



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS**

TESE

**DESENVOLVIMENTO DE “EMBALAGEM ORGÂNICA” VISANDO
APLICABILIDADE EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS**

Dayana Ketrin Silva Francisco Madella

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**DESENVOLVIMENTO DE “EMBALAGEM ORGÂNICA” VISANDO
APLICABILIDADE EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS**

DAYANA KETRIN SILVA FRANCISCO MADELLA

Sob a Orientação da Professora
Dr^a Nathália Ramos de Melo

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Ciência de Alimentos.

Seropédica - RJ
Maio, 2024



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS



TERMO N° 457/2024 - PPGCTA (12.28.01.00.00.00.41)

Nº do Protocolo: 23083.030248/2024-11

Seropédica-RJ, 28 de junho de 2024.

DAYANA KETRIN SILVA FRANCISCO MADELLA

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos, no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de Concentração em Ciência de Alimentos.
TESE APROVADA EM 28/05/2024

NATHÁLIA RAMOS DE MELO, (Dra) UFF (orientador)

TAÍLA VELOSO DE OLIVEIRA, (Dra) UFV

KAMILA DE OLIVEIRA DO NASCIMENTO, (Dra) UNIFOA

REGIANE RIBEIRO DOS SANTOS, (Dra) UFRJ

MARIA IVONE MARTINS JACINTHO BARBOSA, (Dr) UFRRJ

Documento não acessível publicamente

(Assinado digitalmente em 01/07/2024 14:42)
MARIA IVONE MARTINS JACINTHO BARBOSA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DTA (12.28.01.00.00.00.46)
Matrícula: ####243#8

(Assinado digitalmente em 28/06/2024 14:47)
REGIANE RIBEIRO DOS SANTOS
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.267-##

(Assinado digitalmente em 28/06/2024 10:31)
KAMILA DE OLIVEIRA DO NASCIMENTO
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.487-##

(Assinado digitalmente em 02/07/2024 14:05)
TAÍLA VELOSO DE OLIVEIRA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.186-##

(Assinado digitalmente em 28/06/2024 17:12)
NATHÁLIA RAMOS DE MELO
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.796-##

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M181d Madella, Dayana Ketrin Silva Francisco, 1988-
Desenvolvimento de "Embalagem Orgânica" Visando
Aplicabilidade em Produtos Alimentícios / Dayana
Ketrin Silva Francisco Madella. - Volta Redonda, 2024.
134 f.

Orientador: Nathália Ramos de Melo.
Tese(Doutorado). -- Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro, Programa de Pós Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos, 2024.

1. biodegradabilidade. 2. alimentos orgânicos. 3.
plastificantes naturais. 4. mel. 5. embalagem ativa.
I. Melo, Nathália Ramos de , 1975-, orient. II
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de
Alimentos III. Título.

DEDICATÓRIA

Com imensa gratidão, dedico este trabalho à minha família, meu marido Yelsen e minha filha Allyah. Mesmo indiretamente, dando suporte e força para continuar. Aos meus pais, Cremilda e Robson, e minha irmã Keity por serem minha rede de apoio. E minha orientadora pelo ensino e acreditar no meu objetivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a UFRRJ, UFF, LAETec e PPGCTA por me concederem todo o suporte necessário para realização deste trabalho;

À CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo auxílio financeiro durante todo o doutorado.

À Deus, pela força, sustento e condução durante toda a caminhada acadêmica. Sem Ele eu nada seria.

Ao meu marido, Yelsen, por apoiar minha escolha acadêmica, pelas orações e todo suporte. A minha filha Allyah por ser minha fonte de motivação diária. Sem vocês minha vida seria incompleta. Aos meus pais, Cremilda e Robson, e irmã, Keity, pelos auxílios, cuidados e por sempre estarem a disposição para serem minha rede de apoio.

À minha orientadora, professora Nathália, pelos ensinamentos desde a orientação da monitoria na graduação até hoje no doutorado. Obrigada por acreditar em mim.

Aos professores, Leticia (UFF), Fabiane (UFF) e Carlos Piler (Embrapa) por ter permitido realizar análises em seus laboratórios.

Aos técnicos da UFF, em especial Livia Garcia, Alexandre e Pitias por toda disposição e em estar sempre ajudando com as demandas.

A Joyce (mesmo à distância), e Maria Clara, colega de laboratório, pelo suporte emocional e parceria durante o doutorado. Mesmo na pandemia e longe, estiveram presentes.

Aos meus amigos pelas orações e motivações para persistir no meu sonho.

E a todos que de alguma forma me ajudara a chegar neste momento.

Muito Obrigada!

RESUMO

MADELLA, DAYANA KETRIN SILVA FRANCISCO. **Desenvolvimento de “Embalagem Orgânica” visando aplicabilidade me produtos alimentícios.** 2024.134p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2024.

O alimento orgânico, seja ele *in natura* ou processado, é aquele que é obtido em um sistema orgânico de produção agropecuária ou de processo extrativista sustentável e não prejudicial ao ecossistema local. A embalagem para esses alimentos também deve seguir essa tendência, impulsionando pesquisas para o desenvolvimento de materiais biodegradáveis e sustentáveis. Sugere-se uma “embalagem orgânica”, filmes produzidos com insumos naturais e orgânicos, mantendo um sistema de produção limpo. Para isso faz-se necessário que os insumos também atendam a esse conceito, como os plastificantes. O estudo objetivou desenvolver uma “embalagem orgânica” utilizando matriz polimérica (fécula de mandioca orgânica) e plastificantes naturais e orgânicos (mel, açúcar mascavo e óleo de coco). A tese foi dividida em 4 capítulos: Capítulo I, fez-se um levantamento bibliográfico abordando alimentos orgânicos, embalagens alternativas e seus desafios para aplicação em alimentos. O capítulo II, por aplicação de questionário, identificou o contexto e a expectativa quanto a utilização de “embalagens orgânicas” em produtos alimentícios, foi observada uma boa receptividade para adesão das embalagens, mesmo com adição de custo ao produto final. No capítulo III foi desenvolvido e caracterizado materiais orgânicos com os diferentes plastificantes naturais. A fécula de mandioca foi caracterizada quanto ao teor de o amilose e a temperatura de gelatinização (ideal 70° C). Foram desenvolvidos 7 filmes: Controle (fécula de mandioca orgânica), T1(Mel), T2 (óleo de coco), T3 (açúcar mascavo), T4 (mel + óleo de coco), T5 (mel + açúcar mascavo), T6 (óleo de coco + açúcar) e T7 (mel+óleo de coco+açúcar mascavo). A caracterização do material foi feita por meio de análise subjetiva, microscópica, e química por FTIR, pelo teor de umidade, solubilidade, índice de intumescimento, e espessura. Os tratamentos T1 e T2 foram selecionados para análise mecânica, no qual T1 foi o filme com maior resistência à tração, alongamento à ruptura e módulo de Young, e, portanto, selecionado para prosseguir os estudos. O capítulo IV caracterizou o filme T1 quanto ao teor de compostos fenólicos e potencial antioxidante (DPPH e FRAP), propriedades térmicas, biodegradabilidade; e análise de vida de prateleira (60 dias) quanto às propriedades ópticas e mecânicas. Foram avaliados processamentos dos filmes em diferentes temperaturas, sendo: Controle (filme sem mel 70° C), A1 (mel a 70° C) e A2 (mel a 50° C), para avaliar a formação de Hidroximetilfufural (HMF), que permaneceu dentro dos limites estabelecidos pela legislação. Os filmes apresentaram capacidade antioxidante (filme ativo). Foi observado boa estabilidade térmica, indicando um potencial aumento na durabilidade em diferentes condições de armazenamento e transporte. Os filmes biodegradaram completamente quando enterrados em solo em um curto período (45 dias) e podem também ser considerados compostáveis. Durante a vida de prateleira, observou-se manutenção da cor e aumento da elasticidade dos filmes plastificados com mel. Esta “embalagem orgânica” desenvolvida com mel como plastificante, atende as expectativas dos objetivos propostos, tornando-a adequada para embalar produtos alimentícios. Sendo uma solução sustentável e ecologicamente correta, contribuindo para a redução do impacto ambiental e assim atendendo as demandas dos consumidores que visam produtos mais sustentáveis.

Palavra-Chave: biodegradabilidade, alimentos orgânicos, plastificantes naturais, mel, embalagem ativa

ABSTRACT

MADELLA, DAYANA KETRIN SILVA FRANCISCO. **Development of “Organic Packaging” aimed at applicability to food products.** 2024. 134p. Thesis (Doctorate in Food Science and Technology). Institute of Technology, Department of Food Science and Technology, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2024.

Organic food, whether natural or processed, is that which is obtained through an organic agricultural production system or through a sustainable extractive process that does not harm the local ecosystem. Packaging for these foods should also follow this trend, driving research into the development of biodegradable and sustainable materials. An “organic packaging” is suggested, which is films produced with natural and organic inputs, maintaining a clean production system. To achieve this, it is necessary that the inputs also meet this concept, such as plasticizers. The study aimed to develop an “organic packaging” using a polymer matrix (organic cassava starch) and natural and organic plasticizers (honey, brown sugar and coconut oil). The thesis was divided into 4 chapters: Chapter I, a bibliographic survey was carried out addressing organic foods, alternative packaging and their challenges for application in food. Chapter II, through the application of a questionnaire, identified the context and expectations regarding the use of “organic packaging” in food products. A good receptivity for packaging adhesion was observed, even with the addition of cost to the final product. In Chapter III, organic materials with different natural plasticizers were developed and characterized. Cassava starch was characterized according to the amylose content and gelatinization temperature (ideal 70° C). Seven films were developed: Control (organic cassava starch), T1 (honey), T2 (coconut oil), T3 (brown sugar), T4 (honey + coconut oil), T5 (honey + brown sugar), T6 (coconut oil + sugar) and T7 (honey + coconut oil + brown sugar). The characterization of the material was done through subjective, microscopic, and chemical analysis by FTIR, by moisture content, solubility, swelling index, and thickness. Treatments T1 and T2 were selected for mechanical analysis, in which T1 was the film with the highest tensile strength, elongation at break and Young's modulus, and therefore selected for further studies. Chapter IV characterized film T1 regarding the content of phenolic compounds and antioxidant potential (DPPH and FRAP), thermal properties, biodegradability; and shelf life analysis (60 days) regarding optical and mechanical properties. Films were processed at different temperatures, namely: Control (film without honey at 70° C), A1 (honey at 70° C) and A2 (honey at 50° C), to evaluate the formation of Hydroxymethylfufural (HMF), which remained within the limits established by legislation. The films showed antioxidant capacity (active film). Good thermal stability was observed, indicating a potential increase in durability under different storage and transportation conditions. The films biodegraded completely when buried in soil in a short period (45 days) and can also be considered compostable. During the shelf life, color maintenance and increased elasticity of the films plasticized with honey were observed. This “organic packaging” developed with honey as a plasticizer meets the expectations of the proposed objectives, making it suitable for packaging food products. It is a sustainable and environmentally friendly solution, contributing to the reduction of environmental impact and thus meeting the demands of consumers who seek more sustainable products.

Keyword: biodegradability, organic foods, natural plasticizers, active packaging

LISTA DE TABELA

Capítulo I

Tabela 1: Área no mundo por regiões de orgânicos9

Tabela 2: Desenvolvimento de embalagens para alimentos à base de amido com diferentes plastificantes15

Capítulo II

Table 1: Profile of the participants in this research28

Table 2: Responsible for purchasing according to gender.....29

Table 3: Consumers of Organic Products according to Education and Family Income.....30

Table 4: Frequency of consumption of organic foods in relation to the diet of the respondents.31

Table 5: Probability of purchasing a product (organic or not) with organic packaging according to the consumption of organic foods.....32

Table 6: Probability of purchasing a product (organic or not) with organic packaging according to gross family income with and without additional cost to final price.....33

Table 7: Organic product consumer's probability of purchasing a food packaged with organic packaging without and with additional cost in relation to the responsibility for the purchase.35

Capítulo III

Tabela 1: Plastificantes naturais orgânicos selecionados para estudo e suas características. .43

Tabela 2: Delineamento experimental dos filmes à base de fécula de mandioca orgânica avaliado plastificantes naturais.....47

Tabela 3: Análise Subjetiva dos filmes orgânicos desenvolvidos.....51

Tabela 4: Propriedade mecânica dos filmes orgânicos selecionados.61

Capítulo IV

Tabela 1: Capacidade antioxidante e Taxa de permeabilidade ao vapor de água dos filmes orgânicos.....86

Tabela 2: Temperatura onset, pico de degradação e perda de massa de filmes orgânicos de fécula de mandioca sem mel (C), com mel a 70 °C (A1) e com mel a 50°C (A2).....91

Tabela 3: Teor de Umidade dos filmes orgânicos à base de fécula de mandioca de acordo com tempo.94

Tabela 4: Parâmetros de cor dos filmes orgânicos durante 60 dias de armazenamento.....97

Tabela 5: Propriedade mecânica dos filmes orgânicos durante 60 dias.101

LISTA DE FIGURA

Capítulo I

Figura 1: Fluxograma do processo de inclusão dos artigos na revisão narrativa 7

Capítulo II

Figure 1: Places to buy organic food. 31

Figure 2: Probability of the organic product consumer in purchasing a food packed with organic packaging without and with additional cost in relation to schooling. 35

Figure 3: Importance of packing a food with organic packaging according to consumers who consume organic and those who do not consume. 36

Figure 4: Reasons to use organic packaging. 36

Figure 5: Cloud of words expressing: (A) the reason and/or intention of buying organic packaging; (B) the reason for the preference for conventional packaging. 37

Capítulo III

Figura 1: Micrografias do comportamento dos grânulos da fécula de mandioca orgânica aquecidos de 40 a 90 °C feitos em microscópio óptico, em aumento de 200x. (A) 40°C; (B) 50°C; (C) 60°C; (D) 70°C; (E) 80°C; (F) 90°C. 50

Figura 2: Aspecto visual e as imagens do microscópio óptico para filmes orgânicos à base de amido de mandioca, usando modo de transmitância e ampliações de 5 ×. 52

Figura 3: Espectros de tratamentos à base de fécula de mandioca orgânica com diferentes plastificantes naturais. 54

Figura 4: Imagens topográficas tridimensionais obtidas por AFM dos filmes produzidos. 60

Capítulo IV

Figura 1: Imagens feitas em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) (1000x) da superfície e do corte transversal dos filmes orgânicos à base de fécula de mandioca (C) com mel (70°C - A1, 50°C - A2). 88

Figura 2: (a) TGA e (b) DTG termogramas de filmes orgânicos de fécula de mandioca controle (C), filme orgânico de fécula de mandioca com mel a 70°C (A1) e filme orgânico de fécula de mandioca com mel a 50°C (A2).... 90

Figura 3: Biodegradabilidade dos filmes orgânicos à base de fécula de mandioca com incorporação de mel orgânico a 70° C(A1) e 50° C (A2), Controle (fécula de mandioca), papel kraft (controle positivo) e PEAD (controle negativo). 93

Figura 4: Comportamento do teor de umidade dos filmes Controle, A1 e A2 durante período de armazenamento de 60 dias..... 95

Figura 5: Comportamento dos parâmetros de cor dos filmes durante período de armazenamento de 60 dias..... 96

Figura 6: Comportamento dos filmes A1(mel 70° C), A2 (mel a 50° C) e Controle com relação á Resistência á Tração durante período de armazenamento de 60 dias. 99

Figura 7: Comportamento dos filmes A1(mel 70° C), A2 (mel a 50° C) e Controle com relação ao Alongamento à ruptura durante período de armazenamento de 60 dias. 100

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABD -Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica
AC – Açúcar mascavo orgânico
AFM - Microscopia de Força Atômica
DPPH – 2,2-difenil-1-picril-hidrazil
E(%) - Alongamento na Ruptura
EM - Módulo de Young
HEIs - Higher Education Institutions
HMF -Hidroximetilfurfural
FIBL - *Research Institute of Organic Agriculture*
FRAP - Ferric Reducing Antioxidant Power
FTIR/ATR – Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier/Attenuated Total Reflection
ICF - Informed Consent Form
IFOAM - *International Federation of Organic Agriculture Movements*
JAS - *Japan Agricultural Standards*
MAPA - Ministério de Agricultura e Pecuária
MA – Mel em temperatura ambiente
MEV - Microscopia Eletrônica de Varredura
MW - Massa Molar
M50 – Mel em temperatura de 50º C
M70 – Mel em temperatura de 70º C
PE – Polietileno
PEAD – Polietileno de Alta Densidade
PET - Polietileno tereftalato
PP - Polipropileno
PS – Poliestireno
PVA - Álcool polivinílico
SisOrg - Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica
TC - Resistência a Tração
TGA - Análise termogravimétrica
TPVA - Taxa de Permeabilidade ao Vapor d'água
USDA-NOP - *National Organic Program*
VCO - óleo de coco

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
OBJETIVOS.....	3
Objetivo Geral	3
Objetivo Específico.....	3
CAPÍTULO I- MATERIAL DE BASE ORGÂNICA COMO ALTERNATIVA PARA EMBALAGEM DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS.....	4
RESUMO	4
ABSTRACT	5
RESUMEN.....	5
1 INTRODUÇÃO	6
2 METODOLOGIA	7
3 PRODUÇÃO DE ALIMENTO ORGÂNICO.....	8
4. LEGISLAÇÃO PARA PRODUTOS ORGÂNICOS	9
5 PERCEPÇÃO DO CONSUMIDOR.....	10
6 EMBALAGEM ALTERNATIVA PARA ALIMENTOS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS	11
7 MATERIAIS DE EMBALAGEM A BASE DE AMIDO	12
8 TENDÊNCIAS DE PLASTIFICANTES NATURAIS.....	14
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
REFERÊNCIAS	17
CAPÍTULO II - CONSUMER PERCEPTION OF THE ALTERNATIVE USE OF "ORGANIC PACKAGING" IN FOOD PRODUCTS.....	23
HIGHLIGHTS.....	23
ABSTRACT:.....	23
1 INTRODUCTION.....	24
2 MATERIAL AND METHODS.....	25
2.1 Sample number.....	25
2.2 Data collection	26
2.3 Word cloud	26
2.4 Data analysis	26
2.5 Reliability	27
3 RESULTS AND DISCUSSION.....	27
3.1 Profile of consumers interviewed.....	27
3.2 Organic Food Consumption, Diet and Frequency of Consumption	29
3.3 Places to Buy Organic Products.....	30
3.4 Packaging for organic products	32

3.5 Word cloud	37
4 CONCLUSIONS	38
REFERENCES	39
CAPÍTULO III - DESENVOLVIMENTO DE “FILMES ORGÂNICOS” À BASE DE FÉCULA DE MANDIOCA UTILIZANDO DIFERENTES PLASTIFICANTES NATURAIS	41
RESUMO	41
1 INTRODUÇÃO	42
2 MATERIAIS E METODOLOGIA.....	43
2.1 Materiais	43
2.2 Metodologia	43
2.2.1 Teor de Amilose	43
2.2.2 Microscopia óptica dos grânulos de amido	44
2.2.3 Desenvolvimento do filme	44
2.2.4 Espessura do filme	44
2.2.5 Aspecto visual e análise morfológica.....	44
2.2.6 Análise Subjetiva quanto a morfologia do filme.....	45
2.2.7 Opacidade Aparente dos filmes desenvolvidos.....	45
2.2.8 Umidade dos filmes.....	45
2.2.9 Índice de Solubilidade (IS).....	45
2.2.10 Índice de intumescimento.....	46
2.2.11 Propriedades Mecânicas	46
2.2.12 Análise de estrutura química dos filmes (FT-IR/ATR).....	46
2.2.13 Microscopia de Força Atômica (AFM)	46
2.2.14 Delineamento Experimental	47
3 RESULTADOS.....	47
3.1 Teor de amilose.....	47
3.2 Microscopia óptica dos grânulos de amido	48
3.3 Análise Subjetiva e Aspecto Visual dos filmes.....	51
3.4 Análise de estrutura química dos filmes orgânicos (FT-IR/ATR)	53
3.6 Opacidade Aparente dos Filmes Desenvolvidos	54
3.7 Teor de Umidade dos filmes	55
3.8 Espessura, Solubilidade e Índice de intumescimento dos filmes.....	57
3.9 Microscopia de Força Atômica (AFM).....	58
3.10 Propriedades Mecânicas	61
4 CONCLUSÃO	62
REFERÊNCIAS	64
CAPÍTULO IV - CARACTERIZAÇÃO DE “FILME ORGÂNICO” DE FÉCULA DE MANDIOCA COM INCORPORAÇÃO DE MEL COMO PLASTIFICANTE	78

RESUMO	78
1 INTRODUÇÃO	79
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	79
2.1 Materiais	79
2.2 Determinação de Hidroximetilfurfural (HMF) do Mel	80
2.3 Desenvolvimento do Filme.....	80
2.4 Taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA)	81
2.5 Capacidade antioxidante do filme	81
2.5.1 Compostos fenólicos totais.....	81
2.5.2 DPPH e FRAP	81
2.6 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	82
2.7 Análise termogravimétrica (TGA).....	82
2.8 Biodegradação dos filmes	82
2.9 Vida de Prateleira dos filmes (Propriedade Mecânica, Cor, Umidade)	83
2.9.1 Propriedade Mecânica	83
2.9.2 Cor.....	83
2.9.3 Umidade	83
2.10 Análise Estatística	84
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
3.1 Determinação de Hidroximetilfurfural (HMF) do Mel	84
3.2 Capacidade Antioxidante do Filme	84
3.2.1 Compostos Fenólicos Totais	84
3.2.2 DPPH e FRAP	85
3.3 Taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA)	86
3.4 Microscopia Eletrônica de Varredura.....	86
3.5 Análise termogravimétrica (TGA).....	89
3.6 Biodegradação	92
3.7 Vida de prateleira do filme	94
3.7.1 Teor de Umidade	94
3.7.2 Análise de Cor dos filmes	95
3.7.3 Propriedade Mecânica	97
4 CONCLUSÃO	102
REFERÊNCIAS	103
CONCLUSÃO FINAL.....	108
REFERÊNCIAS	110
ANEXOS	112
ANEXO I - QUESTIONÁRIO DESENVOLVIDO – CAPÍTULO II.....	112

ANEXO II – INFORMAÇÕES SOBRE PLASTIFICANTE UTILIZADO NO DESENVOLVIMENTO DO FILME	116
ANEXO III – DESENVOLVIMENTO DO FILME	117
ANEXO IV – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS FATORES ANALISADOS NA VIDA DE PRATELEIRA.....	118

INTRODUÇÃO GERAL

A preocupação envolvendo questões ambientais, por parte dos consumidores, têm se intensificando, voltando a sua atenção aos alimentos e produtos orgânicos, que, diferentemente dos alimentos convencionais, na sua produção, não há uso de fertilizantes químicos, pesticidas, organismos geneticamente modificados, tratamentos com radiação e adição de conservantes que podem prejudicar à saúde com consumidor (BOOBALAN e NACHIMUTHU, 2020, MORAES, 2017).

A embalagem se faz imprescindível aos alimentos orgânicos quanto a sua proteção contra agentes externos, contaminantes, bem como adulterantes. Ela é uma parte integrante dessa crescente demanda pelo natural sustentável, e vem exercendo grandes mudanças nas indústrias. Os produtos orgânicos possuem em seu conceito a preocupação quanto à redução do impacto da sua produção ao meio ambiente. Porém, sabe-se que a composição das embalagens tradicionais, não são na sua maioria sustentáveis.

Plásticos sintéticos à base de petróleo, como polietileno (PE), polipropileno (PP), polietileno de tereftalato (PET) e poliestireno (OS), tem sido utilizado como materiais para embalagem de alimento devido à durabilidade, custo baixo e excelente desempenho das propriedades mecânicas. Contudo, por décadas, o consumo massivo desses materiais não renováveis e não biodegradáveis tendem a trazer graves problemas ambientais (CHENG, et al., 2024).

Na literatura, é crescente o número de estudos sobre materiais biodegradáveis para embalagens de alimentos a partir de fontes renováveis com recursos sustentáveis. Possuindo vantagens como materiais sustentáveis, neutralidade de carbono, melhor gestão de resíduos e dependência reduzida de combustíveis fosseis (CHANDRA, 1998, OMEROVIĆ, et al., 2021).

Nos últimos anos estudos sobre filmes biodegradáveis e comestíveis, a exemplo, a base de polissacarídeo, proteína e lipídio, estão sendo realizados. Em particular, o amido tem sido o foco de uma série de investigações por ser biodegradável, renovável, de baixo custo, de natureza comestível e com ampla disponibilidade (CHENG, et al., 2024, GUTIÉRREZ, et al., 2015).

Dentre os polissacarídeos, os amidos se destacam, podendo formar filmes e revestimentos comestíveis, prevenindo a perda de água pelos alimentos e protegendo-os contra outros efeitos adversos. Tem a capacidade de formar filmes transparentes e inodoros com boa barreira ao oxigênio, o que é extremamente benéfico para a preservação de alimentos, além de possuir boa biocompatibilidade, ser degradável e ter fácil conversão a materiais termoplásticos (LI, et al., 2020, ZHOU, et al., 2021). Possuem, também, grande potencial de comercialização, especialmente em países onde há adoção de regulamentos para proibir o uso de plásticos convencionais descartáveis (VAL SIQUEIRA et al., 2020).

Das várias fontes botânicas de amido, a fécula de mandioca se destaca por ser uma matéria-prima muito comum, além de ter custo reduzido e estar amplamente disponível no mercado brasileiro, e, quando comparado a outros amidos, sua extração gera menos impurezas, o que melhora a eficiência de extração (CAETANO, et al., 2018).

Contudo, filmes de amido são rígidos devido às fortes interações amilose-amilose ou amilose-amilopectina na matriz polimérica. Logo, a adição de um plastificante se faz necessário, estes enfraquecem as forças intermoleculares reduzindo a fragilidade e rigidez inerente do produto, e aumentando a ductilidade, maleabilidade e flexibilidade do filme (GUTIÉRREZ, et al., 2015; MANIGLIA et al., 2019).

Dos plastificantes, os compostos hidrofílicos como polióis (glicerol e sorbitol) são os comumente utilizados em filmes de amido, contudo, alguns açúcares, aminoácidos, carbamidas e ácidos graxos também podem ser considerados para esta aplicação (DAI, et al., 2020).

Em busca de novas alternativas para desenvolvimento de uma “Ebalagem Orgânica” com uso exclusivo de matéria-prima orgânica, faz-se necessário o estudo de compostos naturais, a citar - o mel, o óleo de coco e o açúcar mascavo, como possíveis plastificantes para incorporação em matrizes poliméricas biodegradáveis.

O mel é um produto alimentício natural, composto principalmente por 70-85% de açúcares, sendo - a frutose e a glicose os principais açúcares. A água é o segundo maior componente do mel (15 a 20%). O mel possui propriedades antioxidante, atividade antibacteriana, cicatrizante, expectorante, ação sedativa, analgésica e anti-inflamatória. O aumento do consumo de mel pela população, associada à prática da apicultura, tem-se demonstrado uma atividade promissora e rentável para os produtores e para a economia do Brasil (AL-FARSI, et al., 2018).

Na literatura, o mel se destaca com estudos visando suas propriedades antioxidantes e antimicrobiana (ALVAREZ-SUAREZ, et al., 2010; BEIRANVAND, et al., 2020; SANTAGATA, et al., 2018), contudo sua ação como possibilidade de plastificação em filmes alimentícios ainda não foi mencionada.

Similarmente, os lipídeos podem ser aplicados para atuar como plastificantes em matriz polimérica. Os lipídeos de fontes naturais, podem ser classificados em fosfolipídios, fosfatídeos, mono, di e triglicerídeos, terpenos, cerebrosídeos, álcool graxos e ácidos graxos. Podem ser derivados de fontes vegetais ou animais, como óleo de culturas vegetais, seus subprodutos ou até mesmo resíduos, a citar o óleo de coco (LIU, et al., 2020, ROCHA, 2019)

De acordo com Fangfang et al. (2020), adicionar óleo de coco aos filmes pode ser uma estratégia para desenvolver novos produtos biodegradáveis, uma vez que pode fornecer uma barreira mais alta para bloquear a luz visível e a ultravioleta, e reduzir a permeabilidade de vapor de água no filme.

Uma outra alternativa de plastificantes decorre do emprego do açúcar orgânico, que é um alimento rico em cálcio, magnésio, potássio, ferro e fósforo e possui alto valor calórico (90 calorias em cada 100 gramas). Diferentemente de outros processos, no açúcar mascavo não há a produção do melaço. Além de não conter produtos químicos e não utilizar agrotóxico em sua produção (BOOBALAN, 2020, MACHADO, 2012).

O uso da sacarose como plastificante é utilizada em filmes de amido de mandioca, a exemplo Veiga-Santos et al. (2007), estudando a sacarose e açúcar invertido como plastificantes observaram aumento do alongamento a ruptura, entretanto durante armazenamento foi observado cristalinidade tornando o filme quebradiço. Tornando o estudo do açúcar mascavo um desafio como plastificante, uma vez nunca foi explorado para finalidade, podendo aumentar as propriedades mecânicas do filme e visto o seu tempo de vida de prateleira.

Logo, o objetivo desse trabalho é desenvolver e caracterizar uma “embalagem orgânica” para produtos alimentícios utilizando fécula de mandioca como matriz polimérica e diferentes tipos de plastificantes naturais (mel, açúcar mascavo e óleo de coco).

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Desenvolver e caracterizar embalagem de base orgânica para o mercado de produtos alimentícios fornecendo solução para problemas ambientais decorrentes de embalagens convencionais plásticas.

Objetivo Específico

- Realizar um levantamento bibliográfico sobre os alimentos orgânicos, as embalagens alternativas e seus desafios para aplicação em alimentos;
- Desenvolver e aplicar questionário para identificar possibilidade de compra da “embalagem orgânica” pelo consumidor;
- Caracterizar a fécula de mandioca orgânica quanto ao tempo de gelatinização e teor de amilopectina;
- Desenvolver embalagem (filme) de base orgânica utilizando fécula de mandioca;
- Avaliar a capacidade do mel, óleo de coco e açúcar, orgânicos, como plastificante em matriz polimérica de fécula de mandioca;
- Avaliar capacidade antioxidante do melhor filme desenvolvido;
- Avaliar a vida de prateleira do filme desenvolvido ao longo do armazenamento em função das propriedades ópticas, teor de umidade e resistência mecânica;
- Avaliar a biodegradabilidade da embalagem orgânica enterradas em solo

Capítulo I

**Material de base orgânica como alternativa para embalagem de produtos alimentícios
Organic-based material as an alternative for packaging food products**

Material de base orgánica como alternativa para envasar productos alimenticios

Dayana Ketrin Silva Francisco Madella

Nathália Ramos de Melo

Artigo publicado

RESEARCH, SOCIETY AND DEVELOPMENT

V. 11, n. 10, e15111032244, 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i10.32244>

Recebido: 28/06/2022 | Revisado: 09/07/2022 | Aceito: 14/07/2022 | Publicado: 21/07/2022

Resumo

A sociedade contemporânea está cada vez mais sendo marcada por discursos sobre meio ambiente, sustentabilidade e necessidade de consumo sustentável e ecologicamente correto. Por esse discurso o alimento orgânico vem ganhando mais destaque no cenário brasileiro e mundial. Com a crescente demanda por esses produtos, surgem os questionamentos sobre a embalagem. Sabendo que o consumo mundial de plástico tem sido crescente, causando sérios problemas ambientais devido à sua incapacidade de biodegradar; o uso de recursos renováveis tem sido explorado, o que pode reduzir os problemas de descarte de resíduos. Consequentemente, o desenvolvimento de materiais biodegradáveis de base orgânica surge como uma alternativa a essa embalagem. Logo, este estudo tem como objetivo apresentar um levantamento bibliográfico narrativo abordando o tema relacionado ao alimento orgânico e embalagem biodegradável e orgânica. Para a revisão narrativa, foram realizadas pesquisas em bancos de dados como: SCIELO, Science Direct, PubMed e sites nacional e internacional referente ao tema. Com base no estudo, dentre as alternativas para produção de um filme de base orgânica, o amido é uma das bases mais pesquisadas e considerado um bom substituto para embalagens tradicionais. Contudo, verifica-se a necessidade de adicionar um plastificante em sua formulação, logo, a incorporação de um plastificante natural, podendo ser orgânico, deve ser investigada por pesquisas futuras. Este material de base orgânica, poderá ser utilizado em diferentes produtos alimentícios.

Palavras-chave: Alimento orgânico; Embalagem alternativa; Embalagem orgânica; Sustentabilidade; Consumo sustentável.

Abstract

Contemporary society is increasingly being marked by discourses about the environment, sustainability and the need for sustainable and ecologically correct consumption. For this speech, organic food has been gaining more prominence in the Brazilian and world scenario. With the growing demand for these products, questions about packaging arise. Knowing that the world consumption of plastic has been increasing, causing serious environmental problems due to its inability to biodegrade; the use of renewable resources has been explored, which can reduce waste disposal problems. Consequently, the development of organic-based biodegradable materials emerges as an alternative to this packaging. Therefore, this study aims to present a narrative bibliographic survey addressing the topic related to organic food and biodegradable and organic packaging. For the narrative review, searches were carried out in databases such as: SCIELO, Science Direct, PubMed and national and international websites related to the topic. Based on the study, among the alternatives for producing an organic-based film, starch is one of the most researched bases and considered a good substitute for traditional packaging. However, there is a need to add a plasticizer in its formulation, so the incorporation of a natural plasticizer, which may be organic, should be investigated by future research. This organic-based material can be used in different food products.

Keywords: Organic food; Alternative packaging; Organic packaging; Sustainability; Sustainable consumption.

Resumen

La sociedad contemporánea está cada vez más marcada por discursos sobre el medio ambiente, la sostenibilidad y la necesidad de un consumo sostenible y ecológicamente correcto. Para este discurso, los alimentos orgánicos vienen ganando más protagonismos en el escenario brasileño y mundial. Con la creciente demanda de estos productos, surgen preguntas sobre el embalaje. Sabiendo que el consumo mundial de plástico ha ido en aumento, provocando graves problemas ambientales por su incapacidad para biodegradarse; se ha explorado el uso de recursos renovables, que pueden reducir los problemas de eliminación de residuos. En consecuencia, el desarrollo de materiales biodegradables de base orgánica surge como una alternativa a este envase. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo presentar um levantamiento bibliográfico narrativo que aborde el tema relacionado con los alimentos orgánicos y los envases biodegradables y orgánicos. Para la revisión narrativa se realizaron búsquedas en bases de datos como: SCIELO, Science Direct, PubMed y sitios web nacionales e internacionales relacionados con el tema. Según el estudio, entre las alternativas para producir una película con base orgánica, el almidón es una de las bases más investigadas y considerada un buen sustituto de los envases tradicionales. Sin embargo, existe la necesidad de agregar um plastificante en su formulación, por lo que la incorporación de un plastificante natural, que puede ser orgánico, debe ser investigada por futuras investigaciones. Este material de base orgánica se puede utilizar en diferentes produtos alimenticios.

Palabras clave: Alimentos orgánicos; Envases alternativos; Envases orgánicos; Sustentabilidad; Consumo sostenible.

1 INTRODUÇÃO

A “agricultura orgânica” (ou agricultura “biológica” ou “ecológica”) é uma abordagem de sistema completo com base em um conjunto de processos que resultam em um ecossistema sustentável, alimentos seguros, boa nutrição, bem-estar animal e justiça social (IFOAM, 2009).

Um alimento é considerado orgânico quando é produzido em ambiente com base em processos produtivos agroecológicos que fazem uso responsável do solo, água, ar e outros recursos naturais, respeitando ainda as relações sociais e culturais. Se diferenciando do convencional pela ausência de resíduos agrotóxicos mantendo o solo sadio e observando os níveis controláveis de pragas para aumentar suas colheitas (BOOBALAN, et al., 2016).

O consumo de alimentos orgânicos tem sido proposto como um caminho para uma sociedade mais sustentável. Em consequência, a compra e o consumo de alimentos orgânicos vêm aumentando em todo o mundo. De acordo com (FIBL AND IFOAM, 2022), o mercado de orgânicos no mundo expandiu de 15,1 bilhões de euros em 2000 para 120,6 bilhões em 2020 (DORCE et al., 2021).

A embalagem em seu contexto e funções é de grande importância aos alimentos orgânicos principalmente, tanto quanto no transporte quanto na sua proteção contra agentes contaminantes, ela é uma parte integrante dessa crescente demanda e vem exercendo grandes mudanças nas indústrias. Os produtos orgânicos possuem em seu conceito a preocupação da redução do impacto da sua produção ao meio ambiente, porém, sabe-se que a composição das embalagens tradicionais, não são na sua maioria sustentáveis (BOOBALAN et al., 2016).

No cotidiano da população, materiais plásticos descartáveis, como sacolas plásticas entre outras, para embalagens de uso com alimentos estão em todos os cantos da sociedade e se tornam itens importantes e indispensáveis. Porém, devido à não biodegradabilidade da maioria destes produtos plásticos, uma vez que são descartados ao acaso, causarão poluição ambiental sendo uma preocupação a curto e longo prazo, também conhecida como “poluição branca”. Portanto, mais e mais países, estão restringindo o uso de produtos plásticos descartáveis não biodegradáveis (DAI et al., 2019).

Nos últimos anos estudos sobre filmes biodegradáveis e comestíveis, a exemplo, a base de proteínas, lipídios e polissacarídeos, estão sendo realizados. Em particular, o amido tem sido o foco de uma série de investigações por ser biodegradável, renovável, de baixo custo, de natureza comestível e com ampla disponibilidade (CUI et al., 2021; GUTIÉRREZ et al., 2015).

Os amidos possuem a capacidade de formar filmes transparentes e inodoros com boa barreira ao oxigênio, o que é extremamente benéfico para a preservação de alimentos. Dos amidos, a fécula de mandioca se destaca, por ser uma matéria-prima muito comum, além de ter custo reduzido e possuir ampla disponibilidade. Quando comparado a outros amidos, sua extração gera menos impurezas, o que melhora a eficiência de extração (CAETANO et al., 2018; LI et al., 2020) Assim, foi realizado um levantamento bibliográfico narrativo, no qual possui a finalidade de descrever e pontuar materiais biodegradáveis que possam ser de base orgânica como alternativa de embalagem para produtos alimentícios.

