENZ-GALINDO, A.; ROJAS-MOLINA, R.; RODRÍGUEZ-HERRERA, R.; JASSO-CANTÚ, D. AGUILAR, C. N. Edible candelilla wax coating with fermented extract of tarbush improves the shelf life and quality of apples. *Food Packaging and Shelf Life*, v. 3, p. 70-75, 2015.

LIU, X.; FU, Y.; GUO, P.; XU, W. Modified Atmosphere Packaging and Postharvest Treatments on Mango Preservation: A Review. In: ZHAO, P.; OUYANG, Y.; XU, M.; YANG, L.; REN, Y. *Applied Sciences in Graphic Communication and Packaging*. Singapore: Springer, p. 511-516, 2018.

MOUNIKA, T.; REDDY, N.; LAKSHMI, N.; JOSHI, V. Studies on the effect of post harvest treatments on shelf life and quality of mango [*Mangifera indica* L.] cv. Amrapali. *Journal of Applied and Natural Science*, v. 9, p. 2055-2061, 2017.

NTSOANE, M. L.; ZUDE-SASSE, M.; MAHAJAN, P.; SIVAKUMAR, D. Quality assesment and postharvest technology of mango: A review of its current status and future perspectives. *Scientia Horticulturae*, v. 249, p. 77-85, 2019.

OLLÉ, T. DE A.; WOLFF, L. F.; SILVA, E. H. DA. Métodos simplificados de derretimento de favos e reciclagem da cera de abelhas. *Pelotas: Embrapa Clima Temperad*, 2018. 24p.

PADALIYA, S.; PUNDIR, R. S. Challenges faced by mango exporters. *Gujarat Journal of Extension Education*, v. 34, p. 15-20, 2022.

RUIZ-MARTÍNEZ J.; AGUIRRE-JOYA J. A.; ROJAS R.; VICENTE A.; AGUILAR-GONZÁLEZ M. A.; RODRÍGUEZ-HERRERA R.; ALVAREZ-PEREZ O. B.; TORRES-LEÓN C.; AGUILAR C. N. Candelilla Wax Edible Coating with *Flourensia cernua* Bioactives to Prolong the Quality of Tomato Fruits. *Foods*, v. 9, n. 9, p. 1303, 2020.

SHAH, S.; HASHMI, M. S. Chitosan–aloe vera gel coating delays postharvest decay of mango fruit. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, v. 61, p. 279-289, 2022

SHULGA, O.; PRITULSKA, N.; PETRUSHA, O.; SMIRNOVA, J. Edible coatings – environmental replacing of traditional candy paper wrapper of “korivka” candies. *Food and Environment Safety Journal*, v. 17, n. 1, p. 41-47, 2018.

SILVA, F. A.; FINKLER, L.; FINKLER, C. L. L. Effect of edible coatings based on alginate/pectin on quality preservation of minimally processed ‘Espada’ mangoes. *Journal of Food Science and Technology*, v. 55, p. 5055–5063, 2018.

SIMONNE, A.; MOORE, C. M.; GREEN, N. R.; SIMONNE, E. H.; CHOWDHURY, M. G.; BRECHT, J. K. Lipid-Based Edible Coatings Improve Shelf Life and Sensory Quality Without Affecting Ascorbic Acid Content of White Bell Peppers (*Capsicum annuum* L.). 2018

SIVAKUMAR, D.; GUNES, N. T.; ROMANAZZI, G. A Comprehensive Review on the Impact of Edible Coatings, Essential Oils, and Their Nano Formulations on Postharvest Decay Anthracnose of Avocados, Mangoes, and Papayas. *Frontiers in Microbiology*, v. 12, p.711092, 2021.

TAHIR, H. E.; XIAOBO, Z.; MAHUNU, G. K.; ARSLAN, M.; ABDALHAI, M.; ZHIHUA, L. Recent developments in gum edible coating applications for fruits and vegetables preservation: A review. *Carbohydrate Polymers*, v. 224, p. 115141, 2019.

TAMRIN, S.; REJEKI, R.; FARADILLA, R. H. F.; MARIANA, M.; IBRAHIM, M. N. Utilization of Cocoa Bean Shell as a Paper-Based Food Packaging and a Method to Improve Surface Hydrophobicity. *Advances in Engineering Research*, v. 194, p. 219-222, 2019.

TAVASSOLI-KAFRANI, E.; GAMAGE, M. V.; DUMÉE, L. F.; KONG, L.; ZHAO, S. Edible films and coatings for shelf life extension of mango: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 62, n. 9, p. 2432-2459, 2022.

THULASIRAM, R.; ALAGUMANI, T.; DURAISAMY, M.R. Preferences of quality attributes for mango export: A conjoint analysis approach. *International Research Journal of Agricultural Economics and Statistics*, v. 7, n. 1, p. 42-47, 2016.

UWADAIRA, Y.; SEKIYAMA, Y.; IKEHATA, A. An examination of the principle of non-destructive flesh firmness measurement of peach fruit by using VIS-NIR spectroscopy. *Heliyon*, v. 4, n. 2, p. e00531, 2018.

VANANY, I.; MARDIYANTO, R.; IJTIHADIE, R. M.; ANDRI, K. B.; ENGELSETH, P. Developing electronic mango traceability in Indonesia. *Supply Chain Forum: An International Journal*, v. 24, n. 3, p. 26-38, 2016.

WANG, P.; QIAN, X.; SHEN, J. Superhydrophobic coatings with edible biowaxes for reducing or eliminating liquid residues of foods and drinks in containers. *BioResources*, v. 13, n. 1, p. 1-2, 2018.

WIBOWO, S.; GRAUWET, T.; GEDEFA, G. B.; HENDRICKX, M.; LOEY, A. V. Quality changes of pasteurised mango juice during storage. Part II: Kinetic modelling of the shelf-life markers. *Food Research International*, v. 78, p. 410-423, 2015.

ZHOU, W.; HE, Y.; LIU, F.; LIAO, L.; HUANG, X.; LI, R.; ZOU, Y.; ZHOU, L.; ZOU, L.; LIU, Y.; RUAN, R.; LI, J. Carboxymethyl chitosan-pullulan edible films enriched with galangal essential oil: Characterization and application in mango preservation. *Carbohydrate Polymers*, v. 256, p. 117579, 2021.

3. OBJETIVOS

GERAL

Caracterizar as mangas cv. Palmer, bem como prolongar sua vida útil de pelo uso de revestimentos comestíveis elaborados com as ceras de abelha, candelila e carnaúba.

ESPECÍFICOS

- Caracterizar a manga cv. Palmer;
- Determinar o efeito dos revestimentos nas características físico-químicas das mangas;
- Estimar o aumento da vida útil das mangas pela aplicação dos revestimentos comestíveis à base de amido de milho acrescido com as ceras de abelha, candelila e carnaúba;
- Determinar a formulação mais adequada de revestimentos para prolongar a vida de prateleira do fruto.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Mangas cv. Palmer

As mangas cv. Palmer foram colhidas manualmente no Sítio São Pedro, localizado no município de Coxim, Mato Grosso do Sul (18°27'11.8"S e 54°35'08.3"W). Para a primeira parte do estudo (A) foram colhidas 145 mangas, priorizando o horário das 06h para aproveitar as condições amenas e minimizar a taxa de transpiração dos frutos. Para isso, foi avaliada a coloração do fruto, e foram selecionados frutos dos estágios 2, 3 ou 4 (EMBRAPA, 2008). As frutas foram transportadas ao Instituto Federal Mato Grosso do Sul – Campus Coxim (IFMS – Campus Coxim) em caixas de hortifruti. As frutas foram submetidas a higienização por meio de lavagem com água ultrapura e imersão em solução de hipoclorito de sódio 200 ppm (Hipoclorito de sódio, Indústrias Anhembí, Brasil) por 15 min, em seguida enxaguadas com água ultrapura e escorridas em temperatura ambiente por 15 min. Das mangas colhidas, 108 foram separadas com base em similaridade de cor para a segunda parte do estudo (B).

4.2. Parte A

4.2.1. Determinação da massa

Os frutos foram pesados em balança semianalítica (BL3200H, Shimadzu Corporation, Japão) e a massa foi registrada em gramas (g) (Figura 1).



Figura 1. Aferição da massa do fruto.

4.2.2. Medição do comprimento

A avaliação de comprimento ocorreu pela medida compreendida entre a porção basal e apical do fruto utilizando paquímetro digital universal (Paquímetro Digital Eletrônico 150 mm, Caliper, China) (Figura 2).

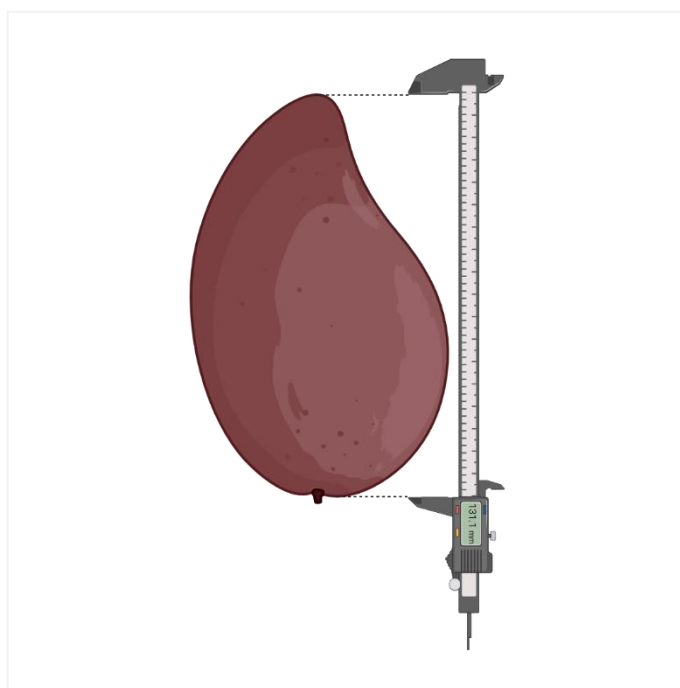


Figura 2. Mensuração do comprimento do fruto.

4.2.3. Medição da largura

Os frutos foram acomodados sobre uma superfície plana e a largura foi aferida no ponto central dos frutos por meio do paquímetro digital universal (Paquímetro Digital Eletrônico 150 mm, Caliper, China) (Figura 3).

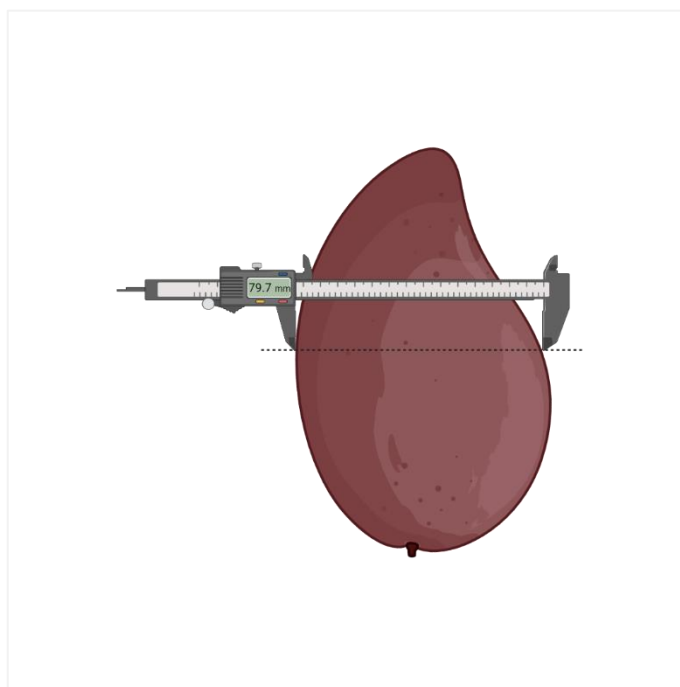


Figura 3. Avaliação da largura do fruto.