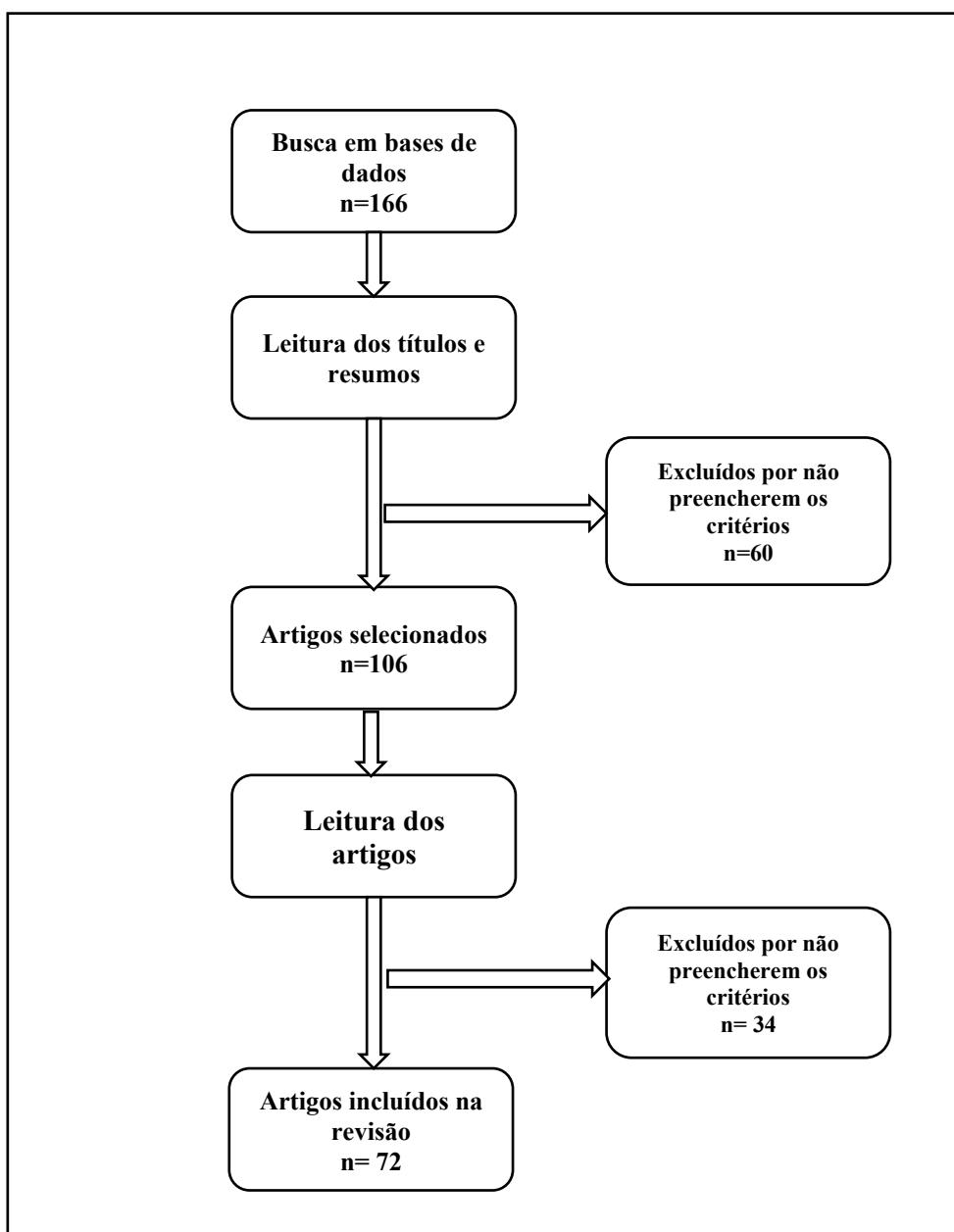


Figura 1: Fluxograma do processo de inclusão dos artigos na revisão narrativa

Fonte: Autores

2 METODOLOGIA

A revisão foi realizada através de um levantamento bibliográfico narrativo. Os artigos de revisão narrativas são publicações com a finalidade de descrever e discutir o estado da arte de um determinado assunto. Visto a abrangência da temática e a dificuldade em estabelecer uma pergunta de pesquisa precisa, a revisão narrativa foi utilizada por possibilitar uma discussão ampliada (LOPES et al., 2022; MARTINELLI e CAVALLI, 2019).

Para a pesquisa, foi realizado um levantamento de artigos científicos na literatura através de bases de dados online: Scopus, Science Direct, Scientific Electronic Library Online (SCIELO), PubMed Central (PMC), sites nacionais e internacionais com referência à alimentos

orgânicos, sites de órgãos governamentais brasileiro e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

A busca dos artigos para revisão foi realizada pela combinação dos termos: alimentos orgânicos, agricultura orgânica, material biodegradável, filme e revestimento à base de amido e demanda por alimentos orgânicos. Os critérios de inclusão definidos para a seleção dos artigos foram: publicações nos idiomas português e inglês, que retratassem a temática referente a produtos orgânicos e embalagens biodegradáveis. Não houve datas específicas para busca, assim, foram obtidos arquivos publicados e indexados nos bancos de dados com intervalos dos anos 2005 a 2022, totalizando 166 artigos e após leitura dos manuscritos 94 foram excluídos por não atenderem a finalidade da pesquisa, como exemplificados no Figura 1.

3 PRODUÇÃO DE ALIMENTO ORGÂNICO

A agricultura orgânica foi impulsionada pelos movimentos no final do século XIX aos quais se opunham aos sistemas tradicionais de produção de alimento e aos danos ambientais que traziam. Gerando dessa forma o início de uma corrente para uma alimentação saudável e uma melhor qualidade de vida (MORAES, 2017).

De acordo com IFOAM (*International Federation of Organic Agriculture Movements*), a agricultura orgânica é um sistema de produção que sustenta a saúde de solos, ecossistemas e pessoas. Combinando tradição, inovação e ciência. Seu papel compreende desde a produção, processamento, distribuição, até o consumo. Garante dessa forma a sustentabilidade e a saúde dos ecossistemas e organismos que o compõe (IFOAM, 2020; (Moraes, 2017).

Segundo sua definição, a agricultura orgânica é uma das alternativas para a produção de um alimento seguro dentro do padrão de segurança de alimentos, e também de segurança alimentar. O padrão internacional em alimentos produzidos de forma orgânica provém do “*Codex Alimentarius*”, originado da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (EFING e GREGORIO, 2019).

Na literatura, são encontradas diversas definições de alimentos orgânicos, entre os quais se apresentam como: “Alimentos considerados orgânicos são aqueles produzidos em ambiente onde utiliza-se como base do processo produtivo os princípios agroecológicos, contemplando o uso responsável do solo, da água, do ar e dos demais recursos naturais” (BOOBALAN et al., 2016). Pela legislação brasileira, um alimento orgânico, *in natura* ou processado, é aquele derivado de um sistema orgânico de produção agropecuária ou de um processo extrativista sustentável, sendo ainda não prejudicial ao ecossistema local (BRASIL, 2020).

Atualmente no mundo, há uma crescente demanda e aceitação por produtos orgânicos, devido principalmente aos malefícios que os resíduos agrotóxicos e adubos químicos podem causar à saúde do consumidor a na cadeia dos produtos alimentícios, abrindo caminho para conscientização do uso desses agentes químicos a adição de conservantes durante a fabricação de alimentos por empresas (BOOBALAN, 2020; SILVA, et al., 2016).

De acordo com *Research Institute of Organic Agriculture* (FIBL), instituição europeia independente sem fins lucrativos, os dados da produção mundial orgânica de 2018 de 178 países mostram que o setor ocupa 71 milhões de hectares (Tabela 1), cerca de 1,2% das áreas produtoras do mundo. O mercado é liderado pelos Estados Unidos, tanto em exportação (£2,9 bilhões), importação (£1,8 bilhão) e vendas (£40 bilhões), seguido pela Alemanha (£10 bilhões), França (£9 bilhões), China (£8 bilhões) em vendas (FIBL, 2020).

A América do Sul detém um total de 8 milhões de hectares, sendo o Brasil apontado como líder do mercado de orgânico, contudo, em extensão de terra destinado à agricultura orgânica, o país fica em terceiro lugar na região, seguido da Argentina e Uruguai (FIBL, 2020).

O país que apresenta o maior número de produtores orgânicos é a Índia (835.000), de acordo com Vilela et al. (2019). Enquanto na América do Sul o maior número de produtores de orgânicos se concentra no Peru (91.771).

4. LEGISLAÇÃO PARA PRODUTOS ORGÂNICOS

Os primeiros movimentos de certificações de orgânicos ocorreram na Europa na década de 1920, onde foi criado o sistema Deméter de produtos orgânicos biodinâmicos, cujo selo é encontrado até os dias de hoje (MORAES, 2017).

Tabela 1: Área no mundo por regiões de orgânicos

País	Ano	Área orgânica (terrás agrícolas) [ha]	Porcentagem da área orgânica no total de terrás agrícolas [%]
África	2018	1'984'132.28	0,18
Ásia	2018	6'537'225.85	0,41
EFTA*	2018	233'637.14	5,96
EU	2018	13'790'384.08	7,71
Europa	2018	15'635'504.61	3,12
América Latina	2018	8'008'580.69	1,06
América do Norte	2018	3'335'001.81	0,82
Oceania	2018	35'999'373.49	8,57
Mundo	2018	71'494'738.75	

*EFTA: Associação Europeia de Comércio Livre (Suíça, Noruega, Islândia e Liechtenstein)

Fonte: FiBL, 2020

No Brasil, a certificação segue a linha definida pelo Ministério de Agricultura e Pecuária (MAPA), sendo reconhecido pela IFOAM. Sua cultura e comercialização de produtos orgânicos teve início em 2003, contudo, sua regulamentação ocorreu apenas em 27 de dezembro de 2007 com a publicação do decreto Nº 6.323 (BRASIL, 2020).

Com base na Lei nº 10.831, de 23 dezembro de 2003, todos aqueles que pretendem comercializar produtos orgânicos no Brasil devem possuir registro junto ao MAPA, mais especificamente através do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica (SisOrg). A lei estabeleceu o uso do selo SisOrg para produtos certificados. Define-se, portanto, que a certificação pode ser realizada de três formas: por auditoria, por sistema participativo de garantia, e pelo controle social na venda direta (BRASIL, 2020).

No exterior, o órgão internacional que credencia as certificadoras é a IFOAM, que é a federação internacional que congrega os diversos movimentos relacionados com a agricultura orgânica.

A rotulagem no Brasil, especificadamente de orgânicos, está regulamentada pela lei federal nº 10.831 de 2003. Em 2007, o decreto nº 6.323 estabeleceu as regras de certificação e fiscalização.

Através do art. 119 do Anexo I da Instrução Normativa nº. 19 de 2009, o MAPA no Brasil, estabeleceu para o mercado interno que a informação de qualidade orgânica, deve estar estampada na parte frontal do rótulo, com termos específicos para “Orgânico” ou “produto orgânico” para aqueles com 95% ou mais de ingredientes orgânicos; e “produto com ingredientes orgânicos” para produtos com 70% a 95% de ingredientes orgânicos, entre mais

variantes, quando com menos de 70% de ingredientes orgânicos não poderão ter nenhuma expressão à qualidade orgânica (BRASIL, 2020).

A produção, processamento, rotulagem e comercialização dos produtos orgânicos, a exemplo, na União Européia são regidas pelo Reg. 834 de 2007 e seu regulamento de aplicação - Reg.889 de 2008, que abrange produtos primários ou processados, de origem vegetal ou animal; nos Estados Unidos, são regidos pelo USDA-NOP (*National Organic Program*), seção 205 (7 CFR 205), o Japão, a legislação regidas pelo JAS (*Japan Agricultural Standards*), enquanto na China é regida pelo Regulamento Nacional da República da China para produtos orgânicos (ECOCERT, 2020).

5 PERCEPÇÃO DO CONSUMIDOR

Desde a crescente demanda por culturas orgânicas no mundo, através da venda de grandes varejistas, assim como criação de marca própria para orgânicos, foram removidos, pelo menos, duas barreiras para seu consumo: preço alto e baixa disponibilidade. O consumidor reagiu positivamente à difusão dos produtos orgânicos. Suas características vêm a atender as necessidades de mais naturalidade e sustentabilidade, demonstrando mais respeito pelo bem-estar animal, e dando importância à valores humanos e culturais (CARFORA et al., 2019).

De acordo com literaturas, é unanime a constatação das principais percepções dos consumidores quanto a alimentos orgânicos. Os principais motivadores da compra e do consumo se deve ao fato de serem ditos saudáveis e menos prejudiciais ao meio ambiente do que os alimentos convencionais e promovem o apoio à economia local e à comunidade (DORCE et al., 2021).

A confiança entre o consumidor e o alimento é um fator que pode ser adicionado como motivador de compra. O produto orgânico se dá através da certificação de processos. A confiança no sistema de certificação é fundamental para a integridade dos orgânicos. Dessa forma, a confiança se transforma em lealdade à marca, logo o consumidor tem uma maior disposição a pagar pelo produto (CARFORA et al., 2019; CASTALDO et al., 2009; MENOZZI et al., 2015; PIVATO et al., 2012).

Koklic et al. (2019), através de seu estudo, apontaram áreas que podem moldar diretamente a intenção de compra de produtos orgânicos: atitudes em relação ao consumo de alimentos orgânicos, consumo passado e normas pessoais. Ou seja, a intenção do consumidor de comprar alimentos orgânicos torna-se mais forte com atitudes mais positivas, um aumento na frequência do consumo de alimentos orgânicos no passado e normas pessoais mais fortes. Além do estudo do comportamento passado ser um importante preditor de futuras ações e intenções, afetando diretamente as normas e atitudes pessoais em relação a compra do orgânico. As influências morais, exercem influência nas intenções de compra, por exemplo, a preocupação ambiental exerce um efeito via norma moral ou pessoal.

Lamonaca et al. (2022) em sua pesquisa, citaram outras características como intenção de compra de produtos orgânicos, como informação nutricional na embalagem, simpatia através de um rótulo com pegada de carbono e rótulos orgânicos e de qualidade.

6 EMBALAGEM ALTERNATIVA PARA ALIMENTOS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS

É fato que a embalagem pode influenciar a impressão de gosto do consumidor, gerando respostas emocionais e predispondo o mesmo a comprar o produto. Ela se apresenta como parte integrante de um sistema. Na literatura, são abrangidas três funções para a embalagem tradicional: (1) contenção e manuseio, (2) proteção e preservação e (3) informação e comunicação (BECKER et al., 2011; VAN HERPEN et al., 2016). Tradicionalmente, plásticos, papéis, recipientes de vidro e metal têm sido usados para embalar alimentos. Entretanto, ao executar essas funções gera um custo, tanto monetário do próprio material da embalagem, quanto da carga ambiental que a mesma causa (AMIN et al, 2021; ROPER e PARKER, 2013).

De acordo com o princípio da IFOAM, a embalagem de produtos orgânicos deveria ter impactos mínimos sobre o alimento ou sobre o meio ambiente. Como recomendação, estes devem ser embalados em embalagem reutilizáveis, recicláveis, recicladas ou biodegradáveis quando possível (IFOAM, 2009).

É comum a preferência dos varejistas em comercializar produtos orgânicas em sacolas plásticas, para que possam ser claramente distinguidas dos cultivados convencionalmente e garantir que o consumidor compre o produto pelo preço correto. Além disso, alguns supermercados também preferem os sacos plásticos para garantir a integridade orgânica do produto. A alegação orgânica é, de fato, sobre como o produto é cultivado, no entanto, os supermercados são responsáveis por manter a separação entre orgânicas e convencionais. A violação dos regulamentos em vigor para proteger esse problema pode resultar em multas severas ao varejista (DOLE, 2020).

Contudo, em um estudo realizado na Europa, pesquisadores concluíram que a remoção da embalagem primária (embalagem plástica) de frutas e vegetais orgânicos, seria uma intervenção promissora nas tentativas de aumentar as vendas de vegetais orgânicos, uma vez que encaixaria melhor com a imagem ambiental do produto (VAN HERPEN et al., 2016).

Como alternativa, grandes avanços na área de embalagens surgem desde a sua criação no século 18, dentre elas estão embalagens biodegradáveis, podendo ser ativas e inteligentes.

Na literatura podem ser encontrados diversos estudos desenvolvendo e aplicando diferentes tipos de embalagens biodegradáveis. Produzidas a partir de fontes renováveis, como o amido, proteína, lipídios e desenvolvidas a partir de resíduos agroindustriais, como partes não utilizadas de frutas e vegetais, que têm compostos bioativos e que podem conferir interação com o produto embalado, trazendo vantagens adicionais na preservação de alimentos (MIGLIORANZA et al., 2021)

Os filmes biodegradáveis surgem devido a preocupações ambientais e pela necessidade de proteger a saúde do consumidor. Através de biomaterias (materiais naturais) de qualidade alimentar, essas embalagens podem estender a vida útil do produto agindo como barreira seletiva contra umidade e oxigênio. Reduzem a oxidação lipídica, controlando a transmissão de oxigênio e a síntese de compostos voláteis, fatores responsáveis pela produção de odores e sabores indesejados (AMIN et al., 2018).

Para controlar a qualidade dos alimentos e melhorar os padrões de segurança alimentar, ou seja, expandir a funcionalidade das embalagens biodegradáveis, podem ser incorporadas substâncias bioativas e funcionais, como agentes antimicrobianos, antioxidantes, vitaminas, flavonóides, etc. Assim, esses materiais, podem ser usados como transportadores de compostos bioativos, aumentando o valor nutricional dos produtos alimentícios ou para prolongar a vida útil do produto embalado (LU et al., 2019, SALGADO et al., 2015).

A esse tipo de embalagem, Glicerina et al., (2021), conceituam como embalagem ativa, onde há um sistema em que a embalagem, o produto e o ambiente interagemativamente prolongando a vida útil e / ou aumentando a segurança e as propriedades sensoriais de produtos alimentícios durante o armazenamento.

Miglioranza et al. (2021), compararam a aplicação de um filme biodegradável, à base de extrato de farinha de semente de uva e PVA (Álcool polivinílico), como embalagem para frutas desidratadas, usando uva passas da variedade Crimson sem sementes, com embalagens convencionais de filme de poli (etileno), obtendo maiores teores de fenólicos e atividade antioxidante para uvas passas embaladas com filme biodegradável após 182 dias de armazenamento.

Motta et al. (2020), desenvolveram filmes a base de amidos não iônicos, catiônicos e aniónicos incorporados com o surfactante catiônico LAE, objetivando fornecer uma alternativa para estender a vida útil de produtos alimentícios.

Nakashima et al. (2016), estudaram o desenvolvimento de filmes à base de colágeno com concentrações de argila, plastificante e óleo essencial de cravo-da-índia sobre as características de cor, opacidade, resistência à tração, solubilidade, permeabilidade ao vapor da água e espessura dos filmes. Concluindo que os filmes de colágeno obtiveram boas propriedades mecânicas, adequada aparência visual e fácil manuseio, bem como baixa permeabilidade ao vapor de água e solubilidade em água. A adição do óleo essencial foi eficaz na estrutura do filme, melhorando a aparência e manuseio.

Já Costa et al. (2020) desenvolveram e caracterizaram filmes comestíveis produzidos por blendas poliméricas, compostas por polissacarídeos naturais, visando sua utilização como recobrimentos comestíveis para frutos. Foram desenvolvidos filmes poliméricos de Quitosana, Pectina, Fécula de Mandioca, Quitosana + Pectina, Quitosana + Fécula de Mandioca, Pectina + Fécula de Mandioca e Quitosana + Pectina + Fécula de Mandioca.

7 MATERIAIS DE EMBALAGEM A BASE DE AMIDO

Matérias-primas renováveis como polissacarídeos (amido, pectina, alginato, carboximetilcelulose e quitosana), proteínas (glúten de trigo, isolado de proteína de soro de leite, caseinato e proteína de soja) e lipídeos (ceras e ácidos graxos) ou uma combinação destes têm sido estudados para preparar filmes e revestimento comestíveis biodegradáveis. Contudo, vários estudos relatam que os polissacarídeos de diferentes fontes são materiais promissores para o preparo de filmes e revestimentos com comportamento sob medida, considerando que são polímeros naturais, não tóxicos e biodegradáveis (ENUJIUGH et al., 2018; GUIMARÃES et al., 2020; SCHMID e MÜLLER, 2018).

O amido vem sendo reportado como um material barato, além de possuir excelente capacidade de formação de filme (HASSAN et al., 2018; KANG et al., 2020).

É um polímero que ocorre amplamente nas plantas, como batata, milho, arroz e mandioca. Em todas essas plantas, o amido é produzido na forma de grânulos, que variam em tamanho e em composição a depender da planta. Em geral é formado por dois tipos de polímeros de glicose: a amilose e a amilopectina, com estruturas e funcionalidade diferentes. A proporção entre amilose e amilopectina é variável com a fonte botânica, conferindo características específicas à pasta de amido. No uso em alimentos, ambas as frações são prontamente hidrolisadas na ligação acetal por enzimas (CHANDRA, RUSTGI, 1998).

Filmes de amido são um dos materiais de embalagem de base biológica mais eficazes, em termos de desempenho, adaptabilidade, processabilidade e custo. Através da composição do amido, amilose e amilopectina, ocorre efeitos na formação e propriedades do filme. A estrutura linear da amilose promove hidrogênio de alto nível, através da ligação entre suas

moléculas forma uma estrutura cristalina. As cadeias de amilose são cadeias lineares relativamente longas, isso permite uma melhor interação entre as cadeias poliméricas devido à melhor aproximação ou acomodação das cadeias. Enquanto as cadeias de amilopectina resultam em filmes com características fracas e quebradiças devido a ligações intermoleculares desfavorecidas pela existência das cadeias curtas e ramificações (JHA, 2020; SUH et al., 2020).

No entanto, os filmes de amido têm algumas limitações, como forte comportamento hidrofilico, que faz contato de alta sensibilidade à umidade e propriedades mecânicas baixas (JHA, 2020).

Visando atender ao consumidor na busca pela melhoria da qualidade, segurança e na extensão da vida de prateleira do produto, materiais biodegradáveis à base de amido vêm sendo estudadas para a indústria de alimentos como materiais de embalagem (Tabela 2).

Diversos estudos têm sido realizados para analisar a propriedades de filmes de amido produzidos a partir de diferentes fontes botânicas, tais como milho, trigo, mandioca, inhame e batata (CUI et al., 2021; GALDEANO et al., 2009a).

Dentre os amidos de várias fontes botânicas, a fécula de mandioca se destaca por ser uma excelente matéria-prima para a produção de materiais biodegradáveis e é útil para aplicações industriais. Quando comparada aos outros amidos, é facilmente extraída, resultando em um produto de cor branca sem a necessidade de se usar agentes de clareamento. Em sua maioria, os grânulos são arredondados, com a superfície plana em um dos lados e uma cavidade no outro. De acordo com a variedade e o período da colheita exibem grande variação em seu tamanho (5 a 40 µm) (CHOLLAKUP et al., 2020; DAI et al., 2019).

Além de serem biodegradáveis, filmes e revestimentos produzidos a partir da fécula de mandioca são inodoros, insípidos, incolores e não tóxicos. Ainda, os filmes possuem boa resistência a mofo e permeabilidade, são materiais flexíveis e extensíveis de superfícies homogêneas e lisas. A obtenção de filmes a partir da fécula é baseada na sua gelatinização, que ocorre acima de 70°C, seguido de resfriamento (CORTÉS-RODRÍGUEZ et al., 2020; DAI et al., 2019; LIM et al., 2020; LUCHESE et al., 2021; SUH et al., 2020). Contudo, filmes de amido puro apresentam propriedades mecânicas mais frágeis, consequentemente faz-se necessário o uso de aditivos, como os plastificantes, para melhorar suas características (CHEN et al., 2019).

Os plastificantes são aditivos necessários para a fabricação de filmes, como os amidos, pois os filmes que compreendem apenas amido são rígidos, quebradiços e inflexíveis. Geralmente o glicerol e sorbitol são usados como plastificantes. Estes melhoraram a flexibilidade do filme de amido reduzindo a ligação de hidrogênio entre as macromoléculas e aumentando o espaçamento intermolecular entre as cadeias (LIM et al., 2020).

Embora os compostos hidrofilicos, como polióis (glicerol e sorbitol), serem comumente usados em filmes de amido, alguns açúcares, aminoácidos, carbamidas e ácidos graxos também podem ser empregados (MANIGLIA et al., 2019). Na literatura podem ser encontrados estudos com o desenvolvimento de filmes a base de amido e diferentes plastificantes, como exemplificado na Tabela 2.

8 TENDÊNCIAS DE PLASTIFICANTES NATURAIS

À medida que a indústria de embalagens alternativas cresce, a proporção pela demanda por novos plastificantes também aumenta. Uma vez que o uso dos ftalatos (os mais utilizados na atualidade), tem sido questionado devido aos problemas de toxicidade, que estão relacionados à migração destes compostos. Logo, buscam-se alternativas aos plastificantes tradicionais, que sejam provenientes de fontes biológicas e que atendem aos requisitos como baixa toxicidade, baixa migração e biodegradabilidade (LIU et al., 2020; ROCHA, 2019; VIEIRA et al., 2011).

Na busca por novas embalagens biodegradável de fonte natural e orgânica, podem ser estudados a opção dos açúcares, do mel e lipídeos.

O açúcar é um termo genérico para carboidratos cristalizados comestíveis, principalmente, sacarose, lactose e frutose. É produzido por todos os vegetais clorofilados, através da fotossíntese. Dos diferentes tipos de açúcar, o mascavo, orgânico ou não, se destaca, uma vez produzido a partir da cana-de-açúcar, não passa por nenhum tipo de processo de refinamento, logo não há aditivo químico em sua composição. Mantendo assim, sua qualidade nutricional, vitaminas e minerais (BETTANI et al., 2014).

O uso da sacarose como plastificante é recomendado em filmes de amido de mandioca podendo aumentar o alongamento na ruptura, contudo tem-se observado cristalinidade durante o armazenamento, alterando o material de maleável para quebradiço VEIGA-SANTOS et al., 2007). A exemplo, Santos (2004), observou cristalização após 10 dias de armazenamento em filmes a base de fécula de mandioca e sacarose como plastificante. Sendo então indicado utilizar umectante como o propileno glicol para evitar cristalização dos filmes. Caso adicionado sacarose a solução filmogênica, deve-se homogeneizar completamente todos os grânulos para que não haja núcleos de cristalização, afetando a estrutura final dos materiais ao longo da estocagem.

O mel, considerado um produto natural, é composto predominantemente de açúcares como a frutose e a glicose, além de enzimas, minerais, ácidos orgânicos, hidrocarboneto, aminoácidos, vitaminas do complexo B, vitaminas (C, D e E), antioxidantes, água e substâncias que lhe conferem aroma e sabor, sendo um recurso de substituição de açúcares (GARCIA et al., 2018, SILVA et al., 2018). Quanto a possibilidade de utilização do mel orgânico, ele se qualificaria como um produto isento de contaminação química e biológicas indesejáveis. Em literaturas, observa-se diversos estudos abordando propriedades antioxidantes (BEIRANVAND et al., 2020; GONZÁLEZ-CEBALLOS, et al., 2020) e antimicrobiana do mel (ALVAREZ-SUAREZ et al., 2010, ESTEVINHO et al., 2008).

Santagata et al. (2018), a exemplo, utilizou revestimento de pectina-mel em frutas desidratadas (maçã, melão, manga e abacaxi) para explorar a atividade antimicrobiana do mel. Contudo ainda não há estudos quanto uma possível contribuição quanto a plastificação.

Os lipídeos são compostos que se originam em fontes naturais, como animais, insetos e plantas, a diversidade dos grupos funcionais lipídicos é composta por fosfolipídios, fosfatídeos, mono, di e triglicerídeos, terpenos, cerebrosídeos, álcool graxos e ácidos graxos. Em filmes e revestimentos os lipídeos podem fornecer algumas características como brilho, minimiza a perda de umidade e altera a complexidade da embalagem (MOHAMED et al., 2020). Os plastificantes de base biológica podem ser obtidos de fontes vegetais ou animais, nesse conjunto estão os óleos obtidos de fonte agrícolas vegetais, subprodutos delas, ou até mesmo de resíduos. Os óleos vegetais, assim como o óleo de coco, surgem neste grupo como alternativas altamente disponíveis, de baixo custo, não-tóxicos, de fontes renováveis e não-voláteis (LIU et al., 2020, ROCHA, 2019).

O óleo de coco é útil em diversos setores, como alimentício, farmacêutico, cosmético e também em biocombustíveis, uma vez que há presença de ésteres metílicos presente no óleo. Na pesquisa de embalagens, ele é avaliado como antioxidant e antimicrobiano, uma vez que contém polifenóis em sua composição, podendo inibir a oxidação. Além de possuir um teor de ácidos graxos livres inferior a 0,1%, ácidos graxos com uma distribuição normal da cadeia de carbono e uma composição razoável de ácidos graxos saturados e insaturados. A adição do óleo de coco pode reduzir a permeabilidade da água em filmes e revestimento alimentícios (FANGFANG et al., 2020, NETO et al., 2020). Quanto a possibilidade de este também ter influência nas características mecânicas de filmes não tem sido reportada.

Importante destacar que um bom plastificante geralmente fornece alta plastificação em baixa concentração e promove rápida difusão e interação; enquanto sua eficiência é definida como a

quantidade de plastificante necessária para produzir as propriedades desejadas do filme. Portanto, para otimizar as propriedades de uso final dos materiais, é importante estudar o efeito da concentração de plastificante na resistência mecânica. (VERSINO et al., 2019).

Tabela 2: Desenvolvimento de embalagens para alimentos à base de amido com diferentes plastificantes

Característica	Material desenvolvido	Plastificante	Alimento aplicado	Referência
Extensão da vida de prateleira	Revestimento à base de fécula de mandioca e quitosana com extrato de semente de tamarindo	Glicerol	Goiaba	(RODRIGUES, et al., 2020)
Extensão da vida de prateleira	Filme comestível à base de amido de mandioca com <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Pencococcus pentosaceus</i> e carboximetcelulose sódica	Glicerol	Banana	(LI et al., 2020a)
Propriedade antioxidante	Espuma biodegradáveis à base de amido de mandioca incorporado com caule de uva	Glicerol	Bolo inglês	(ENGEL et al., 2019)
Biodegradável	Filme a base de amido, pectina cítrica e resíduo de <i>Acca sellowiana</i>	Glicerol	Maça	(SGANZERLA et al., 2020)
Propriedade antioxidante e antimicrobiana	Filme à base de amido de araruta e iota-carragenina	Glicerol	Tomate cereja	(ABDILLAH e CHARLES 2021)
Extensão da vida de prateleira	Filme a base de amido de mandioca com resíduos de suco de laranja	Glicerol	N/A	(LEITES et al., 2021)
Biodegradável Uso de resíduos industriais /fontes naturais e	Filme a base de amido de mandioca, proteína de soro de leite e cera de abelha	Glicerol	N/A	(CORTÉS-RODRÍGUEZ et al., 2020)
Extensão da vida de prateleira	Materias de amido de mandioca e bagaço contendo uréia	Glicerol e Ureia	N/A	(VERSINO et al., 2019)
Filmes agrícolas ativos para liberação controlada de fertilizante				

Propriedade antioxidant e antimicrobiana	Filmes de mistura de amido de mandioca e proteína de soro de leite contendo extrato de casca de rambutan e óleo de canela	Glicerol	Salame	(CHOLLAKUP et al., 2020)
Estudo plastificante Biodegradável	Filme amido de mandioca	Glicerol e Sorbitol	N/A	(LIM et al., 2020)
Estudo plastificante	Filmes de amido de aveia	Glicerol, Sorbitol, Ureia e Sacarose	N/A	(GALDEANO et al., 2009)
Biodegradável	Filme de amido de mandioca e gelatina	Açúcar invertido e sacarose	N/A	(VEIGA-SANTOS et al., 2007)

*N/A: Não Aplicado

Fonte: Autores

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo fez um levantamento quanto ao conceito e o aumento da demanda por alimentos orgânicos, abordando embalagens tradicionais e alternativas para produtos alimentícios. Podendo desenvolver materiais biodegradáveis orgânico fechando o ciclo da cadeia de alimentos e produtos orgânicos.

Muitos estudos mostram o aumento da conscientização do consumidor por produtos que atendam a proteção ambiental, sua saúde e a segurança alimentar. Visto a proteção ambiental, as embalagens biodegradáveis baseadas em recursos naturais têm recebido atenção considerável.

Buscando por uma embalagem de cunho orgânico tem-se a possibilidade da utilização de um amido de fonte orgânica como matéria prima para a sua produção. Sendo este uma base de baixo custo, além de abundante, biodegradável e até comestível. E dando ênfase para que todos os insumos utilizados na produção dessa embalagem sejam de origem orgânica, torna o conceito dessa embalagem mais desafiadora.

Futuras pesquisas são necessárias, tanto de caráter bibliográfica quanto experimental, onde objetiva-se estudar a possibilidade de incorporação de plastificantes naturais e orgânicos em uma solução filmogênica a fim de obter materiais de base orgânico e biodegradável. Indo de acordo com a ideologia de alimentos orgânicos e podendo este material ser utilizado para outros produtos.

Agradecimentos

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001”.

REFERÊNCIAS

- ABD (2022). Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica. Retrieved from <https://biodinamica.org.br/5/certificacao>
- ALVAREZ-SUAREZ, J. M., TULIPANI, S., DÍAZ, D., *et al.* "Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds", Food and Chemical Toxicology, v. 48, n. 8–9, p. 2490–2499, 2010. DOI: 10.1016/j.fct.2010.06.021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2010.06.021>.
- AMIN, U., KHAN, M. U., MAJEEED, Y., *et al.* "Potentials of polysaccharides, lipids and proteins in biodegradable food packaging applications", International Journal of Biological Macromolecules, v. 183, n. May, p. 2184–2198, 2021. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.05.182.
- BECKER, L., VAN ROMPAY, T. J. L., SCHIFFERSTEIN, H. N. J., *et al.* "Tough package, strong taste: The influence of packaging design on taste impressions and product evaluations", Food Quality and Preference, v. 22, n. 1, p. 17–23, 2011. DOI: 10.1016/j.foodqual.2010.06.007.
- BEIRANVAND, S., WILLIAMS, A., LONG, S., *et al.* "Use of kinetic data to model potential antioxidant activity: Radical scavenging capacity of Australian Eucalyptus honeys", Food Chemistry, n. October, p. 128332, 2020. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128332. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128332>.
- BETTANI, S. R., LAGO, C. E., FARIA, D. A. M., *et al.* "Avaliação Físico-Química E Sensorial De Açúcares Orgânicos E Convencionais", Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v. 16, n. 2, p. 155–162, 2014. DOI: 10.15871/1517-8595/rbpa.v16n2p155-162. .
- BOOBALAN, K., NACHIMUTHU, G. S. "Organic consumerism: A comparison between India and the USA", Journal of Retailing and Consumer Services, v. 53, n. October 2019, p. 101988, 2020. DOI: 10.1016/j.jretconser.2019.101988. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.101988>.
- BARBOSA, E. J. Q., DANTAS, Denise. "Análise Dos Aspectos Ambientais No Design De Embalagens De Açúcar Mascavo Orgânico", International Journal of Hospitality Management, n. 2, p. 19–29, 2015. DOI: 10.1099/jmm.0.034157-0. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2018.04.008>.
- BRASIL. "Instrução Normativa Nº 11, de 20 de Outubro de 2000", MAPA, v. 1, n. 20, p. 220, 2020. .
- CAETANO, K. dos S., LOPES, N. A., COSTA, T. M. H., *et al.* "Characterization of active biodegradable films based on cassava starch and natural compounds", Food Packaging and Shelf Life, v. 16, n. November 2017, p. 138–147, 2018. DOI: 10.1016/j.fpsl.2018.03.006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.03.006>.
- CARFORA, V., CAVALLO, C., CASO, D., *et al.* "Explaining consumer purchase behavior for organic milk: Including trust and green self-identity within the theory of planned behavior", Food Quality and Preference, v. 76, p. 1–9, 2019. DOI: 10.1016/j.foodqual.2019.03.006. .
- CASTALDO, S., PERRINI, F., MISANI, N., *et al.* "The missing link between corporate social responsibility and consumer trust: The case of fair trade products", Journal of Business Ethics, v. 84, n. 1, p. 1–15, 2009. DOI: 10.1007/s10551-008-9669-4. .

- CHANDRA, R., RUSTGI, R. "Biodegradable polymers", *Progress in Polymer Science* (Oxford), v. 23, n. 7, p. 1273–1335, 1998. DOI: 10.1016/S0079-6700(97)00039-7..
- CHEN, H., SUN, Z., YANG, H. "Effect of carnauba wax-based coating containing glycerol monolaurate on the quality maintenance and shelf-life of Indian jujube (*Zizyphus mauritiana* Lamk.) fruit during storage", *Scientia Horticulturae*, v. 244, n. September 2018, p. 157–164, 2019. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.09.039..
- CHOLLAKUP, R., PONGBUROOS, S., BOONSONG, W., *et al.* "Antioxidant and antibacterial activities of cassava starch and whey protein blend films containing rambutan peel extract and cinnamon oil for active packaging", *Lwt*, v. 130, n. May, p. 109573, 2020. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109573..
- CORTÉS-RODRÍGUEZ, M., VILLEGAS-YÉPEZ, C., GIL GONZÁLEZ, J. H., *et al.* "Development and evaluation of edible films based on cassava starch, whey protein, and bees wax", *Heliyon*, v. 6, n. 9, 2020. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e04884..
- COSTA, T. L., LEITE, R. H. L., AROUCHA, E. M. M., *et al.* "Edible films from polymeric blends of chitosan, pectin and cassava starch", *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 15, n. 4, p. 391–397, 2020. DOI: 10.18378/rvads.v15i4.6713.
- CUI, C., JI, N., WANG, Y., *et al.* "Bioactive and intelligent starch-based films: A review", *Trends in Food Science and Technology*, v. 116, n. March, p. 854–869, 2021. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.08.024..
- DAI, L., ZHANG, J., CHENG, F. "Effects of starches from different botanical sources and modification methods on physicochemical properties of starch-based edible films", *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 132, p. 897–905, 2019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.03.197. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.197>.
- DORCE, L. C., DA SILVA, M. C., MAUAD, J. R. C., *et al.* "Extending the theory of planned behavior to understand consumer purchase behavior for organic vegetables in Brazil: The role of perceived health benefits, perceived sustainability benefits and perceived price", *Food Quality and Preference*, v. 91, n. July 2020, 2021. DOI: 10.1016/j.foodqual.2021.104191..
- EFING, A. C., GREGORIO, C. L. "ORGANIC LABELING, RIGHT TO INFORMATION AND FOOD SECURITY", *Revista da Faculdade Mineira de Direito*, v. 20, p. 45–69, 2019..
- ENGEL, J. B., AMBROSI, A., TESSARO, I. C. "Development of biodegradable starch-based foams incorporated with grape stalks for food packaging", *Carbohydrate Polymers*, v. 225, p. 115234, 2019. DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.115234..
- ENUJIUGHA, V. N., OYINLOYE, A. M., ALMEIDA, S. L. De, *et al.* "Protein-Lipid Interactions and the Formation of Edible Films and Coating", *Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, v. 32, n. 1, p. 537–542, 2018. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.10.051..
- ESTEVINHO, L., PEREIRA, A. P., MOREIRA, L., *et al.* "Antioxidant and antimicrobial effects of phenolic compounds extracts of Northeast Portugal honey", *Food and Chemical Toxicology*, v. 46, n. 12, p. 3774–3779, 2008. DOI: 10.1016/j.fct.2008.09.062. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2008.09.062>.
- FANGFANG, Z., XINPENG, B., WEI, G., *et al.* "Effects of virgin coconut oil on the physicochemical, morphological and antibacterial properties of potato starch-based biodegradable films", *International Journal of Food Science and Technology*, v. 55, n. 1, p. 192–200, 2020. DOI: 10.1111/ijfs.14262..

FIBL AND IFOAM. The world of Organic Agriculture:Statistics and emerging trends. [S.l.: s.n.], 2022.

GALDEANO, M. C., MALI, S., GROSSMANN, M. V. E., *et al.* "Effects of plasticizers on the properties of oat starch films", Materials Science and Engineering C, v. 29, n. 2, p. 532–538, 2009. DOI: 10.1016/j.msec.2008.09.034. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2008.09.034>.

GARCIA, L. N. H., CASTRO, B. G. de, OLIVEIRA, J. F., *et al.* "Physical-chemical quality of honey of *Apis mellifera* of different flowering", Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, v. 12, n. 1, p. 11–20, 2018. DOI: 10.5935/1981-2965.20180002..

GLICERINA, V., SIROLI, L., CANALI, G., *et al.* "Efficacy of biodegradable, antimicrobial packaging on safety and quality parameters maintenance of a pear juice and rice milk-based smoothie product", Food Control, v. 128, n. April, p. 108170, 2021. DOI: 10.1016/j.foodcont.2021.108170. .

GONZÁLEZ-CEBALLOS, L., CAVIA, M. del M., FERNÁNDEZ-MUIÑO, M. A., *et al.* "A simple one-pot determination of both total phenolic content and antioxidant activity of honey by polymer chemosensors", Food Chemistry, n. September, p. 128300, 2020. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128300. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128300>.

GUIMARÃES, M. C., MOTTA, J. F. G., MADELLA, D. K. S. F., *et al.* "Edible coatings used for conservation of minimally processed vegetables: a review", Research, Society and Development, v. 9, n. 8, p. 1689–1699, 19 jul. 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.6018..

GUTIÉRREZ, T. J., MORALES, N. J., PÉREZ, E., *et al.* "Physico-chemical properties of edible films derived from native and phosphated cush-cush yam and cassava starches", Food Packaging and Shelf Life, v. 3, p. 1–8, 2015. DOI: 10.1016/j.fpsl.2014.09.002..

HASSAN, B., CHATHA, S. A. S., HUSSAIN, A. I., *et al.* "Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review", International Journal of Biological Macromolecules, v. 109, p. 1095–1107, 2018. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097.

IFOAM. Basic standards for organic production and processing (IFOAM). 2009. ed. Germany, [s.n.], 2009. v. version 20.

JHA, P. "Effect of plasticizer and antimicrobial agents on functional properties of bionanocomposite films based on corn starch-chitosan for food packaging applications", International Journal of Biological Macromolecules, v. 160, p. 571–582, 2020. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.05.242.

KANG, X., LIU, P., GAO, W., *et al.* "Preparation of starch-lipid complex by ultrasonication and its film forming capacity", Food Hydrocolloids, v. 99, n. April 2019, p. 105340, 2020. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.105340.

KOKLIC, M. K., GOLOB, U., PODNAR, K., *et al.* "The interplay of past consumption, attitudes and personal norms in organic food buying", Appetite, v. 137, p. 27–34, 2019. DOI: 10.1016/j.appet.2019.02.010..

LAMONACA, E., CAFARELLI, B., CALCULLI, C., *et al.* "Heliyon Consumer perception of attributes of organic food in Italy : A CUB model study", Heliyon, v. 8, n. October 2021, p. e09007, 2022. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09007..

LEITES, L., JULIA MENEGOTTO FRICK, P., ISABEL CRISTINA, T. "Influence of the incorporation form of waste from the production of orange juice in the properties of cassava starch-based films", Food Hydrocolloids, v. 117, n. February, p. 106730, 2021. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.106730. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106730>.

LI, S., MA, Y., JI, T., et al. "Cassava starch/carboxymethylcellulose edible films embedded with lactic acid bacteria to extend the shelf life of banana", Carbohydrate Polymers, v. 248, p. 116805, nov. 2020. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116805.

LIM, W. S., OCK, S. Y., PARK, G. D., et al. "Heat-sealing property of cassava starch film plasticized with glycerol and sorbitol", Food Packaging and Shelf Life, v. 26, n. March, p. 100556, 2020. DOI: 10.1016/j.fpsl.2020.100556.

LIU, D., JIANG, P., NIE, Z., et al. "Synthesis of an efficient bio-based plasticizer derived from waste cooking oil and its performance testing in PVC", Polymer Testing, v. 90, n. May, p. 106625, 2020. DOI: 10.1016/j.polymertesting.2020.106625. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106625>.

LOPES, D. C., BEATRIZ, K., RODRIGUES, R. "Caracterização do abacaxi e sua casca como alimento funcional : revisão narrativa Characterization of pineapple and its peel as a functional food : narrative review Caracterización de la piña y su cáscara como alimento funcional : revisión narrativa", v. 2022, p. 1–22, 2022. .

LU, X., CHEN, J., GUO, Z., et al. "Using polysaccharides for the enhancement of functionality of foods: A review", Trends in Food Science and Technology, v. 86, p. 311–327, 2019. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.02.024.

LUCHESE, C. L., RODRIGUES, R. B., TESSARO, I. C. "Cassava starch-processing residue utilization for packaging development", International Journal of Biological Macromolecules, v. 183, n. June, p. 2238–2247, 2021. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.06.029. .

MANIGLIA, B. C., TESSARO, L., RAMOS, A. P., et al. "Which plasticizer is suitable for films based on babassu starch isolated by different methods?", Food Hydrocolloids, v. 89, n. C, p. 143–152, 2019. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2018.10.038. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.218>.

MARTINELLI, S. S., CAVALLI, S. B. "Healthy and sustainable diet: A narrative review of the challenges and perspectives", Ciencia e Saude Coletiva, v. 24, n. 11, p. 4251–4262, 2019. DOI: 10.1590/1413-812320182411.30572017.

MENOZZI, D., HALAWANY-DARSON, R., MORA, C., et al. "Motives towards traceable food choice: A comparison between French and Italian consumers", Food Control, v. 49, p. 40–48, 2015. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.09.006.

MIGLIORANZA, B. M. G., SPINELLI, F. R., STOFFEL, F., et al. "Biodegradable film for raisins packaging application: Evaluation of physico-chemical characteristics and antioxidant potential", Food Chemistry, v. 365, n. June, p. 130538, 2021. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130538.

MOHAMED, S. A. A., EL-SAKHAWY, M., EL-SAKHAWY, M. A. M. "Polysaccharides, Protein and Lipid -Based Natural Edible Films in Food Packaging: A Review", Carbohydrate Polymers, v. 238, p. 116178, 2020. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116178. .

MORAES, M. D. De. "Produção orgânica e agricultura familiar : obstáculos e oportunidades nacionalmente . Segundo levantamento do Instituto de Investigação da Agricultura Orgânica", v. 1, p. 19–37, 2017. .

MOTTA, J. F. G., DE SOUZA, A. R., GONÇALVES, S. M., *et al.* "Development of active films based on modified starches incorporating the antimicrobial agent lauroyl arginate (LAE) for the food industry", Food and Bioprocess Technology, 30 out. 2020. DOI: 10.1007/s11947-020-02548-0.

NAKASHIMA, A. Y., CHEVALIER, R. C., CORTEZ-VEGA, W. R. Development and Characterization of Collagen Films With Added Oil of Clove India. Journal of bioenergy and food science, v. 3, n. 1, p. 50–57, 2016. DOI: 10.18067/jbfs.v3i1.86.

NETO, A. S. da S., SILVA, L. M. S., MELO NETO, B. "Utilização do óleo de coco na produção de cosméticos: uma revisão bibliográfica", Research, Society and Development, v. 9, n. 11, p. e75491110397, 3 dez. 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.10397.

PIVATO, S., NICOLA, MISANIAND, TENCATIN, A. "The impact of corporate social responsibility on consumer loyalty", Kajian Malaysia, v. 30, n. 2, p. 71–93, 2012.

ROCHA, A. A. Desenvolvimento e caracterização de Filmes à Base de Amido de Araruta (Maranata Arundinacea L.) com Adição de Óleo de Licuri (*Syagrus Coronata*) e Tween 80. 2019. 57 f. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2019.

RODRIGUES, H. G. A., SIQUEIRA, A. C. P. de, SANTANA, L. C. L. de A. "Aplicação de revestimentos comestíveis à base de quitosana e fécula de mandioca incorporados com extrato da semente de tamarindo na conservação de goiabas", Research, Society and Development, v. 9, n. 6, p. e119963695, 20 abr. 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i6.3695.

ROPER, S., PARKER, C. "Doing well by doing good: A quantitative investigation of the litter effect", Journal of Business Research, v. 66, n. 11, p. 2262–2268, 2013. DOI: 10.1016/j.jbusres.2012.02.018..

SALGADO, P. R., ORTIZ, C. M., MUSSO, Y. S., *et al.* "Edible films and coatings containing bioactives", Current Opinion in Food Science, v. 5, p. 86–92, 2015. DOI: 10.1016/j.cofs.2015.09.004. .

SANTAGATA, G., MALLARDO, S., FASULO, G., *et al.* "Pectin-honey coating as novel dehydrating bioactive agent for cut fruit: Enhancement of the functional properties of coated dried fruits", Food Chemistry, v. 258, p. 104–110, 2018. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.03.064. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.064>.

SANTOS, P. V. Elaboração, Aditivação e caracterização de Biofilmes à Base de Fécula de Mandioca. 2004. 262 f. Universidade Estadual de Campinas, 2004.

SCHMID, M., MÜLLER, K. Whey Protein-Based Packaging Films and Coatings. [S.l.], Elsevier Inc., 2018.

SGANZERLA, W. G., ROSA, G. B., FERREIRA, A. L. A., *et al.* "Bioactive food packaging based on starch, citric pectin and functionalized with *Acca sellowiana* waste by-product: Characterization and application in the postharvest conservation of apple", International Journal of Biological Macromolecules, v. 147, p. 295–303, 2020. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.01.074..

SILVA, M. G. C.; FIGUEIRA, P. T., HOSCHEID, J., *et al.* "Análise das propriedades físico-químicas de amostras de mel comercializado em feiras livres do município de Assis Chateaubriand, PR", Higiene Alimentar, v. 32, n. 278–279, p. 68–73, 2018..

SILVA, F., FERREIRA, S., QUEIROZ, J. A., *et al.* Qualidade de coentro orgânico em função do armazenamento e embalagens. Revista Brasileira de Agroecologia. [S.l: s.n.], 2016

- SUH, J. H., OCK, S. Y., PARK, G. D., *et al.* Effect of moisture content on the heat-sealing property of starch films from different botanical sources. [S.l.], Elsevier Ltd, 2020. v. 89.
- VAN HERPEN, E., IMMINK, V., VAN DEN PUTTELAAR, J. "Organics unpacked: The influence of packaging on the choice for organic fruits and vegetables", Food Quality and Preference, v. 53, p. 90–96, 2016. DOI: 10.1016/j.foodqual.2016.05.011..
- VEIGA-SANTOS, P., OLIVEIRA, L. M., CEREDA, M. P., *et al.* "Sucrose and inverted sugar as plasticizer. Effect on cassava starch-gelatin film mechanical properties, hydrophilicity and water activity", Food Chemistry, v. 103, n. 2, p. 255–262, 2007. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.07.048..
- VERSINO, F., URRIZA, M., GARCÍA, M. A. "Eco-compatible cassava starch films for fertilizer controlled-release", International Journal of Biological Macromolecules, v. 134, p. 302–307, 2019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.05.037..
- VIEIRA, M. G. A., DA SILVA, M. A., DOS SANTOS, L. O., *et al.* "Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review", European Polymer Journal, v. 47, n. 3, p. 254–263, 2011. DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2010.12.011..
- VILELA, G. F., MANGABEIRA, J. A. de C., MAGALHÃES, L. A., *et al.* "Agricultura orgânica no Brasil: um estudo sobre o Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos", p. 20, 2019.
- .

Capítulo II

Consumer Perception of the Alternative Use of "Organic Packaging" in Food Products

Dayana Ketrin Silva Francisco Madella
Raquel Pereira
Nathália Ramos de Melo

Artigo publicado

BRAZILIAN ARCHIVES OF BIOLOGY AND TECHNOLOGY

Vol.67: e24230126, 2024

<https://doi.org/10.1590/1678-4324-2024230126>

ISSN 1678-4324

Submetido: 17/02/2023 Aceito: 21/02/2024

HIGHLIGHTS

- Growing demand for products in line with the proposal for organic cultivation
- Worldwide trend in reducing waste and minimizing environmental impacts.
- Profile of the consumer market of organic foods in the South and Southeast regions of Brazil.
- Reducing environmental impact is the main reason for preferring "organic packaging" to conventional packaging.
- Family income is not a determining factor for purchasing organic packaging.
- Schooling positively influenced the probability of preferring organic packaging.

Abstract:

Currently, the market for organic products is in growing demand, and consumers seek to be in tune with the proposal of organic cultivation. The main reasons for this demand are related to the environment and health. Therefore, in the same proportion, there are studies in the literature addressing the subject. Thus, packaging has become an important vehicle for food, with the emergence of alternative materials to the use of conventional plastic. This study reports, within the profile of the consumer in the South and Southeast regions of Brazil, the probability of the consumer purchasing organic packaging, as an alternative, for food products. For the present study, 328 questionnaires were used, consisting of 17 open and multiple-choice questions that addressed socioeconomic issues, consumption of organic and conventional foods, and the probability of using organic packaging. The profile of the consumer of organic products is predominantly women, with a postgraduate degree, between 31 and 40 years old and with a family income of 4 to 6 minimum wages. About organic packaging, there is a high probability that the consumer will purchase it with or without adding cost to the final value.

Keywords: Alternative packaging; Biodegradable packaging; Consumer behavior; Organic food

1 INTRODUCTION

Organic food is considered a special agri-food good, consisting of the following characteristics: healthy food, preservation of the environment and social and economic relationship among the desires of the consumer, producer and rural worker. Therefore, some characteristics are aligned with sustainable agriculture principles, such as the protection of natural resources and the subsistence and autonomy of social groups involved in production. Consequently, there is an opportunity to establish economic and social development, respecting environmental and ecological factors (SAMPAIO et al., 2013).

Therefore, the search for food from more sustainable production systems, such as those linked to organic production, is a trend that has been strengthening worldwide. The interest in the consumption of organic products increases as movements in favor of sustainable development emerge and with the knowledge and dissemination of the pesticide risks pose to health (AMIN et al., 2021).

Among the reasons for this growth, consumer concerns about health stand out, proving the ideology related to health and the environment in organic food (BOOBALAN and NACHIMUTHU et al., 2019; LIMA and GALIZA 2019).

In the literature, there is an increase in studies related to the consumption of organic food, in which are discussions about the consumption relation involving the purchase of organic food, quality, labeling, availability, environmental concern, biosphere value, health concern, appearance, expiration date, certification and packaging (ALBUQUERQUE 2018, BOOBALAN e NACHIMUTHU 2020; PARK et al., 2020; SAMPAIO et al., 2013; VELASCO, 2019).

Therefore, packaging in its context and functions is essential to organic food in terms of its protection against contaminants as well as mechanical damage. It is an integral part of this new trend and has been exerting major changes in industries. The principles of organic production involve reducing impacts on the environment. And it is well known that the composition of traditional packaging is mostly not sustainable (BARBOSA e DANTAS, 2015).

According to the principle of IFOAM (*International Federation of Organic Agriculture Movements*), the packaging of organic products should have minimal impacts on the food or the environment. As a recommendation, these should be packaged in reusable, recyclable, recycled or biodegradable packaging when possible (IFOAM, 2009)

Disposable plastic products, such as food packaging, are widespread throughout the marketing system, but due to the non-biodegradability of most of these products, once discarded at random, they will cause environmental pollution, being a concern in the short and long term, also known as "white pollution". Therefore, more countries are restricting the use of single-use plastic products.(DAI et al., 2019)

Although plastic is quite convenient as a packaging material, due to its low value, high mechanical strength, convenience in molding, and heat sealing, its use can cause adverse effects to the environment. Currently, its production has reached 380 million tons, of which 40% is for packaging applications (V et al., 2022).

Rahardiany et al. (2023) reiterate that plastic, over the years, has become one of the world's largest commodities and, consequently, the largest product of pollution. Plastic has been generating great environmental impact through accumulation in landfills and leaching into water systems and oceans.

The fact that plastic materials are not produced by a renewable resource and have an extensive life in the environment has resulted in global concern, encouraging the development of products that play the role of conventional plastic but are produced with renewable raw

material and are biodegradable without leaving toxic residues in the soil (GÓMEZ, MICHEL, 2013). Therefore, it is suggesting demands in the food industry for alternative packaging materials that ensure good quality and have less effect on nature.

In September 2015, the UN (United Nations) concluded the Sustainable Development Goals (SDGs) that must be met by 2030, involving all 193 member countries. The SDG aims to make the world fairer, more sustainable, and free of inequalities. Among the goals and targets, there is a great prospect to substantially reducing waste generation through prevention, reduction, recycling, and reuse (STELZER et al., 2022).

A material is considered biodegradable when it is possible to decompose naturally, that is, its biodegradation. Biodegradable materials are not necessarily sustainable, and they need to be developed with Clean Technology to be referred to as environmentally friendly according to their practices and technologies, reducing environmental impacts. Thus, an "organic package" is developed from natural, organic and renewable inputs, which has clean technology during its production and in the end, it is biodegradable. In this way, the culture of sustainable production in the organic agriculture chain is adhered to.

The sustainability of the packaging has been used as a differential for food purchases since the consumption perception is directly related to the ability of the observer to interact with the environment and receive, interpret, and transmit information. In this way, regarding the packaging, the consumer identifies, observes and organizes the objects according to their perception, identifying functions and qualities and transmitting characteristics of product reliability. In the decision purchase processor of a product, the packaging appears as a relevant item in terms of the perception of the product (GONÇALVES, 2009).

In view of the growing interest in the organic products market, this study aims to identify the context and consumption expectations in the use of "organic packaging" in food products.

2 MATERIAL AND METHODS

Seeking to better understand the context of the consumption of organic products (and thus the organic packaging associated with them) and what the expectation of consumers to consume packages of organic origin, an exploratory survey was carried out, based on the application of a questionnaire (open and multiple-choice questions) aimed at consumers in the South and Southeast regions of the country.

In the questionnaire, two dimensions were explored: the first related to the profile of the consumer of organic products and their consumption preferences; and second, what are the possibilities of consumption of an organic package in view of this possibility. The questionnaire was made available through a digital platform and distributed through social networks.

2.1 Sample number

The questionnaire applied in the study was limited between the South and Southeast regions of Brazil. Since it has the highest concentration of organic food production and consumption (LIMA et al., 2019). The sample size calculation was performed according to Equation 1, at a 95% confidence level, observing a population of 118,000,000 inhabitants (referring to the number of inhabitants of the selected regions). Using a heterogeneous population distribution.

$$n = \frac{s^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2} \quad (\text{Equation 1})$$

Which:

S = confidence level chosen, expressed in number of standard deviations.

p = 0.5 (percentage with which the phenomenon occurs - percentage of the elements of the show favorable to the attribute studied);

q = 0.5 complementary percentage, i.e. (100 - p) - percentage of the elements of the unfavorable sample.

N = population size;

e = maximum error allowed.

Therefore, according to equation 1, the suggested sample size is 365 responses.

The questionnaire was validated by a group of 10 people of different knowledge to investigate the questions regarding the understanding of the questions and the options of answers given. It was submitted to the ethics committee and approved under the registration CAAE 52121121.6.0000.5237.

2.2 Data collection

Data collection was carried out between the months of March and June 2022, with a questionnaire being applied through the digital platform "Microsoft®" Forms, distributed among "WhatsApp®" applications and e-mails, being shared among academic groups, business groups and communities in general (seeking consumers of vegetables, whether conventional or organic). In total, the form contained 16 questions, related to the knowledge of consumption and expectation of using organic packaging in food products.

The questionnaire was completed by the participant himself, who received a free and informed consent form (ICF) and declaration of majority (over 18 years old).

Among the first questions of the questionnaire, information was requested regarding the region of the country in which the respondent lived, if they were not from the south and southeast regions, a message of thanks was sent and the questionnaire was discontinued.

2.3 Word cloud

The word cloud or tag cloud is a visual representation of the frequency and value of words. Therefore, for better exemplifying and aiding understanding, a cloud of words with expressions related to what the participants of this study exposed in the questionnaire will be developed as motivation for preference for organic and conventional packaging.

2.4 Data analysis

After data collection, the results were tabulated and grouped into spreadsheets generated in Microsoft Excel®. The grouped data were analyzed using the Jamovi program®.

Cronbach's Alpha coefficient was used to evaluate the reliability of the collected data, according to equation 2.

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k s_i^2}{s^2 t} \right) \quad (\text{Equation 2})$$

Which:

k: corresponds to the number of items (questions) of the questionnaire.

S²i: is the variance of each item;

S²t: corresponds to the total variance of the questionnaire (sum of the evaluators' variances).

The values of this measure vary between zero and one, and the higher the value, the greater the reliability of the research (GASPAR e SHIMOYA, 2009). Soon:

0 to 0.21 -small reliability;

0.21 to 0.4 - reasonable reliability

0.61 and 0.81 - substantial reliability

0.81 to 1 - near-perfect reliability

After applying the questionnaire in social networks, 328 valid answers were obtained, excluding other states and under 18 years of age, obtaining an error of 5.41%.

2.5 Reliability

The reliability generated by Cronbach's Alpha coefficient resulted in a value of 0.771, thus indicating substantial reliability. According to Porto e Nordi (2019), the lower reliability limit is 0.7, however for exploratory searches it can be considered above 0.6. Therefore, there is reliability of the research.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Profile of consumers interviewed

Of the participants in this study (Table 1), 70% of the respondents were female. The age group of the respondents observed, 31 to 40 (36%), showed a predominance of a more mature public. The main household income was 4 to 6 minimum wages, making up a total of 31% of respondents. Regarding schooling, 74% of the participants have at least a bachelor's degree. The survey had a higher participation in the southeast region with 88% of responses and 12% in the south region.

According Souza and Filho (2017), the profile of the Brazilian consumer of organic products, according to an exploratory bibliographic study, is characterized by the majority being female aged between 30 and 60 years of age. Also, according to bibliometric analysis, most consumers have a higher level and with regard to family or individual income, a relative pattern was not observed, that is, there is no direct relationship between income level and organic food consumption; however, most can be grouped into income variations from 4 to 8 minimum wages per family and 2 to 4 minimum wages per individual.

Already Sampaio et al. (2013) developed a study with 54 articles published in journals and 63 in scientific events, these concluded that the profile of the Brazilian consumer of organic food is characterized as well educated (with a degree), demanding, is in a phase of life considered adult and is, in most cases, between the social classes A1, A2, B1, B2,¹ according to the IBGE criterion of Brazil. (¹ The economic classification criterion is classified by letters A, B, C, D, and E. Therefore, some groups have subcategories: A (A1, A2), B (B1, B2), and C (C1, C2). In view of this classification, group A1 is the highest class (better quality of life and

higher purchasing power), while group E indicates the lowest class). Regarding the values of organic consumers, they value a healthy life, are concerned with the environment and the ecological issue, and are interested in their own well-being and that of others, presenting positive attitudes towards the purchase of organic food. They were also able to verify that most of the publications analyzed come from Higher Education Institutions (HEIs) located in the South and Southeast regions of Brazil.

In European countries, such as Greece, Malissiova et al (2022) studied organic food consumers in 13 regions of the country through a questionnaire, where they could observe that most of the participants were between 20 and 30 years old, women, lived in the urban area, with higher education and a monthly income of more than €1000 (approximately R\$5237.00). Also knowing that the minimum wage in the year 2022 is €663 (R\$3422.98). Of the respondents, only 34% consume regularly.

Table 1: Profile of the participants in this research

	Characteristic	Percentage of responses (%)
Region	Southeast	88.8
	South	11.2
Gender	Female	70
	Male	30
Age Group	Other	1
	From 18-30 years	25
	From 31-40 years	36
	From 41-50 years	20
	From 51-60 years	11
	From 61-70 years	7
	Over 70 years	1
Schooling	Elementary school	0
	Incomplete high school	1
	Complete high school	11
	Incomplete graduation	13
	Full graduation	19
	Postgraduate studies	55
Household income	Up to 1 minimum wage	4
	From 1 to 3 minimum wages	29
	From 4 to 6 minimum wages	31
	From 7 to 10 minimum wages	21
	11 minimum wages or more	15

3.2 Organic Food Consumption, Diet and Frequency of Consumption

Regarding the habit of consuming organic foods, 77% of the interviewees consume organic products. Among these, 54% correspond to the female audience. A result similar Porto et al (PORTO, NORDI, 2019), which in its research characterizing organic consumers, stated that the relevant number of female scans may be associated with the fact that women are more attentive to family health, well-being and healthy habits, besides the fact that it is responsible for feeding all the residents of the house, since purchase, choose preparation of food consumed by the family. Also agreeing, with the fact that this study points to 64%, the number of women responsible for buying in your home (Table 2).

Of the respondents who reported consuming organic products, according to schooling, 90% had a degree (Table 3). According Souza and Filho (2017) the fact that most consumers have a higher education level certainly explains the relationship between higher education level and perception between food consumption, environment and health.

Table 2: Responsible for purchasing according to gender.

Gender	Responsible for the purchase		General Total
	No	Yes	
Female	6.10%	63.72%	69.82%
Male	3.96%	25.61%	29.57%
Other	0.00%	0.61%	0.61%
General Total	10.06%	89.94%	100.00%

According to family income, it was observed that the highest public of organic consumption patients have an income of 4 to 6 minimum wages (with approximately 23% of the respondents) (Table 3).

Table 3: Consumers of Organic Products according to Education and Family Income.

	Characteristic	Percentage (%)
Education Level	Elementary school	0,4
	High school complete	8,3
	High school incomplete	0,8
	Undergraduate degree complete	18,9
	Undergraduate degree incomplete	15,4
	Post Graduation	56,3
Family income	Up to 1 minimum salary	3,0
	1 to 3 minimum wages	21,3
	4 to 6 minimum wages	22,9
	7 to 10 minimum wages	18,0
	11 minimum wages or more	12,2

Zoldan and Karam (2004), in their study, observed a direct relationship between societies of greater economic and social development and the search for products of organic origin. Similarly, according to Stefano and Filho (2012), organic consumption is restricted to a small portion of the population with high income, while the low-income population still uses traditional agriculture to obtain their food. This author stresses the importance of an increase in the income of the population and the awareness of the benefits linked to the consumption of organic products. Lima et al. (2011), demonstrated that the predisposition to consume organic foods is not associated with greater purchasing power, as observed by this research.

In the present study, it was observed that organic consumers are not those with the highest family income, with 23% between 4 and 6 salaries, followed by 1 to 3 salaries (21%), 7 to 10 salaries (18%), 11 salaries (12%) and finally 1 salary (3%). Of these consumers, there is the highest frequency in the range of up to 3 times a week (29.5%) and 1 time a week (26.8%). The age group that gets the highest consumption of organic products is between 31 to 40 years old (26%), followed by 18 to 30 years old (21%).

Of the participants who consume organic, 83% are considered carnivores. The frequency of predominant consumption varies from 1 time a week (23.2%) to up to 3 times a week (23.6%) (Table 4).

3.3 Places to Buy Organic Products

It was observed (Figure 1), that organic products are mostly purchased in supermarkets and neighborhood grocery stores (29.8%), after free fairs (26.4%) and hortifrútils and specialized market (22.2%) by consumers in the South and Southeast of Brazil having greater representation in this work in the southeast region (Table 1).

Table 4: Frequency of consumption of organic foods in relation to the diet of the respondents.

Frequency of Consumption	Carnivore	Vegetarian	Vegan	Other	General Total
1 Time per month	20.9	0.4	0.0	3.1	24.4
1 Time per week	23.2	1.6	0.0	2.0	26.8
Up to 3 times a week	23.6	3.5	0.4	2.0	29.5
Daily	15.0	1.2	0.0	2.4	18.5
I don't eat organic food	0.4	0.0	0.0	0.4	0.8
General Total	83.1	6.7	0.4	9.8	100.0

A similar observation, but not representative, (Pohl et al (2019) in its research in Santa Maria (RS), where they found that the main places of purchase were mostly in supermarkets (60.1%), following fairs (53.2%) and specialty stores (25.1%).

However Andrade and Bertoldi (2012) found in their study in Belo Horizonte (MG) that fairs or specific places of commercialization of fruits and organic vegetables were the preferred places of sale by 69.9% of the interviewees, followed by large supermarkets (14.8%) and small and medium-sized markets (15.3%). The authors pointed out the ease of access, the habit and the greater variety of organic foods offered by the establishment as the three main reasons for the choice of the place of sale by the consumer.

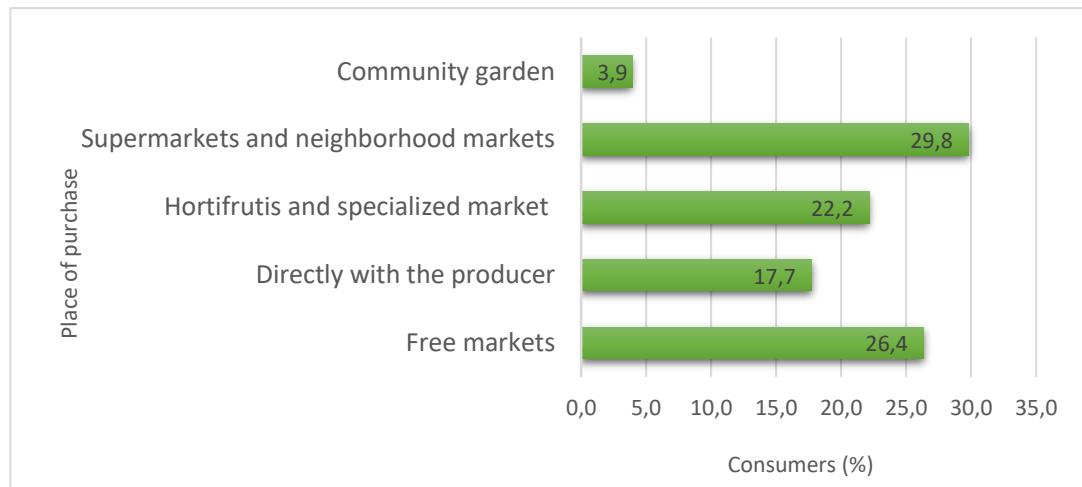


Figure 1: Places to buy organic food.

3.4 Packaging for organic products

In order to identify a possible consumer market of packaging produced with 100% of fully organic raw material, 6 questions were elaborated in order to observe the possible purchase with or without adding value, exchange of traditional packaging by the organization and the reasons it would lead to purchase the developed product.

It was observed that 86% of the total consumers interviewed would probably buy an organic product packed with an organic package fully produced with organic raw material (considering there is no additional cost for the use of this packaging). When a cost of 2% was inlaid, that is, the consumer would pay an additional 2% in the price of the final product with this type of packaging, the purchase intention decreased, with a decrease in the "Most likely" with 42.7%, and reduction in the "Extremely probable". However, the number of respondents remains a majority with an intention to purchase at 73.2% and is a significant value for packaging support with additional cost. (Table 5).

Considering only consumers of organic products, it was observed that there was a decrease in the probability of purchasing the product with additional cost of approximately 20% in the option "Extremely probable", with an increase of the "Very probable" of 11%, as observed among consumers as a whole (Table 5). The intention of buying by the public of assiduous or non-organic consumers is great, even having reversal of the chosen option when having an additional cost.

Table 5: Probability of purchasing a product (organic or not) with organic packaging according to the consumption of organic foods.

Possibility to Acquire	No Cost		With Additional Cost	
	Organic Consumption (%)		Organic Consumption (%)	
	No	Yes	No	Yes
Extremely likely	9.8	45.1	3.7	26.8
Very likely	7.3	23.8	10.7	32.0
Reasonably likely	4.0	6.4	4.3	11.6
Very unlikely	0.6	2.1	2.7	4.9
Not at all likely	0.9	0.0	1.2	2.1

According to gross family income, respondents with incomes from 4 to 6 minimum wages (15%) and 1 to 3 minimum wages (14.6%) stated that it was "Extremely likely" to purchase the product (Table 6) without additional cost. When asked the probability of buying a product (organic or not) packed with organic packaging with additional cost to the final price, there was a decrease in consumers with income sums of 4 to 6 minimum wages (7.62%) and 1 to 3 minimum wages (7.62%) who answered that it was "Extremely probable", as well as all incomes in this option. However, with additional cost, there was an increase in the option of "Very probable" among all incomes, with higher responses between 4 and 6 salaries (13.72%) followed by 1 to 3 (10.98%) and 7 to 10 salaries (10.06%). Even with additional value, and observing family income, the possibility of the consumer in purchasing the product is great.

Boobalan and Nachimuthu (2020) study comparing the USA and India as a consumer market of organics, concluded that consumers in developing economies are willing to invest in environmentally friendly products for causes similar to consumers in developed countries. However, the value variable can affect the purchasing decision in developing countries.

Valle et al (2023) in their research, they observed that even with concern about price, 51.4% of consumers showed willingness to pay R\$0.50 to R\$1.00 more for sustainable packaging, 31.8% would pay between R\$0.50 or less for packaging.

When compared to consumers of organic products with schooling (Figure 2), 58% answered that it was "extremely likely" to purchase the product at no additional cost. Of this total, 53% have at least higher education. If there is an additional cost, 41% said it is "very likely" to purchase this material, where 37% have a degree. Thus, a direct relationship between schooling and the probability of the organic material is also perceived, without or with additional cost. Of these organic consumers who are responsible for the purchase (Table 7), they were able to corroborate this result, maintaining the "extremely probable" (53%), case without cost, and "Very likely" (37%) when there is an increase in the value of the product.

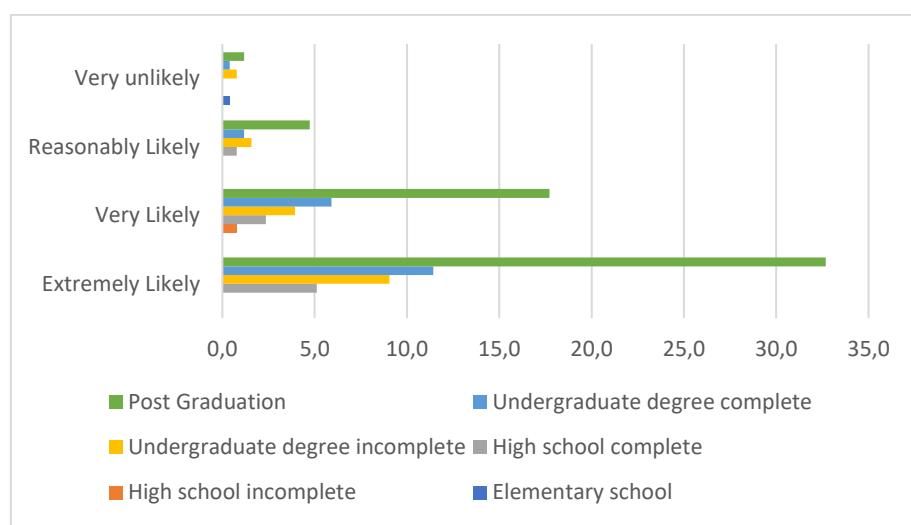
Table 6: Probability of purchasing a product (organic or not) with organic packaging according to gross family income with and without additional cost to final price.

	Extremely likely		Very likely		Reasonably likely	
	No charge	With additional cost	No charge	With additional cost	No charge	With additional cost
Up to 1 minimum wage	3.05%	1.22%	0.61%	1.22%	0.30%	1.22%
1 to 3 minimum wages	14.63%	7.62%	9.15%	10.98%	3.66%	6.40%
4 to 6 minimum wages	15.55%	7.62%	10.37%	13.72%	3.96%	5.49%
7 to 10 minimum wages	11.89%	7.62%	6.71%	10.06%	2.13%	1.83%
11 minimum wages or more	9.76%	6.40%	4.27%	6.71%	0.30%	0.91%
Very unlikely						
	No charge	With additional cost	No charge	With additional cost	Not at all likely	
Up to 1 minimum wage	0.00%	0.00%	0.00%	0.30%		
1 to 3 minimum wages	1.22%	2.44%	0.30%	1.52%		
4 to 6 minimum wages	0.91%	3.35%	0.30%	0.91%		
7 to 10 minimum wages	0.00%	0.91%	0.30%	0.61%		
11 minimum wages or more	0.61%	0.91%	0.00%	0.00%		

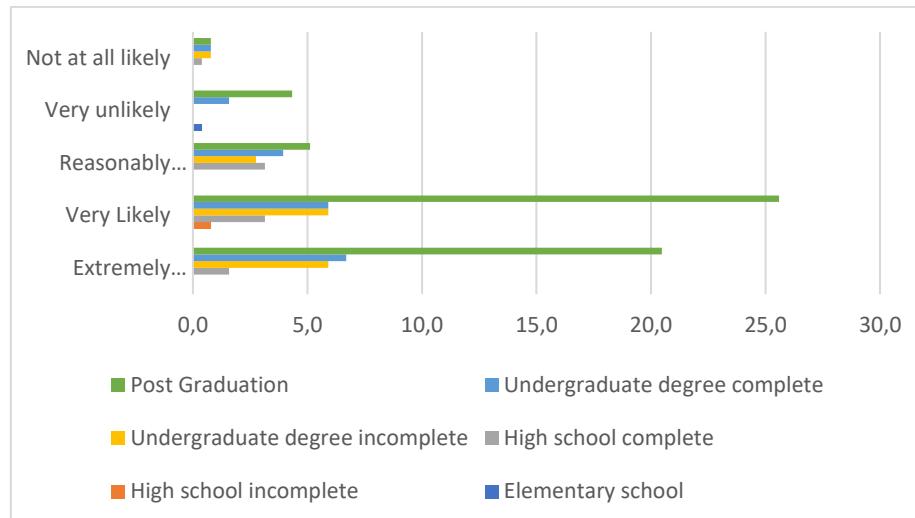
Thus, in general, the variable cost affects the intention of purchasing products having an organic packaging, however, maintains the purchase intention.

Regarding the importance of packing an organic product with organic packaging (Figure 3), it was observed both of those who are in habit of consuming organic foods and those who do not have this habit, which approximately 42% answered that it was "Extremely important" to use organic packaging in organic products, followed by "Very important" (40%). As illustrated in Figure 5, organic users attribute a greater need to pack a product with organic material with 33.8%, possibly due to the precepts that involve the consumption of an organic food.

The main reason for using organic packaging, both for those who consume organic and those who do not (Figure 4), was the reduction of the impact on the environment with 76% of the responses, followed by health concern (20% of the answers). The preference for traditional packaging obtained only 1.5% of the answers. Other reasons were pointed out by the participants as: migration of packaging components to food, recyclable and coherence with the proposal of organic cultivation.



(A)



(B)

Figure 2: Probability of the organic product consumer in purchasing a food packed with organic packaging without and with additional cost in relation to schooling. (A) Probability of acquiring at no cost; (B) Probability of acquiring at an additional cost of 2%

Table 7: Organic product consumer's probability of purchasing a food packaged with organic packaging without and with additional cost in relation to the responsibility for the purchase.

	No additional cost (%)	With additional cost (%)
Extremely Likely	53,9	32,3
Very Likely	26,8	37,8
Reasonably Likely	7,9	13,0
Very unlikely	2,0	5,9
Not at all likely	-	1,6

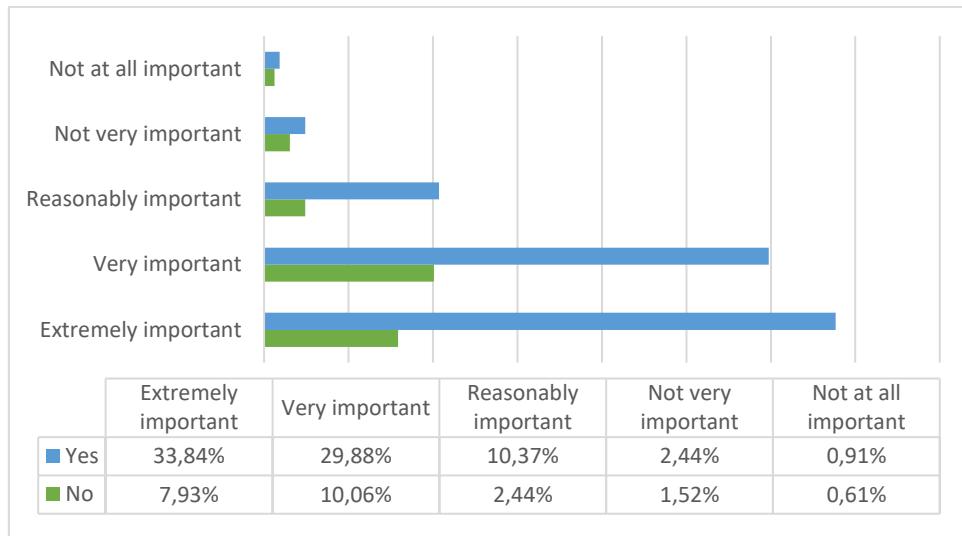


Figure 3: Importance of packing a food with organic packaging according to consumers who consume organic and those who do not consume.