4.2.4. Medição da espessura

Fazendo o uso de um paquímetro digital universal (Paquímetro Digital Eletrônico 150 mm, Caliper, China), a espessura foi aferida no ponto central dos frutos (Figura 4).

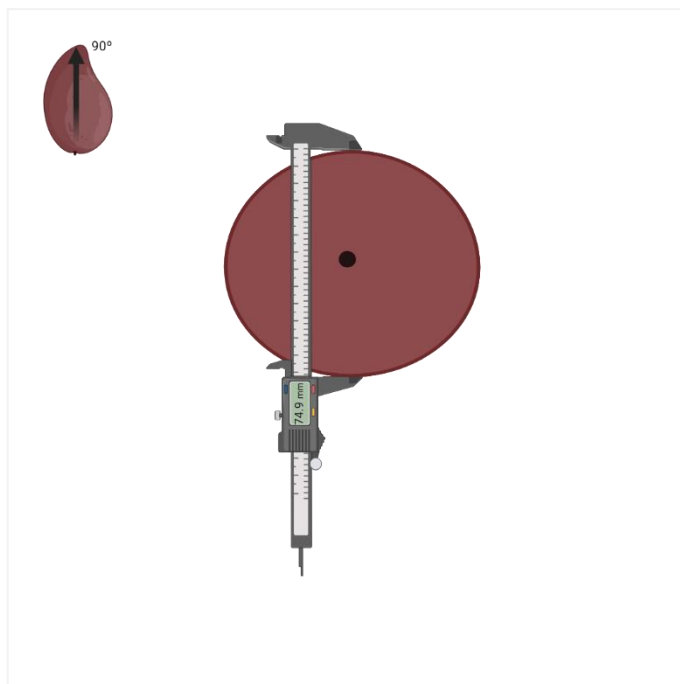


Figura 4. Avaliação da espessura do fruto

4.2.5. Análise estatística

Os resultados das avaliações foram submetidos à análise estatística descritiva (média, mediana, valor mínimo, valor máximo, desvio padrão e coeficiente de variação) e análise de correlação. Essas avaliações foram realizadas utilizando o software livre R, versão 4.3.0.

4.3. Parte B

4.3.1. Revestimento comestível

Foram adquiridas três diferentes ceras na GM Indústria Comércio e Representação de Ceras, as quais foram utilizadas nos recobrimentos de amido de milho, sendo a cera de abelha *Epicharis flava* (Flava, GM Comércio de Ceras e Derivados Ltda, Brasil), candelila (*Euphorbia Cerifera* Cera, GM Comércio de Ceras e Derivados Ltda, Brasil) e carnaúba (*Copernicia Cerifera* Cera, GM Comércio de Ceras e Derivados Ltda, Brasil). O controle foi composto pelos frutos sem revestimento. As formulações foram elaboradas no Laboratório de Química nº 91 do Instituto Federal do Mato Grosso do Sul (IFMS) campus Coxim. O procedimento foi conforme adotado por Chiumarelli e Hubinger (2014) com adaptações. No procedimento experimental, seguindo o protocolo estabelecido por Chiumarelli e Hubinger

(2014), com algumas modificações. A preferência pelo uso de amido de milho em detrimento da fécula de mandioca foi justificada pela ampla disponibilidade e custo acessível do primeiro. Optando por empregar o monoésterato de glicerila como substituto do ácido esteárico acrescido de glicerol, com base na composição como éster resultante da combinação de glicerol e ácido esteárico. Essa seleção foi fundamentada na estrutura química do monoésterato de glicerila, que naturalmente incorpora os componentes necessários, representando uma abordagem eficaz para a obtenção do agente emulsificante necessário para os propósitos desta pesquisa.

Foram adicionados 60 g de amido de milho (3% p/p) (Amido, Unilever Brasil Industrial Ltda, Brasil) à água ultrapura (2.000 ml) a 75°C (Chapa aquecedora DB-IVA, Warmnest) sob agitação constante por meio do agitador magnético (0851/Q, Lucadema Científica, Brasil). Após a gelatinização do amido foram adicionados 46 g (1% p/p) do emulsificante de monoésterato de glicerila (CAS: 31566-31-1, Allimentari Comércio de Produtos Alimentícios e Serviços, Brasil) e homogeneizados usando um mixer (063201003, Britânia Eletrodomésticos, China) na suspensão de amido de milho por 4 min a 11.200 rpm. Foi então adicionado 10 g de cada cera separadamente conforme tratamento e homogeneizado por 3 min. Após, a emulsão foi resfriada até a temperatura ambiente na incubadora BOD (SL-200/90, Solab Científica, Brasil) (Figura 5).

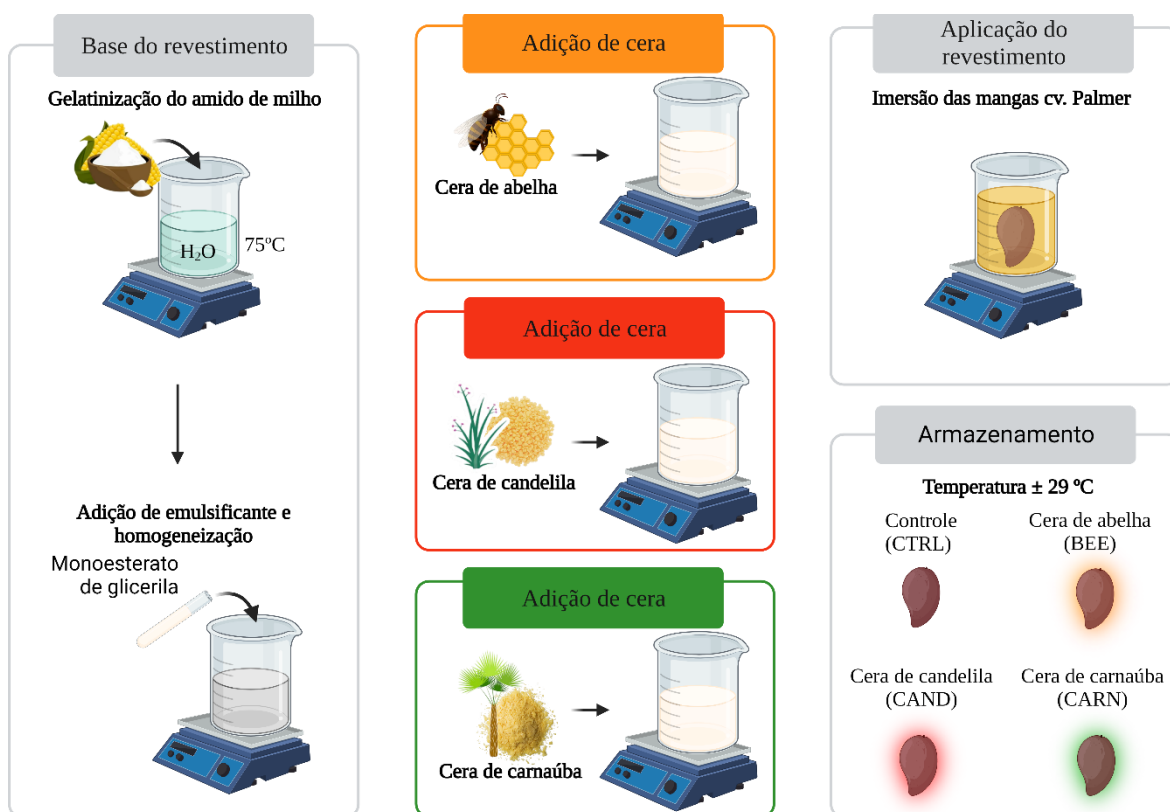


Figura 5. Preparo e aplicação dos revestimentos comestíveis. Fonte: Autoria própria (2023).

4.3.2. Revestimento e armazenamento das mangas

As mangas foram revestidas por imersão na emulsão a 20°C com a aplicação de 03 (três) diferentes formulações e uma amostra permaneceu sem revestimento (controle). A imersão ocorreu durante 30 s até a completa cobertura da superfície. Após aplicação do revestimento, as mangas foram submetidas a secagem em temperatura ambiente por 48 horas.

Os frutos revestidos foram armazenados em caixas de hortifruti no laboratório nº 89 do IFMS - Campus Coxim em temperatura controlada conforme condições apresentadas na Figura 6. Dado que as mangas cv. Palmer têm vida útil de 22 dias a uma temperatura de 12°C (Thakur *et al.*, 2022), e considerando que as temperaturas de armazenamento seriam mais elevadas, foi estabelecido um período de armazenamento de 14 dias.

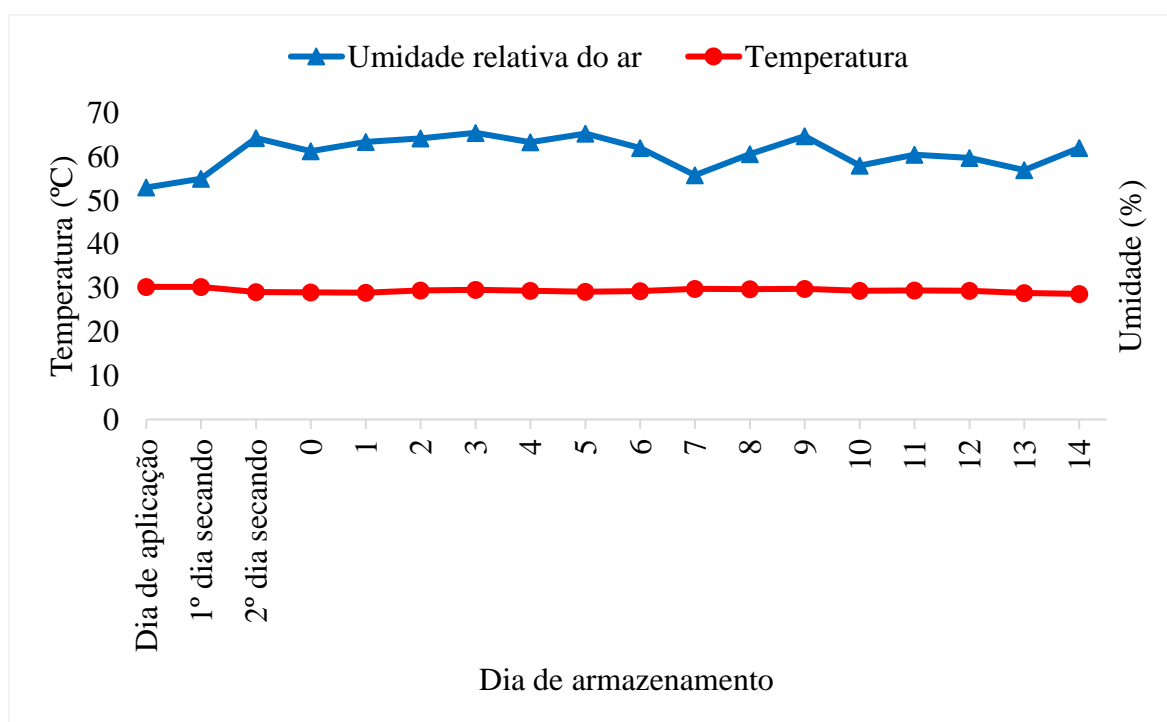


Figura 6. Temperatura e umidade relativa do ar durante armazenamento das mangas com aplicação do revestimento desde início ao final do período de análise. Fonte: Autoria própria (2023).

4.3.3. Análises físico-químicas

Em cada dia de análise, um conjunto de doze frutos foi empregado, sendo distribuídos em três grupos para cada tratamento, com exceção de um grupo de doze frutos que foi alocado para avaliar a taxa respiratória em todos os dias de análise. Consequentemente, o estudo dos revestimentos comestíveis contou com o total de 108 frutos, e todas as análises foram conduzidas em triplicata utilizando os equipamentos e materiais disponíveis nos

laboratórios de química nº 91 e de alimentos nº 95 e 96 do IFMS - Campus Coxim. As análises foram realizadas a cada dois dias após a secagem dos revestimentos aplicados, assim como a metodologia proposta por Formiga *et al.* (2019).