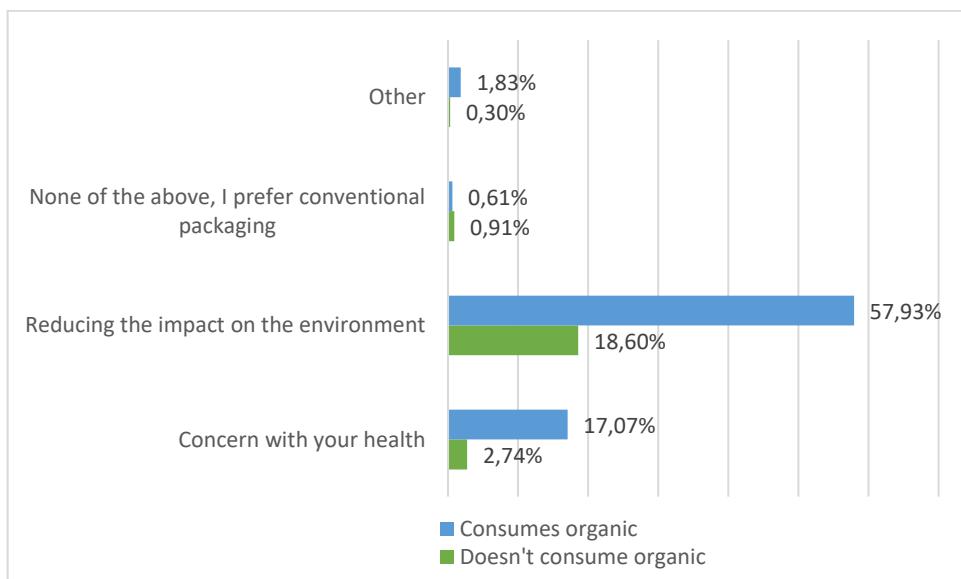


Figure 4: Reasons to use organic packaging.

When asked about the reasons that would lead to prefer a conventional packaging for organic foods, 69.5% of respondents reaffirmed their preference for organic and non-conventional packaging, 12% of participants are satisfied with traditional packaging, 8% said that organic food does not need organic packaging and 9% specified other reasons for preference in traditional packaging, such as: packaging availability and final cost, final price as a determining factor, packaging to be reused at home, does not need to be organic but recyclable, packaging content (labels) and issues related to storage and food life. Thus, most of the open answers pointed to the value and final price of the product.

Valle et al. (2023) assessing the consumer's perspective on sustainability and environmental impact, 68.8% of respondents paid attention to these issues, while 31.4% did not consider them when buying organic products. Demonstrating a willingness to change from traditional to more sustainable packaging.

Approximately 15% of non-organic respondents said they still prefer organic packaging to replace the conventional case available. Being a positive point to be considered, because this consumer is not within the proposal of organic products, he opts for a biodegradable product. Thus, corroborating that, the main motivation in purchasing the packaging is the reduction of the impact on the environment.

3.5 Word cloud

The use of the word cloud can have several objectives, from being able to highlight the terms or words searched on electronic sites to as a tool for study, teaching and learning. In some studies, we can find as a tool for the analysis of qualitative data in the area of health and teaching for example (VILELA et al., 2020). Thus, in Figure 5 (5A and 8B) we can observe the main words or expressions answered in questions opened by the participants of the questionnaire, related to the motivation of the use of an organic package and the preference for a conventional one, respectively.

In Figure 5A, we observed words such as: reduction, impact, environment and health. This demonstrates consumer concern about environmental and health-related issues. Figure 5B, related to the preference of conventional packaging, we found answers for example: organic, satisfied, packaging, price. Where we can infer that a part of the respondents still prefers to opt for organic packaging, however the price can be the decisive point in the purchase of this material if offered above the conventional.

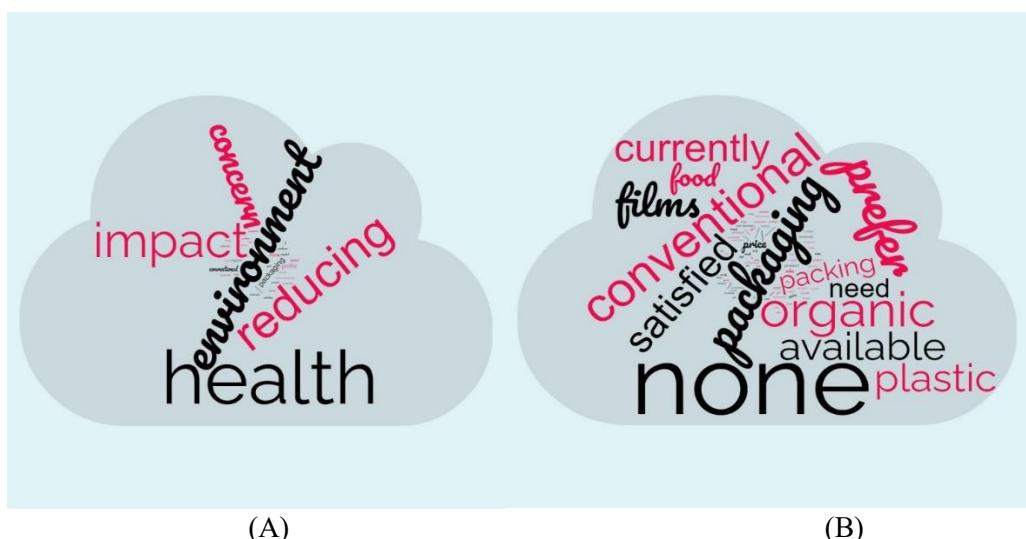


Figure 5: Cloud of words expressing: (A) the reason and/or intention of buying organic packaging; (B) the reason for the preference for conventional packaging.

4 CONCLUSIONS

The questionnaire made it possible to evaluate the probability of the preference of organic packaging for food products as an alternative way for traditional plastic packaging.

The profile of the participants was a resident of the Southeast region of Brazil, mainly in the state of Rio de Janeiro, women, aged 31 to 40 years, family income from 4 to 6 minimum wages and with graduate studies.

The reduction of environmental impact was the main reason pointed out by the participants for the preference for organic packaging. Following current trends in environmental preservation and sustainability. Where, there is a growing demand for the consumption of products concerned with the environment and the quality of life of all those involved in the production chain. Leaving health-related issues for example second.

The predisposition of consumers, observed in this study, to purchase an organic packaging as an alternative to traditional ones was positive, even with additional cost to the final product. However, the question of the final value of the product was raised by some of respondents, which makes it a reason to be considered for the consumer not to consume the product.

The probability of organic packaging being added is not related to consumers with higher purchasing power. Thus, as observed in other studies addressing organic foods. While the participant's schooling influenced the probability of preferring organic to traditional packaging. Thus, it can infer that people with greater knowledge tend to perceive better the importance of waste reduction and the ability to enjoy the natural resources present on the planet without compromising their use for future generations.

These consumers have shown environmental awareness, with an interest in alternative packaging for food products. The exchange of traditional packaging for organic packaging would not only impact the reduction of waste by extending the life cycle of the materials used, but also the awareness of the entire chain, boosting the generation of innovations in the sector and social impact.

Acknowledgments

This work was carried out with the support of the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brazil (CAPES) - Funding Code 001.

The authors thanks the Federal Rural University of Rio de Janeiro (UFRRJ) and the School of Metallurgical Industrial Engineering of Volta Redonda (EEIMVR).

REFERENCES

- ALBUQUERQUE MFC. Understanding organic agriculture through a legal perspective. *Organic Farming: Global Perspectives and Methods*, Elsevier Inc.; 2018, p. 317–30. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813272-2.00011-2>.
- AMIN U, KHAN MU, MAJEED Y, REBEZOV M, KHAYRULLIN M, BOBKOVÁ E. O Atual Cenário Do Consumo De Alimentos Orgânicos. *Revista Da Educação Física/UEM* 2021;11:1–9. <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2019.15926>.
- ANDRADE LMS, BERTOLDI MC. Atitudes e motivações em relação ao consumo de alimentos orgânicos em Belo Horizonte - MG. *Brazilian Journal of Food Technology* 2012;15:31–40. <https://doi.org/10.1590/s1981-67232012005000034>.
- BARBOSA EJQ, DANTAS DENISE. Análise Dos Aspectos Ambientais No Design De Embalagens De Açucar Mascavo Orgânico. *Int J Hosp Manag* 2015;19–29. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.034157-0>.
- BOOBALAN K, NACHIMUTHU GS. Organic consumerism: A comparison between India and the USA. *Journal of Retailing and Consumer Services* 2020; 53:101988. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.101988>.
- BOOBALAN K, NACHIMUTHU GS, BARBOSA EJQ, DANTAS D, MOSSMANN MP, TEO CRPA. When organic food choices shape subsequent food choices: The interplay of gender and health consciousness. *Int J Hosp Manag* 2019;53:31–43. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2018.04.008>.
- DAI L, ZHANG J, CHENG F. Effects of starches from different botanical sources and modification methods on physicochemical properties of starch-based edible films. *Int J Biol Macromol* 2019; 132:897–905. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.197>.
- GASPAR I DE A, SHIMOYA A. Avaliação de confiabilidade de uma pesquisa utilizando o coeficiente alfa de cronbach. *Simpório de Engenharia de Produção* 2009:1–7.
- GÓMEZ EF, MICHEL FC. Biodegradability of conventional and bio-based plastics and natural fiber composites during composting, anaerobic digestion and long-term soil incubation. *Polym Degrad Stab* 2013;98:2583–91. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2013.09.018>.
- GONÇALVES A. Percepção do consumidor com relação à embalagem de alimentos: tendências. *Estudos Tecnológicos Em Engenharia* 2009; 4:271–83. <https://doi.org/10.4013/ete.20083.10>.
- IFOAM. Basic standards for organic production and processing (IFOAM). vol. version 20. 2009th ed. Germany: 2009.
- LIMA SK, GALIZA M, VALADARES A, ALVES F. Produção e consumo de produtos orgânicos no mundo e no brasil. *Texto Para Discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada* 2019:52.
- LIMA PAL DE, BRUNINI MA, KANESIRO LA, KANESIRO JC, MACIEL JUNIOR VA, COLOMBO RB. Perfil Do Consumidor De Produtos Orgânicos Na Cidade De São Joaquim Da Barra / Sp. *Nucleus* 2011; 8:67–80. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.516>.
- MALISSIOVA E, TSOKANA K, SOULTANI G, ALEXANDRAKI M, KATSIOLIS A, MANOURAS A. Organic food: A Study of consumer perception and preferences in Greece. *Applied Food Research* 2022; 2:100129. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100129>.

PARK EY, MOON JH, PARK HY, LEE HJ, KIM JY. Effect of thermal shock cycling on storage stability and quality of fresh-cut potato. *Lwt* 2020; 121:108972. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108972>.

PORTO BR, NORDI WM. Caracterização de consumidores de alimentos orgânicos. *Caderno de Ciências Agrárias* 2019; 11:1–9. <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2019.15926>.

POHL NH, PEREIRA FILHO JBC, ABBADE EB. O Perfil Dos Consumidores De Produtos Orgânicos Da Cidade De Santa Maria-Rs. *Revista Estudo & Debate* 2019; 26:67–83. <https://doi.org/10.22410/issn.1983-036x.v26i4a2019.2170>.

RAHARDIYAN D, MOKO E.M, TAN JS, LEE CK. Thermoplastic starch (TPS) bioplastic, the green solution for single-use petroleum plastic food packaging – A review. *Enzyme Microb Technol* 2023;168. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2023.110260>.

SAMPAIO D DE O, GOSLING M, FAGUNDES AFA, SOUSA CV. Uma análise da produção acadêmica brasileira sobre o comportamento do consumidor de alimentos orgânicos entre 1997 a 2011. *Revista Eletrônica de Administração* 2013;76:620–45.

SOUZA KJ DE C, FILHO RA DE M. Perfil dos Consumidores de Produtos Orgânicos no Brasil. *XIX Engema* 2017:17.

STEFANO NM, FILHO NC. Consumer Perception: Attributes Considered Important in Packaging. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção* 2012;12:657–81.

STELZER J, CALETTI L, EVELYN ;, ETGES A. Agenda 2030 da ONU e Consumo Responsável: Alvence Segundo a Regra de Comércio Justo Brasileira. Gestão e Sustentabilidade Ambiental 2022;11:298–316. <https://doi.org/https://doi.org/10.59306/rgsa.v11e22022298-316>.

V AK, Hasan M, Mangaraj S, M P, Verma DK, Srivastav PP. Trends in Edible Packaging Films and its Prospective Future in Food: A Review. *Applied Food Research* 2022;2:100118. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100118>.

VALLE MPV, GUARNIERI P, FILIPPI AG. Adoção de embalagens plásticas sustentáveis agroalimentares: um olhar na dinâmica da produção orgânica e sustentável em face da Economia Circular. Interações (Campo Grande) 2023:211–27. <https://doi.org/10.20435/inter.v24i1.3671>.

VILELA RB, RIBEIRO A, BATISTA NA. Nuvem de palavras como ferramenta de análise de conteúdo: uma aplicação aos desafios no mestrado profissional. *Millennium* 2020;2:29–36.

VELASCO C, SPENCE C. Multisensory Packaging. Springer International Publishing AG; 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-94977-2>.

ZOLDAN P, KARAM KF. Estudo da dinâmica da comercialização de produtos orgânicos em Santa Catarina. Instituto Cepa/SC; 2004.

CAPÍTULO III

Desenvolvimento de “filmes orgânicos” à base de fécula de mandioca utilizando diferentes plastificantes naturais

Dayana Ketrin Silva Francisco Madella

Nathália Ramos de Melo

Resumo

O objetivo do trabalho foi desenvolver “embalagem orgânica” utilizando plastificantes naturais (mel, açúcar mascavo e óleo de coco virgem) em resposta à crescente demanda por produtos provenientes do sistema orgânico e devido às preocupações ambientais e à saúde do consumidor. Para que o material possa ser considerado um “produto orgânico”, faz-se necessário a utilização de matéria-prima orgânica, incluindo o plastificante, seguindo aos requisitos exigidos pela legislação de um sistema orgânico, tornando-se um desafio para desenvolvimento do material. O principal papel do plastificante é melhorar a flexibilidade e moldabilidade do material. Assim, a adição de plastificantes naturais, como açúcares e óleos vegetais, é uma estratégia importante para superar a rigidez dos filmes à base de fécula de mandioca. Para isso, os filmes foram preparados com plastificantes naturais e orgânicos (mel, óleo de coco e açúcar mascavo), gelatinizando a temperatura de 70°C. Por meio de análise subjetiva, o filme com mel foi considerado o mais homogêneo, contínuo, manuseável e flexível. Os filmes não diferiram quanto às características de opacidade e intumescimento. Contudo, o plastificante utilizado alterou a espessura, a umidade, a solubilidade, o intumescimento e as propriedades mecânicas do material. O filme com mel, apresentou melhores resultados para as propriedades mecânicas comparado ao filme controle (fécula de mandioca sem plastificantes) e plastificado com óleo de coco e açúcar mascavo, no qual confirmou-se a maior flexibilidade e a menor rigidez. Logo, de forma geral, recomenda-se o filme plastificado com mel para prosseguir com estudos e caracterização e aplicação em alimentos.

Palavras-chaves: Embalagem orgânica; compostos orgânicos; propriedade mecânica, mel

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, existe uma grande demanda por produtos provenientes do sistema orgânico, que visam, como em seu próprio conceito, a redução do impacto do processo de produção no meio ambiente. Porém, nem sempre a ideologia do conceito se reflete na embalagem destes produtos orgânicos. Nesse viés, os filmes biodegradáveis surgem como solução a essas preocupações ambientais e pela necessidade de proteger a saúde do consumidor (MADELLA et al., 2022).

Como um novo conceito de material, sugere-se a “embalagem orgânica”, sendo essa desenvolvida com tecnologia limpa, proveniente de matéria-prima natural e orgânica e sendo ao final um produto biodegradável.

Dentre as bases poliméricas biodegradáveis possíveis de serem exploradas, tem-se o amido, por ser proveniente de uma grande variedade de vegetais, como a fécula de mandioca. O material à base de amido é potencialmente aplicável devido ao seu baixo custo, ser insípido, incolor, atóxico, abundante, comestível, possui bom desempenho na formação de filmes, e é biodegradável (GALDEANO et al., 2009).

No entanto, os filmes feitos exclusivamente de amido têm desvantagens, tais como a fragilidade e fracas propriedades mecânicas e a solubilidade em água, o que limita a sua aplicação à embalagem. Essa rigidez do filme ocorre devido a fortes interações amilose-amilose ou amilose-amilopectina na matriz polimérica. A adição de um plastificante enfraquece as forças intermoleculares nestes filmes, reduzindo assim a sua fragilidade e rigidez inerentes ao material, e em consequência, aumentando a ductilidade, maleabilidade e flexibilidade do filme. Além disso, a presença de plastificantes no filme de amido pode também aumentar a hidrofilicidade do material e a permeabilidade ao vapor de água e diminuir a instabilidade do filme sob condições de umidade relativa elevada. Compostos hidrofílicos, como os polióis (glicerol e sorbitol), são normalmente utilizados, mas alguns açúcares, aminoácidos, carbamidas e ácidos graxos também podem ser sugeridos (LIM et al., 2020; MANIGLIA et al., 2019).

Na busca por possíveis plastificantes naturais, provenientes de fontes biológicas, é sugerido mel, açúcar mascavo e óleo de coco.

O óleo de coco (VCO) é um óleo vegetal, muito utilizado na culinária, e é também aplicado na área de cosméticos. É obtido por prensagem da polpa de coco fresco e maduro (copra) (*Cocos nucifera L.*), sendo considerado uma fonte rica de triglicerídeos de cadeia média, onde o ácido láurico detém de 46,6% a 48% do total (CARPINÉ et al., 2016). Na literatura, encontram-se estudos relatando sobre a melhoria das propriedades mecânicas de filmes utilizando VCO como plastificante. A exemplo, Carpiné et al. (2015) em sua pesquisa melhoraram a flexibilidade de filmes de isolados de proteína de soja e Fangfang et al. (2020) utilizando amido de batata como base de filme também verificou melhoria nas propriedades mecânicas do filme.

Quanto ao açúcar, sabe-se que é um termo genérico para monossacarídeos cristalizados, comestíveis, exemplificados principalmente pela sacarose, lactose, glicose e frutose. Provém de todos os vegetais clorofílicos, sendo que o açúcar é produzido pela planta por meio da fotossíntese, cuja principal fonte comercial é a cana e a beterraba. Possui diferentes tipos disponíveis no mercado, dentre eles o mascavo, sendo orgânico ou não, se destaca, uma vez que é produzido a partir da cana-de açúcar e não passa por nenhum tipo de processo de refinamento. Logo, o açúcar mascavo não tem aditivos químicos em sua composição, e por não ser refinado, mantém qualidade nutricional, em função da preservação de vitaminas e minerais (BETTANI et al., 2014). Filmes à base de amido desenvolvidos e preparados com diferentes concentrações de plastificantes de açúcar (sacarose, frutose e glicose) mostraram valores

superiores de Alongamento a Ruptura aos filmes não plastificados e se aproximaram aos valores dos plásticos tradicionais (GAO et al., 2019).

Outro potencial plastificante natural é o mel, um produto natural produzido pelas abelhas a partir do néctar das flores. É constituído principalmente por carboidratos e água, além de outras substâncias tais como proteínas, aminoácidos, enzimas, polifenóis e minerais em quantidades muito menores. Os carboidratos como um todo representam cerca de 80% da composição do mel, sendo 75% constituída pelos monossacarídeos glicose e frutose. Na literatura, encontram-se estudos abordando sobre as propriedades antioxidantes (BEIRANVAND et al., 2020; GONZÁLEZ-CEBALLOS et al., 2020), e antimicrobianas (ALVAREZ-SUAREZ et al., 2010; ESTEVINHO et al., 2008) do mel, porém até o momento, não foi encontrado a utilização do mel como plastificante em filmes poliméricos, mesmo tendo potencial para essa aplicação.

Nesse contexto, visando a necessidade de oferecer materiais de embalagens compatíveis com a ideologia dos alimentos e sistemas orgânicos, este estudo objetivou desenvolver e caracterizar materiais poliméricos orgânicos plastificados com diferentes compostos naturais (mel, óleo de coco e açúcar orgânico mascavo).

2 MATERIAIS E METODOLOGIA

2.1 Materiais

Fécula de mandioca orgânica (BeijuBom, Brasil); mel orgânico (Estação 4x4, Brasil); óleo de coco extravirgem (AssFlora, Brasil); açúcar demerara orgânico (Native, Brasil) (Anexo 2). Na Tabela 1, a forma molecular e composição química dos plastificantes selecionados no estudo estão summarizados.

A fécula de mandioca orgânica, óleo de coco e açúcar demerara orgânico foram adquiridos em mercado local especializados em produtos naturais, enquanto o mel, foi obtido diretamente com o produtor.

Tabela 1: Plastificantes naturais orgânicos selecionados para estudo e suas características.

Plastificante	Principal Componente	Fórmula Química	Massa Molar (g/mol) (MW)	Número de Hidroxilos
Açúcar Mascavo	Sacarose	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	322,3	8
Óleo de Coco Extravirgem	Ácido Láurico	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	200,3	1
Mel	Frutose	C ₆ H ₁₂ O ₆	186,16	5

2.2 Metodologia

2.2.1 Teor de Amilose

O teor de amilose da fécula de mandioca foi determinado pelo método espectrofotométrico, de acordo com Bandeira (2016) e Motta (2020).

A fécula (0,1 g) foi adicionada em 1 mL de álcool etílico 96% GL e 9 mL de solução NaOH 1 mol.⁻¹. Sendo aquecida em banho-maria a 90 ± 1°C por 20 min e resfriado até

temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) . O conteúdo foi transferido para um balão volumétrico de capacidade de 100 mL e seu volume completado com água destilada. Retirou-se uma alíquota de 5 mL e transferiu-se para um segundo balão volumétrico de 100 mL ao qual foi adicionado 1 mL de ácido acético 1 N e 2 mL de solução de iodo 2%, e novamente completou-se o volume com água destilada. A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro de UV-vis (Spectrum SP-1105, China) no comprimento de onda de 610 nm. Todas as análises foram feitas em triplicata.

A curva padrão de absorbância foi construída utilizando 0,04 g de amilose pura (Sigma-Aldrich, Brasil), submetidos a procedimento inicial similar ao descrito anteriormente até a situação de resfriamento posterior ao banho, sendo que a partir desse momento retiraram-se alíquotas de 1, 2, 3, 4 e 5 mL e adicionou-se 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 mL da solução de ácido acético além de 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 e 2,0 mL da solução de iodo, respectivamente, e completou-se o volume para 100 mL com água destilada. Aguardaram-se 30 min para a leitura de absorbância, a 610 nm.

2.2.2 Microscopia óptica dos grânulos de amido

De acordo com metodologia de Chen et al. (2007) e Motta (2020) o comportamento dos grânulos em água foi observado em relação a temperatura. A fécula de mandioca (0,5% (m/v)) foi aquecida em água e a mistura mantida sob agitação constante de 400 rpm em agitador magnético (Tecnal, Brasil). Alíquotas de 1,5mL foram retiradas com auxílio de uma pipeta pasteur quando em temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C e transferidas para tubos eppendorfs.

A suspensão de cada amostra nas diferentes temperaturas (uma gota) foi selada em lâmina de vidro e fotografadas com auxílio de um microscópio óptico (Olympus SC30, Japão), sob luz natural ambiente, com aumento de 100x. O software usado para avaliar as imagens foi o ImageJ®.

2.2.3 Desenvolvimento do filme

Os filmes foram produzidos pelo método *casting* de acordo com Motta et al. (2020) com adaptações (Anexo 3) A fécula de mandioca orgânica (4g) foi adicionada em água, acrescidos dos plastificantes (30 % m/m), sendo o volume completado com água (100 mL de solução). Durante 30min a $70 \pm 1^\circ\text{C}$, a solução foi aquecida e agitada em agitador magnético (Tecnal, Brasil). Seguiu-se com resfriamento da solução, sob agitação, até atingir temperatura de $50 \pm 1^\circ\text{C}$. Aproximadamente 0,3 g/cm² desta solução foi adicionada em placas de acrílico ($\varnothing = 8,5$ cm) e expostas a secagem em temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) por cerca de 5 dias (120h).

2.2.4 Espessura do filme

A espessura do filme foi determinada utilizando um micrômetro digital (Digimess Instrumentos de Precisão Ltda., Brasil) com sensibilidade de ($\pm 0,001$ mm). Foram aferidos 5 pontos aleatórios para cada material.

2.2.5 Aspecto visual e análise morfológica

Os filmes foram analisados por meio de registros fotográficos quanto ao aspecto visual de acordo com a metodologia de Leites et al. (2021). O microscópio óptico metalográfico (Olympus SC30, Japão) foi utilizado para visualizar a estrutura morfológica. As imagens foram

obtidas utilizando os modos de reflectância e transmissão (ampliação de 5 vezes) para as diferentes formulações do filme. Foram examinadas pelo menos duas amostras de cada formulação para garantir a reproduzibilidade da técnica.

2.2.6 Análise Subjetiva quanto a morfologia do filme

Foi realizada uma avaliação visual e táctil subjetiva com o objetivo de selecionar apenas filmes homogêneos (ausência de partículas insolúveis e cor uniforme), contínuos (sem rupturas ou zonas frágeis), com superfície lisa, fáceis de manusear (mais fácil de remover da placa) e com boa flexibilidade. Os filmes que não apresentavam estas características foram descartados (ALVES et al., 2020).

As observações quanto a continuidade, homogeneidade e manuseabilidade foram classificadas como excelente (+++), bom (++), regular (++) e ruim (+) (BRASIL et al., 2022).

2.2.7 Opacidade Aparente dos filmes desenvolvidos

A opacidade foi determinada em espectrofotômetro UV-Vis (Spectrum SP-1105, China) conforme proposto por Menezes et al. (2020). Os filmes foram cortados e aderidos à parede externa de uma cubeta de quartzo de campo único. Como branco foi utilizada a mesma cubeta sem o filme. O filme foi avaliado no comprimento de onda em 500 nm, e a opacidade determinada conforme a equação 1.

$$\text{Opacidade} = \frac{\text{Absorbância}_{(\lambda=500\text{nm})}}{e} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo:

Abs500= valor da absorbância em 500 nm;

e= espessura média do filme em mm.

2.2.8 Umidade dos filmes

A umidade dos filmes foi determinada por meio do método gravimétrico, no qual, uma superfície de 4x4 cm² de cada filme foi aquecida em estufa (Nova Técnica, Brasil) a 130 ± 1°C por 1h, de acordo com a metodologia de IAL (2008). A umidade foi determinada por diferença de peso em triplicata.

2.2.9 Índice de Solubilidade (IS)

O índice de solubilidade foi realizado segundo metodologia descrita por Bandeira (2016). Uma massa de 50 mg de amostra foi colocada em bêquer com 30 mL de água destilada. O sistema foi mantido sem agitação, à temperatura ambiente por 24 h, ao final das quais, o maior volume de água possível foi retirado com o auxílio de uma pipeta. O bêquer com o restante do material úmido foi levado à estufa à 80°C até atingir massa constante. O índice de solubilidade (IS) foi calculado através da Equação 2. As amostras foram avaliadas em triplicatas.

$$IS = \frac{mf - m_0}{m_0} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

mf : massa final do sistema após secagem (g)

m0 : massa inicial da amostra (g)

2.2.10 Índice de intumescimento

O teor de intumescimento dos filmes foi analisado por meio do método gravimétrico, no qual amostras de tamanho 2x1 cm² foram pesadas e imersas em 50mL de água destilada por 2 min em temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$). Após esse período, foram retiradas, secas em toalhas de papel (para retirar excesso de umidade) e pesadas. A quantidade de água absorvida foi calculada em porcentagem de acordo com a equação 3.

$$\text{Índice de Intumescimento (\%)} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad \text{Equação 3}$$

Sendo:

m1 - Fragmentos dos filmes antes de serem imersos na água

m2 - Fragmentos após antes de serem imersos na água

2.2.11 Propriedades Mecânicas

As propriedades mecânicas de resistência na ruptura (MPa), alongamento à ruptura (%) e módulo de Young (MPa) foram determinadas com base nas diretrizes padrão da American Society for Testing and Materials D 882-83 (ASTM, 1995) com algumas modificações (FERNANDES et al., 2020). Foi utilizado um analisador de textura TA XT Plus (Stable Microsystems, Surrey, Inglaterra). Para os testes, os filmes foram cortados em amostras de 40 mm de comprimento e 20 mm de largura e armazenadas durante 48 h, a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e 75% RH. Os testes foram realizados com velocidade de 1 mm/s e distância inicial da pinça de 10 mm. Foram realizadas dez medidas para cada tratamento.

2.2.12 Análise de estrutura química dos filmes (FT-IR/ATR)

Para analisar as estruturas químicas dos materiais selecionados foi utilizado um espectrofotômetro de absorção na região do infravermelho com acessório de refletância total atenuada ATR (Vertex 70 - BRUKER), modo transmitância, número de onda de 400-4000 cm⁻¹, com uma resolução de 4 cm⁻¹ e 32 varreduras (MOTTA et al., 2020).

2.2.13 Microscopia de Força Atômica (AFM)

A microscopia de força atômica (AFM) foi realizada usando um microscópio Solver Next SPM (NT-MDT, Zelenograd, Rússia) em modo intermitente com uma força de contato de 1,8 N/m, velocidade de varredura de 0,7 Hz e uma ponta (TAP 190AL-G, Budget Sensors Company, Sofia, Bulgária) com frequência de ressonância de 164 kHz. A área de imagem foi de 20 µm². A rugosidade média (Ra: média do valor absoluto dos desvios de altura em relação

a uma superfície média) foi determinada usando o software Nanosurf EasyScan2 (Liestal, Suíça).

2.2.14 Delineamento Experimental

Um delineamento experimental foi utilizado para avaliar os plastificantes, mel orgânico, açúcar mascavo orgânico e óleo de coco extravirgem. Os filmes foram desenvolvidos de acordo com os tratamentos listados na Tabela 2. Ainda, foi desenvolvido para caráter comparativo o tratamento Controle (C), utilizando apenas Fécula de mandioca orgânica.

As proporções dos plastificantes analisados foi estabelecido por meio de testes em laboratório e desenvolvimento de trabalhos anteriores (Anexo 3).

As análises foram realizadas ao menos em triplicata, sendo os resultados apresentados como média e erro padrão. A análise estatística foi realizada utilizando a análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando Sisvar 5.8. Os gráficos foram desenvolvidos através do programa Origin.

Tabela 2: Delineamento experimental dos filmes à base de fécula de mandioca orgânica avaliado plastificantes naturais.

Tratamentos	Pseudocomponentes			Porcentagem real (%)		
	Mel	VOC	Açúcar	Mel	VOC	Açúcar
1	1	0	0	0,3	0	0
2	0	1	0	0	0,3	0
3	0	0	1	0	0	0,3
4	0,5	0,5	0	0,15	0,15	0
5	0,5	0	0,5	0,15	0	0,15
6	0	0,5	0,5	0	0,15	0,15
7	0,33	0,33	0,33	0,1	0,1	0,1

VOC: óleo de coco extravirgem

3 RESULTADOS

3.1 Teor de amilose

A curva analítica $y = 0,0215x - 0,039$, com coeficiente de correlação linear $R^2 = 0,999$, ajustada para amilose pura, foi utilizada para determinar o teor de amilose da fécula de mandioca utilizada neste estudo, no qual foi observado o valor de 19,5%. Por diferença do valor de amilose, determinou-se um teor de 80,5% de amilopectina na fécula de mandioca orgânica.

De acordo com Bandeira (2016), esses valores estão em concordância com dados disponíveis na literatura que apresentam grande variabilidade a depender da fonte de amido. A exemplo, mandioca contém entre 16 e 20% de amilose, enquanto milho possui cerca de 25 %, batata, 23 %, arroz entre 15 e 25%, trigo, 20%, inhame, 30% e aveia entre 16 e 33% de amilose.

Moreira et al (2013), investigando o teor de amilose e de amilopectina em 46 diferentes genótipos de mandioca na Bahia, encontraram concentrações de amilose variando de 10,47 a 22,53%, enquanto amilopectina variou de 77,47 a 89,53%.

O amido é formado por dois tipos de polímeros de glicose, a amilose e amilopectina. A amilose é um polímero linear composto por unidade de D-glicose ligadas por ligações α -(1→4), com grau de polimerização entre 200 à 3000, a depender da fonte do amido. A amilopectina é um polímero altamente ramificado, com unidades de D-glicose ligadas através de ligações α -(1→4) e ramificações em α -(1→6). As proporções desses componentes podem resultar em grânulos de amido com propriedades físico-químicas e funcionais diferentes, consequentemente afeta nas aplicações industriais (MALI, et al., 2010).

A amilose normalmente está nos grânulos em composição de 20-30%. Sua estrutura linear e menos densa tende a permitir com mais facilidade a penetração das moléculas de água entre suas camadas facilitando a hidratação e gelatinização. Por outro lado, a amilopectina, com 70-80% do amido, contém ramificações de alta densidade, tendo cerca de 5% de ligações glicosídicas. As ramificações limitam a capacidade de penetração da água entre as camadas, consequentemente há uma menor permeabilidade ao vapor de água (RINDLAV-WESTLING, et al., 1998).

A proporção relativa amilose:amilopectina varia consideravelmente entre diferentes tipos de plantas, dentro de uma espécie de planta ou órgão vegetal, assim como seu crescimento pode afetar essa proporção(MAHMOOD et al., 2017). Na literatura há relatos da proporção implicar em alterações físico-químicas e interações com outras moléculas, resultando em diferentes capacidades de inchaço, solubilidade, propriedade microscópicas, propriedades mecânicas nos filmes de amido(LEMOS et al., 2019; RINDLAV-WESTLING et al., 1998; SANDHU et al., 2005).

A importância do teor de amilose para a formação de filmes de amido se dá devido às suas propriedades estruturais e funcionais. A estrutura linear da amilose contribui para a capacidade de formar filmes mais rápidos. Desempenha papel importante no processo de gelatinização, onde é responsável pela formação de gel. As moléculas de amilose em solução, devido à sua linearidade, tendem a se orientar paralelamente, aproximando-se o suficiente para que se formem ligações de hidrogênio entre hidroxilos de polímeros adjacentes. Como resultado, a afinidade do polímero por água é reduzida, favorecendo a formação de pastas opacas e filmes resistentes. A transparência dos filmes de amido apresenta como uma característica de filmes com maior teor de amilose, podendo ser uma vantagem na aplicação em alimentos. Além da barreira ao vapor de água, onde filmes com maior teor de amilose tendem a ter menor permeabilidade ao vapor de água (HERMANSSON e SVEGMARK 1996; LI et al., 2016; SANDHU et al., 2005; SYAHARIZA et al., 2013).

Fontes de amidos com maior teor de amilose tendem a formar filmes mais fortes e rígidos. O teor de amilose encontrado neste estudo pode ser considerado relativamente alto e adequado para formação de filmes de amido, podendo desempenhar excelente formação de gel de filmes com boa resistência mecânica e à água, além de maiores taxas de biodegradabilidade, uma vez que filmes com alto teor de amilose apresentam maior susceptibilidade à biodegradação (STAWSKI, 2008; TIAN et al., 2024). Quadros et al, (2018), desenvolveram filme à base de amido de mandioca acetilado, com 17% de teor de amilose, obtendo materiais onde em contato com água não modificaram sua superfície. Alves, et al., (2007) produzindo filmes à base de amido de mandioca incrementado com amilose e glicerol, encontraram relação entre o aumento do teor de amilose (25,5 – 36,6%) e a propriedade mecânica, observando incremento do valor na tensão na ruptura e no modulo de Young dos filmes, enquanto a deformação a ruptura e a deformação da perfuração tiveram um decréscimo dos seus valores. Assim, o enriquecimento do filme com amilose, originou filmes mais fortes.

3.2 Microscopia óptica dos grânulos de amido

A microscopia óptica dos grânulos dos amidos dispersos em água em função da temperatura pode ser visualizada na Figura 1. Foi observado que os grânulos da fécula de mandioca orgânica diferiram de tamanho com o aumento de temperatura, percebendo-se aumento gradual das suas áreas devido ao inchamento e absorção de água pelos grânulos. Ao atingir 70°C, não foi possível observar mais grânulos, indicando o rompimento de sua estrutura. Esse comportamento é característico e típico da gelatinização de amidos não modificados, em que, no início do processo de gelatinização, os grânulos exibem partículas irregulares e conforme ocorre incremento da temperatura, os grânulos absorvem água, levando a hidratação da parte amorfa e inchaço gradual até o rompimento das ligações de hidrogênio e consequentemente, dos grânulos(MAHMOOD et al., 2017; MOTTA 2020).

Utilizando amido de batata não iônico, catiônico e Superior 3050, Motta (2020) observou que os grânulos de amido não iônicos aumentaram visivelmente de tamanho a partir de 70°C e ao atingir 90°C, poucos sobraram e estes poucos incharam consideravelmente.

Han et al (2019) estudaram o comportamento dos grânulos de amido de mandioca em presença de água. Os autores observaram aumento do tamanho dos grânulos de amido de mandioca ao longo do tempo, nas temperaturas de 60, 70 e 80°C, indicando maiores graus de inchamento dos grânulos de mandioca em temperatura mais elevada.

A temperatura na qual ocorre a gelatinização influencia na extensão da lixiviação da amilose, que contribui para a viscosidade da formação do gel durante o processo de gelatinização. Assim, existe uma faixa ideal de temperatura para gelatinização de cada amido, caso exceda a faixa de temperatura, pode-se levar ao cozimento excessivo do amido, gerando naquebra da estrutura do gel e na redução da viscosidade (DAI et al., 2019; HAN et al., 2019).

Nesse contexto, para este estudo, dentro da faixa de 70°C, os grânulos de fécula de mandioca orgânica absorvem água, incham e liberam amilose no meio aquoso, ocorrendo processo de gelatinização sem cozimento excessivo e tendo viscosidade ideal para formação do filme.