4.3.4. Características visuais

A avaliação da maturação dos frutos e a ocorrência de danos durante o período de armazenamento da manga foram avaliadas por meio da análise visual da aparência externa do fruto. A utilização do índice de maturação na escala de 2 a 4, dentro de uma escala mais ampla de 1 a 5, foi adotada com o propósito de examinar as variações nas características visuais da manga durante o período de armazenamento. Nesse contexto, o índice de maturação 2 representa um estágio em que o fruto é predominantemente verde, o índice 3 denota início de amadurecimento com visíveis diferenças na coloração e o índice 4 indica mudança completa na cor do fruto. Essa abordagem permite a avaliação mais detalhada da evolução da maturação das mangas ao longo do armazenamento, fornecendo informações valiosas sobre as mudanças visuais que ocorrem à medida que os frutos progridem de um estado de maturação para outro.

4.3.5. Taxa respiratória

A análise da taxa respiratória foi realizada conforme método descrito por Deliza *et al.*, e os frutos foram acondicionados em potes herméticos com capacidade de 3 L e, dentro dos potes, ao lado dos frutos foi colocado um béquer de 50 mL com 10 mL de NaOH 0,5 N (CAS: 1310-73-2, Neon Comercial Reagentes Analíticos Ltda, Brasil) que teve a função de fixar o CO₂ (Deliza *et al.*, 2008). A fim de garantir melhor vedação, também foram colocados filmes de PVC nas tampas. Para cada tratamento foi realizado uma prova em branco, e os potes herméticos acondicionaram apenas o béquer com NaOH. Após 2 horas, a solução de NaOH foi retirada do pote e recebeu 2 gotas de fenolftaleína (CAS: 77-09-8, Loja Synth, Brasil) e 10 ml de BaCl₂ 0,2 N (CAS: 10326-27-9, Neon Comercial Reagentes Analíticos Ltda, Brasil) no Erlenmeyer e então foi submetida à titulação com HCl 0,1 N (CAS: 7647-01-0, Qhemis High Purity, Brasil).

A relação do gasto de HCl na titulação é inversamente proporcional a liberação de CO₂ pelo fruto, ou seja, quanto mais HCl foi gasto na titulação, menos CO₂ foi expelido pelo

processo respiratório, pois houve mais hidróxido livre. O cálculo final da taxa de respiração foi realizado conforme a Equação 1:

$$\text{Taxa respiratória (mg de CO}_2\text{/g)} = \frac{(B-L)*C}{MF} \quad (1)$$

Em que:

- B = Volume de HCl gasto para titulação da prova em branco (mL);
- L = Volume de HCl gasto para neutralizar a solução de NaOH (mL);
- C = Fator de correção (3,52);
- MF = Massa fresca dos frutos no momento da análise (g).

A taxa respiratória horária foi obtida por:

$$\text{TRH (mg de CO}_2\text{.kg de MF / h)} = \frac{\text{mg CO}_2\text{ / g MF * 1000}}{IT} \quad (2)$$

Em que:

- TRH = Taxa respiratória horária;
- MF = Matéria fresca;
- IT = Intervalo entre as titulações (48h).

A primeira titulação (Digitrate Pro, Jencons Scientific LLC, Reino Unido) foi realizada após a secagem do revestimento. No dia da titulação, as amostras foram alocadas em potes herméticos seguindo o protocolo e, após 2 horas foram novamente armazenadas nas caixas de hortifrutí. A análise ocorreu a cada 02 (dois) dias.

4.3.6. Perda de massa

A perda de massa foi calculada por meio do método não destrutivo de pesagem descrito por Xu e Wu (2021). A cada dois dias foram pesadas as mangas em balança semianalítica (BL3200H, Shimadzu Corporation, Japão) para cálculo do percentual de perda de massa conforme a Equação 3

$$\text{Perda de massa (\%)} = \frac{m_i - m_f}{m_i} * 100 \quad (3)$$

Em que:

- m_i = Massa inicial (g);
- m_f = Massa final (g).

4.3.7. Firmeza da polpa

A firmeza da polpa da manga foi avaliada pela força máxima de penetração por meio do texturômetro (TA.XTplus, Stable Micro Systems, Reino Unido) conforme Klangmuang e Sothornvit (2018). A casca do fruto foi removida com o uso de descascador de frutas e a força de penetração na polpa foi aferida em três pontos na zona equatorial da manga com a utilização da sonda cilíndrica de 2 mm em velocidade de 10 mm/min até atingir a distância de 5 mm de profundidade. A coleta de dados foi por meio do software TexturePro CT (TexturePro CT, Brookfield Engineering Labs, Estados Unidos da América).

4.3.8. pH e acidez titulável

O pH foi aferido no titulador eletrônico (848 Titrino plus, Metrohm, Suíça) conforme método M41 da fabricante sendo os eletrodos calibrados com soluções-tampão pH 4 (CAS: 77-92-9, Dinâmica Química Contemporânea Ltda, Brasil) e pH 7 (CAS: 7758-79-4, Dinâmica Química Contemporânea Ltda, Brasil) (Mehtröm, 2021). A acidez titulável foi determinada por volumetria potenciométrica e expressa em ácido cítrico. A acidez titulável foi aferida com o uso da solução de NaOH 0,1N (CAS: 1310-73-2, Neon Comercial Reagentes Analíticos Ltda, Brasil). Foram utilizados 10 g da polpa triturada fervida em 90 ml de água ultrapura e, após resfriada, titulada até atingir pH 8,5. Então foi calculada a acidez titulável:

$$\text{Acidez titulável} \left(\frac{\text{ml de NaOH}}{100\text{g}} \right) = \frac{v.f.10}{P} \quad (4)$$

Em que:

v = solução de NaOH gastos na titulação (mL);

f = fator de correção da solução de hidróxido de sódio 0,1N;

P = quantidade em g da amostra.

O conteúdo de ácido cítrico foi mensurado através do cálculo:

$$\text{Ácido cítrico (mg)} = \text{mac} * 64,04 \quad (5)$$

Em que:

mac = NaOH gasto na titulação (mL) para determinação da acidez titulável.

4.3.9. Sólidos solúveis totais

Os sólidos solúveis totais foram determinados conforme método do Instituto Adolfo Lutz (2008) através do refratômetro portátil (VX0-90, Vodex). Foram transferidas de 3 a 4 gotas da amostra homogeneizada filtrada em papel filtro para o prisma do refratômetro. Após um minuto foi realizada a leitura na escala de graus Brix.

4.3.10. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A análise de superfície foi realizada por MEV (JSM-6610, Jeol, Japão) no Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução (LabMic) da Universidade Federal de Goiás. As amostras foram preparadas conforme protocolo do laboratório, foram dessecadas com 2 cm de diâmetro no dia da última análise e foram enviadas para a análise fixadas com fita dupla-face em porta amostras.

4.3.11. Parâmetros colorimétricos

A casca e a polpa da manga foram avaliadas colorimetricamente por meio de colorímetro portátil (CR-410, Konica Minolta Sensing Americas, Japão) previamente calibrado na placa de calibração (CR A-44, Konica Minolta Sensing Americas, Japão) que utiliza o sistema CIELab. O espaço cor do CIELab foi projetado para identificar as cores semelhantemente ao olho humano, em que L^* corresponde a luminosidade, a^* vermelhidão e b^* amarelamento (Villaseñor-Aguilar *et al.*, 2021).

4.3.12. Análise estatística

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente ao acaso (DIC) em arranjo fatorial 4 x 8, ou seja, quatro tratamentos em oito tempos de armazenamento. Os efeitos linear e quadrático foram calculados e sua significância avaliada por análise de variância (*p-value* ao nível de 95% de confiança). Além disso, os modelos ajustados foram considerados adequados se a falta de ajuste não fosse significativa para o mesmo nível de

confiança. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software livre R, versão 4.3.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Parte A

As mangas da variedade cv. Palmer que foram examinadas exibiram uma forma oblonga com coloração verde-arroxeadada. Estas mangas possuem um comprimento que é 39,21% maior do que a sua largura, e a espessura é menor que a largura, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1. Variáveis estatísticas das quatro características biométricas.

Variável	Massa (g)	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Espessura (cm)
Média	416,36	13,11	7,97	7,49
Mediana	395,9	13,08	7,91	7,44
Valor mínimo	235,98	11,02	6,43	6,41
Valor máximo	623,95	15,42	9,42	8,57
Desvio padrão	78,75	0,98	0,59	0,47
Coefficiente de variação	18,91	7,45	7,43	6,35

Dentre os atributos examinados, os resultados referentes à espessura demonstraram a menor dispersão, sugerindo que essa característica é a mais homogênea. Em contrapartida, a variabilidade nos valores de massa destacou-se de maneira mais expressiva. Conseqüentemente, a massa pode ser mais adequadamente representada pela mediana, enquanto os valores médios podem ser mais apropriados para descrever o comprimento,

largura e espessura. A CEAGESP (2022) estabeleceu critérios de classificação para mangas Palmer no mercado atacadista, dividindo-as em quatro categorias (A, B, C e D) com base no peso. A Categoria A engloba mangas de 501 a 650g, de preço mais alto por causa do tamanho. A Categoria B inclui mangas com mais de 650g, competitivas em preço devido ao tamanho maior. A Categoria C abrange mangas de 400 a 500g, com equilíbrio entre tamanho e preço intermediário. A Categoria D inclui mangas com menos de 400g, sendo mais acessíveis pelo tamanho menor. Essa categorização facilita a precificação e comercialização eficiente das mangas Palmer (Figura 7).

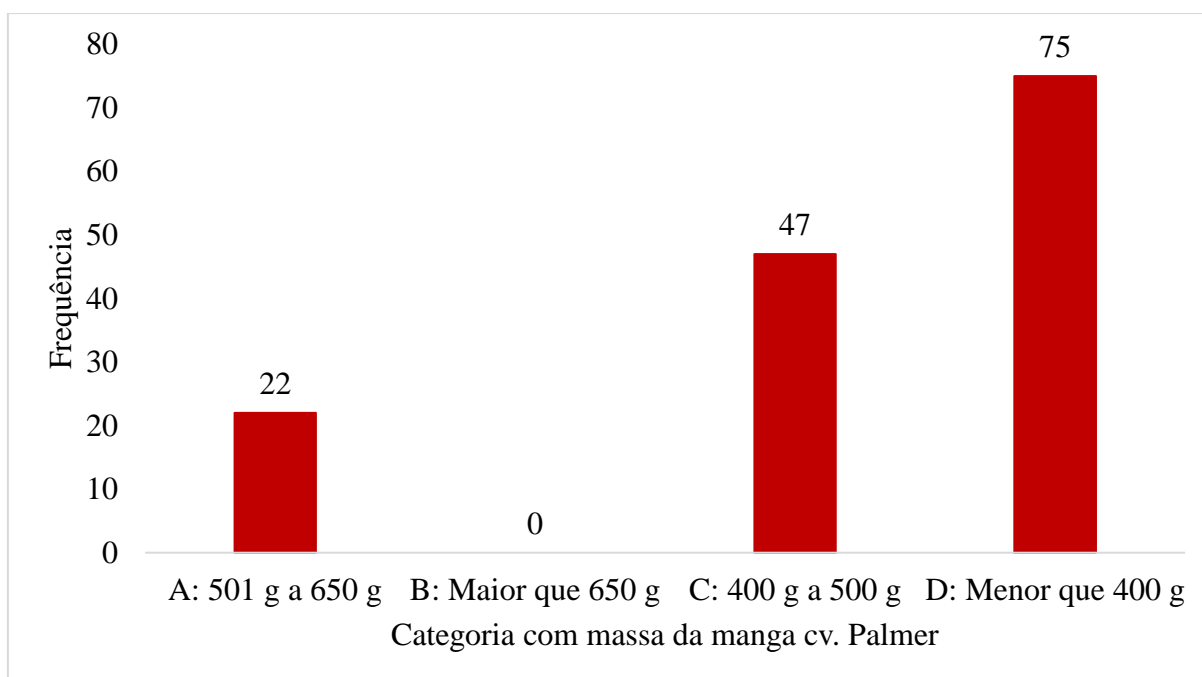


Figura 7. Distribuição em frequência da massa das mangas cv. Palmer conforme categorias de valorização da CEAGESP (2022).