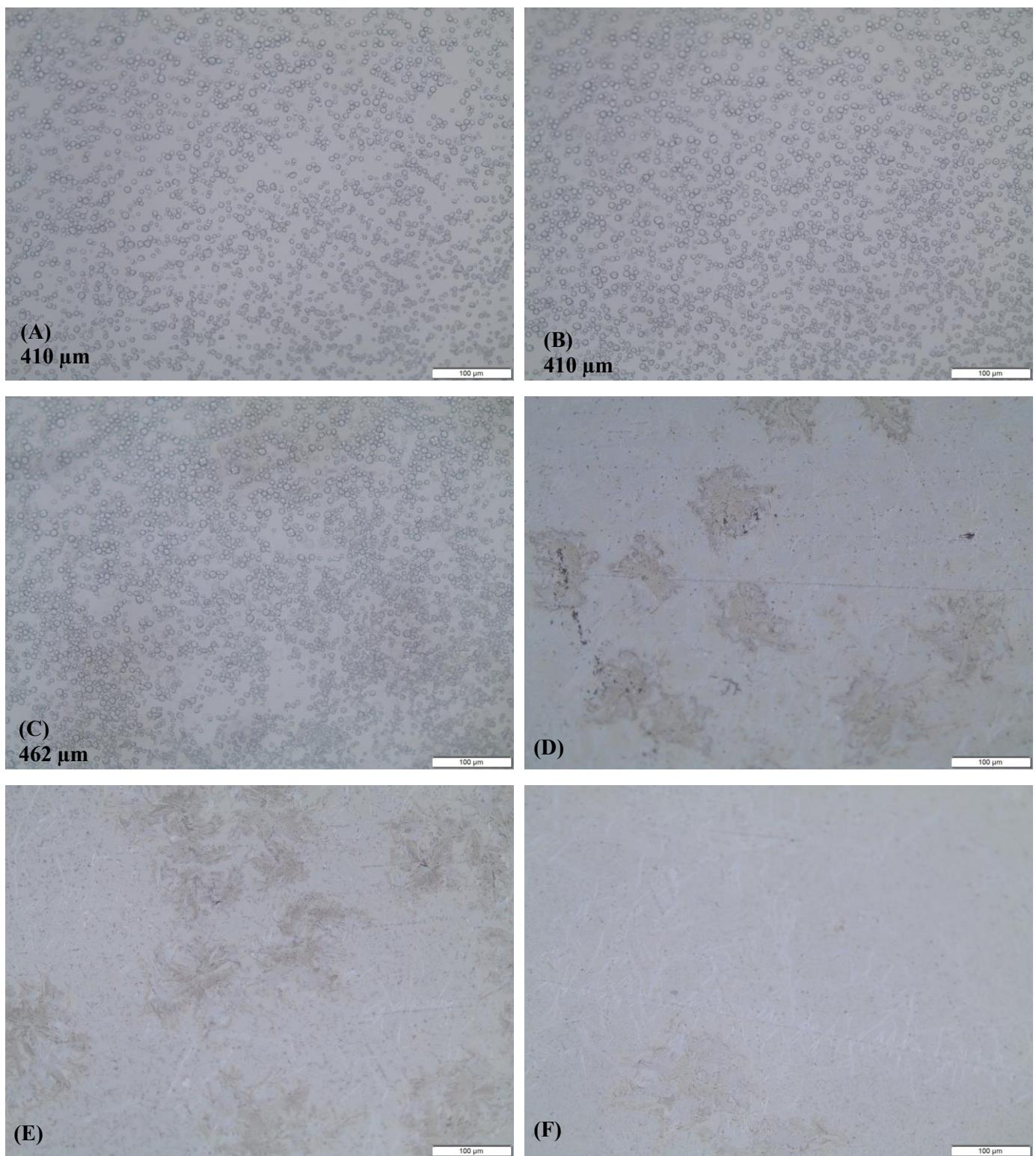


Figura 1: Micrografias do comportamento dos grânulos da fécula de mandioca orgânica aquecidos de 40 a 90 °C feitos em microscópio óptico, em aumento de 200x. (A) 40°C; (B) 50°C; (C) 60°C; (D) 70°C; (E) 80°C; (F) 90°C.

3.3 Análise Subjetiva e Aspecto Visual dos filmes

A classificação subjetiva dos filmes quanto à homogeneidade, continuidade, maleabilidade e flexibilidade podem ser observadas na Tabela 3.

Dos materiais poliméricos desenvolvidos, apenas T1 (mel) foi classificado como excelente em todas as observações subjetivas realizadas. Por outro lado, os filmes T6 (VCO+AC) e T7 (Mel+VCO+AC) obtiveram as piores classificações, uma vez que não houve formação do material (Tabela 3).

Os filmes T2 (VCO) e T4 (Mel+VCO) apresentaram superfície mais rugosa, possivelmente, devido ao acúmulo e separação de VOC, como pode ser verificado por meio da Figura 4.

Os filmes com adição de açúcar, T3 (AC) e T5 (Mel+AC), não obtiveram uma boa plastificação, se tornando quebradiço quando retirados das placas, mesmo tendo boa continuidade e homogeneidade (Figura 2). Contudo, Veiga-Santos et al. (2007), estudando sacarose e açúcar invertido como plastificante em filmes de amido, apesar de também terem observado aumento no alongamento a ruptura, observaram cristalinidade durante o armazenamento, alterando o material de maleável para quebradiço.

Observando o aspecto de maneabilidade e flexibilidade, com exceção de T1 (Mel) e T2 (VCO), todos os outros tratamentos foram classificados como ruins, devido à dificuldade de manusear sem provocar rupturas ao serem manuseados e quando retirado da placa. Destacando-se ainda, a dificuldade em remoção desses filmes da placa.

Dos possíveis plastificantes analisados, apenas o mel, neste estudo, obteve um desempenho satisfatório pela análise subjetiva, classificado como excelente na formação do filme à base de fécula de mandioca. O açúcar mascavo e o óleo de coco, apesar de apresentar algumas características positivas no material, como homogeneidade, apresentou uma superfície rugosidade e descontínua, além de filmes com aspectos quebradiços.

A influência da incorporação de plastificante na matriz polimérica pode ocasionar em alterações de várias características do filme, tanto positivas quanto negativas. Os açúcares, como a sacarose, o açúcar mascavo, a glicose e o mel (glicose+frutose) podem atuar como plastificantes, conferindo a melhora da flexibilidade e das propriedades mecânicas. Contudo, fatores como massa molar e concentração são importantes e influenciam as características do material.

Tabela 3: Análise Subjetiva dos filmes orgânicos desenvolvidos.

Tratamento	Homogeneidade	Continuidade	Manuseabilidade	Flexibilidade
C	+++	+++	+++	++
T1	++++	++++	++++	++++
T2	+	++	+++	++
T3	+++	++	+	+
T4	++	+	+	+
T5	+++	++	+	+
T6	+	+	+	+
T7	+	+	+	+

C: Controle; T1: Mel; T2: Óleo de Coco(VCO) ; T3: Açúcar Mascavo Orgânico (AC); T4: Mel + VCO ; T5: Mel+AC ; T6: VCO+AC ; T7: Mel+VCO+AC .

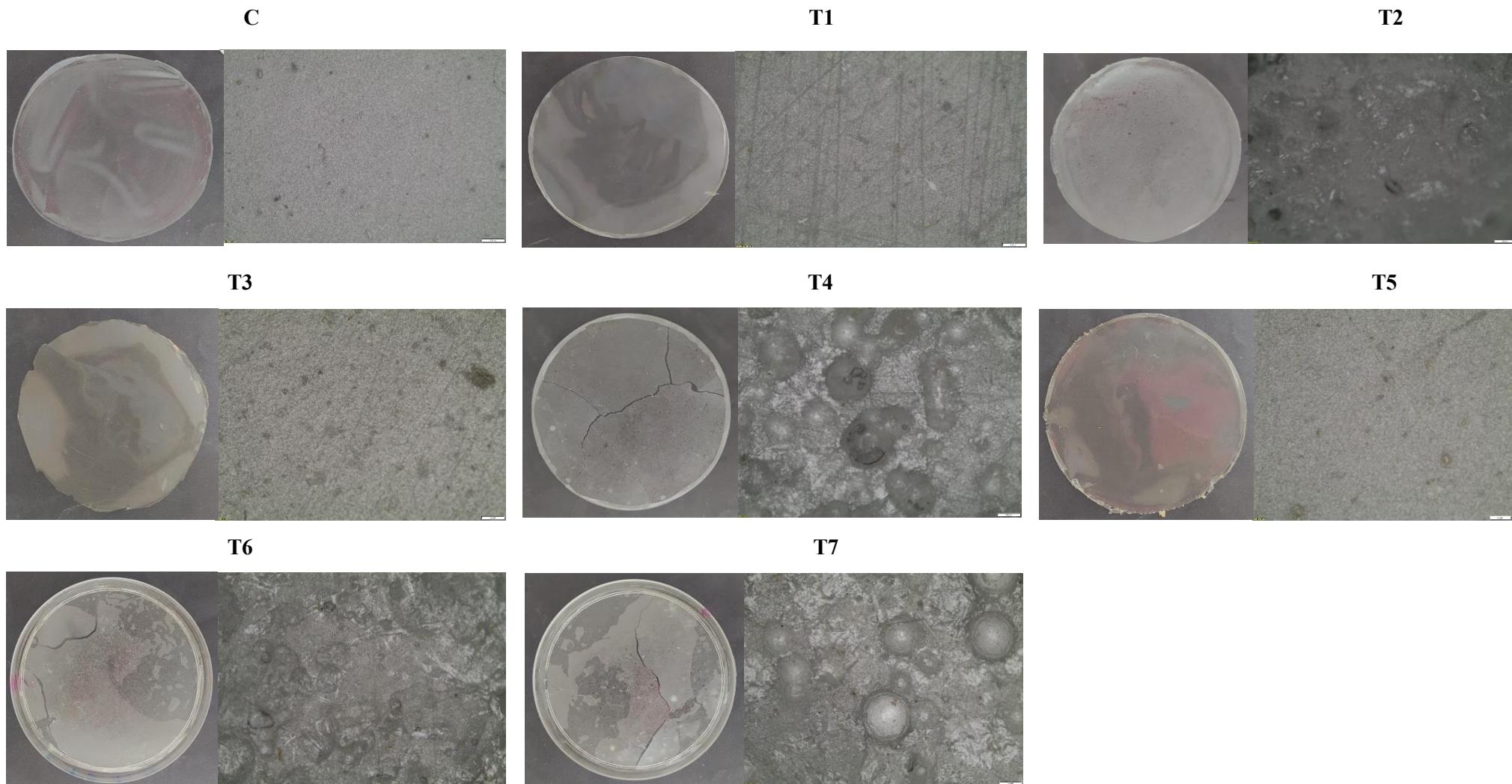


Figura 2. Aspecto visual e as imagens do microscópio óptico para filmes orgânicos à base de amido de mandioca, usando modo de transmitância e ampliações de 5 ×. C: Controle; T1: Mel; T2: Óleo de Coco(VCO) ; T3: Açúcar Mascavo Orgânico (AC); T4: Mel + VCO ; T5: Mel+AC ; T6: VCO+AC ; T7: Mel+VCO+AC

3.4 Análise de estrutura química dos filmes orgânicos (FT-IR/ATR)

As interações moleculares dentro de uma matriz de amido podem ser avaliadas através de análises como FTIR. De acordo com Gao et al. (2019), essas interações podem ocorrer desde que haja mudança na banda de absorção característica. Deslocamento do número de onda de 929 para 1153 cm⁻¹ foi atribuído ao trecho de ligação C - O associado com a presença de plastificante. A banda de absorção em 1645 cm⁻¹ pode ser atribuída à água fortemente ligada presente na fécula de mandioca, geralmente é atribuída à vibração de flexão da molécula de água adsorvida nas superfícies das partículas de amido. Em 3290 cm⁻¹, a banda foi associada à vibração de alongamento complexo de grupos de hidroxila livres, intermolecular e intramoleculares que formam a estrutura bruta de amido, estando também associada à presença de água. No caso da fécula de mandioca, a banda é intensificada devido à hidratação das moléculas de amido, onde a água interage por meio de ligações de hidrogênio com as cadeias poliméricas (FANG ET AL., 2002; GAO ET AL., 2019).

Os espectros de FTIR dos filmes à base de fécula de mandioca sem plastificantes (Controle) e plastificados com compostos naturais (mel, açúcar mascavo e óleo de coco) podem ser observados na Figura 3. De acordo com a literatura, quanto maior a intensidade do pico ou da banda de absorção, mais forte é a interação entre os componentes de filmes (Fang et al., 2002; Gao et al., 2019; Wu, 2003). Mesmo com a adição dos plastificantes, a banda característica em aproximadamente 3330 cm⁻¹ foi observada, com diferenças nas intensidades. Observa-se que o filme incorporado com VCO possui menor intensidade dessa banda, enquanto para os materiais adicionados com mel e açúcar mascavo orgânico uma maior intensidade, foi percebida. Esse comportamento deve-se ao fato da influência da estrutura química dos compostos adicionados, visto que o óleo vegetal de coco é composto majoritariamente por C e H, reduzindo a densidade de hidroxilas. Esse resultado corrobora com a análise subjetiva e o aspecto visual dos filmes adicionados com VCO, que indicam a não compatibilidade entre o VCO e a matriz polimérica de fécula de mandioca, visto que não houve uma completa homogeneização entre o plastificante e a fécula de mandioca. Por outro lado, tanto o mel (frutose como principal componente) e o açúcar mascavo (sacarose como principal componente) possuem maiores números de hidroxilas comparados ao VCO (ácido láurico como principal componente). Uma sutil redução da intensidade dessa banda em função da adição de mel ou açúcar mascavo, em comparação ao filme não plastificado, pode indicar a redução de ligações de H entre as moléculas de fécula de mandioca, fato corroborado pelas propriedades mecânicas que serão discutidas posteriormente.

Com exceção do filme T2 com VCO, todos apresentaram indicação de presença de número de moléculas de água ligadas nos filmes, obtendo uma variação de 1647,01 cm⁻¹ até 1639,29 cm⁻¹ (GAO et al., 2019; SUEIRO et al., 2016).

Após a incorporação dos plastificantes, houve deslocamento da banda em 1000,53 cm⁻¹ do filme controle para números de ondas menores, com exceção do T7, sugere-se que ocorreu plastificação entre a fécula de mandioca e os plastificantes quando comparado ao controle. Para tratamento T7, pode-se inferir que não houve homogeneização entre os componentes da solução. Os picos situados na região entre 1200 e 900 cm⁻¹ estão associados às ligações C-O, C-C e vibrações C-O-H (SUEIRO et al., 2016).

Os filmes incorporados com VCO, apresentaram picos na região 1743,44 cm⁻¹ (T2), 1745,36 cm⁻¹ (T4), 1745,36 cm⁻¹ (T6) e 1741,51 cm⁻¹ (T7), característico de C=O. Este pico de absorção é indicação de carbonila, comum para moléculas de triglicerídeos de VCO. Esta banda pode ser evidenciada em outros estudos envolvendo filmes com incorporação com óleos. Outros picos presentes nos materiais com VCO são os grupos de ácidos graxos, variando de 2850,44 cm⁻¹ a 2925,66 cm⁻¹ (BINSI et al., 2013; FANGFANG et al., 2020).

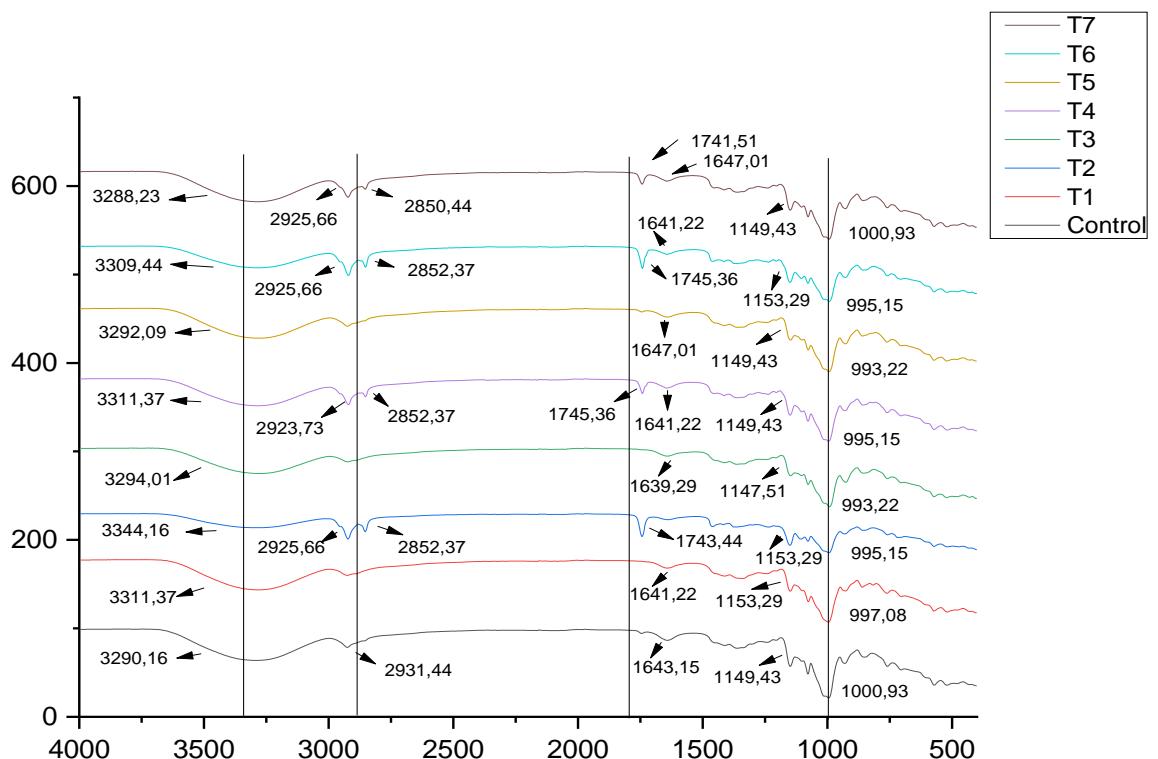


Figura 3: Espectros de tratamentos à base de fécula de mandioca orgânica com diferentes plastificantes naturais.C: Controle; T1: Mel ;T2: Óleo de Coco(VCO) ; T3: Açúcar Mascavo Orgânico (AC); T4: Mel + VCO; T5: Mel+AC ; T6: VOC+A ; T7: Mel+VCO+AC .

3.6 Opacidade Aparente dos Filmes Desenvolvidos

A opacidade dos filmes foi mensurada em espectrofotômetro, os resultados expressos em valores médios, podendo ser observados na Tabela 4. Neste estudo, não foi observado diferença significativa ($p < 0,05$) na opacidade dos filmes.

De acordo com Pavoni et al. (2019), a opacidade está relacionada com o valor da absorbância dos filmes, logo, quanto maior for a absorção de luz, maior será sua opacidade. Os autores desenvolveram filmes de quitosana e amido de milho, e consideraram os filmes com valores de absorbância de 0,3 como os mais translúcidos.

Em filmes de amido, o valor da opacidade pode variar em função do teor de amilose, espessura do filme, condições de processamento e outros aditivos incorporados na solução filmogênica para formulação do filme (Almeida et al., 2013). Portanto, é possível inferir que mesmo com variação na composição dos plastificantes, a opacidade foi determinada pela base polimérica e manteve-se estatisticamente igual para os tratamentos.

A determinação da opacidade é importante uma vez que pode influenciar nas características do filme, assim como aceitação ou rejeição do consumidor a depender do produto a ser consumido. A baixa opacidade dos filmes é um bom indicativo e está relacionada a uma alta translucidez. De acordo com Filho et al. (2020) a transparência e alto brilho apresentam boa características para acondicionamento de um alimento de acordo com o setor de marketing.

Leites et al. (2021) em seu estudo, desenvolvendo material polimérico à base de amido de mandioca com resíduo de suco de laranja, obteve opacidade similar aos deste estudo. Semelhante a Zanfonato et al. (2023), que encontraram valores de 0,821 a 1,227 de filmes de amido incorporado com farinha de uva. Apesar de ambos os estudos apresentarem diferentes

concentrações de aditivos usados na formulação do filme, e não apresentando linearidade de valores de opacidade, a translucidez dos filmes foi um fator positivo para potenciais aplicações.

3.7 Teor de Umidade dos filmes

O teor de umidade dos filmes desenvolvidos variou de 8,82 à 11,54%, referindo-se aos filmes T6 (VCO+AC) e T5 (Mel+AC), respectivamente (Tabela 4).

A umidade é uma propriedade importante a ser avaliada no material, uma vez que a quantidade de água do filme desempenha um papel importante em suas propriedades físicas. Características como flexibilidade e propriedades mecânicas dos filmes podem ser influenciadas pelo teor de umidade (BERGO et al., 2013).

Os filmes de maior umidade foram T5 (Mel+AC), T3(AC) e T1(Mel). Embora esses filmes tenham apresentados o mesmo teor de umidade, apenas o filme com mel obteve uma boa plastificação, como mencionado na análise subjetiva, indicando que o efeito plastificante foi inerente ao mel e não ao teor de umidade da matriz polimérica.

De acordo com Lim et al., (2020) e Yachuan et al. (2006), as moléculas de água podem atuar como plastificante na matriz do filme, especialmente em caso de biopolímeros hidrofílicos, como a fécula de mandioca. Em geral, o teor de umidade do amido tende a aumentar em presença de plastificantes como glicerol e sorbitol, devido ao grupo hidroxil, assim como observado para o mel e o açúcar mascavo. Em contrapartida, os filmes adicionados com VOC, compostos hidrofóbicos, obtiveram menor teor de umidade, corroborando com os espectros de FTIR que apresentaram menos intensidade na banda das hidroxilas que participa da ligação de H. Dessa forma, atribui-se a diferença do teor de umidade entre os filmes a característica hidrofílica ou hidrofóbica do material, sendo a estrutura química do plastificante e as interações proporcionadas o fator crucial pelo efeito plastificante.

Tabela4: Caracterização dos filmes a base de fécula de mandioca com diferentes plastificantes naturais

Tratamento	Opacidade (mm-1)	Espessura (mm)	Umidade (%)	Solubilidade	Índice de Intumescimento (%)
Control	0,3597±0,3752 a	0,0944±0,0039 a	9,28±0,56 a	80,8323±1,7815 fg	255,67±85,97 a
T1	0,3649±0,3583 a	0,1116±0,0065 abc	11,13±0,20 bc	64,1745±1,8706 bc	290,45±18,50 a
T2	0,5044±0,0167 a	0,1270±0,0052 d	10,26±0,56 ab	86,9017±2,3170 g	182,48±17,57 a
T3	0,2968±0,1181 a	0,1078±0,0015 ab	11,26±0,39 c	53,795±3,6115 a	200,88±46,66 a
T4	1,0868±0,0056 a	0,1256±0,0087 cd	9,73±0,30 ab	77,772±3,0622 ef	182,26±32,83 a
T5	0,8509±0,1020 a	0,1040±0,0086 ab	11,54±0,4 c	60,958±0,5009 ab	240,83±26,81 a
T6	0,8545±0,0570 a	0,1118±0,0102 abcd	8,82±0,25 a	73,1008±2,9291 de	190,45±57,66 a
T7	0,8505±0,0729 a	0,1164±0,0160 bcd	8,84±0,02 a	68,7176±3,5062 cd	173,62±33,49 a

C: Controle; T1: Mel ;T2: Óleo de Coco(VCO) ; T3: Açúcar Mascavo Orgânico (AC); T4: Mel + VCO ; T5: Mel+AC ; T6: VOC+A ; T7: Mel+VCO+AC . Os valores são apresentados como média ± desvio padrão . Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p<0,05$) quando analisadas pelo teste de Tukey.

3.8 Espessura, Solubilidade e Índice de intumescimento dos filmes

As espessuras, solubilidades e índice de intumescimento dos filmes podem ser observados na Tabela 4. Materiais à base de amido possuem uma característica hidrofilica, ou seja, absorvem água facilmente e incham, podendo resultar em perdas de suas propriedades mecânicas e de barreira. Contudo podem vir a se tornarem excelentes materiais biodegradáveis (THIRÉ et al., 2004).

A espessura dos materiais variou entre 0,09 à 0,127 mm, referindo-se ao Controle e T2(VCO). De acordo com Ahmed et al. (2016) e Zhou et al. (2021), o aumento na espessura dos filmes com VCO é influenciado pela interação e ligação física entre a fécula de mandioca e a composição correspondente do óleo.

Para Lim et al. (2020), filmes mais espessos são formados quando há alta concentração de plastificante. Contudo, neste estudo, todos os tratamentos tiveram a mesma concentração de plastificante, com exceção do controle, que não foi plastificado. Yachuan et al. (2006), estudando plastificação de filmes de amido de ervilha com glicerol, manose, glicose, sorbitol e frutose, mostrou que filme incorporado com glicerol obteve menor espessura devido ao baixo peso molecular do glicerol, enquanto manose formaram filmes mais espessos que frutose e glicose, embora tivessem mesmo peso molecular, diferenciando apenas de 1 posição diferente do grupo hidroxila em sua estrutura comparada a glicose. Assim como neste trabalho, os plastificantes com menores peso molecular, como o mel, apresentaram as menores espessuras.

A solubilidade dos filmes é uma característica essencial que indica a capacidade do material em se dissolver em água, o que é crucial para aplicações em embalagens biodegradáveis. A solubilidade em água dos filmes de amido depende dos tipos de compostos, hidrofilicidade e hidrofobicidade, além das concentrações dos aditivos incorporados. De forma geral, compostos hidrofílicos tendem a aumentar a solubilidade dos filmes, enquanto hidrofóbicos devem diminui-la (GHASEMLOU et al., 2013).

No presente estudo, a solubilidade dos filmes variou de 53 a 86%, T3(AC) e T2 (VCO) respectivamente. Os filmes com VCO apresentaram maior solubilidade, enquanto os de açúcar mascavo apresentaram os menores, não demonstrando diferença significativa com o material incorporado com mel. Embora o resultado seja diferente do esperado, uma vez que os óleos possuem natureza hidrofóbica, podendo afetar a interação da água nos filmes de amido, reduzindo assim a solubilidade, atribui-se o aumento da solubilidade a não compatibilidade de VCO com a matriz polimérica e separação dos compostos, conforme visualmente observado. Por outro lado, mesmo acreditando que os açúcares tendem a aumentar a característica hidrofilica do filme, tornando-o mais solúvel em água, uma redução da solubilidade foi observada, podendo indicar interações entre o mel e o açúcar mascavo com a matriz da fécula de mandioca, porém tal observação não foi feita em espectroscopia do FTIR (SHIMAZU et al., 2007; VEIGA-SANTOS et al., 2007; ZHOU et al., 2021).

A solubilidade dos filmes é um fator determinante na escolha de sua aplicação como embalagem de alimentos. Filmes que apresentam alta solubilidade em água são especialmente indicados para produtos semiprontos que requerem preparo sob cozimento, onde a total dissolução da embalagem no processo de cocção é desejável. No entanto, para alimentos líquidos, onde é essencial que a embalagem mantenha sua integridade em contato com a umidade, filmes com baixa solubilidade são mais adequados. É importante ressaltar que a escolha da aplicação de um filme como embalagem não depende exclusivamente de sua solubilidade, mas de um conjunto de fatores, incluindo resistência mecânica, permeabilidade ao vapor de água e oxigênio, biodegradabilidade, e compatibilidade com o alimento embalado (HASHEMI, 2017)

Com relação ao índice de intumescimento, independentemente do tipo do filme, os valores não diferiram significativamente ($p>0,05$), com variação de 173 a 290%, T7 e T1 respectivamente. O índice de intumescimento está relacionado com a capacidade de absorção de água e inchamento, sendo um indicativo de sua interação com a umidade e a água ambiente. O volume do material é aumentado como resultado da difusão de moléculas de água a fase polimérica (HASHEMI, 2017). Independente do plastificante, o comportamento foi o mesmo, e o filme desenvolvido apresentou alto índice de intumescimento.

Neste estudo, podemos identificar o efeito plastificante na espessura, na solubilidade e no teor de umidade de filmes à base de fécula de mandioca. O filme plastificado com mel foi o menos solúvel, e, portanto, o mais indicado.

3.9 Microscopia de Força Atômica (AFM)

A microscopia de força atômica (AFM) é uma ferramenta poderosa para estudar a rugosidade e a topografia da superfície dos materiais, incluindo de filmes biopoliméricos (GHASEMLOU et al., 2013).

Na figura 4, pode-se visualizar as imagens obtidas por AFM da superfície dos filmes orgânicos produzidos e seus respectivos valores de Rugosidade média (R_a).

Entre os tratamentos, observa-se alterações da superfície dos filmes em função do plastificante utilizado. Com exceção de T3 (AC) e T4 (Mel e VCO), houve incremento dos valores da rugosidade dos tratamentos comparados ao filme Controle.

Quando adicionado individualmente Mel e VCO, houve aumento da rugosidade, enquanto AC apresentou menor valor. Entretanto, a combinação de Mel com AC (T5) apresentou alto valor de rugosidade, assim como as combinações VCO e AC (T6) e Mel, AC e VCO (T7).

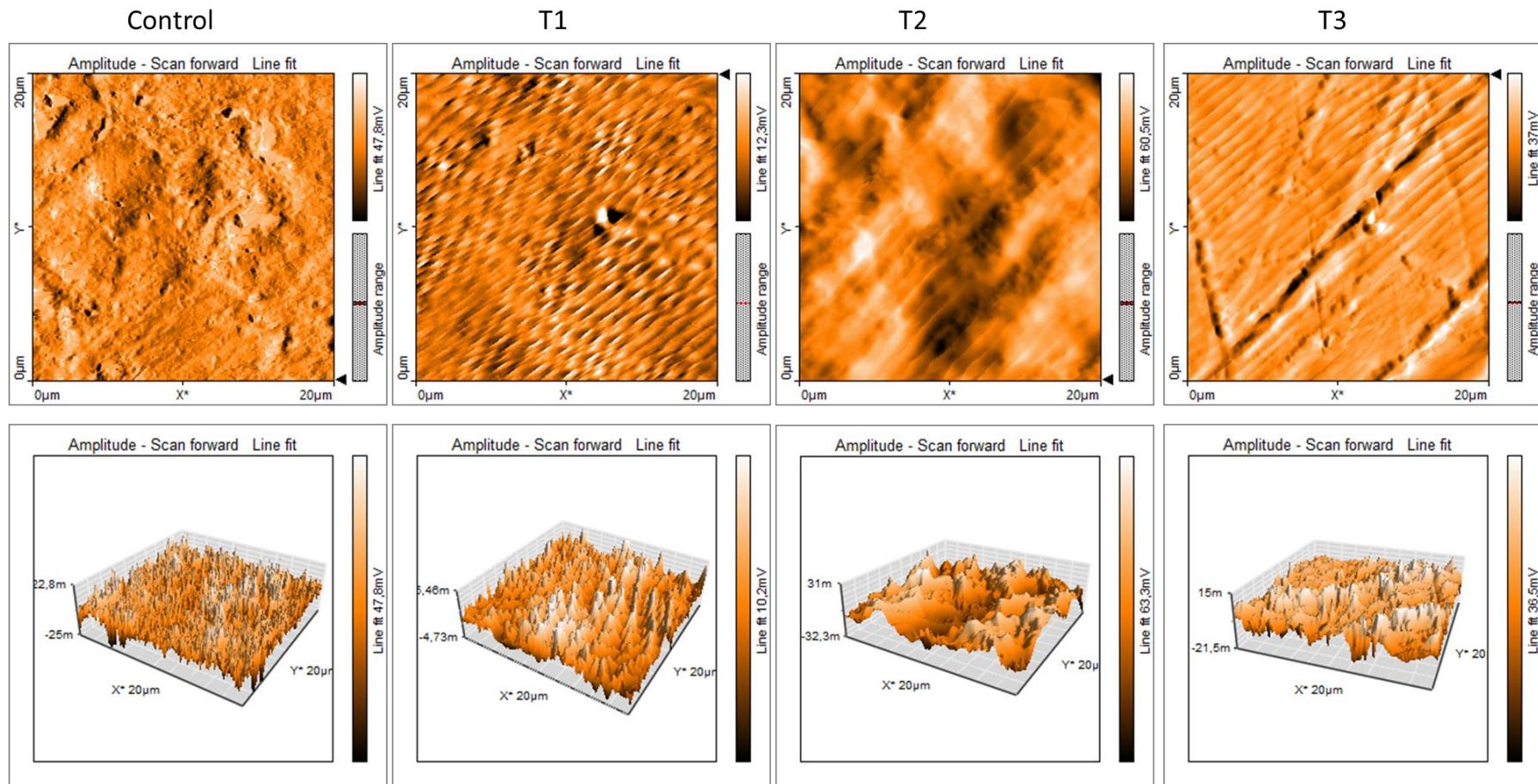
A diferença entre os valores de rugosidade observado entre os filmes podem ser atribuídos a composição química dos plastificantes. Enquanto o AC é predominantemente composto por sacarose, o mel possui além dos açucares, água e outros compostos como proteína, aminoácido e ácidos orgânicos, e o VCO é composto principalmente por triglicerídeos de cadeia média (BETTANI et al., 2014; FANGFANG et al., 2020; ZAMMIT e BLUNDELL, 2023). Essas diferentes composições químicas dos plastificantes podem influenciar na interação entre a fécula de mandioca orgânica durante a formação do filme, produzindo diferentes morfologias e texturas superficiais.

As imagens apresentaram no geral, filmes com estruturas irregulares, sendo que as regiões mais escuras representam as profundezas das amostras e regiões mais claras os altos relevos formados. A rugosidade observada nos materiais é considerada aceitável pela literatura, visto que, mesmo as superfícies mais lisas de diversos materiais, também apresentam irregularidades. Nos filmes com VCO incorporado, observa-se maiores profundezas, assim como verificado na Figura 2, devido a formação de bolhas pelo óleo nos filmes, durante a etapa de formação da solução.

Em geral, superfícies com baixa rugosidade, ou seja, superfícies mais lisas, são mais desejáveis para aplicação em embalagem de alimento, especialmente quando se busca barreira contra umidade, transferência de oxigênio e evitar armadilhas propensas para partículas de sujeira, bactérias ou outros contaminantes. Já a alta rugosidade é indicada para aplicações quando se deseja melhor adesão entre camadas de filmes ou entre filme e um substrato (OLIVEIRA et al., 2012).

Apesar do valor elevado de rugosidade do filme T1, ele apresentou boas características em análises subjetivas e microscópicas em comparação a outros tratamentos, destacando a importância de considerar não apenas a rugosidade, mas também outras propriedades dos filmes em avaliar sua adequação para aplicações específicas em embalagens de alimentos.

Tratamento	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Ra (nm)	53,122	159,91	156,73	21,306	25,161	151,24	60,438	81,727



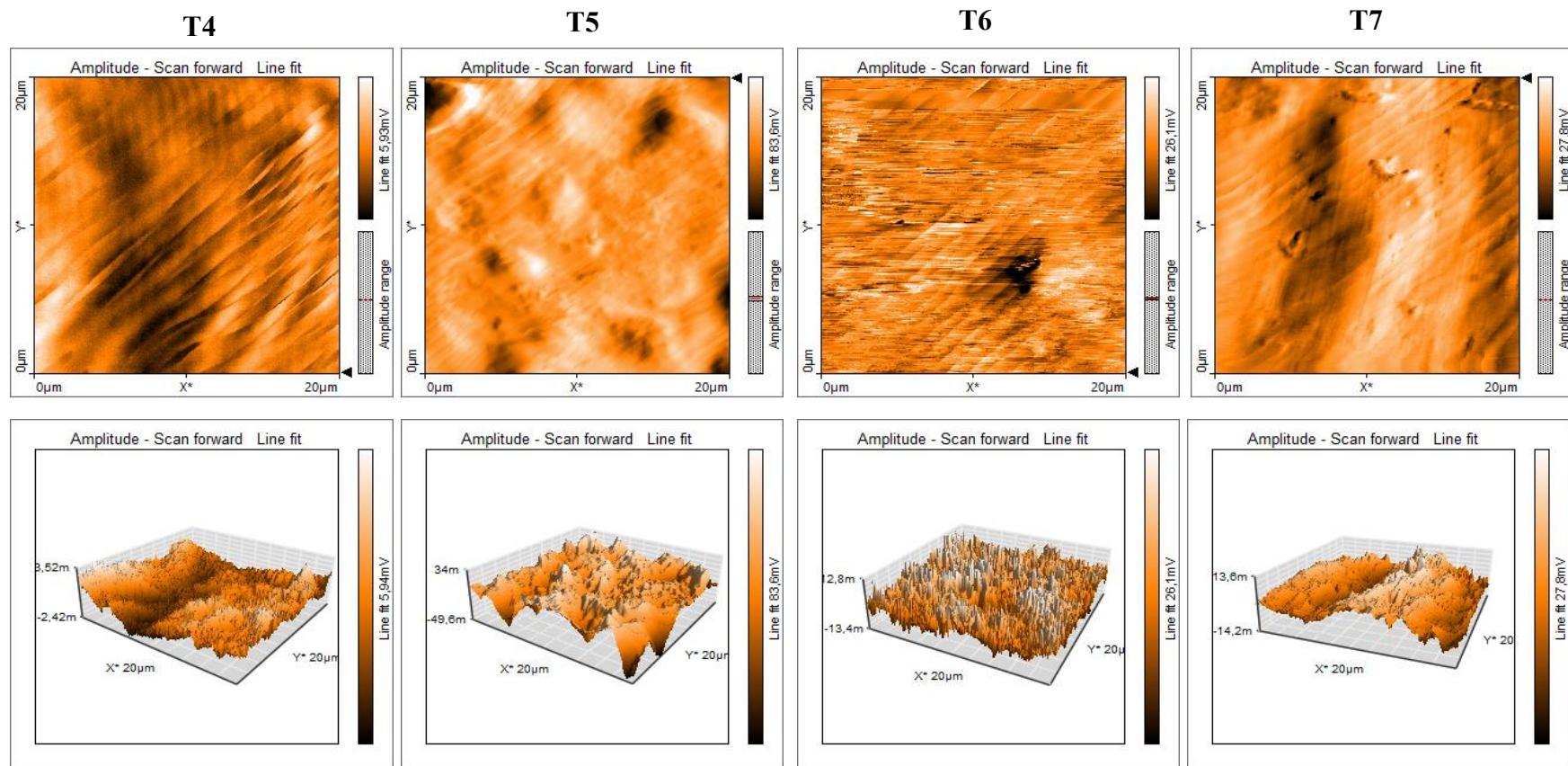


Figura 4: Imagens topográficas tridimensionais obtidas por AFM dos filmes produzidos: (Controle) sem plastificante; (T1) Mel ;(T2): VCO; (T3) AC; (T4) Mel + VCO ; (T5) Mel+AC ; (T6) VOC+AC ; (T7) Mel+VCO+AC

3.10 Propriedades Mecânicas

As formulações Controle (C), T1 (Mel) e T2 (VCO), foram selecionadas para análise mecânica por apresentarem melhores características quanto ao aspecto visual como boa maleabilidade, flexibilidade e fácil desprendimento da placa, além de possuir boas propriedades como umidade, solubilidade e intumescimento.

Os dados das propriedades mecânicas dos filmes orgânicos quanto à resistência à tração, alongamento na ruptura e o módulo de elasticidade estão apresentados na Tabela 4. As propriedades mecânicas dos filmes plastificados com mel e óleo de coco, foram significativamente diferentes ($p < 0,05$).

A resistência à tração (TC), é a maior tensão que o filme é capaz de suportar quando submetido à uma força de tração. Quando no filme foi adicionado plastificantes, a resistência à tração (TC) reduziu, sendo que o filme plastificado com mel apresentou maior resistência comparado ao de VCO.

O alongamento na ruptura (E (%)), corresponde a máxima porcentagem de mudança no comprimento do filme antes da quebra. O filme incorporado com mel apresentou maior valor de E (%), obtendo uma melhor plastificação quando comparado com filme plastificado com VCO.

O módulo de Young (EM) é um valor de rigidez do filme, sendo correspondente a inclinação da região linear inicial da curva tensão-deformação. Logo, quanto maior seu valor, mais rígido é o material analisado. O filme T1, apresentou menor valor de EM, não tendo diferença significativa para T2, contudo o filme Controle apresentou maior rigidez. Sendo observado a plastificação em ambos os casos.