Em comparação com outras variedades de manga comercializadas, a manga cv. Palmer estudada apresentou peso médio inferior ao da Tommy Atkins (460g), Haden (515g), Palmer categoria A (515g), Keitt (610g) e Kent (775g) e superior ao da Espada (300g), Rosa (350g) e Van Dyke (350g) (Costa e Santos, 2023).

No contexto da análise de correlação de Pearson, observou-se relação positiva significativa entre todas as variáveis investigadas. Esse resultado indica que, conforme uma das variáveis aumenta, as demais tendem a crescer simultaneamente, sugerindo associação linear positiva entre essas variáveis. Isso implica que as mudanças em uma variável estão geralmente associadas a mudanças correspondentes nas outras (Figura 8).

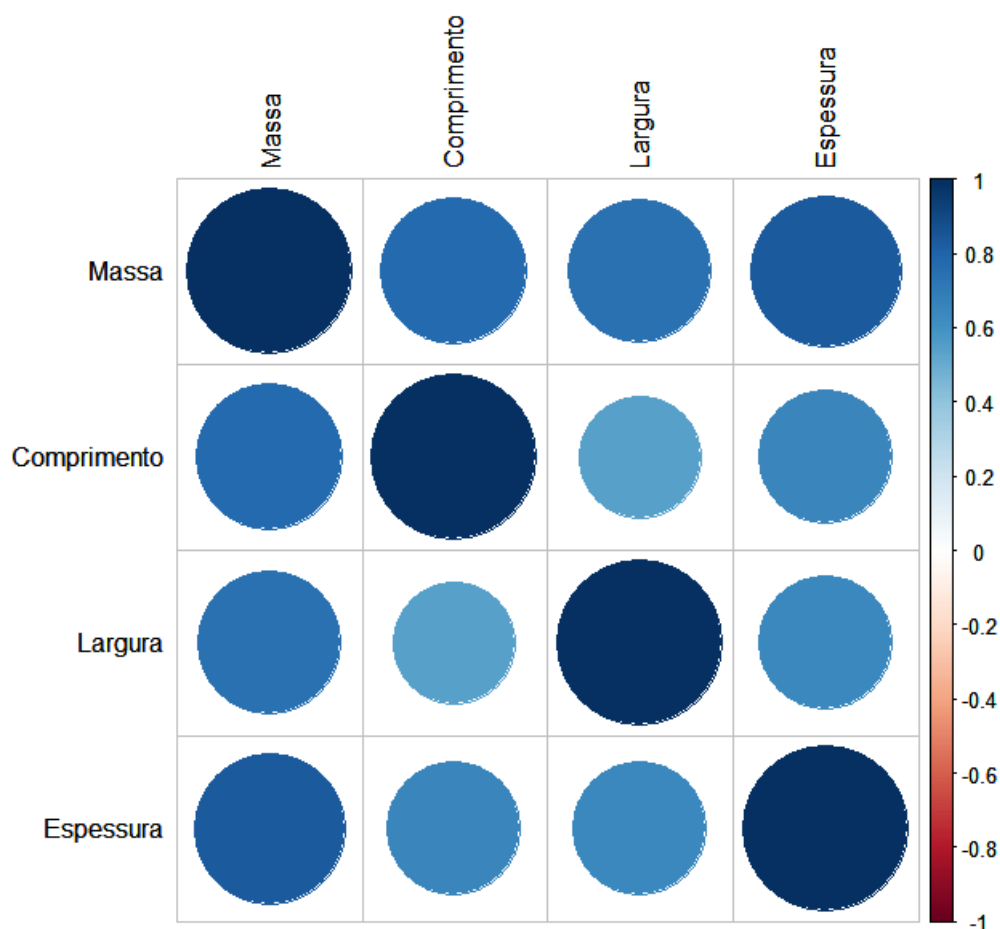


Figura 8. Gráfico de correlação de Pearson dos parâmetros físicos dos frutos. Fonte: Autoria própria (2023).

Observou-se que a massa das mangas da variedade cv. Palmer apresenta correlação positiva moderadamente forte com as demais variáveis (Figura 8; Tabela 2). O parâmetro de comprimento demonstra correlação moderada (com valores de r entre 0,3 e 0,5) tanto com a largura quanto com a espessura das mangas. A relação entre a largura e o comprimento também é caracterizada por correlação moderada. Além disso, a correlação entre a largura e a espessura das mangas é semelhante, mostrando moderada associação entre essas variáveis. Por outro lado, destaca-se que a relação entre a massa das mangas e o seu comprimento é forte (com valores de r entre 0,7 e 1,00), indicando associação linear significativa e positiva entre essas duas variáveis. Isso sugere que o aumento na massa das mangas está fortemente relacionado ao seu comprimento.

Tabela 2. Força da correlação de Pearson dos parâmetros físicos dos frutos.

Parâmetro	Massa	Comprimento	Largura	Espessura
Massa	1,00	0,77	0,74	0,83
Comprimento	0,77	1,00	0,54	0,65
Largura	0,74	0,54	1,00	0,65
Espessura	0,83	0,65	0,65	1,00

Existem também alternativas viáveis para avaliar características biométricas dos frutos, tais como a aplicação de técnicas de visão computacional monocromática, e a utilização de equações para estimar a massa a partir das medidas de comprimento e largura, a captura de imagens por câmeras RGB-D para estimativa, além do uso de aplicativos de smartphones dedicados a realizar tais estimativas (Wang *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2018; Patel *et al.*, 2021; Amaral e Walsh, 2023).

5.2. Parte B

5.2.1. Taxa respiratória

O tratamento controle apresentou aumento constante da taxa respiratória até o 12º dia de análise, momento em que demonstrou a taxa respiratória mais de duas vezes superior em comparação aos demais tratamentos em todos os dias de análise (Figura 9). Os frutos com revestimento à base de amido de milho acrescido com cera de apresentaram menor variação na taxa respiratória, seguido pelos revestidos com cera de carnaúba e abelha.

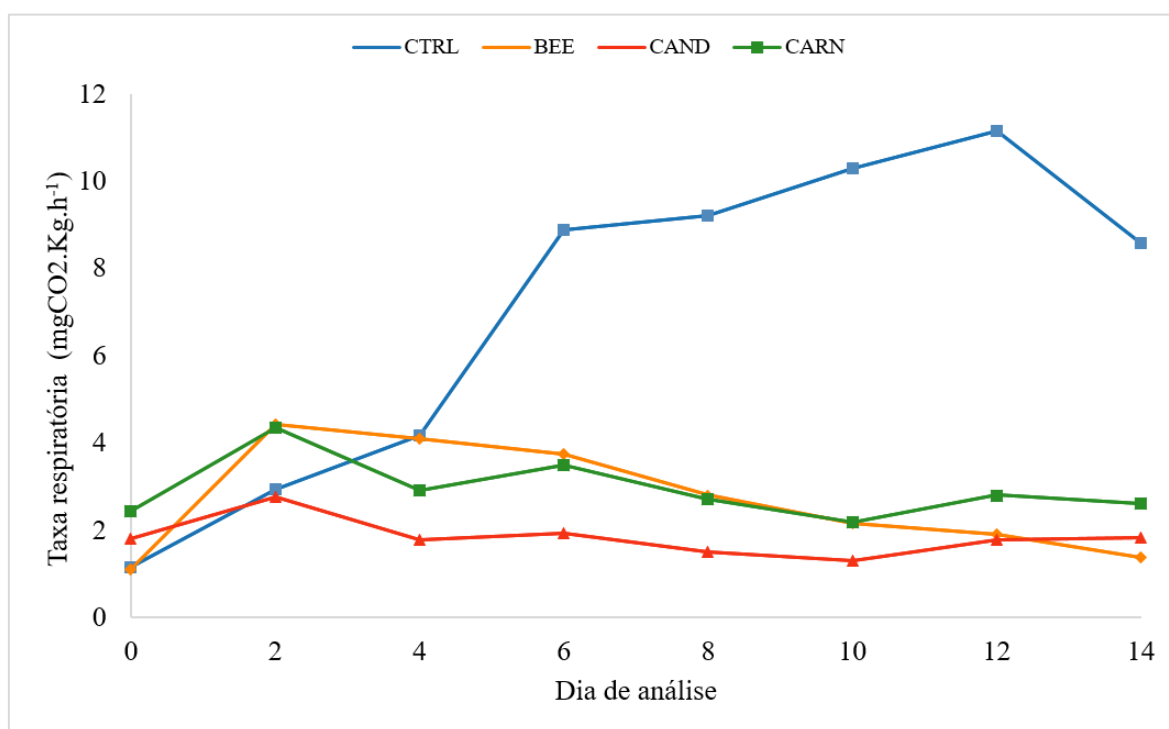


Figura 9. Taxa respiratória das mangas cv. Palmer. CTRL: Tratamento controle; BEE: Tratamento com revestimento de cera de abelha; CAND: Tratamento com cera de candelila; CARN: Tratamento com cera de carnaúba. Letras diferentes indicam diferença estatística e a ausência de letras indica que não há diferença estatística entre as amostras, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$). CV = 61,23%.

Sousa *et al.* conduziram uma análise das mangas da variedade cv. Palmer, que foram submetidas a revestimentos compostos por HPMC com adição de 10% e 20% de cera de abelha. Esses frutos mantiveram frequência respiratória inferior em comparação com o grupo de controle (Sousa *et al.*, 2021). Em outro estudo, Ranjith *et al.* (2022) observaram que todos os frutos revestidos exibiram taxas respiratórias mais baixas do que os não revestidos, além de notarem diferenças no consumo de oxigênio e na produção de dióxido de carbono. Por sua vez, Ali *et al.* (2022) identificaram aumento na taxa respiratória e na produção de etileno ao longo do período de armazenamento, destacando que os frutos revestidos com CMC demonstraram taxa respiratória mais elevada no 16º dia.

A oscilação da taxa respiratória exposta em neste estudo pode ser por causa das diferenças na dissipação interna do calor e atividades metabólicas por tamanhos heterogêneos dos frutos, mesmo que armazenados sob as mesmas condições. É importante considerar o método para essa avaliação visto que para determinação da taxa respiratória podem ser utilizados analisador de respiração e etileno e cromatografia gasosa, enquanto neste estudo foi utilizado um método de estimativa como o de Ma *et al.* (2021). Embora as ceras tenham composições distintas, a taxa respiratória dos frutos revestidos não apresentou diferenças entre elas, a partir do sexto dia de observação. Sugerindo que a barreira hidrofóbica formada pelo material aplicado sobre as mangas provocou a redução da taxa respiratória, acarretando na redução de processos fisiológicos do fruto.

5.2.2. Perda de massa

A perda de massa em frutos é um processo fisiológico que ocorre através da casca por processos de respiração e transpiração que levam ao amadurecimento e amolecimento do fruto. A aplicação dos diferentes revestimentos formou uma barreira retardando estes processos (Figura 10). Conforme esperado, a perda de massa aumentou gradativamente em todos os tratamentos avaliados, no entanto, foi três vezes maior no tratamento controle em comparação ao tratamento com revestimento de cera de candelila. Os resultados obtidos indicaram que os frutos revestidos com cera apresentaram menor perda de massa em comparação com os frutos sem revestimento, e está relacionada com a menor taxa respiratória observada.

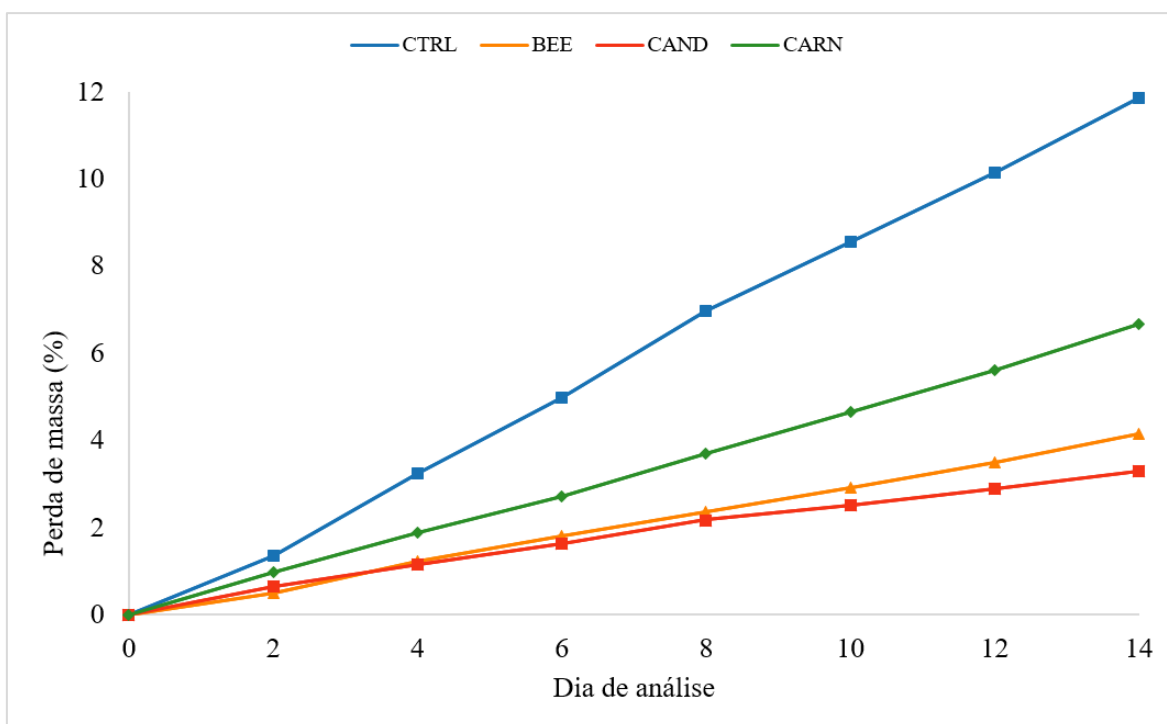


Figura 10. Perda de massa dos frutos ao longo do período de armazenamento. CTRL: Tratamento controle ($R^2 = 0,9988$); BEE: Tratamento com revestimento de cera de abelha ($R^2 = 0,9992$); CAND: Tratamento com cera de candelila ($R^2 = 0,9917$); CARN: Tratamento com cera de carnaúba ($R^2 = 0,9992$). Letras diferentes indicam diferença estatística e a ausência de letras indica que não há diferença estatística entre os grupos, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).

No estudo conduzido por Ranjith *et al.*, foi observado que as mangas com revestimento apresentaram redução na perda de peso em comparação com as mangas sem revestimento, podendo ser atribuído a taxas de respiração mais baixas (Ranjith *et al.*, 2022). Khaliq *et al.* (2015) também notaram que todas as mangas sofreram perda gradual de peso durante o armazenamento, sendo essa perda significativamente menor nos frutos que receberam revestimento de goma arábica, após 14 dias de armazenamento. Além disso, Ali e Zahid *et al.* (2022) realizaram um estudo com mangas revestidas com goma de tragacanto, e os resultados demonstraram que a perda de massa foi significativamente menor nas mangas revestidas, em comparação com o grupo de controle. Eshetu *et al.* também conduziram pesquisas sobre o assunto e constataram que a aplicação de revestimentos à base de cera de abelha e quitosana resultou em redução significativa ($p < 0,05$) na perda de peso, sendo a concentração de 2% de cera de abelha a mais eficaz, tanto para mangas tipo maçã quanto para mangas do tipo Tommy Atkins (Eshetu *et al.*, 2019).

Assim, como observado por outros pesquisadores, os revestimentos comestíveis utilizados neste estudo demonstraram redução significativamente menor na perda de massa, começando a partir do segundo dia de análise. Este resultado pode ser atribuído à presença de amido de milho no revestimento, que pode ter aprimorado as interações de hidrogênio

entre o grupo hidroxila e as substâncias hidrofílicas presentes no fruto. Além disso, a incorporação de ceras aumentou a hidrofobicidade e reduziu a perda de umidade, enquanto o ácido esteárico promoveu a dispersão das moléculas lipídicas. Portanto, salienta-se a importância de combinar moléculas com diferentes características na elaboração dos revestimentos, possibilitando uma performance melhorada.

5.2.3. Firmeza da polpa

Os resultados obtidos no presente estudo revelaram perda de firmeza significativamente semelhante em todos os tratamentos. No 14º dia, os frutos com revestimento contendo cera de abelha e cera de carnaúba apresentaram redução significativamente menor ($p < 0,05$) na firmeza, enquanto o tratamento contendo cera de candelila, apesar de ter mostrado perda de firmeza menor, não apresentou diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) (Figura 11).

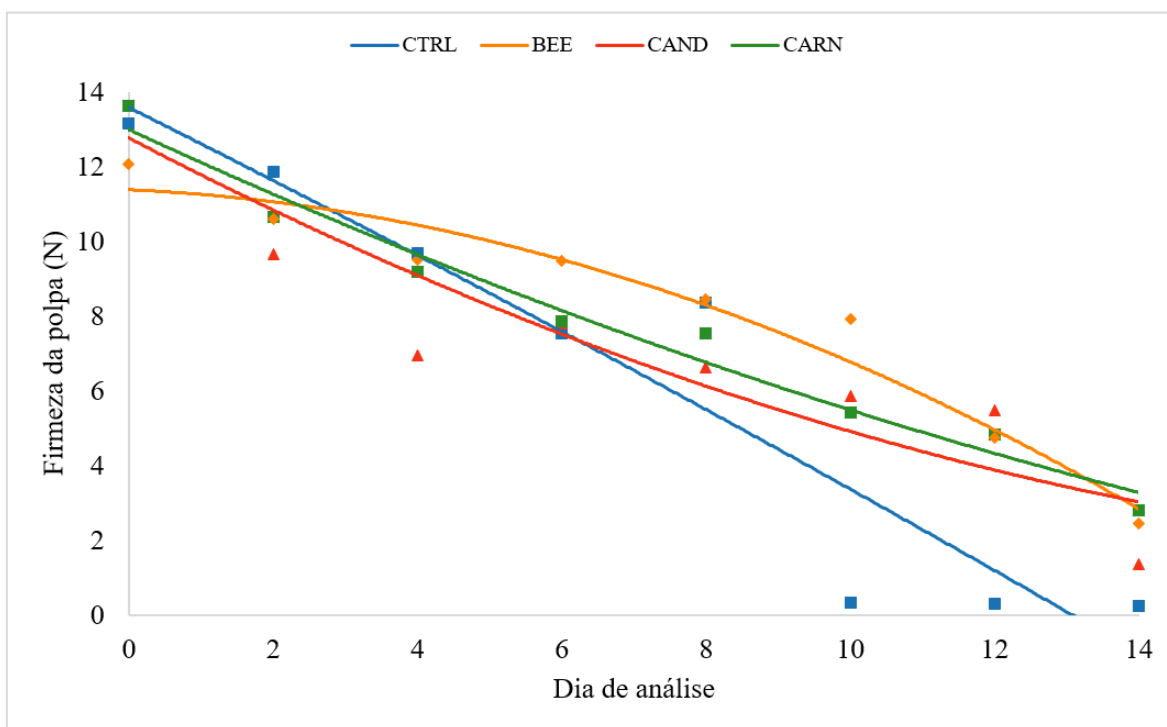


Figura 11. Firmeza da polpa do fruto obtida por meio da avaliação da força de penetração. CTRL: Tratamento controle ($R^2 = 0,9015$); BEE: Tratamento com revestimento de cera de abelha ($R^2 = 0,9552$); CAND: Tratamento com cera de candelila ($R^2 = 0,8433$); CARN: Tratamento com cera de carnaúba ($R^2 = 0,9744$). Letras diferentes indicam diferença estatística e a ausência de letras indica que não há diferença estatística entre os grupos, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).

No estudo conduzido por Ranjith *et al.* (2022), observou-se que todos os frutos com revestimento antifúngico apresentaram redução na perda de firmeza da polpa a partir do

terceiro dia de armazenamento. No estudo realizado por Khaliq *et al.* (2015), os frutos tratados com goma arábica a 10% e cloreto de cálcio a 3%, bem como, aqueles submetidos apenas à goma arábica a 10%, demonstraram firmeza na polpa significativamente maior a partir do 14º dia de armazenamento, em relação ao controle. De acordo com o estudo de Eshetu *et al.* (2019), a perda de firmeza apresentou tendência decrescente em todos os tratamentos à medida que aumentava a concentração do revestimento comestível.

Nesta pesquisa, optou-se por não utilizar antifúngicos e outras substâncias funcionais que poderiam influenciar a capacidade de suprimir a atividade de enzimas. Como resultado dessa escolha, os dados apresentaram resultados significativos, a partir do décimo quarto dia de análise.

5.2.4. pH e acidez titulável

Os frutos do tratamento controle apresentaram maior oscilação no pH em comparação aos demais tratamentos (Figura 12), aumentando durante o armazenamento. Ao longo do armazenamento dos frutos, foram registradas variações no pH devido a processos metabólicos, tais como o aumento dos sólidos solúveis e a redução dos ácidos orgânicos. No entanto, os revestimentos têm a capacidade de atenuar essas mudanças, reduzindo a oscilação. A partir do décimo segundo dia de análise, os valores de pH dos frutos sem revestimento começaram a diferir dos valores observados nos frutos com revestimento.