De acordo com Sothornvit e Krochta (2001) o efeito do melhor plastificante deve ser avaliado de acordo com sua massa molar (MW), logo quando na mesma base de formulação do filme, plastificantes com MW menores tendem a produzir filmes mais plastificados do que plastificantes com MW mais altos, devido ao seu maior conteúdo molar. Assim, de acordo com a Tabela 1, pode-se verificar que o mel possui menor MW comparado aos outros plastificantes utilizados no estudo, corroborando os valores de E% e com a análise subjetiva quanto à flexibilidade e plastificação do filme. Com base nos resultados, conclui-se que o filme T1 foi o tratamento que obteve melhor formulação quanto às propriedades mecânicas.

Zhang et al.(2006) estudando a plastificação de filme de amido de pera com monossacarídeos (glucose, manose e frutose) e com polióis (glicerol e sorbitol), observaram uma maior resistência à tração e alongamento dos filmes incorporados com monossacarídeos do que os plastificados com polióis. Sugerindo que os plastificantes à base de monossacarídeos podem ser melhores em termos de propriedade física.

Galdeano et al. (2009) avaliando glicerol, sorbitol, ureia e sacarose como plastificantes em filmes de amido de aveia, puderam observar que filmes com sacarose com baixa UR são mais frágeis do que os outros plastificantes, contudo, estando entre 76 e 90% de UR, eles apresentam resistência compatível aos outros filmes plastificados.

Tabela 4: Propriedade mecânica dos filmes orgânicos selecionados.

Tratamento	Resistência à Tração (MPa) (TS)	Alongamento na Ruptura (%) E(%)	Módulo de Young (MPa) (EM)
C	23,8397±6,6929 ^a	3,44±0,89 ^{ab}	688,8998±69,3189 ^b
T1	17,4632±2,6592 ^b	4,47±1,48 ^b	423,4210±116,9637 ^a
T2	12,0000±2,7260 ^c	2,40±0,40 ^a	499,2681±78,8556 ^a

C: Controle; T1: Mel; T2: Óleo de Coco(VCO)

Os valores são apresentados como média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) quando analisadas pelo teste de Tukey.

4 CONCLUSÃO

Os filmes orgânicos à base de fécula de mandioca orgânica com plastificantes naturais e orgânicos, mel, açúcar mascavo orgânico e óleo de coco virgem foram desenvolvidos e caracterizados. A avaliação dos grânulos da fécula de mandioca orgânica ajudou no desenvolvimento do filme e na escolha assertiva da gelatinização ideal para o amido utilizado, sendo de 70°C.

Na análise subjetiva e visual, o filme plastificado com o mel como plastificante, T1 (Mel), foi classificado como excelente em todas as observações (homogeneidade, continuidade, maleabilidade e flexibilidade), enquanto T6 (VCO+AC) e T7 (Mel+VCO+AC) obtiveram as piores classificações. Já os filmes com VCO incorporado, apresentaram rugosidade devido ao acúmulo de VCO, assim como verificado na análise visual dos filmes. Já os filmes com açúcar, T3 (AC) e T5 (Mel+AC), não mostraram plastificação, tornando-se quebradiço. Assim, T1 (Mel) e T2 (VCO) foram os filmes que obtiveram melhores resultados quanto a flexibilidade e facilidade em remoção da placa.

A presença dos plastificantes nos filmes de fécula de mandioca orgânica, resultou em mudanças nos picos característicos do espectro FTIR, indicando interações entre os componentes dos filmes. Os tratamentos com mel e açúcar mascavo mostraram maior intensidade nos picos característicos sugerindo a presença de grupos hidroxilas que formam novas ligações de hidrogênio. Enquanto os filmes com VCO não apresentaram indicação picos de presença de número de moléculas de água ligadas nos filmes.

Os plastificantes incorporados apresentaram diferentes resultados quanto a solubilidade quando comparado à literatura. Surpreendentemente, os filmes com mel e açúcar mascavo orgânico apresentaram menores valores no teor de solubilidade, enquanto os filmes com VCO apresentaram maiores valores. Já o índice de intumescimento não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, contudo, nos filmes com mel foi observado maior valor seguido do Controle.

De modo geral, os plastificantes, Mel, VCO e açúcar mascavo orgânico, promoveram mudanças na estrutura do filme. Todas os filmes desenvolvidos apresentaram boa propriedade hidrofóbica e baixa opacidade.

O ensaio mecânico dos filmes selecionados (T1 e T2), T1(mel) demonstrou melhores características quanto à resistência a tração, alongamento a ruptura e modulo de Young. Onde foi observado que o efeito do melhor plastificante podendo ser explicado pela sua massa molar. Quanto menor a massa molar melhor a plastificação dos filmes desenvolvidos.

Logo, os filmes orgânicos desenvolvidos à base de fécula de mandioca com incorporação de plastificantes naturais e orgânicos, em especial o mel, apresentaram boas propriedades físicas e mecânicas. Onde apresentou vantagens notáveis, incluindo excelente flexibilidade e resistência mecânica, tornando-o adequado a aplicação em diversas embalagens. Comparando-os aos filmes de amido com plastificantes sintéticos usualmente estudados na literatura. Tornando-o assim, uma opção promissora para embalagem sustentáveis e ecologicamente correta de produtos alimentícios.

Contudo, a sensibilidade desse filme à umidade pode inferir em uma limitação, a depender da aplicação em alimentos do material. Além disso, o custo de produção pode ser maior devido ao uso do mel como plastificante, em comparação aos sintéticos mais baratos.

Assim, sugere-se para trabalhos futuros sua caracterização, assim como estudo e investigação do filme com mel quanto a possibilidade de filme ativo, uma vez que o mesmo apresenta propriedades antioxidantes e antimicrobianas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Central Analítica Multusuário do Instituto de Química da UFRRJ, Laboratório de Polímeros, Nanomateriais e Química Supramolecular e Laboratório de Microscopia – Análise e Pesquisa, da UFF-VR e Embrapa Agroindústria de Alimentos.

REFERÊNCIAS

- AHMED, J., HIREMATH, N., JACOB, H. "Antimicrobial, Rheological, and Thermal Properties of Plasticized Polylactide Films Incorporated with Essential Oils to Inhibit *Staphylococcus aureus* and *Campylobacter jejuni*", *Journal of Food Science*, v. 81, n. 2, p. E419–E429, 1 fev. 2016. DOI: 10.1111/1750-3841.13193.
- ALBUQUERQUE, M. F. C., "Understanding organic agriculture through a legal perspective". *Organic Farming: Global Perspectives and Methods*, [S.l.], Elsevier Inc., 2018. p. 317–330. DOI: 10.1016/B978-0-12-813272-2.00011-2.
- AL-FARSI, M., AL-AMRI, A., AL-HADHRAMI, A., *et al.* "Color, flavonoids, phenolics and antioxidants of Omani honey", *Heliyon*, v. 4, n. 10, p. e00874, 2018. DOI: 10.1016/j.heliyon.2018.e00874. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00874>.
- ALMEIDA, D. M., WOICIECHOWSKI, A. L., WOSIACKI, G., *et al.* "Propriedades Físicas, Químicas e de Barreira em Filme Formados por Blenda de Celulose Bacteriana e Fécula de Batata", *Polímeros*, v. 23, n. 4, p. 538–546, 2013. DOI: 10.4322/polimeros.2013.038..
- ALVAREZ-SUAREZ, J. M., TULIPANI, S., DÍAZ, D., *et al.* "Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds", *Food and Chemical Toxicology*, v. 48, n. 8–9, p. 2490–2499, 2010. DOI: 10.1016/j.fct.2010.06.021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2010.06.021>.
- ALVES LOPES, I., COELHO PAIXÃO, L., SOUZA DA SILVA, L. J., *et al.* "Elaboration and characterization of biopolymer films with alginate and babassu coconut mesocarp", *Carbohydrate Polymers*, v. 234, n. December 2019, p. 115747, 2020. DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.115747..
- ALVES, V. D., MALI, S., BELÉIA, A., *et al.* "Effect of glycerol and amylose enrichment on cassava starch film properties", *Journal of Food Engineering*, v. 78, n. 3, p. 941–946, 2007. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.12.007..
- ALVES, Rosa M V, BORDIN, Mauricio R, GARCIA, Eloisa E C, *et al.* "PERMEABILIDADE AO VAPOR D'ÁGUA: COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ENSAIOS". 8º Congresso Brasileiro de Polímeros, 2006. , p. 959–960.
- AMIN, U., KHAN, M. U., MAJEED, Y., REBEZOV, M., KHAYRULLIN, M., BOBKOVÁ, E., SHARIATI, M. A., CHUNG, I. M., THIRUVENGADAM, M., *et al.* "O Atual Cenário Do Consumo De Alimentos Orgânicos", *Revista da Educação Física/Uem*, v. 11, n. 4, p. 1–9, 2021. DOI: 10.35699/2447-6218.2019.15926. .
- AMIN, U., KHAN, M. U., MAJEED, Y., REBEZOV, M., KHAYRULLIN, M., BOBKOVÁ, E., SHARIATI, M. A., CHUNG, I. M., THIRUVENGADAM, M. "Potentials of polysaccharides, lipids and proteins in biodegradable food packaging applications", *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 183, n. May, p. 2184–2198, 2021. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.05.182. .
- ANDRADE, L. M. S., BERTOLDI, M. C. "Atitudes e motivações em relação ao consumo de alimentos orgânicos em Belo Horizonte - MG", *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 15, n. spe, p. 31–40, 2012. DOI: 10.1590/s1981-67232012005000034. .

ANKLAM, E. "A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey", Food Chemistry, v. 63, n. 4, p. 549–562, 1998. .

BANDEIRA, E. I. "Desenvolvimento e caracterização de micropartículas de amido reticuladas com agente fosfatado e avaliação da adsorção do azul de metileno", Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, 2016. .

BECKER, L., VAN ROMPAY, T. J. L., SCHIFFERSTEIN, H. N. J., *et al.* "Tough package, strong taste: The influence of packaging design on taste impressions and product evaluations", Food Quality and Preference, v. 22, n. 1, p. 17–23, 2011. DOI: 10.1016/j.foodqual.2010.06.007. BEIRANVAND, S., WILLIAMS, A., LONG, S., *et al.* "Use of kinetic data to model potential antioxidant activity: Radical scavenging capacity of Australian Eucalyptus honeys", Food Chemistry, n. October, p. 128332, 2020. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128332. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128332>.

BERGO, P., MORAES, I. C. F., SOBRAL, P. J. A. "Effects of plasticizer concentration and type on moisture content in gelatin films", Food Hydrocolloids, v. 32, n. 2, p. 412–415, ago. 2013. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2013.01.015. .

BETTANI, S. R., LAGO, C. E., FARIA, D. A. M., *et al.* "Avaliação Físico-Química E Sensorial De Açúcares Orgânicos E Convencionais", Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v. 16, n. 2, p. 155–162, 2014. DOI: 10.15871/1517-8595/rbpa.v16n2p155-162. .

BINSI, P. K., RAVISHANKAR, C. N., SRINIVASA GOPAL, T. K. "Development and Characterization of an Edible Composite Film Based on Chitosan and Virgin Coconut Oil with Improved Moisture Sorption Properties", Journal of Food Science, v. 78, n. 4, abr. 2013. DOI: 10.1111/1750-3841.12084. .

BOOBALAN, K., NACHIMUTHU, G. S. "Organic consumerism: A comparison between India and the USA", Journal of Retailing and Consumer Services, v. 53, n. October 2019, p. 101988, 2020. DOI: 10.1016/j.jretconser.2019.101988. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.101988>.

BOOBALAN, K., NACHIMUTHU, G. S., BARBOSA, E. J. Q., *et al.* "Análise Dos Aspectos Ambientais No Design De Embalagens De Açucar Mascavo Orgânico", International Journal of Hospitality Management, v. 53, n. 2, p. 31–43, 2016. DOI: 10.1099/jmm.0.034157-0. .

BOOBALAN, K., NACHIMUTHU, G. S., BARBOSA, E. J. Q., *et al.* "When organic food choices shape subsequent food choices: The interplay of gender and health consciousness", International Journal of Hospitality Management, v. 53, n. October 2019, p. 31–43, 2019. DOI: 10.1016/j.ijhm.2018.04.008. .

BRASIL. "Instrução Normativa Nº 11, de 20 de Outubro de 2000", MAPA, v. 1, n. 20, p. 220, 2020. .

BRASIL. Instrução Normativa Nº11, de 20 de Outubro de 2000. Ministério da Agricultura e Abastecimento. [S.l: s.n.], 2000

BRASIL, G. V. da S., RAPOSO, A. K. da S., RIBEIRO, G. A. C., *et al.* "Incorporação de pólen de abelha Tubi (Scaptotrigona sp) em filmes biodegradáveis de alginato, pectina e amido", Research, Society and Development, v. 11, n. 9, p. e11711931603, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i9.31603. .

CAETANO, K. dos S., LOPES, N. A., COSTA, T. M. H., *et al.* "Characterization of active biodegradable films based on cassava starch and natural compounds", Food Packaging and

Shelf Life, v. 16, n. November 2017, p. 138–147, 2018. DOI: 10.1016/j.fpsl.2018.03.006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.03.006>.

CARFORA, V., CAVALLO, C., CASO, D., *et al.* "Explaining consumer purchase behavior for organic milk: Including trust and green self-identity within the theory of planned behavior", Food Quality and Preference, v. 76, p. 1–9, 2019. DOI: 10.1016/j.foodqual.2019.03.006. .

CARPINÉ, D., DAGOSTIN, J. L. A., BERTAN, L. C., *et al.* "Development and Characterization of Soy Protein Isolate Emulsion-Based Edible Films with Added Coconut Oil for Olive Oil Packaging: Barrier, Mechanical, and Thermal Properties", Food and Bioprocess Technology, v. 8, n. 8, p. 1811–1823, 1 ago. 2015. DOI: 10.1007/s11947-015-1538-4. .

CARPINÉ, D., DAGOSTIN, J. L. A., DE ANDRADE, E. F., *et al.* "Effect of the natural surfactant Yucca schidigera extract on the properties of biodegradable emulsified films produced from soy protein isolate and coconut oil", Industrial Crops and Products, v. 83, p. 364–371, 2016. DOI: 10.1016/j.indcrop.2016.01.014. .

CASTALDO, S., PERRINI, F., MISANI, N., *et al.* "The missing link between corporate social responsibility and consumer trust: The case of fair trade products", Journal of Business Ethics, v. 84, n. 1, p. 1–15, 2009. DOI: 10.1007/s10551-008-9669-4.

CAVALIERI, NATÁLIA FURTADO; DIAS, JANE DE SOUZA RUI; MIYAGUSKU, LUCIANA; AMARAL, MARCOS SERROU; PRATES, M. F. O. "Physical and antimicrobial properties of starch and honey biodegradable films", Cadernos de Agroecologia –, v. 13, n. 2236–7934, p. 1–10, 2018.

CHANDRA, R., RUSTGI, R. "Biodegradable polymers", Progress in Polymer Science (Oxford), v. 23, n. 7, p. 1273–1335, 1998. DOI: 10.1016/S0079-6700(97)00039-7.

CHEMIRU, G., GONFA, G. "Preparation and characterization of glycerol plasticized yam starch-based films reinforced with titanium dioxide nanofiller", Carbohydrate Polymer Technologies and Applications, v. 5, 1 jun. 2023. DOI: 10.1016/j.carpta.2023.100300.

CHEN, H., SUN, Z., YANG, H. "Effect of carnauba wax-based coating containing glycerol monolaurate on the quality maintenance and shelf-life of Indian jujube (*Zizyphus mauritiana* Lamk.) fruit during storage", Scientia Horticulturae, v. 244, n. September 2018, p. 157–164, 2019. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.09.039.

CHEN, P., YU, L., KEALY, T., *et al.* "Phase transition of starch granules observed by microscope under shearless and shear conditions", Carbohydrate Polymers, v. 68, n. 3, p. 495–501, 2007. DOI: 10.1016/j.carbpol.2006.11.002.

CHENG, J., GAO, R., ZHU, Y., *et al.* Applications of biodegradable materials in food packaging: A review. Alexandria Engineering Journal. [S.I.], Elsevier B.V. , 1 mar. 2024

CHOLLAKUP, R., PONGBUROOS, S., BOONSONG, W., *et al.* "Antioxidant and antibacterial activities of cassava starch and whey protein blend films containing rambutan peel extract and cinnamon oil for active packaging", Lwt, v. 130, n. May, p. 109573, 2020. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109573.

LEITES, CLAUDIA., FRICK, JULIA MENEGOTTO, ISABEL CRISTINA, T. "Influence of the incorporation form of waste from the production of orange juice in the properties of cassava starch-based films", Food Hydrocolloids, v. 117, 1 ago. 2021. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.106730.

- CORTÉS-RODRÍGUEZ, M., VILLEGAS-YÉPEZ, C., GIL GONZÁLEZ, J. H., *et al.* "Development and evaluation of edible films based on cassava starch, whey protein, and bees wax", *Heliyon*, v. 6, n. 9, 2020. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e04884. .
- COSTA, T. L., LEITE, R. H. L., AROUCHA, E. M. M., *et al.* "Edible films from polymeric blends of chitosan, pectin and cassava starch", *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 15, n. 4, p. 391–397, 2020. DOI: 10.18378/rvads.v15i4.6713.
- CUI, C., JI, N., WANG, Y., *et al.* "Bioactive and intelligent starch-based films: A review", *Trends in Food Science and Technology*, v. 116, n. March, p. 854–869, 2021. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.08.024. .
- CUNHA, G. F. Biofilmes à base de amido incorporados com extratos etanólico de própolis. 2017. 1–74 f. Dissertação – Instituto Federal de Educação, Rio Verde, 2017.
- DAI, L., ZHANG, J., CHENG, F. "Cross-linked starch-based edible coating reinforced by starch nanocrystals and its preservation effect on graded Huangguan pears", *Food Chemistry*, v. 311, p. 125891, 2020. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125891. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125891>.
- DAI, L., ZHANG, J., CHENG, F. "Effects of starches from different botanical sources and modification methods on physicochemical properties of starch-based edible films", *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 132, p. 897–905, 2019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.03.197. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.197>.
- OLIVEIRA ROMERA, C., DE MORAES, J. O., ZOLDAN, V. C., *et al.* "Use of transient and steady-state methods and AFM technique for investigating the water transfer through starch-based films", *Journal of Food Engineering*, v. 109, n. 1, p. 62–68, mar. 2012. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2011.09.033. .
- DEMORI, D., NOVELLO, A., SANDRI, I. G., *et al.* Avaliação da estabilidade térmica dos compostos fenólicos da farinha de bagaço de aracá utilizando pré-tratamento enzimático. 2016. XII Seminário Brasileiro de Tecnologia Enzimática – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2016.
- DORCE, L. C., DA SILVA, M. C., MAUAD, J. R. C., *et al.* "Extending the theory of planned behavior to understand consumer purchase behavior for organic vegetables in Brazil: The role of perceived health benefits, perceived sustainability benefits and perceived price", *Food Quality and Preference*, v. 91, n. July 2020, 2021. DOI: 10.1016/j.foodqual.2021.104191. .
- EDHIREJ, A., SAPUAN, S. M., JAWAID, M., *et al.* "Effect of various plasticizers and concentration on the physical, thermal, mechanical, and structural properties of cassava-starch-based films", *Starch/Stärke*, v. 69, n. 1–2, 1 jan. 2017. DOI: 10.1002/star.201500366. .
- EFING, A. C., GREGORIO, C. L. "ORGANIC LABELING, RIGHT TO INFORMATION AND FOOD SECURITY", *Revista da Faculdade Mineira de Direito*, v. 20, p. 45–69, 2019. .
- ENGEL, J. B., AMBROSI, A., TESSARO, I. C. "Development of biodegradable starch-based foams incorporated with grape stalks for food packaging", *Carbohydrate Polymers*, v. 225, p. 115234, 2019. DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.115234. .
- ENUJIUGHA, V. N., OYINLOYE, A. M., ALMEIDA, S. L. De, *et al.* "Protein-Lipid Interactions and the Formation of Edible Films and Coating", *Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, v. 32, n. 1, p. 537–542, 2018. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.10.051. .

ESTEVINHO, L., PEREIRA, A. P., MOREIRA, L., *et al.* "Antioxidant and antimicrobial effects of phenolic compounds extracts of Northeast Portugal honey", Food and Chemical Toxicology, v. 46, n. 12, p. 3774–3779, 2008. DOI: 10.1016/j.fct.2008.09.062. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2008.09.062>.

FANG, J. M., FOWLER, P. A., TOMKINSON, J., *et al.* "The preparation and characterisation of a series of chemically modified potato starches", Carbohydrate Polymers, v. 47, p. 245–252, 2002. Disponível em: www.elsevier.com/locate/carbpol.

FANGFANG, Z., XINPENG, B., WEI, G., *et al.* "Effects of virgin coconut oil on the physicochemical, morphological and antibacterial properties of potato starch-based biodegradable films", International Journal of Food Science and Technology, v. 55, n. 1, p. 192–200, 2020a. DOI: 10.1111/ijfs.14262..

FERNANDES, L. M., GUIMARÃES, J. T., SILVA, R., *et al.* "Whey protein films added with galactooligosaccharide and xylooligosaccharide", Food Hydrocolloids, v. 104, 1 jul. 2020a. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.105755..

FIBL AND IFOAM. The world of Organic Agriculture:Statistics and emerging trends. [S.l: s.n.], 2022.

FISHMAN, M. L., COFFIN, D. R., KONSTANCE, R. P., *et al.* Extrusion of pectin/starch blends plasticized with glycerol. [S.l: s.n.], [S.d.]. Disponível em: www.elsevier.com/locate/carbpol.

GALDEANO, M. C., MALI, S., GROSSMANN, M. V. E., *et al.* "Effects of plasticizers on the properties of oat starch films", Materials Science and Engineering C, v. 29, n. 2, p. 532–538, 2009a. DOI: 10.1016/j.msec.2008.09.034. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2008.09.034>.

GAO, W., LIU, P., LI, X., *et al.* "The co-plasticization effects of glycerol and small molecular sugars on starch-based nanocomposite films prepared by extrusion blowing", International Journal of Biological Macromolecules, v. 133, p. 1175–1181, 15 jul. 2019a. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.04.193..

GARCIA, L. N. H., CASTRO, B. G. de, OLIVEIRA, J. F. de, *et al.* "Physical-chemical quality of honey of *Apis mellifera* of different flowering", Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, v. 12, n. 1, p. 11–20, 2018. DOI: 10.5935/1981-2965.20180002..

GARCIA-HERNANDEZ, A., VERNON-CARTER, E. J., ALVAREZ-RAMIREZ, J. "Impact of ghosts on the mechanical, optical, and barrier properties of corn starch films", Starch/Staerke, v. 69, n. 1–2, 1 jan. 2017. DOI: 10.1002/star.201600308..

GASPAR, I. de A., SHIMOYA, A. "Avaliação de confiabilidade de uma pesquisa utilizando o coeficiente alfa de cronbach", Simpório de Engenharia de Produção, p. 1–7, 2009..

GHASEMLOU, M., ALIHEIDARI, N., FAHMI, R., *et al.* "Physical, mechanical and barrier properties of corn starch films incorporated with plant essential oils", Carbohydrate Polymers, v. 98, n. 1, p. 1117–1126, 2013. DOI: 10.1016/j.carbpol.2013.07.026..

GLICERINA, V., SIROLI, L., CANALI, G., *et al.* "Efficacy of biodegradable, antimicrobial packaging on safety and quality parameters maintenance of a pear juice and rice milk-based smoothie product", Food Control, v. 128, n. April, p. 108170, 2021. DOI: 10.1016/j.foodcont.2021.108170.

GÓMEZ, E. F., MICHEL, F. C. "Biodegradability of conventional and bio-based plastics and natural fiber composites during composting, anaerobic digestion and long-term soil

incubation", *Polymer Degradation and Stability*, v. 98, n. 12, p. 2583–2591, 2013. DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2013.09.018. .

GONÇALVES, A. "Percepção do consumidor com relação à embalagem de alimentos: tendências", *Estudos Tecnológicos em Engenharia*, v. 4, n. 3, p. 271–283, 14 jan. 2009. DOI: 10.4013/ete.20083.10. .

GONZÁLEZ-CEBALLOS, L., CAVIA, M. del M., FERNÁNDEZ-MUIÑO, M. A., *et al.* "A simple one-pot determination of both total phenolic content and antioxidant activity of honey by polymer chemosensors", *Food Chemistry*, n. September, p. 128300, 2020. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128300. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128300>.

GRAINGER, M. N. C., OWENS, A., MANLEY-HARRIS, M., *et al.* "Kinetics of conversion of dihydroxyacetone to methylglyoxal in New Zealand mānuka honey: Part IV – Formation of HMF", *Food Chemistry*, v. 232, p. 648–655, 1 out. 2017. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.04.066.

GUIMARÃES, M. C., MOTTA, J. F. G., MADELLA, D. K. S. F., *et al.* "Edible coatings used for conservation of minimally processed vegetables: a review", *Research, Society and Development*, v. 9, n. 8, p. 1689–1699, 19 jul. 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.6018.

GUTIÉRREZ, T. J., MORALES, N. J., PÉREZ, E., *et al.* "Physico-chemical properties of edible films derived from native and phosphated cush-cush yam and cassava starches", *Food Packaging and Shelf Life*, v. 3, p. 1–8, 2015. DOI: 10.1016/j.fpsl.2014.09.002.

HAN, H., HOU, J., YANG, N., *et al.* "Insight on the changes of cassava and potato starch granules during gelatinization", *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 126, p. 37–43, 1 abr. 2019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.12.201.

HASHEMI, S. M. B., MOUSAVI KHANEHGAH, A. "Characterization of novel basil-seed gum active edible films and coatings containing oregano essential oil", *Progress in Organic Coatings*, v. 110, p. 35–41, 1 set. 2017a. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2017.04.041.

HASSAN, B., CHATHA, S. A. S., HUSSAIN, A. I., *et al.* "Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review", *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 109, p. 1095–1107, 2018. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097.

HERMANSSON, A.-M., SVEGMARK, K. "Developments in the understanding of starch functionality", *Trends in Food Science & Technology*, v. 7, p. 345–353, nov. 1996.

IFOAM. Basic standards for organic production and processing (IFOAM). 2009. ed. Germany, [s.n.], 2009. v. version 20.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químico para análise de alimentos. IV EDIÇÃO ed. SÃO PAULO, [s.n.], 2008.

JHA, P. "Effect of plasticizer and antimicrobial agents on functional properties of bionanocomposite films based on corn starch-chitosan for food packaging applications", *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 160, p. 571–582, 2020. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.05.242.

JOUKI, M., KHAZAEI, N., GHASEMLOU, M., *et al.* "Effect of glycerol concentration on edible film production from cress seed carbohydrate gum", *Carbohydrate Polymers*, v. 96, n. 1, p. 39–46, 1 jul. 2013. DOI: 10.1016/j.carbpol.2013.03.077.

KANG, X., LIU, P., GAO, W., *et al.* "Preparation of starch-lipid complex by ultrasonication and its film forming capacity", Food Hydrocolloids, v. 99, n. April 2019, p. 105340, 2020. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.105340.

KHALIL, M. I., SULAIMAN, S. A., ALAM, N., *et al.* "CONTENT AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF PROCESSED TUALANG HONEY (AGROMAS®) COLLECTED FROM DIFFERENT REGIONS IN MALAYSIA", International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, v. 4, n. 3, p. 214–219, 2012.

KIRSCHWENG, B., TÁTRAALJAI, D., FÖLDES, E., *et al.* "Natural antioxidants as stabilizers for polymers", Polymer Degradation and Stability, v. 145, p. 25–40, 2017. DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2017.07.012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2017.07.012>.

KOKLIC, M. K., GOLOB, U., PODNAR, K., *et al.* "The interplay of past consumption, attitudes and personal norms in organic food buying", Appetite, v. 137, p. 27–34, 2019. DOI: 10.1016/j.appet.2019.02.010.

LAMONACA, E., CAFARELLI, B., CALCULLI, C., *et al.* "Heliyon Consumer perception of attributes of organic food in Italy : A CUB model study", Heliyon, v. 8, n. October 2021, p. e09007, 2022. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09007..

LEITES, L., JULIA MENEGOTTO FRICK, P., ISABEL CRISTINA, T. "Influence of the incorporation form of waste from the production of orange juice in the properties of cassava starch-based films", Food Hydrocolloids, v. 117, n. February, p. 106730, 2021. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.106730. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106730>.

LEMOS, P. V. F., BARBOSA, L. S., RAMOS, I. G., *et al.* "Characterization of amylose and amylopectin fractions separated from potato, banana, corn, and cassava starches", International Journal of Biological Macromolecules, v. 132, p. 32–42, 1 jul. 2019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.03.086.

LI, H., PRAKASH, S., NICHOLSON, T. M., *et al.* "The importance of amylose and amylopectin fine structure for textural properties of cooked rice grains", Food Chemistry, v. 196, p. 702–711, 1 abr. 2016. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.09.112.

LI, S., MA, Y., JI, T., *et al.* "Cassava starch/carboxymethylcellulose edible films embedded with lactic acid bacteria to extend the shelf life of banana", Carbohydrate Polymers, v. 248, p. 116805, nov. 2020a. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116805.

LIM, W. S., OCK, S. Y., PARK, G. D., *et al.* "Heat-sealing property of cassava starch film plasticized with glycerol and sorbitol", Food Packaging and Shelf Life, v. 26, n. March, p. 100556, 2020a. DOI: 10.1016/j.fpsl.2020.100556.

LIMA, P. A. L. de, BRUNINI, M. A., KANESIRO, L. A., *et al.* "Perfil Do Consumidor De Produtos Orgânicos Na Cidade De São Joaquim Da Barra / Sp.", Nucleus, v. 8, n. 1, p. 67–80, 2011. DOI: 10.3738/1982.2278.516.

LIMA, S. K., GALIZA, M., VALADARES, A., *et al.* "Produção e consumo de produtos orgânicos no mundo e no brasil", Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, p. 52, 2019. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>.

LIU, D., JIANG, P., NIE, Z., *et al.* "Synthesis of an efficient bio-based plasticizer derived from waste cooking oil and its performance testing in PVC", Polymer Testing, v. 90, n. May, p. 106625, 2020. DOI: 10.1016/j.polymertesting.2020.106625. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106625>.

LOPES, D. C., BEATRIZ, K., RODRIGUES, R. "Caracterização do abacaxi e sua casca como alimento funcional : revisão narrativa Characterization of pineapple and its peel as a functional food : narrative review Caracterización de la piña y su cáscara como alimento funcional : revisión narrativa", v. 2022, p. 1–22, 2022.

LU, X., CHEN, J., GUO, Z., et al. "Using polysaccharides for the enhancement of functionality of foods: A review", Trends in Food Science and Technology, v. 86, p. 311–327, 2019. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.02.024.

LUCHESE, C. L., RODRIGUES, R. B., TESSARO, I. C. "Cassava starch-processing residue utilization for packaging development", International Journal of Biological Macromolecules, v. 183, n. June, p. 2238–2247, 2021. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.06.029.

MACHADO, S. S. Tecnologia da Fabricação do Açúcar. [S.l: s.n.], 2012.

MADELLA, D. K. S. F., MELO, N. R. de. "Material de base orgânica como alternativa para embalagem de produtos alimentícios", Research, Society and Development, v. 11, n. 10, p. e15111032244, 21 jul. 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i10.32244.

MAHMOOD, K., KAMILAH, H., SHANG, P. L., et al. "A review: Interaction of starch/non-starch hydrocolloid blending and the recent food applications", Food Bioscience, v. 19, p. 110–120, 2017. DOI: 10.1016/j.fbio.2017.05.006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2017.05.006>.

MALI, S., GROSSMANN, M. V. E., YAMASHITA, F. Starch films: Production, properties and potential of utilization. Semina: Ciencias Agrarias. [S.l.], Universidade Estadual de Londrina., 2010.

MALISSIOVA, E., TSOKANA, K., SOULTANI, G., et al. "Organic food: A Study of consumer perception and preferences in Greece.", Applied Food Research, v. 2, n. 1, p. 100129, 2022. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100129.

MANIGLIA, B. C., TESSARO, L., RAMOS, A. P., et al. "Which plasticizer is suitable for films based on babassu starch isolated by different methods?", Food Hydrocolloids, v. 89, n. C, p. 143–152, 2019. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2018.10.038. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.218>.

MANTZARI, G., RAPHAELIDES, S. N., EXARHOPOULOS, S. "Effect of sorbitol addition on the physicochemical characteristics of starch-fatty acid systems", Carbohydrate Polymers, v. 79, n. 1, p. 154–163, 5 jan. 2010. DOI: 10.1016/j.carbpol.2009.07.043.

MARTINELLI, S. S., CAVALLI, S. B. "Healthy and sustainable diet: A narrative review of the challenges and perspectives", Ciencia e Saude Coletiva, v. 24, n. 11, p. 4251–4262, 2019. DOI: 10.1590/1413-812320182411.30572017.

MENEZES FILHO, A. C. P. de, SOUSA, W. C. de, CASTRO, C. F. de S. "Características de embalagens biodegradáveis a partir do resíduo de melancia e incorporadas com amido do tubérculo de *Sinningia elatior*", Research, Society and Development, v. 9, n. 8, p. e932986547, 2 ago. 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.6547.

MENOZZI, D., HALAWANY-DARSON, R., MORA, C., et al. "Motives towards traceable food choice: A comparison between French and Italian consumers", Food Control, v. 49, p. 40–48, 2015. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.09.006.

MENZEL, C., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C., CHIRALT, A., et al. "Antioxidant starch films containing sunflower hull extracts", Carbohydrate Polymers, v. 214, p. 142–151, 15 jun. 2019. DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.03.022.

- MIGLIORANZA, B. M. G., SPINELLI, F. R., STOFFEL, F., *et al.* "Biodegradable film for raisins packaging application: Evaluation of physico-chemical characteristics and antioxidant potential", *Food Chemistry*, v. 365, n. June, p. 130538, 2021. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130538.
- MOHAMED, S. A. A., EL-SAKHAWY, M., EL-SAKHAWY, M. A. M. "Polysaccharides, Protein and Lipid -Based Natural Edible Films in Food Packaging: A Review", *Carbohydrate Polymers*, v. 238, p. 116178, 2020. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116178.
- MORAES, M. D. De. "Produção orgânica e agricultura familiar: obstáculos e oportunidades nacionalmente . Segundo levantamento do Instituto de Investigação da Agricultura Orgânica", v. 1, p. 19–37, 2017.
- MOTTA, J.F.G., DE SOUZA, A. R., GONÇALVES, S. M., *et al.* "Development of active films based on modified starches incorporating the antimicrobial agent lauroyl arginate (LAE) for the food industry", *Food and Bioprocess Technology*, 2020. DOI: 10.1007/s11947-020-02548-0.
- MÜLLER, C. M. O., YAMASHITA, F., LAURINDO, J. B. "Evaluation of the effects of glycerol and sorbitol concentration and water activity on the water barrier properties of cassava starch films through a solubility approach", *Carbohydrate Polymers*, v. 72, n. 1, p. 82–87, 3 abr. 2008. DOI: 10.1016/j.carbpol.2007.07.026.
- NAKASHIMA, A. Y., CHEVALIER, R. C., CORTEZ-VEGA, W. R. "DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF COLLAGEN FILMS WITH ADDED ESSENTIAL OIL OF CLOVE INDIA", *Journal of bioenergy and food science*, v. 3, n. 1, p. 50–57, 2016. DOI: 10.18067/jbfs.v3i1.86.
- NASCIMENTO, K. S. do, GASPAROTTO SATTLER, J. A., LAUER MACEDO, L. F., *et al.* "Phenolic compounds, antioxidant capacity and physicochemical properties of Brazilian Apis mellifera honeys", *LWT*, v. 91, p. 85–94, 1 maio 2018. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.01.016.
- NETO, A. S. da S., SILVA, L. M. S., MELO NETO, B. "Utilização do óleo de coco na produção de cosméticos: uma revisão bibliográfica", *Research, Society and Development*, v. 9, n. 11, p. e75491110397, 3 dez. 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.10397.
- OMEROVIĆ, N., DJISALOV, M., ŽIVOJEVIĆ, K., *et al.* "Antimicrobial nanoparticles and biodegradable polymer composites for active food packaging applications", *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 20, n. 3, p. 2428–2454, 1 maio 2021. DOI: 10.1111/1541-4337.12727.
- ORDOÑEZ, R., ATARÉS, L., CHIRALT, A. "Physicochemical and antimicrobial properties of cassava starch films with ferulic or cinnamic acid", *LWT*, v. 144, 1 jun. 2021. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111242.
- PARK, E. Y., MOON, J. H., PARK, H. Y., *et al.* "Effect of thermal shock cycling on storage stability and quality of fresh-cut potato", *Lwt*, v. 121, n. December 2019, p. 108972, 2020. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108972.
- PAVONI, J. M. F., LUCHESE, C. L., TESSARO, I. C. "Impact of acid type for chitosan dissolution on the characteristics and biodegradability of cornstarch/chitosan based films", *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 138, p. 693–703, 1 out. 2019b. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.07.089.
- PIVATO, S., NICOLA, MISANIAND, TENCATIN, A. "The impact of corporate social responsibility on consumer loyalty", *Kajian Malaysia*, v. 30, n. 2, p. 71–93, 2012.

- POHL, N. H., PEREIRA FILHO, J. B. C., ABBADE, E. B. "O Perfil Dos Consumidores De Produtos Orgânicos Da Cidade De Santa Maria-Rs", Revista Estudo & Debate, v. 26, n. 4, p. 67–83, 2019. DOI: 10.22410/issn.1983-036x.v26i4a2019.2170.
- PORTO, B. R., NORDI, W. M. "Caracterização de consumidores de alimentos orgânicos", Caderno de Ciências Agrárias, v. 11, p. 1–9, 2019. DOI: 10.35699/2447-6218.2019.15926.
- QIN, Y., LIU, Y., YONG, H., *et al.* "Preparation and characterization of active and intelligent packaging films based on cassava starch and anthocyanins from *Lycium ruthenicum* Murr", International Journal of Biological Macromolecules, v. 134, p. 80–90, 1 ago. 2019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.05.029.
- QUADROS, G. C. L. F. V. G. R. da S. Development of active biodegradable films based on acetylated starch. Apucarana - PR, [s.n.], nov. 2018. Disponível em: <https://eventos.utfpr.edu.br/sei/sei2018>.
- QUEIROZ, E. L., ARAÚJO, G. S., ALMEIDA, T. B., *et al.* "Chemical and mechanical properties of cassava starch bioactive film with jambolan (*Syzygium cumini* L.) extract addition", Brazilian Journal of Food Technology, v. 24, 2021. DOI: 10.1590/1981-6723.21620.
- RAHARDIYAN, D., MOKO, E. M., TAN, J. S., *et al.* Thermoplastic starch (TPS) bioplastic, the green solution for single-use petroleum plastic food packaging – A review. Enzyme and Microbial Technology. [S.l.], Elsevier Inc., 1 ago. 2023
- RINDLAV-WESTLING, A., STADINGB, M., HERMANSSONB, A.-M., *et al.* "Structure, mechanical and barrier properties of amylose and amylopectin films", Carbohydrate Polymers, v. 36, p. 217–224, 17 dez. 1998.
- RIZELIO, V. M., GONZAGA, L. V., DA SILVA CAMPELO BORGES, G., *et al.* "Development of a fast MECK method for determination of 5-HMF in honey samples", Food Chemistry, v. 133, n. 4, p. 1640–1645, 15 ago. 2012. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.11.058.
- ROCHA, A. A. DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES À BASE DE AMIDO DE ARARUTA (MARANTA ARUNDINACEA L .) COM ADIÇÃO DE ÓLEO DE LICURI (SYAGRUS CORONATA) E TWEEN 80 AMIDO DE ARARUTA (MARANTA ARUNDINACEA L .) COM ADIÇÃO DE ÓLEO DE LICURI (SYAGRUS CORONATA) E T. 2019. 57 f. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2019.
- RODRIGUES, H. G. A., SIQUEIRA, A. C. P. de, SANTANA, L. C. L. de A. "Aplicação de revestimentos comestíveis à base de quitosana e fécula de mandioca incorporados com extrato da semente de tamarindo na conservação de goiabas", Research, Society and Development, v. 9, n. 6, p. e119963695, 20 abr. 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i6.3695.
- ROPER, S., PARKER, C. "Doing well by doing good: A quantitative investigation of the litter effect", Journal of Business Research, v. 66, n. 11, p. 2262–2268, 2013. DOI: 10.1016/j.jbusres.2012.02.018.
- RUFINO, Maria do Socorro M., ALVES, R. E., DE BRITO, E. S., *et al.* "Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil", Food Chemistry, v. 121, n. 4, p. 996–1002, 15 ago. 2010. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.01.037.
- RUFINO, Maria do Socorro Moura, ALVES, R. E., BRITO, E. S., *et al.* Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de Redução do Ferro (FRAP). [S.l: s.n.], 2006.