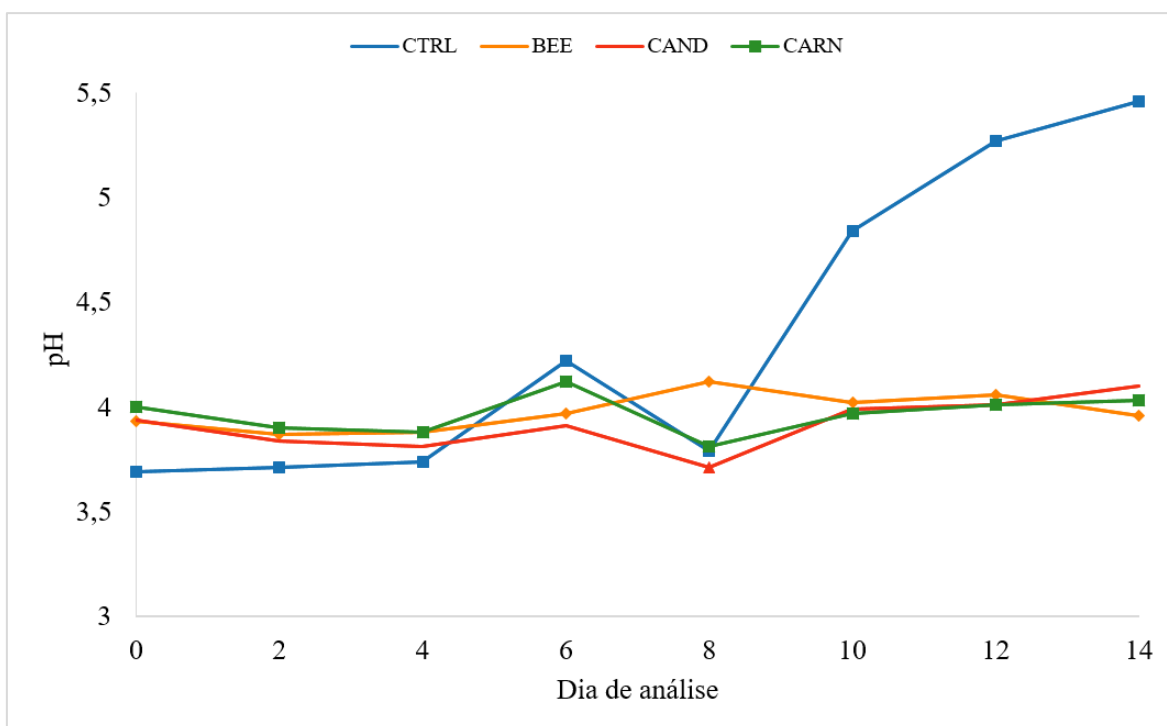


Figura 12. pH das amostras analisadas. CV = 10,83%. Letras diferentes indicam diferença estatística e a ausência de letras indica que não há diferença estatística entre os grupos, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em uma pesquisa realizada por Eshetu *et al.*, que investigou diversos tratamentos aplicados em manga maçã e Tommy Atkins (incluindo frutos sem revestimento, com revestimento de quitosana a concentrações de 0,5%, 1% e 1,5%, e de cera de abelha nas mesmas concentrações), foi observado aumento constante no pH dos frutos ao longo do período de armazenamento, independentemente das condições de tratamento. No estudo conduzido por Ebrahimi e Rastegar, foi observado que o pH médio dos frutos sofreu notável influência em função do período de armazenamento. Contudo, não foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos ao longo desse intervalo temporal. Os tratamentos avaliados incluíram frutos sem revestimento, frutos com 2% de goma guar e frutos com 2% de goma guar enriquecida com gel de aloe vera (Ebrahimi e Rastegar, 2020).

O tratamento controle apresentou maior queda de ácido cítrico durante o período de armazenamento, enquanto os frutos revestidos mantiveram-se mais estáveis (Figura 13). O procedimento empregado em nesta pesquisa envolve o aquecimento da amostra seguido de resfriamento para fins de análise. No entanto, é importante observar que variações térmicas podem influenciar as características químicas do suco, potencialmente levando à degradação dos ácidos presentes, o que, por sua vez, poderia afetar a fidelidade dos resultados obtidos em relação à realidade.

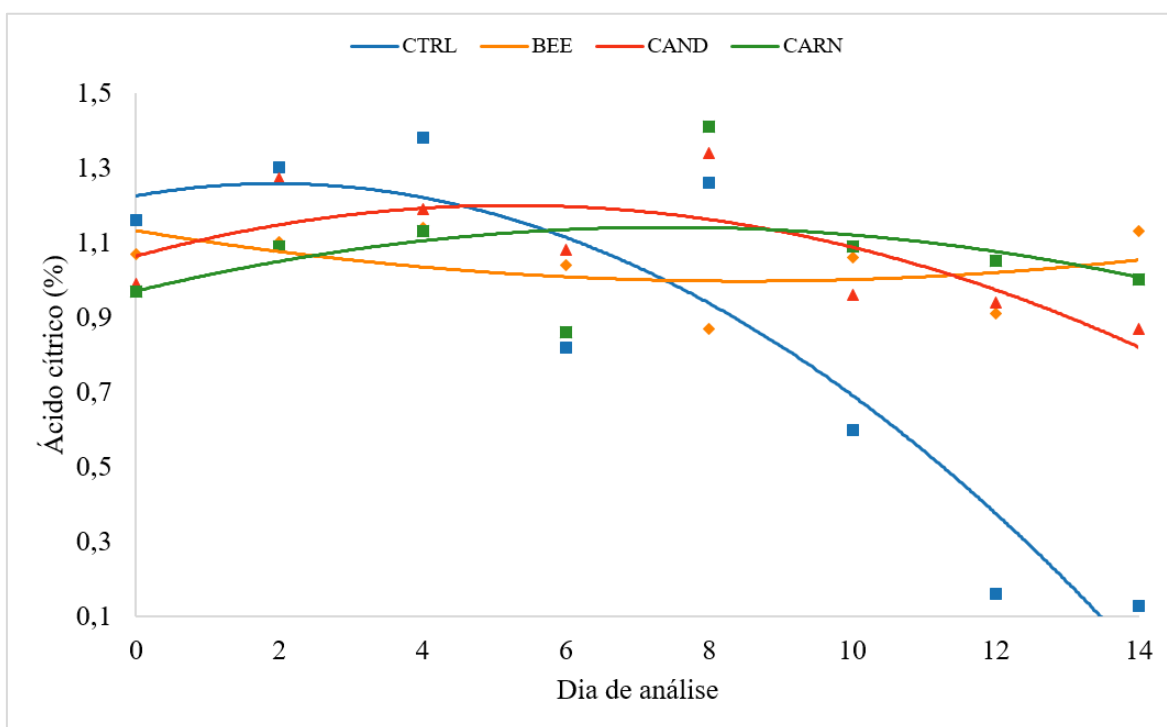


Figura 13. Ácido cítrico expresso em percentual (mg por 100g). CTRL: Tratamento controle ($R^2 = 0,8359$); BEE: Tratamento com revestimento de cera de abelha ($R^2 = 0,2138$); CAND: Tratamento com cera de candelila ($R^2 = 0,5760$); CARN: Tratamento com cera de carnaúba ($R^2 = 0,1501$). Letras diferentes indicam diferença estatística e a ausência de letras indica que não há diferença estatística entre os grupos, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Sousa *et al.* (2021) observaram que a acidez titulável tornou-se superior a dos frutos não revestidos a partir do nono dia de armazenamento. Khaliq *et al.* (2015) concluíram que o uso de revestimento com goma arábica a 10% pode ter preservado o ácido orgânico, reduzindo a taxa respiratória e inibindo a oxidação desse composto. Eshetu *et al.* (2019) registraram que o valor máximo da acidez titulável foi observado em mangas tratadas com 2% de cera de abelha e 2% de quitosana, enquanto o valor mínimo foi constatado no tratamento controle ao final do período de armazenamento. Além disso, a acidez diminuiu com o aumento do tempo de armazenamento em todos os tratamentos. Qambrani *et al.* (2022) indicaram que a presença de goma guar e óleo de mamona foram os principais fatores que influenciaram a acidez titulável, apresentando redução ao longo do período de armazenamento, com maior impacto nos frutos sem tratamento. Guerra *et al.* (2023) constataram que o ácido cítrico reduziu a acidez em todos os tratamentos. Por outro lado, Silva *et al.* não identificaram alterações significativas na acidez titulável pelo uso do revestimento de quitosana (Silva *et al.*, 2017).

No presente estudo, a partir do décimo segundo dia de análise, observou-se diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) na composição do ácido cítrico. No entanto, todos os tratamentos, com exceção do revestimento com cera de carnaúba,

apresentaram diminuição no teor de ácido cítrico ao longo do tempo. A diferença do comportamento observado no revestimento com cera de carnaúba ao longo do tempo pode estar relacionada a diferenças nas condições iniciais dos frutos.

5.2.5. Sólidos solúveis totais

Os sólidos solúveis no suco de frutas representam a quantidade total de substâncias dissolvidas, como açúcares. Este valor é utilizado para avaliar a qualidade das frutas, indicando seu nível de doçura e maturação. Quanto maior a quantidade de sólidos solúveis, mais doce e madura a fruta é considerada (Sousa *et al.*, 2021). Todos os tratamentos avaliados apresentaram aumento no teor de sólidos solúveis no decorrer do armazenamento (Figura 14).

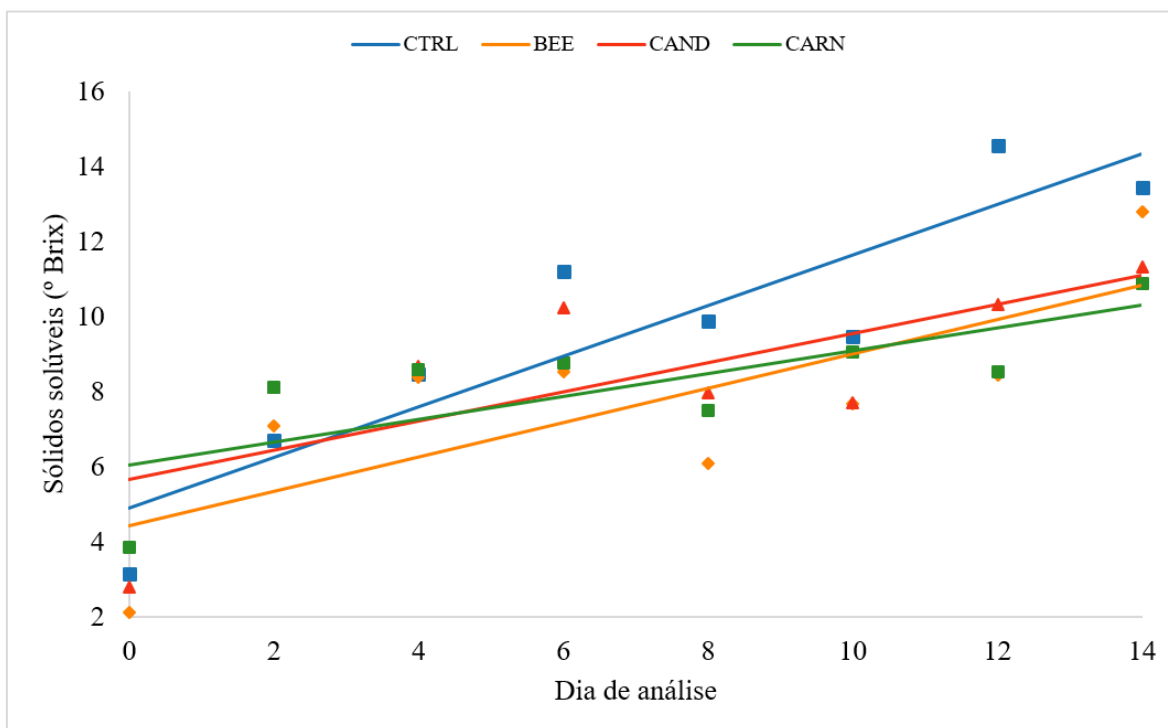


Figura 14. Sólidos solúveis totais (°Brix). CTRL: Tratamento controle ($R^2 = 0,8147$); BEE: Tratamento com revestimento de cera de abelha ($R^2 = 0,5696$); CAND: Tratamento com cera de candelila ($R^2 = 0,5331$); CARN: Tratamento com cera de carnaúba ($R^2 = 0,5632$). Não há diferença estatística entre os grupos, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Sousa *et al.* (2021) observaram que o teor de sólidos solúveis aumentou ao longo do período de armazenamento em todos os tratamentos. No entanto, os frutos revestidos apresentaram níveis mais baixos de sólidos solúveis em comparação com o grupo de controle. No 12º dia de armazenamento, os frutos sem revestimento chegaram a ter 50% a mais de sólidos solúveis do que aqueles com revestimento. Conforme relatado por Silva *et*

al., a concentração de sólidos solúveis na polpa de manga foi significativamente maior em frutos sem revestimento, em comparação com os revestidos, e a redução nos sólidos solúveis estava diretamente relacionada às concentrações de quitosana.

No estudo conduzido por Ebrahimi e Rastegar (2020), o teor médio de sólidos solúveis aumentou gradualmente durante o armazenamento, atingindo o nível máximo no final do período de armazenamento. Ali *et al.* (2022) descobriram que mangas revestidas com 1,5% de goma de tragacanto apresentaram atraso no aumento dos sólidos solúveis em comparação com o grupo de controle. Em relação ao estudo de Eshetu *et al.* (2019), as mangas revestidas com 2% de cera de abelha apresentaram teores mais baixos de sólidos solúveis do que os demais tratamentos, enquanto o grupo de controle apresentou teor mais elevado de sólidos solúveis. No estudo conduzido por Guerra *et al.* (2023), diferenças no teor de sólidos solúveis em relação ao controle foram observadas a partir do terceiro dia de armazenamento.

Embora os sólidos solúveis tenham aumentado durante o período de análise deste estudo, não foi observada uma diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos. No entanto, o grupo de controle apresentou aumento maior no teor de sólidos solúveis em comparação com os frutos revestidos. O aumento dos sólidos solúveis ao longo do tempo pode indicar que houve a degradação de amido do fruto em açúcares simples decorrente da utilização como substrato no processo respiratório, afetando também a perda de massa (Mesa *et al.*, 2016). Portanto, o comportamento dos frutos controle está relacionado com o que foi observado nas análises da taxa respiratória e perda de massa. Ou seja, o metabolismo dos frutos foi mais acentuado em comparação aos frutos revestidos.

5.2.6. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Através da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), as imagens revelaram que nos tratamentos em que os revestimentos foram aplicados (Figura 15), a superfície das frutas apresentava estruturas não uniformes. Isso significa que os componentes do revestimento não estavam distribuídos de maneira consistente e igual em toda a superfície da fruta. Além disso, foram notadas a presença de poros e relevos na superfície, indicando uma textura irregular no próprio revestimento.

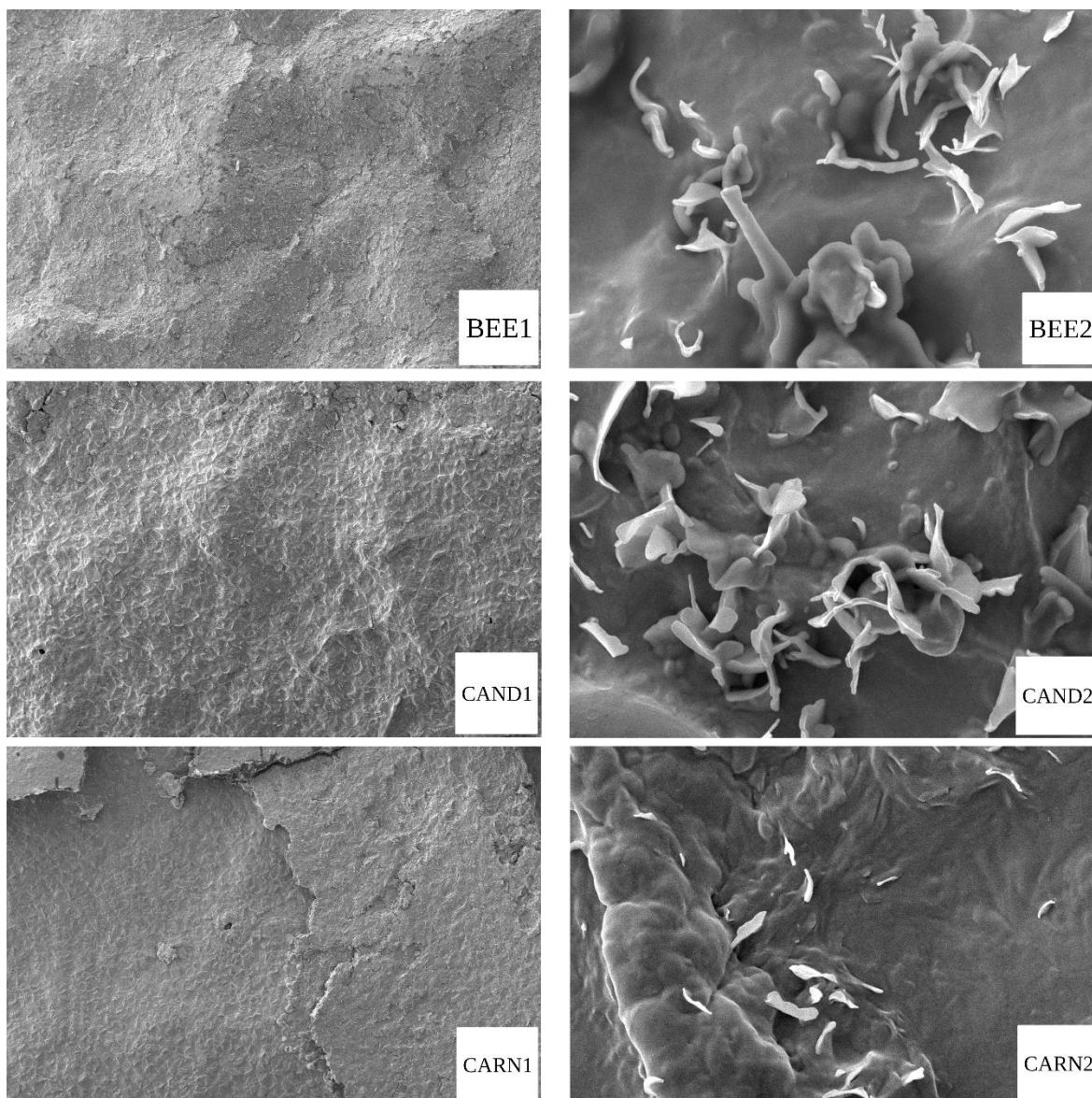


Figura 15. Imagens de microscopia eletrônica de varredura da superfície da casca com os revestimentos aplicados. BEE: Tratamento com revestimento de cera de abelha; CAND: Tratamento com cera de candelila; CARN: Tratamento com cera de carnaúba; 1: $70\times - 200\mu\text{m}$; 2: $5.000\times - 5\mu\text{m}$.

Esses resultados sugerem que, embora as formulações dos revestimentos tenham sido misturadas de forma homogênea inicialmente, o processo de secagem desempenhou papel importante. Durante a secagem, os componentes químicos do revestimento podem não ter estabilizado adequadamente. Podendo ter levado à separação ou segregação desses componentes no revestimento, resultando na distribuição desigual observada nas imagens MEV e a olho nu [Figura 16]. Essas características podem afetar a adesão do revestimento à superfície da fruta e sua capacidade de proteção contra fatores externos.

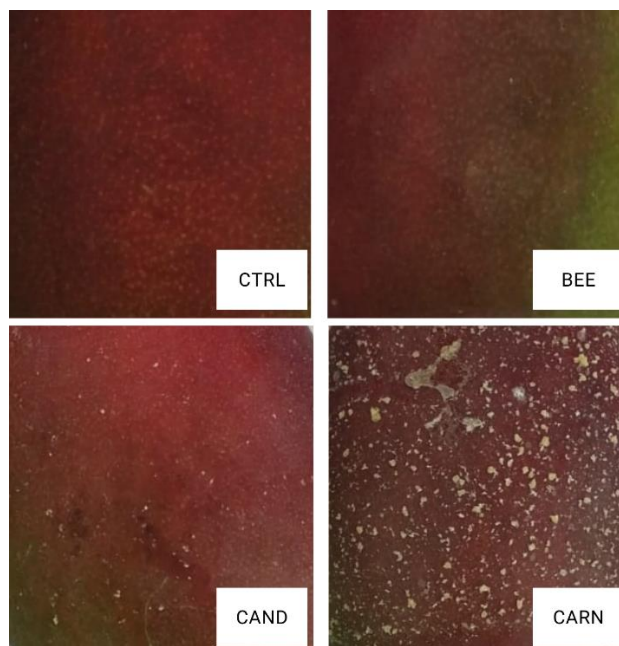


Figura 16. Imagens da casca dos frutos obtidas com câmera. BEE: Tratamento com revestimento de cera de abelha; CAND: Tratamento com cera de candelila; CARN: Tratamento com cera de carnaúba.

5.2.7. Parâmetros colorimétricos

As mangas cv. Palmer apresentam coloração verde-arroxeadada quando verdes e quando maduras, vermelho-escura (CEAGESP, 2022). A coloração esperada na casca e polpa das mangas cv. Palmer foi encontrada neste estudo (Figura 16).

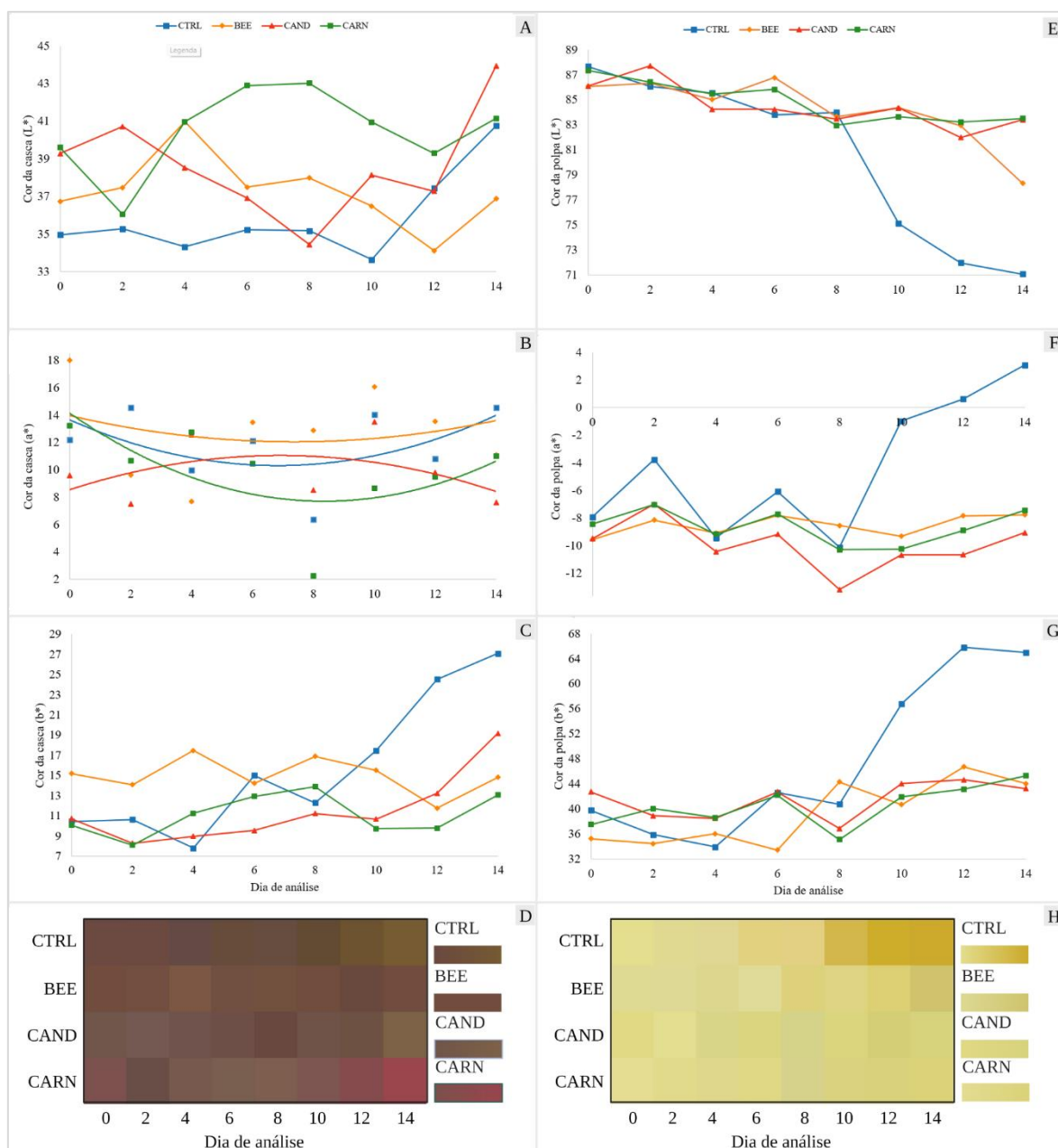


Figura 16. Parâmetros colorimétricos da casca e polpa dos frutos. CTRL: Tratamento controle; BEE: Tratamento com revestimento de cera de abelha; CAND: Tratamento com cera de candelila; CARN: Tratamento com cera de carnaúba. A: L* da casca (CV = 9,79%); B: a* da casca (R^2 CTRL = 0,2564; R^2 BEE = 0,0443; R^2 CAND = 0,2231; R^2 CARN = 0,4082); C: b* da casca (CV = 42,24%); D: Representação das cores da casca em função do tempo; E: L* da polpa (CV = 4,82%); F: a* da polpa (R^2 CTRL = 0,5175; R^2 BEE = 0,2554; R^2 CAND = 0,109; R^2 CARN = 0,0375); G: b* da polpa (CV = 21,94%); H: Representação das cores da polpa em função do tempo. Letras diferentes indicam diferença estatística e a ausência de letras indica que não há diferença estatística entre os grupos, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Não foram identificadas diferenças significativas estatisticamente na coloração da casca entre os frutos com revestimento e sem revestimento. Portanto, pode-se inferir que a aplicação de revestimentos não teria impacto discernível na decisão de compra por parte dos consumidores. No entanto, em relação à polpa, os frutos do grupo de controle começaram a apresentar uma cor mais escura e intensa a partir do décimo dia de armazenamento (com

valores de a^* e b^* mais altos) em comparação com os frutos revestidos. Sugerindo que os revestimentos foram eficazes em preservar a coloração da polpa dos frutos, durante o período de armazenamento, em razão dos revestimentos criarem uma barreira física que isolou a superfície dos frutos de fatores externos, como oxigênio, luz e umidade, que causam a degradação dos pigmentos responsáveis pela cor. Também reduziram a taxa de respiração, atrasando o amadurecimento e a mudança de cor dos frutos.