RUFINO, Maria do Socorro Moura, ALVES, R. E., BRITO, E. S., *et al.* Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. Comunicado Técnico: On line. [S.l: s.n.], 2007.

SALGADO, P. R., ORTIZ, C. M., MUSSO, Y. S., *et al.* "Edible films and coatings containing bioactives", Current Opinion in Food Science, v. 5, p. 86–92, 2015. DOI: 10.1016/j.cofs.2015.09.004.

SAMPAIO, D. de O., GOSLING, M., FAGUNDES, A. F. A., *et al.* "Uma análise da produção acadêmica brasileira sobre o comportamento do consumidor de alimentos orgânicos entre 1997 a 2011", Revista Eletrônica de Administração, v. 76, n. 3, p. 620–645, 2013.

SANDHU, K. S., SINGH, N., MALHI, N. S. "Physicochemical and thermal properties of starches separated from corn produced from crosses of two germ pools", Food Chemistry, v. 89, n. 4, p. 541–548, mar. 2005a. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.03.007.

SANTAGATA, G., MALLARDO, S., FASULO, G., *et al.* "Pectin-honey coating as novel dehydrating bioactive agent for cut fruit: Enhancement of the functional properties of coated dried fruits", Food Chemistry, v. 258, p. 104–110, 2018. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.03.064. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.064>.

SANTOS, P. V. dos. ELABORAÇÃO, ADITIVAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BIOFILMES À BASE DE FÉCULA DE MANDIOCA. 2004. 262 f. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2004.

SCHMID, M., MÜLLER, K. Whey Protein-Based Packaging Films and Coatings. [S.l.], Elsevier Inc., 2018.

SGANZERLA, W. G., ROSA, G. B., FERREIRA, A. L. A., *et al.* "Bioactive food packaging based on starch, citric pectin and functionalized with *Acca sellowiana* waste by-product: Characterization and application in the postharvest conservation of apple", International Journal of Biological Macromolecules, v. 147, p. 295–303, 2020. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.01.074.

SHIMAZU, A. A., MALI, S., GROSSMANN, M. V. E. "Efeitos plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca", Semina: Ciências Agrárias, v. 28, n. 1, p. 79, 2007. DOI: 10.5433/1679-0359.2007v28n1p79.

SILVA, M. G. C. da, FIGUEIRA, P. T., HOSCHEID, J., *et al.* "Análise das propriedades físico-químicas de amostras de mel comercializado em feiras livres do município de Assis Chateaubriand, PR", Higiene Alimentar, v. 32, n. 278–279, p. 68–73, 2018.

SILVA, F., FERREIRA, S., QUEIROZ, J. A., *et al.* Qualidade de centro orgânico em função do armazenamento e embalagens. Revista Brasileira de Agroecologia. [S.l: s.n.], 2016

SIRIPATRAWAN, U., HARTE, B. R. "Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract", Food Hydrocolloids, v. 24, n. 8, p. 770–775, 2010. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2010.04.003.

SMETANSKA, I., ALHARTHI, S. S., SELIM, K. A. "Physicochemical, antioxidant capacity and color analysis of six honeys from different origin", Journal of King Saud University - Science, v. 33, n. 5, 1 jul. 2021. DOI: 10.1016/j.jksus.2021.101447.

SOTHORNVIT, R., KROCHTA, J. M. "Plasticizer effect on mechanical properties of B-lactoglobulin films", Journal of Food Engineering, v. 50, p. 149–155, 2001. Disponível em: www.elsevier.com/locate/jfoodeng.

SOUZA, K. J. de C., FILHO, R. A. de M. "PERFIL DOS CONSUMIDORES DE PRODUTOS ORGÂNICOS NO BRASIL", XIX Engema, p. 17, 2017.

STAWSKI, D. "New determination method of amylose content in potato starch", Food Chemistry, v. 110, n. 3, p. 777–781, 1 out. 2008. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.03.009.

STEFANO, N. M., FILHO, N. C. "CONSUMER PERCEPTION: ATTRIBUTES CONSIDERED IMPORTANT IN PACKAGING", Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção, v. 12, n. 3, p. 657–681, 2012.

STELZER, J., CALETTI, L., EVELYN, ;, et al. "AGENDA 2030 DA ONU E CONSUMO RESPONSÁVEL: ALCANCE SEGUNDO A REGRA DE COMÉRCIO JUSTO BRASILEIRA", Gestão e Sustentabilidade Ambiental, v. 11, n. 2, p. 298–316, 2022. DOI: <https://doi.org/10.59306/rgsa.v11e22022298-316>.

SUEIRO, A. C., FARIA-TISCHER, P. C. S., LONNI, A. A. S. G., et al. "Filmes biodegradáveis de amido de mandioca, pululana e celulose bacteriana", Química Nova, v. 39, n. 9, p. 1059–1064, 1 nov. 2016. DOI: 10.5935/0100-4042.20160118.

SUH, J. H., OCK, S. Y., PARK, G. D., et al. Effect of moisture content on the heat-sealing property of starch films from different botanical sources. [S.l.], Elsevier Ltd, 2020. v. 89.

SYAHARIZA, Z. A., SAR, S., HASJIM, J., et al. "The importance of amylose and amylopectin fine structures for starch digestibility in cooked rice grains", Food Chemistry, v. 136, n. 2, p. 742–749, 15 jan. 2013. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.08.053.

THIRÉ, R. M. S. M. ;, SIMÃO, R. A. ;, ARAÚJO, P. J. G. ;, et al. "Redução da Hidrofilicidade de Filmes Biodegradáveis à Base de Amido por meio de Polimerização por Plasma", Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 14, n. 1, p. 57–62, 2004.

TIAN, Y., LIU, X., KIRKENSGAARD, J. J. K., et al. "Characterization of different high amylose starch granules. Part I: Multi-scale structures and relationships to thermal properties", Food Hydrocolloids, v. 146, 1 jan. 2024. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2023.109286.

V, A. K., HASAN, M., MANGARAJ, S., et al. "Trends in Edible Packaging Films and its Prospective Future in Food: A Review", Applied Food Research, v. 2, n. 1, p. 100118, 2022. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100118. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100118>.

VAL SIQUEIRA, L. do, ARIAS, C. I. L. F., MANIGLIA, B. C., et al. "Starch-based biodegradable plastics: methods of production, challenges and future perspectives", Current Opinion in Food Science, v. 38, p. 122–130, 1 abr. 2020. DOI: 10.1016/j.cofs.2020.10.020.

VALLE, M. P. V., GUARNIERI, P., FILIPPI, A. G. "Adoção de embalagens plásticas sustentáveis agroalimentares: um olhar na dinâmica da produção orgânica e sustentável em face da Economia Circular", Interações (Campo Grande), p. 211–227, 16 maio 2023. DOI: 10.20435/inter.v24i1.3671.

VAN HERPEN, E., IMMINK, V., VAN DEN PUTTELAAR, J. "Organics unpacked: The influence of packaging on the choice for organic fruits and vegetables", Food Quality and Preference, v. 53, p. 90–96, 2016. DOI: 10.1016/j.foodqual.2016.05.011.

VASCO, C., RUALES, J., KAMAL-ELDIN, A. "Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador", Food Chemistry, v. 111, n. 4, p. 816–823, 15 dez. 2008. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.04.054.

VEIGA-SANTOS, P., OLIVEIRA, L. M., CEREDA, M. P., et al. "Sucrose and inverted sugar as plasticizer. Effect on cassava starch-gelatin film mechanical properties, hydrophilicity and

water activity", Food Chemistry, v. 103, n. 2, p. 255–262, 2007c. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.07.048.

VELASCO, C., SPENCE, C. Multisensory Packaging. [S.l.], Springer International Publishing AG, 2019.

VELÁSQUEZ, P., MONTENEGRO, G., VALENZUELA, L. M., et al. "k-carrageenan edible films for beef: Honey and bee pollen phenolic compounds improve their antioxidant capacity", Food Hydrocolloids, v. 124, 1 mar. 2022. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107250.

VERSINO, F., LÓPEZ, O. V., GARCÍA, M. A. "Sustainable use of cassava (*Manihot esculenta*) roots as raw material for biocomposites development", Industrial Crops and Products, v. 65, p. 79–89, 1 mar. 2015. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.11.054.

VERSINO, F., URRIZA, M., GARCÍA, M. A. "Eco-compatible cassava starch films for fertilizer controlled-release", International Journal of Biological Macromolecules, v. 134, p. 302–307, 2019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.05.037.

VIEIRA, M. G. A., DA SILVA, M. A., DOS SANTOS, L. O., et al. "Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review", European Polymer Journal, v. 47, n. 3, p. 254–263, 2011. DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2010.12.011.

VILELA, G. F., MANGABEIRA, J. A. de C., MAGALHÃES, L. A., et al. "Agricultura orgânica no Brasil: um estudo sobre o Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos", p. 20, 2019. VILELA, R. B., RIBEIRO, A., BATISTA, N. A. "Nuvem de palavras como ferramenta de análise de conteúdo: uma aplicação aos desafios no mestrado profissional", Millennium, v. 2, n. 11, p. 29–36, 2020.

WALTRICH, C., CARVALHO, L. F. de. "Estudo de propriedades físicas e químicas durante armazenamento de mel produzido na região de Blumenau, Brasil", Research, Society and Development, v. 9, n. 7, p. e495974070, 23 maio 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i7.4070.

WU, C. S. "Physical properties and biodegradability of maleated-polycaprolactone/starch composite", Polymer Degradation and Stability, v. 80, n. 1, p. 127–134, 2003. DOI: 10.1016/S0141-3910(02)00393-2.

XAVIER, T. D. N., DE OLIVEIRA, V. R. L., LEITE, R. H. de L., et al. "Characterization of biopolymeric films based on cassava starch, chitosan and carnauba wax", Revista Materia, v. 25, n. 4, p. 1–12, 2020. DOI: 10.1590/S1517-707620200004.1166.

ZAMMIT YOUNG, G.-W., BLUNDELL, R. "A review on the phytochemical composition and health applications of honey", Heliyon, v. 9, n. 2, p. e12507, fev. 2023. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e12507.

ZANFONATO, B. P., SCHLAUCHER, R. K. Z., COSTA, N. M. da, et al. "Elaboração e caracterização de biofilmes de amido com subproduto da indústria do vinho Elaboration and characterization of starch biofilms with by-product of the wine industry", RLAS, v. 5, n. 3, p. 205–211, 2023.

ZHANG, Y., HAN, J. H. "Mechanical and Thermal Characteristics of Pea Starch Films Plasticized with Monosaccharides and Polyols", Journal of Food Science, v. 71, n. 2, p. 109–118, 2006. Disponível em: www.ift.org.

ZHOU, Y., WU, X., CHEN, J., et al. "Effects of cinnamon essential oil on the physical, mechanical, structural and thermal properties of cassava starch-based edible films", International Journal of Biological Macromolecules, v. 184, p. 574–583, 1 ago. 2021. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.06.067.

ZOLDAN, P., KARAM, K. F. Estudo da dinâmica da comercialização de produtos orgânicos em Santa Catarina. [S.l.], Instituto Cepa/SC, 2004.

CAPÍTULO IV

Caracterização de “filme orgânico” de fécula de mandioca com incorporação de mel como plastificante

Dayana Ketrin Silva Francisco Madella

Nathália Ramos de Melo

Resumo

O mel é um líquido viscoso produzido pelas abelhas a partir do néctar das flores. Em sua composição, se destaca a presença de monossacarídeos (frutose e glicose), além de conter compostos polifenólicos que conferem propriedades antioxidantes. Visando alternativas para embalagens alimentícias que possam reduzir o consumo de plásticos sintéticos, as “embalagens orgânicas” com um novo conceito na área dos materiais, com tecnologia limpa e matéria-prima orgânica e natural. Portanto, o objetivo do estudo foi de caracterizar um “filme orgânico” desenvolvido à base de fécula de mandioca orgânica e tendo o mel como plastificante. A investigação abordou análises de HMF do mel em diferentes temperaturas (temperatura ambiente, 70º C e 50º C), cujos resultados se mantiveram dentro dos limites estabelecidos pela legislação. Os filmes foram desenvolvidos nas temperaturas de 70º C (A1) e 50º C (A2) e caracterizados quanto à atividade antioxidante, propriedades térmicas, biodegradação e vida de prateleira. A análise térmica foi feita pela determinação de curvas de TGA/DTG, pelas quais foram observada grande estabilidade térmica e pouca perda de massa dos filmes com mel quando comparado com o filme Controle. Análises de biodegradação e vida útil dos filmes também foram realizadas, sendo observado uma degradação rápida e boa estabilidade durante a vida de prateleira do filme em 60 dias de armazenamento à 25C.

Palavra-chave: biodegradação, vida-de-prateleira, antioxidante

1 INTRODUÇÃO

Filmes plásticos, à base de produtos petroquímicos, são extensamente aplicados uma vez que trazem muitas comodidades a vida moderna. Contudo a grande demanda por esses plásticos representa um grande problema para o meio ambiente, produzindo efeitos adversos aos seres humanos, animais e plantas. Uma vez que os mesmos não são biodegradáveis e com grande potencial tóxico. As tendências para o futuro da área dos materiais estão relacionados às questões ambientais, sustentáveis e funcionais do mesmo. Assim, estudos e pesquisas estão focados em desenvolver embalagens biodegradáveis de fontes renováveis e que possam auxiliar a melhoria e qualidade da vida de prateleira dos produtos (LEITES et al., 2021).

Dentro desse contexto, veem-se buscando materiais ecológicos que reduzam o uso de filmes plásticos tradicionais. Os “filmes orgânicos”, definidos como materiais desenvolvidos com tecnologia limpa, proveniente de matéria-prima natural e orgânica, surgem como um novo conceito para embalagens de alimentos, sendo assim uma opção para substituição dos filmes tradicionais (MADELLA, MELO, 2022).

Muitos polissacarídeos como biopolímeros naturais, possuem características promissoras para desenvolvimentos de filmes biodegradáveis, dentre eles, a fécula de mandioca, se destaca devido à sua excelente capacidade de formação de filme. No entanto, a fragilidade destes filmes limita o uso para aplicação como embalagem para alimento sendo uma desvantagem para aplicação desses filmes de amido, o que torna necessária a incorporação de um plastificante (CHEMIRU, GONFA, 2023). Na literatura, é encontrado diversos estudos sobre o uso de glicerol, ureia, sorbitol, frutose, glicose, sacarose e xilitol como plastificantes de filmes biodegradáveis ;(EDHIREJ et al., 2017; GALDEANO et al., 2009, JOUKI et al., 2013; MANTZARI et al., 2010; MÜLLER et al., 2008; VEIGA-SANTOS et al., 2007; VERSINO et al., 2015). Contudo, poucos autores estudaram a utilização de plastificantes naturais e orgânicos em filmes poliméricos, como o mel.

O mel é um produto originado pelas abelhas a partir do néctar das flores. Contém mais de 181 compostos, sendo os monossacarídeos – frutose e glicose – os mais abundantes. Também é composto por polifenóis, em menor quantidade, mas que proporciona capacidade antioxidante ao alimento. Tem sido valorizado não apenas como adoçante natural em alimentos, mas também por suas propriedades nutricionais, terapêuticas, e conservantes devido à sua composição rica em nutrientes e compostos bioativos (BEIRANVAND et al., 2020; GONZÁLEZ-CEBALLOS et al., 2020)

Dessa forma, neste estudo, o mel orgânico foi incorporado ao filme de fécula de mandioca e este filme caracterizado, visando sua aplicação como embalagem de alimento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

A fécula de mandioca orgânica (BeijuBom, Brasil) foi adquirida em mercado local especializados em produtos naturais na cidade de Volta Redonda (RJ) e o mel orgânico (Estação 4x4, Brasil) foi obtido diretamente com o produtor (Anexo 2).

2.2 Determinação de Hidroximetilfurfural (HMF) do Mel

O HMF do mel foi determinado de acordo com a metodologia de Lutz (2008), com adaptações, nas seguintes temperaturas: ambiente (MA), 50 °C (M50) e 70 °C (M70). Aproximadamente 5g do mel foi previamente aquecido em bêquer de 50 mL com 25 mL de água destilada, sendo adicionados 0,5mL de solução de Carrez I e 0,5mL de solução Carrez II. Os compostos foram homogeneizados e em seguida filtrados com papel de filtro qualitativo. 5mL do filtrado foram adicionados a 5 mL de água destilada, e esse material foi denominado como Amostra, enquanto em outro tubo, foram adicionados 5 mL de solução de bissulfito de sódio 0,2%, sendo considerado como Referência. Os dois tubos (Amostra e Referência) foram agitados em Vortex por 3 min e então determinada a absorbância em espectrofotômetro (Shimadzu, UV-1800), a 284 e 336nm. A partir da equação 1 obteve-se o valor de HMF do mel nas temperaturas estudadas. A análise foi realizada em triplicata.

$$HMF \left(\frac{mg}{Kg} \right) = \frac{(A_{284} - A_{336}) \times 149,7 \times 5}{P} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo:

A₂₈₄ = leitura da absorbância a 284 nm

A₃₃₆ = leitura da absorbância a 336 nm

P = massa da amostra em g

5 = massa nominal da amostra

149,7 = (126/16930) x (1000/10) x (1000/5)

2.3 Desenvolvimento do Filme

Os filmes foram preparados em duas temperaturas distintas quando incorporados o mel orgânico na solução filmogênica, ou seja, A1 (70 °C) e A2 (50 °C).

Os filmes A1 e A2 foram produzidos pelo método *casting* de acordo com Motta et al., (2020) com adaptações.

Para A1, a fécula de mandioca orgânica (4g) foi adicionada em água, acrescida do mel como plastificante (30 m/m), e o volume completado com água (100 mL de solução). Durante 30 min, a 70±2°C, a solução foi aquecida e agitada em agitador magnético (Tecnal, Brasil). Posteriormente, a solução foi resfriada, sob agitação, até atingir temperatura de 50 ±2°C, seguindo com a moldagem dos filmes em placas de acrílico.

Os filmes A2 foram desenvolvidos com a fécula de mandioca orgânica (4g), com adição de água. A solução filmogênica foi aquecida por 30 min, a 70±2°C, e agitada em agitador magnético (Tecnal, Brasil). Posteriormente, a solução foi resfriada, sob agitação, até atingir temperatura de 50 ±2°C e o mel adicionado, mantendo a agitação por mais 10 min para homogeneização.

Aproximadamente 0,3 g/cm² destas soluções foram vertidas em placas de acrílico ($\varnothing = 8,5$ cm) e expostas a secagem em BOD a temperatura controlada (25 ± 2 °C e 29 ± 2 %) por 24 horas e seguida da secagem em temperatura ambiente (25 ± 2 °C e 58 ± 2 %) por 2 dias. Totalizando 72 h.

2.4 Taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA)

A taxa de permeabilidade ao vapor d'água foi determinada por método gravimétrico, de acordo com Motta et al. (2020). Amostras dos filmes foram fixadas em cápsulas contendo 4 g de CaCl₂ (cloreto de cálcio anidro), acondicionados em dessecador contendo solução saturada de NaCl a 75% de umidade relativa e em temperatura ambiente ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$). A partir dos dados do ganho do peso em função do tempo, o coeficiente angular da parte linear foi determinado, bem como o TPVA (Equação 2).

$$\text{TPVA} = \frac{G}{t \cdot A} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

TPVA= Taxa de Permeabilidade ao Vapor d'água (g de água.m².dia⁻¹)

G/t = Coeficiente angular da reta (g de água.dia⁻¹)

A = Área de permeação do corpo de prova (m²)

2.5 Capacidade antioxidante do filme

Os filmes (2g) foram misturados com 50 mL de Álcool Metílico e homogeneizados por 4 h em homogeneizador do tipo *shaker* (Nova técnica NT145, Brasil). A mistura foi filtrada e o filtrado utilizado nas análises de compostos fenólicos e atividade antioxidante (DPPH e FRAP). A capacidade antioxidante foi realizada em triplicata.

2.5.1 Compostos fenólicos totais

O conteúdo de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu. Em tubos de ensaio foram misturados 200 µL do extrato do filme e 1000 µL do reagente de Folin-Ciocalteu (10%, v/v) e 800 µL da solução de carbonato de sódio (7,5%, p/v). Uma amostra branco foi preparada substituindo-se o extrato por etanol. Os tubos foram mantidos em ambiente escuro por 2 h para reação. A absorbância foi medida em comprimento de onda de 765 nm utilizando um espectrofotômetro UV-Vis (Shimadzu, UV-1800). Uma curva padrão com diferentes concentrações de ácido gálico (10 a 40 µg/mL) foi previamente preparada ($y = -0,0317x + 1,4298$; $R^2 = 0,9986$). O conteúdo de compostos fenólicos totais foi expresso em mg ácido gálico equivalente/ 100 g filme.

2.5.2 DPPH e FRAP

A análise antioxidante dos filmes foi realizada pelo método de DPPH e FRAP de acordo com Rufino et al.(2006) e Rufino et al (2007).

Para o método de captura do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil), 30 µL do extrato foi misturada com 3 mL de solução DPPH a 0,06 µM, em tubos de ensaio, e esses tubos foram acondicionados em ambiente escuro por 45 min. A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro UV-Vis (Shimadzu, UV-1800), em comprimento de onda de 518 nm. Os resultados foram quantificados por meio de uma curva padrão construída a partir de soluções

de diferentes concentrações (0 a 60 µg/mL) de Trolox ($y = -0,0078x + 0,537$, $R^2 = 0,9959$), e foram expressos em µM equivalente de Trolox por 100 g de filme.

Para determinar a atividade antioxidante total pelo método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), 90 µL das soluções padrão de sulfato ferroso ou Trolox (para curva padrão) ou 90 µL de extrato do filme foram adicionados em 270 µL de água destilada e 2,7 mL do reagente FRAP, em um tubo de ensaio, e homogeneizadas. Em seguida, a mistura foi mantida em banho-maria, a 37 ± 2 °C, por 30 min. A leitura foi realizada em espectrofotômetro UV-Vis (Shimadzu, UV-1800), em comprimento de onda de 595 nm. Os resultados foram quantificados por meio de uma curva padrão construída a partir de diferentes concentrações (0 a 70 µg/mL) de Trolox ($y = 0,0098x - 0,1083$, $R^2 = 0,9973$).

2.6 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Para análise de microscopia eletrônica de varredura (Leo Microscopy/Oxford), amostras de aproximadamente $0,5 \times 0,7$ cm² dos filmes foram previamente fraturadas com nitrogênio líquido, foram fixadas em porta amostra com fita adesiva dupla face de carbono, com a face opaca voltada para a superfície, metalizadas com ouro (metalizador EMITECH, Modelo: K450, Kent, Reino Unido) e levada ao equipamento para a realização da análise.

A microscopia eletrônica foi realizada em vácuo com uma tensão de aceleração de 10 kV, uma corrente de filamento de 50 pA e ampliações de $\times 1000$. Foram observadas a superfície e a seção transversal das amostras. O ensaio foi realizado em triplicata para cada amostra.

2.7 Análise termogravimétrica (TGA)

A estabilidade térmica dos filmes foi investigada em analisador térmico (Shimadzu TGA-60), com aquecimento na faixa de 20 a 1100 °C, taxa de 10 °C/min, sob atmosfera de nitrogênio, com fluxo de (20 mL/min) (Qin et al., 2019). As amostras (aproximadamente 10mg) foram acondicionadas em panelas de alumínio e seladas. O ensaio foi realizado em triplicata para cada amostra.

2.8 Biodegradação dos filmes

Para avaliar a biodegradabilidade dos filmes, foram utilizados os filmes à base de fécula de mandioca orgânica com mel (70 °C e 50 °C), controle (sem mel), papel kraft e polietileno de alta densidade (PEAD), cortados (40 mm x 40 mm), e enterrados (4 cm de profundidade) em Latossolo, acondicionado em potes individuais de 500mL de polipropileno (PP), de acordo com a metodologia descrita por Leites et al. (2021) e Pavoni et al. (2019) com adaptação.

Ao total, foram preparadas 24 amostras de cada tratamento e usados 168 potes de PP, armazenados no Laboratório de Mecanização Agrícola e Aplicação de Agrotóxicos da UFF/VR sob temperatura (22 ± 2 °C) e umidade relativa (UR = 32,4%), e manualmente umidificada periodicamente (a cada 2 dias).

O processo de desintegração foi monitorado qualitativamente por meio visual e inspeção durante 60 dias, e também foram feitos registros fotográficos nos tempos: 0, 2, 5, 7, 15, 30, 45 e 60 dias, sendo as amostras retiradas do solo.

2.9 Vida de Prateleira dos filmes (Propriedade Mecânica, Cor, Umidade)

A vida de prateleira dos filmes foi analisada por 60 dias, em temperatura ambiente (25 ± 2 °C), e caracterizada de acordo com as propriedades ópticas, mecânicas e de umidade nos tempos: 0, 15, 30, 45 e 60 dias.

Ao total, foram produzidos 70 filmes de cada tratamento (Controle, A1 e A2), sendo armazenados em sacos de polietileno (PE) durante o período de análise.

2.9.1 Propriedade Mecânica

A resistência à ruptura (MPa) e o alongamento à ruptura (%) foram determinadas com base nas diretrizes padrão da American Society for Testing and Materials D 882-83 (ASTM, 1995) com modificações (FERNANDES et al., 2020), utilizando o analisador de tração (EMIC, DL-2000, Paraná, Brasil). Foram utilizados corpos de prova de 50 mm de comprimento e 25 mm de largura e previamente acondicionadas a 25 ± 2 °C e 75% RH. Os testes foram realizados com velocidade de 1 mm/s e distância inicial da pinça de 10 mm. Foram realizadas seis medidas para cada tratamento. Foi utilizado o software TESC para análise das propriedades.

2.9.2 Cor

Para medir a cor dos filmes, um colorímetro Minolta (modelo CM-5-ID, Brasil) foi utilizado e as coordenadas colorimétricas L^* , a^* e b^* forma determinadas, em escala CIELAB*, usando D65 (iluminante) e 10° (ângulo de observação), em modo de transmitância. O parâmetro L^* refere-se à luminosidade do material e varia de 0 = preto a 100 = branco, a coordenada a^* indica o eixo verde-vermelho (- a = verde, + a = vermelho) e a coordenada b^* o eixo azul-amarelo (- b = azul, + b = amarelo). Cinco pontos de cada filme foram analisados em triplicata.

Para determinação da Diferença Total de Cor em cada tempo, utilizou-se a equação 3.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad \text{Equação 3}$$

Sendo:

$$\Delta L = L_f - L_i, \quad (L_i \text{ refere-se ao tempo } 0)$$

$$\Delta a^* = a_f - a_i, \quad (a_i \text{ refere-se ao tempo } 0)$$

$$\Delta b^* = b_f - b_i, \quad (b_i \text{ refere-se ao tempo } 0)$$

2.9.3 Umidade

A umidade dos filmes foi determinada pelo método gravimétrico, no qual, uma superfície de 4×4 cm² de cada filme foi aquecida em uma estufa (Nova Técnica, Brasil) a 130 ± 2 °C, por 1h, de acordo com a metodologia de IAL (2008). A umidade foi determinada por gravimetria, em triplicata, para cada formulação.

2.10 Análise Estatística

Para a análise estatística dos resultados obtidos foi empregado o programa computacional Sisvar (5.8). Foi realizado teste de Tukey (nível de significância de 5%) para comparação de médias.

Para análise de vida de prateleira dos filmes foi realizado Regressão Linear pelo programa Sisvar (5.8) e os gráficos projetados pelo Origin.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Determinação de Hidroximetilfurfural (HMF) do Mel

O teor de HMF é um parâmetro utilizado na avaliação de frescor e pureza do mel. Durante armazenamento, ou em processo de aquecimento pode ocorrer aumento do seu valor (SMETANSKA et al., 2021). Alguns estudos na literatura sugerem que o consumo excessivo de HMF possa causar efeitos adversos à saúde do consumidor. Uma vez que sua molécula apresenta grupamentos estruturais que podem representar riscos genotóxicos e carcinogênicos (LEMOS et al., 2020).

Os teores de HMF não diferiram entre si ($p<0,05$), independente da temperatura de aquecimento do mel utilizada no processo, 50 °C e 70 °C por 30 min. Os valores de HMF para as amostras variaram de $11,28\pm2,12$ (M70), $7,90\pm1,61$ (M50) e $8,00\pm2,47$ (MA). Assim, em todos os processos de HMF se manteve dentro do nível recomendado pela *Codex Alimentarius* da Organização Mundial da Saúde e da União Europeia, que estabeleceram um limite máximo para o teor de 5-HMF no mel de 40 mg Kg^{-1} , assim como a regulamentação brasileira definiu um teor máximo de 5-HMF de 60 mg Kg^{-1} (BRASIL, 2000; RIZELIO et al., 2012), como o ocorrido nos processos de formação deste filme.

A formação de HMF no mel ocorre principalmente durante o armazenamento e/ou processamento à temperatura ambiente e moderadas (50–100 °C) por períodos de médio a longo prazo, e também em altas temperaturas (> 100 °C), em curtos períodos de aquecimento, cuja formação do composto ocorre devido à degradação do mel. Temperaturas de aproximadamente 32–50 °C não afetam a qualidade do mel (ANKLAM, 1998; GRAINGER et al., 2017; RIZELIO et al., 2012).

3.2 Capacidade Antioxidante do Filme

3.2.1 Compostos Fenólicos Totais

O reagente Folin-Ciocalteu é usada para determinar a quantidade de compostos fenólicos presentes em uma amostra. Em filmes de amido, o reagente não reage diretamente com amido, mas sim com os compostos fenólicos que podem estar presentes no filme (SIRIPATRAWAN e HARTE, 2010). A presença desses compostos pode conferir propriedades antioxidantes aos filmes protegendo-os contra a oxidação e aumentando sua estabilidade durante o armazenamento (KIRSCHWENG et al., 2017).

Quanto ao teor dos compostos fenólicos totais, houve diferença significativa entre os processamentos utilizando 70 e 50° C ($p<0,05$). Tendo o filme processado a 70° C (A1) maior

concentração de compostos fenólicos do que o filme produzido a 50° C (A2), sendo 890,56 e 885,50 µgGAE/g filme, respectivamente.

Demori et al. (2016) explica esse comportamento pelo fato de que a temperatura pode ter favorecido a formação, extração ou estabilização dos compostos fenólicos presentes no mel, levando a um maior teor de compostos fenólicos nos filmes de amido produzidos a 70°C em comparação com os filmes produzidos em temperatura de 50°C (A2).

Em geral, o mel é classificado como excelente fonte de compostos fenólicos, contribuindo para suas propriedades antioxidantes e potencial benefício à saúde. Contudo, a sua concentração exata pode depender de diversos fatores externos e condições de produção (AL-FARSI et al., 2018). Khalil et al. (2012) estudando 11 diferentes méis coletados na Malásia, encontrou valores de 305.47 e 419.86 mg de ácido gálico equivalente/kg de compostos fenólicos. Já Alvarez-Suarez et al. (2010), estudando a capacidade antioxidante de cinco tipo de mel monofloral em Cuba, encontraram valores de 595.8 a 213.9 GAE/kg. Já Nascimento et al. (2018) verificaram entre 26.0 a 100.0 mg GAE/100 g de amostras de 49 méis no Norte do Brasil.

Velásquez et al. (2022), em filme de k-carregenina com adição de extrato de pólen apícola, observaram valores de aproximadamente 350 mg GAE/100g de filme, sendo quase quatro vezes maior que os filmes produzidos por eles contendo extratos de mel, tanto ulmo e quillay. Queiroz et al. (2021) em filme de amido de mandioca com extrato de jamelão, encontraram valor máximo de 2,99 mg GAE/g de fenol. Cunha (2017) desenvolveu filme de amido adicionado de 30 e 60% de extrato etanólico de própolis, e obteve teor de fenóis de 4,183 e 5,525 mg GAE/g de filme, respectivamente.

De acordo com Rufino et al.(2010) e Vasco et al (2008), estudando 17 frutas do Equador quanto ao teor de fenólicos, classificou-as em três categorias: baixo (<100 mg GAE/100 g), médio (100–500 mg GAE/100 g) e alto (>500 mg GAE/100 g), e para amostras baseadas em matéria fresca as categorias foram: baixo (<1000 mg GAE/100 g), médio (1000–5000 mg GAE/100 g) e alto (>5000 mg GAE/100 g) em matéria seca.

O teor de composto fenólico dos filmes orgânicos de fécula de mandioca plastificados com mel foi superior aos valores encontrados nas literaturas, podendo ser classificados como de alto teor fenólico.

3.2.2 DPPH e FRAP

Com intuito de determinar a capacidade antioxidante dos filmes orgânicos com mel, foram avaliadas a atividade antioxidante por dois métodos: captura do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH) e método de redução do ferro (FRAP).

O DPPH é um radical livre usado para avaliar a capacidade antioxidante de compostos ou materiais. Na presença de antioxidantes o DPPH é reduzido, mudando de cor roxa para amarelo. Em geral, quanto menor o valor do DPPH, maior a capacidade antioxidante do filme. Um valor mínimo significativamente baixo ou até mesmo zero indica uma capacidade de neutralização quase completa do radical livre DPPH pelo filme. O FRAP é um ensaio que mede a capacidade de um composto ou material em reduzir o Íons férrico (Fe^{3+}) para ferro ferroso (Fe^{2+}), indicando a capacidade antioxidante do material. Assim, quanto maior o valor, maior a capacidade antioxidante do filme. Um valor mínimo significativamente baixo indica uma baixa capacidade de redução do íon férrico pelo filme. (RUFINO et al., 2006, 2007).

Os valores de DPPH e FRAP se encontram na Tabela 1, em que se pode observar baixo valor de DPPH e alto valor de FRAP. Logo, pode ser dito que há uma possível capacidade antioxidante nos filmes orgânicos com mel possuem capacidade antioxidante de acordo com esses ensaios.

3.3 Taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA)

Na Tabela 1, constam os valores de TPVA para os filmes analisados. Os filmes plastificados com mel diferiram significativamente ($p<0,05$) do filme controle. A TPVA dos tratamentos plastificados com mel foi aproximadamente 76 e 75 % (A1 e A2) ao filme controle, sendo melhores barreira de umidade. Xavier et al., (2020) também relataram sobre os filmes de fécula de mandioca com cera de carnaúba, que apresentaram melhorias na propriedade de barreira com TPVA 20,56% menor do que os sem a cera de carnaúba.

Incorporar mel aos filmes de amido, pode melhorar a propriedade de barreira desse material devido à natureza higroscópica do mel. Além de apresentar uma grande parte de açucares que pode vir a ser uma barreira eficaz no transporte do vapor de água. A glicose e a frutose presente no mel, possuem grupos hidroxilas (-OH), podendo levar a formação de ligações de hidrogeno com moléculas de água e com as cadeias do amido, criando uma rede mais densa e estruturada o que dificulta a passagem do vapor de água pelo filme (Cavalieri et al. 2018; Mali et al. 2010; Xavier et al. 2020).

De acordo com Alves et al. (2006), filmes poliméricos como polietileno de tereftalato/polietileno de baixa densidade (PET/PEBD), polietileno (PE) branco e polietileno/polietileno de alta densidade (PE-PEAD) apresentam valores de TPVA de 8,21, 3,78, 2,36 g água/m²/dia, sendo usualmente usados em alimentos, estando entre esses valores a TPVA dos filmes A1 e A2, 4,17 e 4,32 g água/m²/dia.

A Taxa de Permeabilidade ao Vapor de Água (TPVA) de filmes feitos de fécula de mandioca ou qualquer outro material é uma importante característica para determinar sua adequação para diversas aplicações, especialmente em embalagens de alimentos. TPVA é um parâmetro que verifica a facilidade com que o vapor de água pode passar através de um material. Um material muito permeável, a exemplo filmes de amido, poderá ser indicado para embalagem de vegetais frescos, enquanto um filme pouco permeável poderá ser indicado para produtos desidratados (MALI et al., 2010).

Tabela 1: Capacidade antioxidante e Taxa de permeabilidade ao vapor de água dos filmes orgânicos.

	Fenólicos ($\mu\text{gGAE/g filme}$)	DPPH ($\mu\text{gTE/g filme}$)	FRAP ($\mu\text{gTE/g filme}$)	TPVA (g água/m ² /dia)
Controle				
A1	890,56±5,04 b	-15,54±18,36 a	530,53±28,26 a	17,4434±3,7813 b
A2	885,50±8,55 a	22,44± 29,08 b	543,28± 12,98 b	4,1762±1,7286 a

Valores expressos em média± desvio padrão

3.4 Microscopia Eletrônica de Varredura

As imagens dos filmes orgânicos plastificados com mel (A1 e A2) e do filme controle, obtidas em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), podem ser observadas na Figura 1. No geral, as superfícies dos filmes foram semelhantes entre si. Contudo, algumas irregularidades podem ser observadas, as quais podem estar relacionadas à sujidade aderida aos filmes ou “fantasmas”, que correspondem como àqueles grânulos que não foram completamente dissolvidos durante o processo de gelatinização (GARCIA-HERNANDEZ et al., 2017; MANIGLIA et al., 2019).

Os filmes A1 e A2 apresentaram uma superfície mais homogênea comparada ao Controle, embora todos os filmes ainda tenham características de rugosidade. Por meio de micrografias, pode-se inferir que houve compatibilidade entre o mel e a fécula de mandioca, independentemente da temperatura do processo, visto que o filme Controle apresentou mais irregularidades quando comparado com os filmes plastificados com mel, mesmo quando observado nas seções transversais.

Nas micrografias das fraturas dos filmes, foi revelado a formação de filmes com estruturas compactas e homogêneas nos tratamentos, sendo que, de acordo com Sueiro et al., (2016), são características de filmes produzidos com amido e glicerol por *casting*.

A compatibilidade pode ser também associada a TPVA, na qual uma superfície mais compacta e uniforme, observada pelo MEV, pode indicar uma menor permeabilidade ao vapor de água, pois menos caminhos estão disponíveis para a passagem do vapor de água através do filme (LUCHESE et al., 2021; MALI et al., 2010).