Silva *et al.* (2017) não observaram mudanças significativas na cor da casca e da polpa devido à aplicação do revestimento. Por outro lado, no estudo de Ranjith *et al.* (2018), foi constatado que todos os frutos com revestimento mantiveram seus parâmetros de L^* , a^* e b^* inalterados, pela supressão da taxa respiratória e a baixa produção de etileno, enquanto o grupo de controle apresentou alterações. Ma *et al.* (2021) observaram que o brilho das mangas sem revestimento desapareceu rapidamente por causa do amadurecimento e murchamento causado pela perda de massa, embora não tenham sido relatadas diferenças significativas entre os tratamentos.

6. CONCLUSÃO

As mangas da variedade Palmer avaliadas atendem aos padrões comerciais. Contudo por causa do tamanho tendem a ter maior incidência de danos físicos já que a sua área de contato é maior durante o manuseio e transporte, exigindo mais cuidado e atenção na cadeia produtiva, além da adoção de novas tecnologias para conservação de frutos. Ao aplicar revestimentos comestíveis de amido de milho contendo cera de abelha, cera de candelila ou cera de carnaúba foi observado aumento no tempo de vida de prateleira das mangas comparativamente aos frutos *in natura*, conservando por mais tempo as características químicas e organolépticas. De maneira geral, os resultados indicaram que o revestimento com ceras naturais, independentemente do tipo, obteve resultados positivos na preservação dos frutos. Os frutos revestidos e armazenados mantiveram-se íntegros até o décimo segundo dia de análise, enquanto os frutos sem revestimento sob a mesma condição mantiveram-se íntegros até o oitavo dia.

Entretanto, é importante conduzir estudos mais abrangentes, com amostras maiores e períodos de armazenamento prolongados, a fim de aprofundar a compreensão da formulação aplicada e determinar o tempo máximo de prateleira dos frutos revestidos. Além disso, esses estudos podem desmembrar o efeito individual de cada componente do revestimento comestível, contribuindo para maior uniformidade na aplicação do revestimento. Existe ainda a oportunidade para futuras pesquisas que envolvam a avaliação sensorial dos revestimentos, a fim de avaliar a aceitação por parte dos consumidores.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Produção Integrada de Manga: Manejo Pós-Colheita e Rastreabilidade (Circular técnica 89). Petrolina: Embrapa, Semi-Árido, 2008. 10p.
2. CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D. Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. *Food Hydrocolloids*, v. 38, p. 20-27, 2014.
3. THAKUR, R. R.; MANGARAJ, S.; KATE, A. E.; SAMI, R.; AL-MUSHHIN, A. A. M.; MAKLAD, M. F.; UGURU, H.; HELAL, M. Effect of Harvesting Stages and Storage Temperature on Quality Attributes and Post-Harvest Shelf-Life of Mango (*Mangifera indica*). *American Scientific Publishers*, v. 16, n. 5, p. 770-782, 2022.
4. FORMIGA, A. S.; PINSETTA, J. S.; PEREIRA, E. M.; CORDEIRO, I. N. F.; MATTIUZ, B-H. Use of edible coatings based on hydroxypropyl methylcellulose and beeswax in the conservation of red guava 'Pedro Sato'. *Food Chemistry*, v. 290, p. 144-151, 2019.
5. DELIZA, R.; CASTRICINI, A.; CONEGLIAN, R. C. C.; POLIDORO, J. C. Determinação da taxa respiratória de mamão "Golden". Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2008. 4p.
6. XU, B.; WU, S. Preservation of mango fruit quality using fucoidan coatings. *LWT*, v. 143, p. 111150, 2021.

7. KLANGMUANG, P.; SOTHORNVIT, R. Active hydroxypropyl methylcellulose-based composite coating powder to maintain the quality of fresh mango. *LWT*, v. 91, p. 541-548, 2018.
8. METROHM. Food PAC: Methods for the Titrimetric/Potentiometric Analysis of Foodstuffs. Suíça: Metrohm, 2012, 324 p.
9. INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, 1020p.
10. VILLASEÑOR-AGUILAR, M.-J.; PADILLA-MEDINA, J.-A.; BOTELLO-ÁLVAREZ, J.-E.; BRAVO-SÁNCHEZ, M.-G.; PRADO-OLIVARES, J.; ESPINOSA-CALDERON, A.; BARRANCO-GUTIÉRREZ, A.-I. Status atual de sistemas ópticos para medir conteúdo de licopeno em frutas: Revisão. *Appl. Sci*, v.11, p. 9332, 2021.
11. COMPANHIA DE ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO (CEAGESP). Manga. Disponível em: <<https://ceagesp.gov.br/hortiescolha/hortipedia/manga/>>. Acesso em: 10 dez. 2022.
12. COSTA, J. G. da.; SANTOS, C. A. F. Cultivares. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmanga/cultivares.htm#van>. Acesso em 28 ago. 2023.
13. PATEL, K. K.; KAR, A.; KHAN, M. A. Rapid Assessment of Some Physical Parameters of Mangoes Using Monochrome Computer Vision. *Agricultural Research*, v. 10, p. 468 – 482, 2021.
14. AMARAL, M. H.; WALSH, K. B. In-Orchard Sizing of Mango Fruit: 2. Forward Estimation of Size at Harvest. *Horticulturae*, v. 9, n. 1, p. 54, 2023.
15. WANG, Z.; WALSH, K. B.; VERMA, B. On-Tree Mango Fruit Size Estimation Using RGB-D Images. *Sensors*, v. 17, n. 12, p. 2738, 2017.
16. WANG, Z.; KOIRALA, A.; WALSH, K.; ANDERSON, N.; VERMA, B. In Field Fruit Sizing Using A Smart Phone Application. *Sensors*, v. 18, n. 10, p. 3331, 2018.
17. SOUSA, F. F.; JUNIOR, PINSETTA JUNIOR, J. S.; OLIVEIRA, K. T. E. F.; RODRIGUES, E. C. N.; ANDRADE, J. P.; MATTIUZ, B. Conservation of ‘Palmer’ mango with an edible coating of hydroxypropyl methylcellulose and beeswax. *Food Chemistry*, v. 346, p. 128925, 2021.
18. RANJITH, F. H.; ARIFFIN, S. H.; MUHIALDIN, B. J.; YUSOF, N. L.; MOHAMMED, N. K.; MARZLAN, A. A.; HUSSIN, A. S. M. Influence of natural

- antifungal coatings produced by Lacto-fermented antifungal substances on respiration, quality, antioxidant attributes, and shelf life of mango (*Mangifera indica* L.). *Postharvest Biology and Technology*, v. 189, p. 111904, 2022.
19. ALI, S.; ANJUM, M. A.; KHAN, A. S.; NAWAZ, A.; EJAZ, S.; KHALIQ, G.; IQBAL, S.; ULLAH, S. REHMAN, R. N. U.; ALI, M. M.; SALEEM, M. S. Carboxymethyl cellulose coating delays ripening of harvested mango fruits by regulating softening enzymes activities. *Food Chemistry*, v. 380, p. 131804, 2022.
 20. MA, J.; ZHOU, Z.; LI, K.; LI, K.; LIU, L.; ZHANG, W.; XU, J.; TU, X.; DU, L.; ZHANG, H. Novel edible coating based on shellac and tannic acid for prolonging postharvest shelf life and improving overall quality of mango. *Food Chemistry*, v. 354, p. 129510, 2021.
 21. KHALIQ, G.; MOHAMED M. T. M; ALI, A.; DING, P.; GHAZALI, H. M. 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*, v. 190, p. 187-194, 2015.
 22. ALI, S.; ZAHID, N.; NAWAZ, A.; NAZ, S.; EJAZ, S.; ULLAH, S.; SIDDIQ, B. Tragacanth gum coating suppresses the disassembly of cell wall polysaccharides and delays softening of harvested mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 222, parte A, p. 521-532, 2022.
 23. ESHETU, A.; IBRAHIM, A. M.; FORSIDO, S. F.; KUYU, C. G. Effect of beeswax and chitosan treatments on quality and shelf life of selected mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *Heliyon*, v. 5, n. 1, p. e01116, 2019.
 24. ZHU, N.; LIN, M.; NIE, Y.; WU, D.; CHEN, K. Study on the quantitative measurement of firmness distribution maps at the pixel level inside peach pulp. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 130, p. 48-56, 2016.
 25. QAMBRANI, S.; TALPUR, F. N.; PANHWAR, A. A.; AFRIDI, H. I.; TALPUR, M. K.; KHAN, A.; HAB, S. A. Development of guar gum-based coating with castor oil for improved postharvest quality of fresh mangoes using response surface methodology. *Applied Food Research*, v. 2, n. 2, p. 100220, 2022.
 26. GUERRA, I. C.; SOUSA, T. L. DE; FARIAS, P. M. DE; CAPPATO, L. P.; FREITAS, B. S. M. DE; ROMANI, V. P.; PLÁCIDO, G. R. Films and coatings from pequi mesocarp incorporated with nano-ZnO: Properties and capacity to increase mango shelf life. *Industrial Crops and Products*, v. 195, p. 116414, 2023.

27. SILVA, G. M. C.; SILVA, W. B.; MEDEIROS, D. B.; SALVADOR, A. R.; CORDEIRO, M. H. M.; SILVA, N. M. DA.; SANTANA, D. B.; MIZOBUTSI, G. P. The chitosan affects severely the carbon metabolism in mango (*Mangifera indica* L. cv. Palmer) fruit during storage. *Food Chemistry*, v. 237, p. 372-378, 2017.
28. EBRAHIMI, F.; RASTEGAR, S. Preservation of mango fruit with guar-based edible coatings enriched with *Spirulina platensis* and *Aloe vera* extract during storage at ambient temperature. *Scientia Horticulturae*, v. 265, p. 109258, 2020.
29. MESA, K.; SERRA, S.; MASIA, A.; GAGLIARDI, F.; BUCCI, D.; MUSACCHI, S. Seasonal trends of starch and soluble carbohydrates in fruits and leaves of ‘Abbé Fétel’ pear trees and their relationship to fruit quality parameters. *Scientia Horticulturae*, v. 211, p. 60-69, 2016.
30. COMPANHIA DE ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO (CEAGESP). Manga. Disponível em: <<https://ceagesp.gov.br/hortiescolha/hortipedia/manga/>>. Acesso em: 10 dez. 2022.