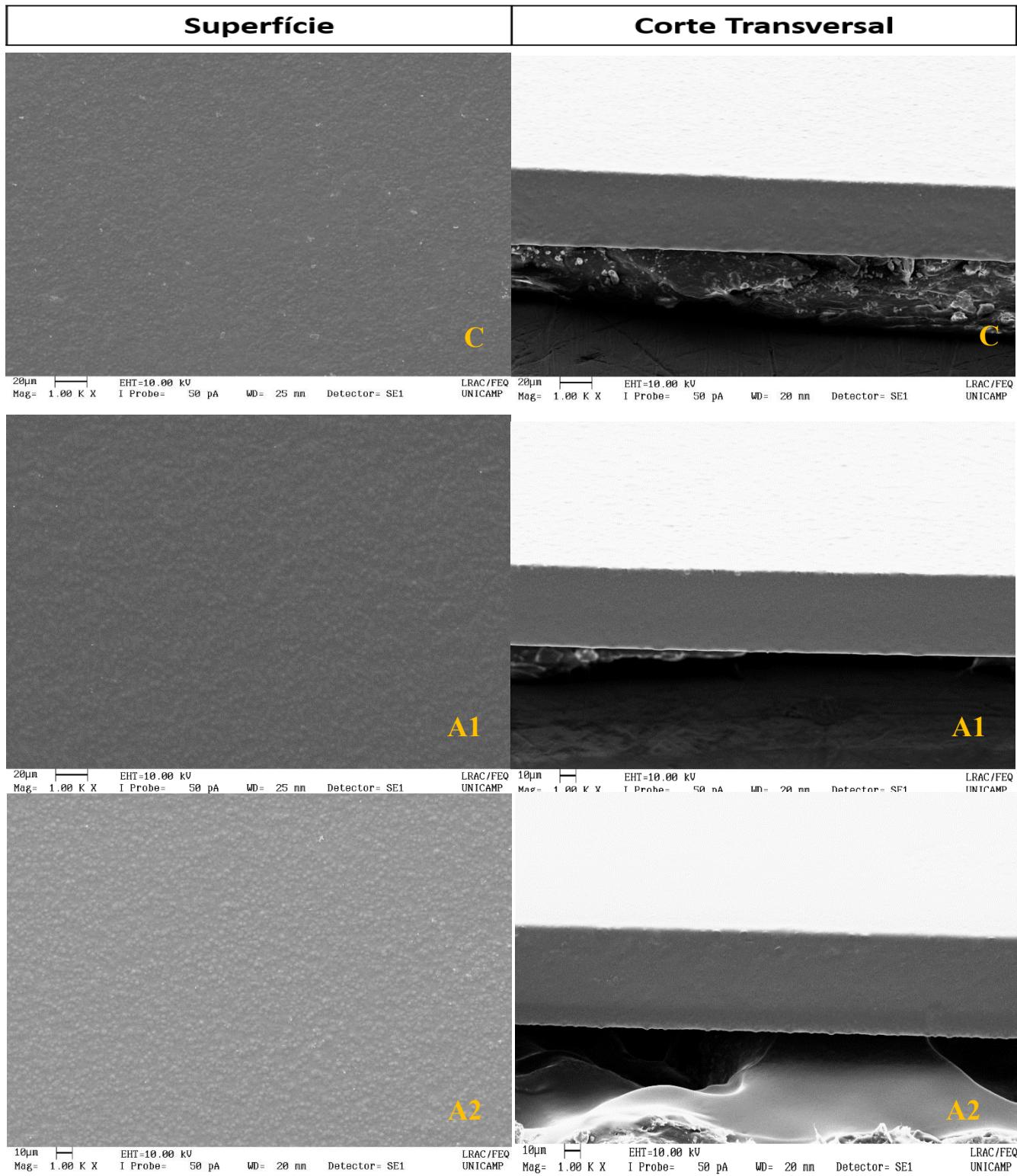


Figura 1: Imagens feitas em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) (1000x) da superfície e do corte transversal dos filmes orgânicos à base de fécula de mandioca (C) com mel (70°C - A1, 50°C - A2). Fonte: Autor próprio

3.5 Análise termogravimétrica (TGA)

Para caracterização de embalagens, é importante o emprego da análise termogravimétrica para avaliar a perda de massa do filme quando expostos a um aquecimento em uma taxa de temperatura constante, permitindo analisar a estabilidade térmica do material nessas condições.

A Figura 2, é possível observar os termogramas de TGA (a) e suas respectivas derivadas DTG (b) dos filmes de fécula de mandioca com adição de mel como plastificante e do filme Controle. Uma primeira perda de massa progressiva ocorreu abaixo de 72°C no filme Controle, associado com a evaporação da água, enquanto nos filmes A1 e A2 essa perda ocorreu em temperaturas ligeiramente maiores, sendo 93 e 106°C, respectivamente. As curvas dos filmes com mel revelaram uma decomposição com pico entre 278 e 317°C. Os filmes C e A1, ainda apresentaram um terceiro pico de degradação, 324 e 351°C, respectivamente.

A maior perda de massa ao final foi do Controle, seguido de A1 e A2, como mostrada na Tabela 2. A incorporação do mel orgânico na matriz da fécula de mandioca aumentou a temperatura de início e pico da degradação dos filmes. A presença do mel pode ter influenciado o comportamento da degradação por diversos fatores, a exemplo a composição do mel. Uma vez que o mesmo apresenta açúcares, ácidos orgânicos e outros componentes que podem interagir com o amido retardando a degradação(MENZEL et al., 2019; ORDOÑEZ , et al., 2021). Mesmo que desenvolvido em diferentes temperaturas, a estabilidade térmica dos filmes A1 e A2 foi similar, no qual aumentaram a faixa de degradação e obtiveram menores perdas de massa.

Em TGA, filmes de amido com uma faixa de degradação expandida e menor perda de massa pode ser consideradas características positivas destinados a embalagens de alimentos, pois indicam maior estabilidade e durabilidade do filme, podendo ser expostas a diferentes condições de temperatura, armazenamento e transporte, também como um potencial na melhoria da segurança alimentar, reduzindo a liberação de compostos indesejáveis aos alimentos durante seu uso.

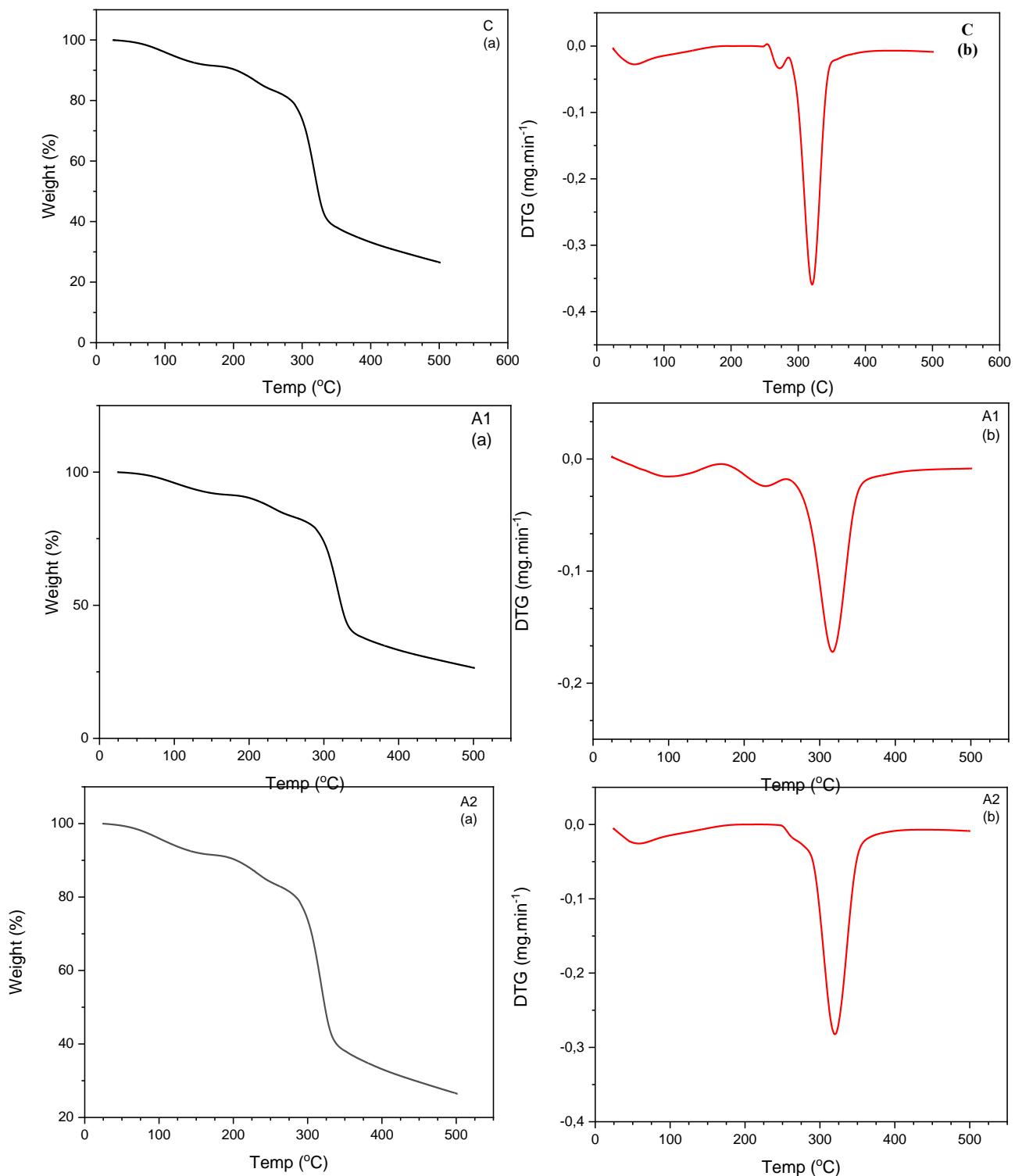


Figura 2: (a) TGA e (b) DTG termogramas de filmes orgânicos de fécula de mandioca controle (C), filme orgânico de fécula de mandioca com mel a 70oC (A1) e filme orgânico de fécula de mandioca com mel a 50oC (A2)

Tabela 2: Temperatura onset, pico de degradação e perda de massa de filmes orgânicos de fécula de mandioca sem mel (C), com mel a 70 °C (A1) e com mel a 50°C (A2)

Amostra	TGA							DTG
	T _i 2 nd (°C)	T _f 2 nd (°C)	T _{média} (°C)	T _i 3 rd (°C)	T _f 3 rd (°C)	T _{média} (°C)	Perda de Massa (%)	
C	267,24	290,72	278,98	306,54	341,91	324,23	86,60	264,15
A1	297,55	337,76	317,66	337,76	365,43	351,60	73,62	319,94
A2	289,02	339,17	314,10	-	-	-	73,45	320,72

3.6 Biodegradação

A biodegradabilidade dos filmes plastificados com mel a 70°C (A1) e 50°C (A2) foi comparada visualmente com a biodegradabilidade de amostras controle (filme de fécula de mandioca), material positivo (papel kraft) e negativo (plástico PEAD), avaliada em intervalo de 60 dias, sendo o resultado registrado por fotografias, que são ilustradas na Figura 3.

Foi observado que a partir do dia 2, os filmes A1 e A2 iniciaram seu processo de biodegradação, uma vez que houve modificação macroscópica dos materiais. Com dois dias, já se pode perceber alteração da rugosidade da superfície e cor, e desenvolvimento de microrganismos em ambos os filmes, e formação de buracos e fissuras para o filme A2, como também relatado por Pavoni et al. (2019).

De acordo com Leites et al., (2021), o processo de biodegradação está diretamente relacionado às características hidrofilicas do material e a sua solubilidade. O mel apresenta afinidade com a água, tendo seus principais açucares, glicose e frutose, com característica higroscópica, o que significa que possui a capacidade de absorver e reter água do ambiente circundante.

Após 45 dias, os filmes de fécula de mandioca se biodegradam completamente, restando apenas sujidades da terra em que foram envolvidas durante a análise. Em contrapartida, o papel, que foi selecionado como controle positivo pois sabe-se que é um material capaz de biodegradar em até 6 meses, iniciou seu processo de biodegradação após 30 dias, enquanto o PEAD, mesmo em 60 dias enterrado no solo, manteve sua estrutura original, conforme esperado.

No Brasil, não existe uma norma para biodegradabilidade dos materiais, contudo, de acordo com ASTM D640090, um plástico deve ser considerado biodegradável quando apresenta 90% de degradação em 180 dias (PAVONI et al., 2019). Logo, todas as amostras à base de fécula de mandioca iniciaram e completaram sua degradação em 45 dias, sendo considerado um filme biodegradável.

Além de poder ser definido como biodegradável, pode-se inferir que o filme também é compostável. Uma vez que, quando decompostos com auxílio humano, deixam resíduos nutritivos, que servem para fortalecer o solo (TALGE, 2024). Sendo assim, definido como um filme orgânico biodegradável e compostável.

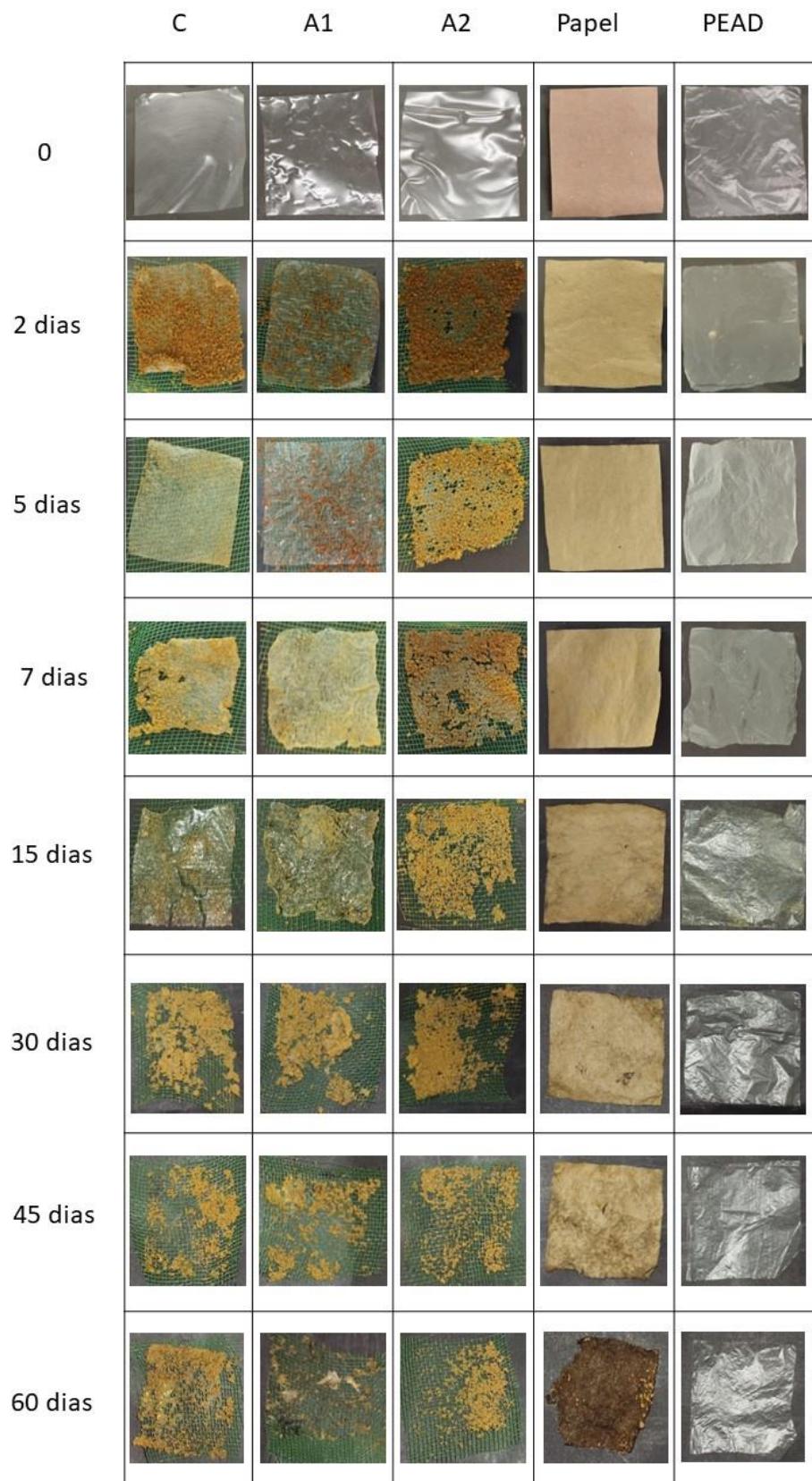


Figura 3: Biodegradabilidade dos filmes orgânicos à base de fécula de mandioca com incorporação de mel orgânico a 70° C(A1) e 50° C (A2), Controle (fécula de mandioca), papel kraft (controle positivo) e PEAD (controle negativo).

3.7 Vida de prateleira do filme

3.7.1 Teor de Umidade

O teor de umidade analisada neste estudo através do tempo de armazenamento dos filmes, apresentou comportamento distinto entre os materiais. Através de análise de regressão, observou-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) apenas para a variação Tempo dentre as amostras, mostrando um aumento de umidade com o decorrer dos dias armazenados. Enquanto as variações Amostra e Tempo*Amostra não apresentaram diferença significativa (Figura 4 e Tabela 3).

O aumento do teor de umidade nos filmes A1 e A2, não diferenciou entre eles. Portanto, é possível indicar o uso de filmes orgânicos com mel para armazenamento de alimentos por 60 dias. A umidade ideal para embalagem de alimentos é aquela que preserva a integridade e as propriedades dos alimentos, ao mesmo tempo que oferece uma proteção eficaz contra a umidade externa, garantindo a qualidade e segurança dos alimentos armazenados.

Tabela 3: Teor de Umidade dos filmes orgânicos à base de fécula de mandioca de acordo com tempo.

Amostra	Tempo (dias)				
	0	15	30	45	60
C	15,1±0,6% ^A	12,28±2,1% ^A	11,1±4,51% ^A	19,42±2,39% ^A	24,13±0,85% ^A
A1	11,82±6,4% ^A	12,67±2,2% ^A	12,04±0,52% ^A	21,52±3,37% ^A	23,19±2,13% ^A
A2	12,52±0,54% ^A	13,94±4,5% ^A	12,54±1,55 ^A	20,37±0,86% ^{aA}	20,37±0,26% ^A

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Controle (C): fécula de mandioca sem plastificante; A1: filme orgânico de fécula de mandioca com mel a 70°C; A2: filme orgânico de fécula de mandioca com mel a 50°C

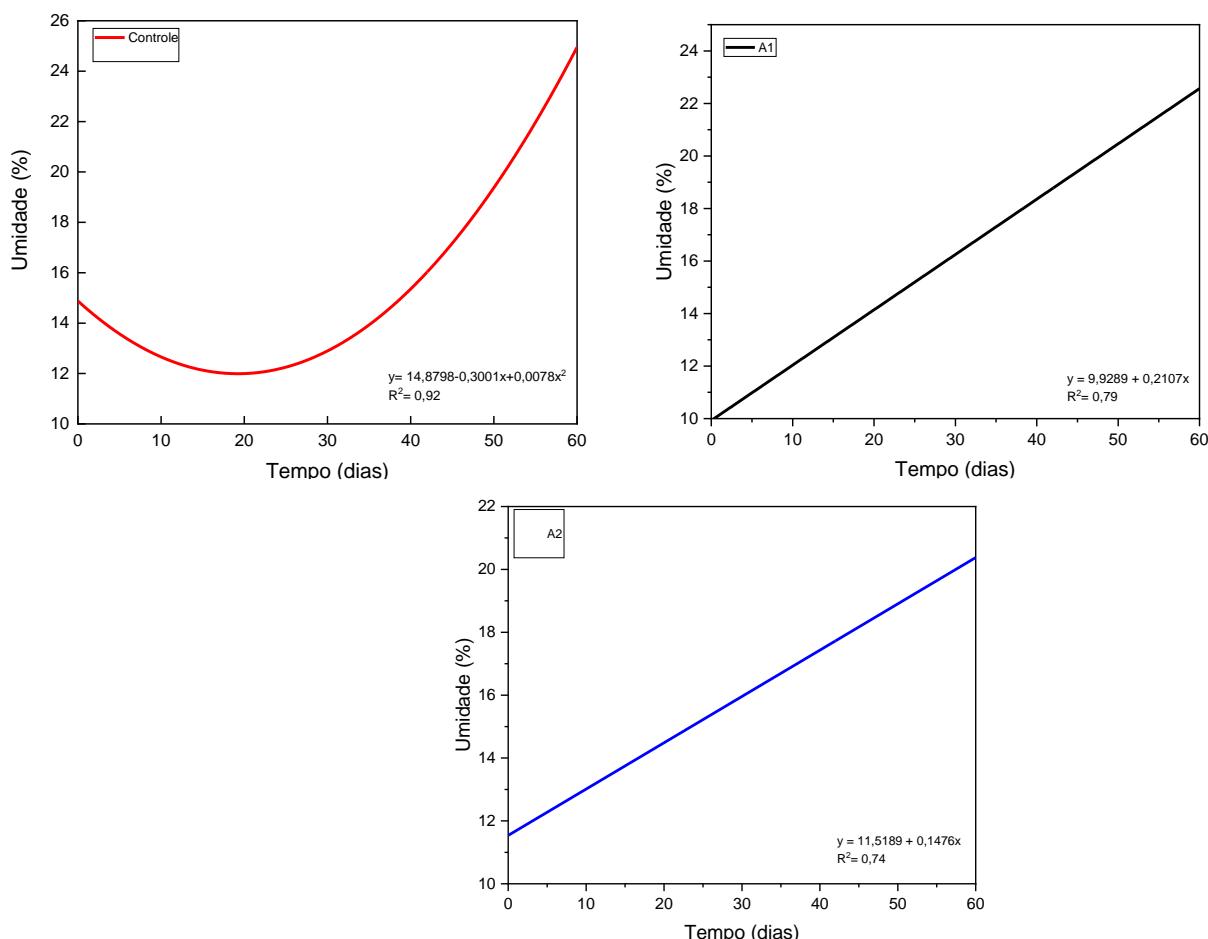


Figura 4: Comportamento do teor de umidade dos filmes Controle, A1 e A2 durante período de armazenamento de 60 dias.

3.7.2 Análise de Cor dos filmes

Os parâmetros de cor, L*, a*, b* e ΔE , analisados neste estudo através do tempo de armazenamento dos filmes, apresentou comportamento semelhante entre os materiais (Tabela 4). Onde somente entre o fator Amostras obteve valores com diferença significativa ($p<0,05$) para todos os parâmetros, com exceção de ΔE , no qual não apresentou nenhuma diferença significativa entre os fatores. Enquanto as variações Tempo e Tempo*Amostra não apresentaram diferença significativa (Figura 5).

Foi observado na Tabela 4, diferenças nos parâmetros L* e b*, sendo luminosidade e coloração azul a amarelo. Porém essa diferença não afeta a qualidade mercadológica dos filmes, visto que apresentaram características iniciais adequadas para uso.

Não houve variação ao decorrer da análise de vida de prateleira de 60 dias, indicando excelente propriedade óptica dos filmes plastificados com mel durante o período de armazenamento. Podendo, assim, serem indicados para embalagem de alimentos em geral, uma vez sua aparência visual se manteve durante o desenvolvimento da análise.

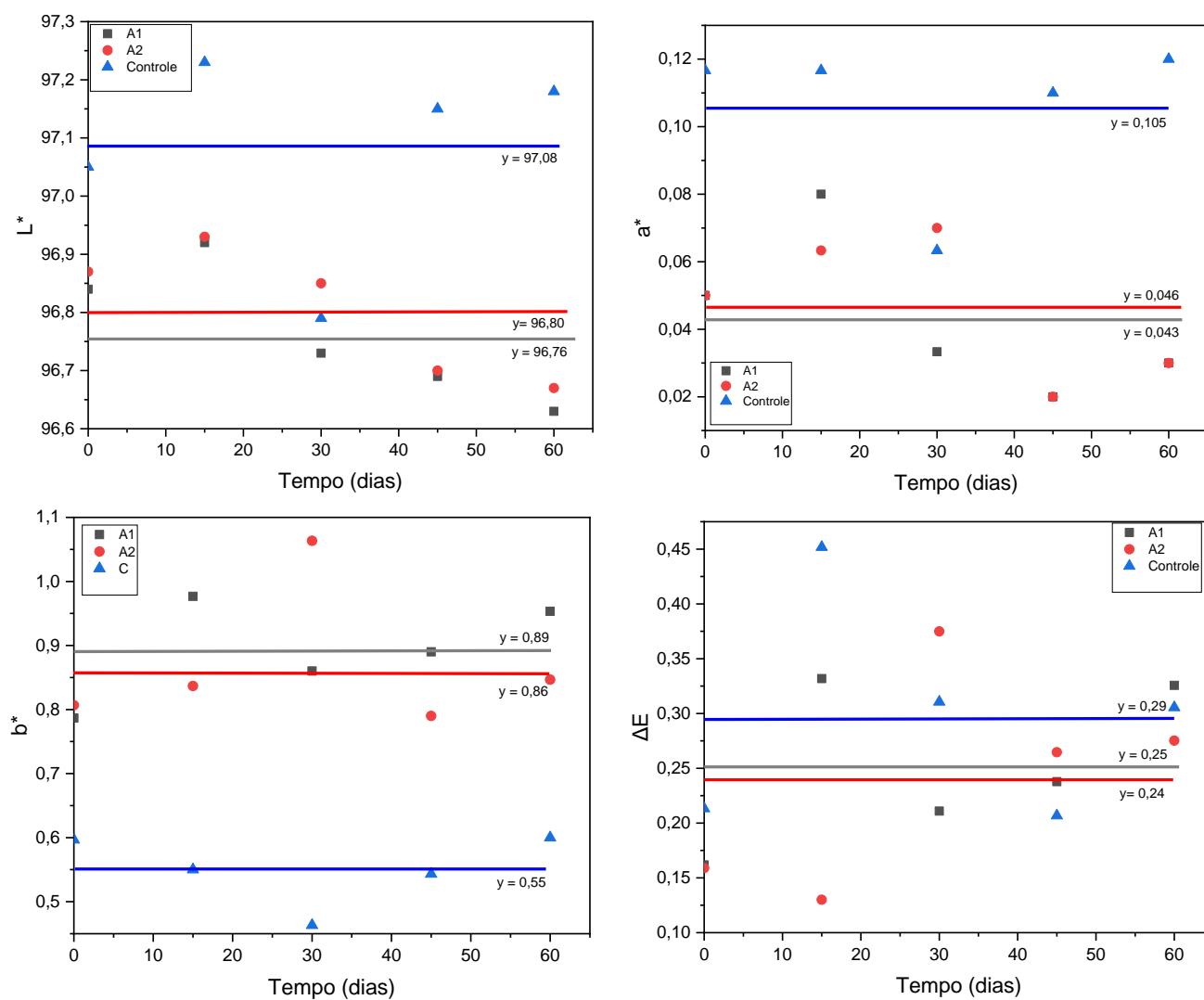


Figura 5: Comportamento dos parâmetros de cor dos filmes durante período de armazenamento de 60 dias. Onde: ■ A1(mel 70° C); ● A2 (mel 50° C); ▲ Controle

Tabela 4: Parâmetros de cor dos filmes orgânicos durante 60 dias de armazenamento

L* (Luminosidade)					
	0 dia	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
C	97,05±0,18 ^A	97,23±0,34 ^A	96,79±0,07 ^A	97,15±0,19 ^B	97,18±0,31 ^B
A1	96,84±0,13 ^A	96,92±0,23 ^A	96,73±0,07 ^A	96,69±0,1 ^A	96,64±0,04 ^A
A2	96,87±0,12 ^A	96,93±0,27 ^A	96,86±0,16 ^A	96,71±0,04 ^A	96,67±0,08 ^A
a* (Verde-Vermelho)					
	0 dia	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
C	0,12±0,09 ^A	0,12±0,07 ^A	0,06±0,01 ^A	0,11±0,07 ^A	0,12±0,06 ^A
A1	0,05±0,04 ^A	0,08±0,03 ^A	0,03±0,03 ^A	0,02±0,01 ^A	0,03±0,01 ^A
A2	0,05±0,05 ^A	0,06±0,06 ^A	0,07±0,03 ^A	0,0±0,022 ^A	0,03±0,01 ^A
b* (Azul-Amarelo)					
	0 dia	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
C	0,60±0,2 ^A	0,55±0,12 ^A	0,46±0,05 ^A	0,54±0,16 ^A	0,6±0,15 ^A
A1	0,79±0,14 ^A	0,98±0,11 ^B	0,86±0,12 ^B	0,89±0,01 ^{AB}	0,95±0,05 ^B
A2	0,81±0,15 ^A	0,84±0,13 ^{AB}	1,06±0,11 ^B	0,79±0,15 ^A	0,85±0,09 ^{AB}
ΔE (Diferença Total de Cor)					
	0 dia	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
C	0,21±0,11 ^A	0,45±0,31 ^A	0,31±0,19 ^A	0,21±0,07 ^A	0,31±0,25 ^A
A1	0,16±0,02 ^A	0,33±0,15 ^A	0,21±0,08 ^A	0,23±0,11 ^A	0,32±0,11 ^A
A2	0,16±0,06 ^A	0,13±0,09 ^A	0,37±0,19 ^A	0,23±0,07 ^A	0,27±0,21 ^A

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo $p < 0,05$.

Controle (C): fécula de mandioca sem plastificante; A1: filme orgânico de fécula de mandioca com mel a 70°C; A2: filme orgânico de fécula de mandioca com mel a 50°C

3.7.3 Propriedade Mecânica

As propriedades mecânicas, resistência a tração e alongamento a ruptura, através da análise de regressão, foi observado diferença significativa ($p < 0,05$) entre os parâmetros Amostra e Tempo, enquanto Amostra*Tempo não apresentou diferença (Figura 6 e Figura 7). Contudo, para amostra Controle, não houve diferença para a variação Tempo, tanto para a resistência à tração quanto para alongamento à ruptura, mantendo-se constante ao longo do tempo. Sugerindo que o material, mesmo obtendo incremento da umidade, possui uma estrutura estável e não está sujeito a mudanças estruturais ou interações entre componentes ao longo do tempo.

Nos filmes A1 e A2 foram observados diferença significativa ao longo do tempo, obtendo valores menores. Contudo, nos primeiros 30 dias mostrou aumento considerado, voltando a diminuir após este período.

No alongamento a ruptura dos filmes, foi observado que A1 e A2 apresentaram diferença significativa ao longo do tempo. Os valores ao logo do armazenamento diminuíram nos primeiros 30 dias, tendo um incremento no final, contudo os valores finais foram mais baixos que no início da análise. Enquanto C permaneceu constante, ao longo do tempo, mantendo-se em torno de 3%.

As médias das propriedades mecânicas dos filmes orgânicos no decorrer dos 60 dias de análise são mostrados na Tabela 5. Em geral, a adição do mel orgânico influenciou aumentando

o Alongamento a Ruptura e diminuindo a resistência à tração quando comparado ao filme controle.

A incorporação do mel orgânico como plastificante, aumentou o alongamento à ruptura e em contrapartida, diminuiu a resistência à tração dos filmes. Comparado ao controle, pode-se dizer que A1 e A2 são materiais mais elásticos, contudo menos resistentes a força aplicada antes de romper. Essa variação pode ser inferida à propriedade higroscópica (atrai e retém água) do mel, contribuindo para uma maior flexibilidade a retenção da umidade, melhorando a mobilidade das cadeias poliméricas.

Assim, apesar dessa variação de valores, o filme plastificado com mel, ao final da análise, manteve-se adequada permitindo a sua utilização para embalar alimentos.

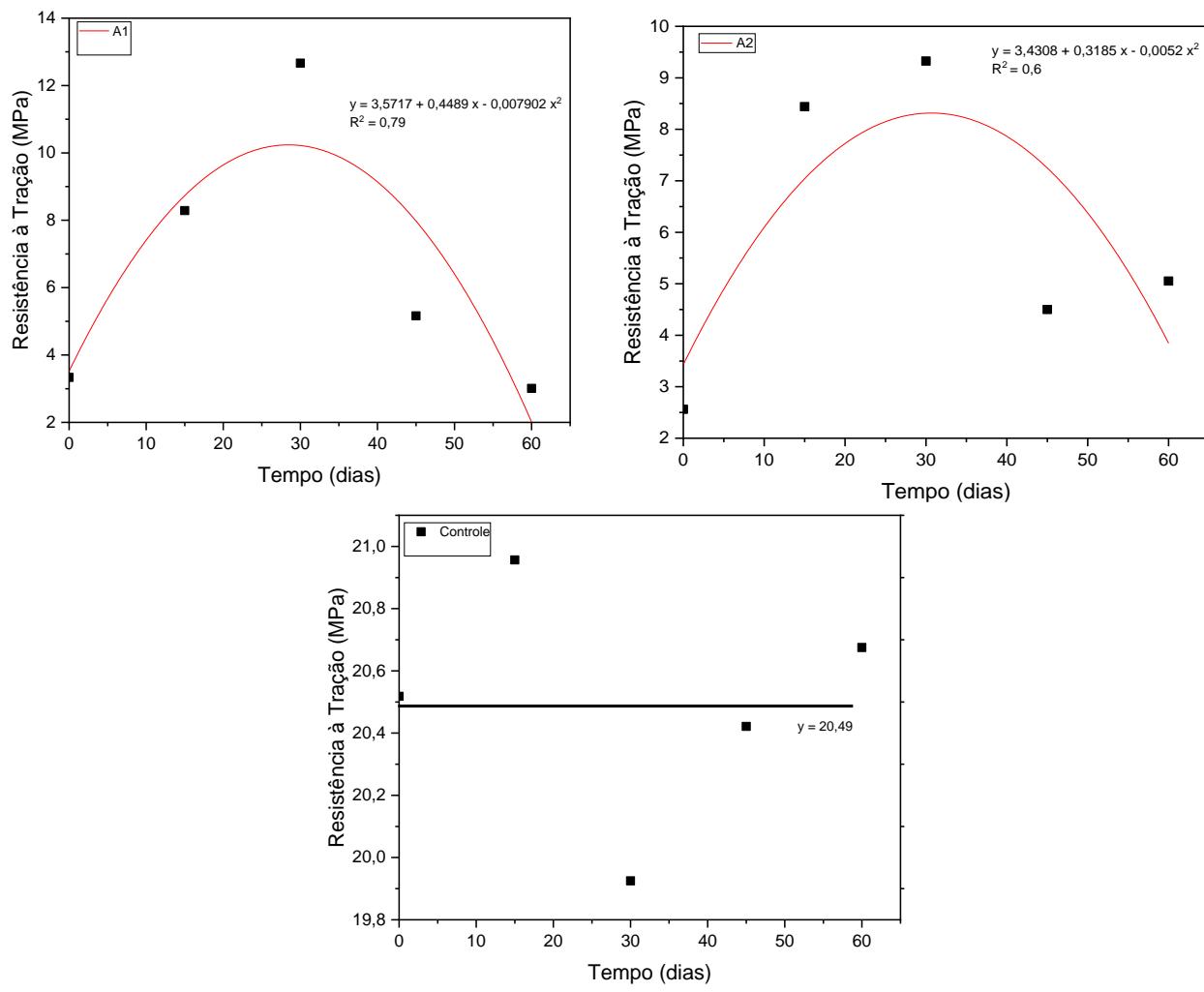


Figura 6: Comportamento dos filmes A1(mel 70º C), A2 (mel a 50º C) e Controle com relação á Resistência à Tração durante período de armazenamento de 60 dias.

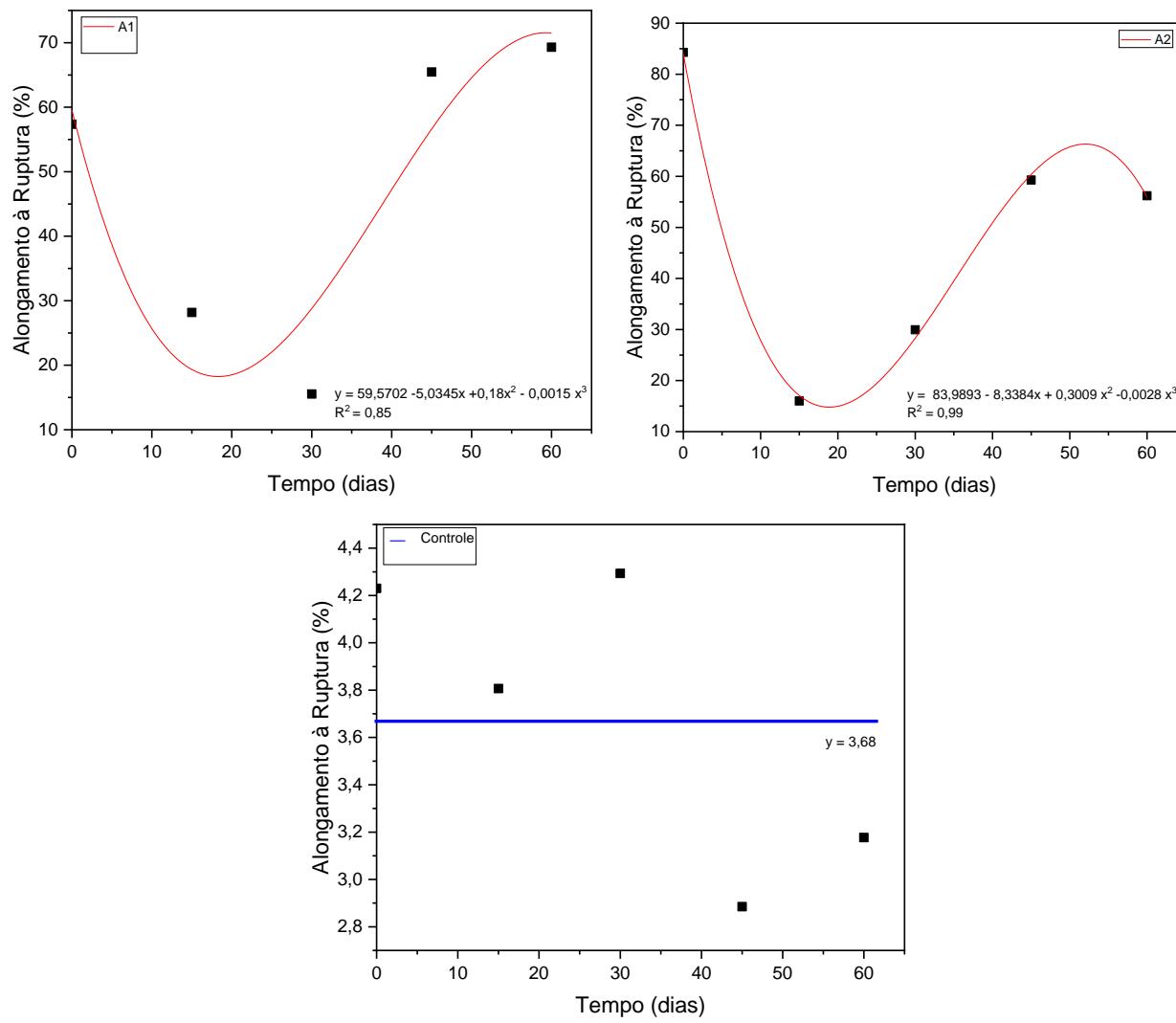


Figura 7: Comportamento dos filmes A1(mel 70º C), A2 (mel a 50º C) e Controle com relação ao Alongamento à Ruptura durante período de armazenamento de 60 dias.

Tabela 5: Propriedade mecânica dos filmes orgânicos durante 60 dias.

Resistência a Tração (MPa)					
	0 dia	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
C	20,52±3,24 ^B	20,96±4,66 ^B	19,93±4,8 ^B	20,42±3,97 ^B	20,68±3,79 ^B
A1	3,28±0,41 ^A	8,82±1,16 ^A	10,60±2,86 ^A	5,16±0,84 ^A	3,01±0,75 ^A
A2	2,44±0,57 ^A	9,72±1,71 ^A	9,56±1,18 ^A	4,50±0,43 ^A	5,05±0,74 ^A
Alongamento à Ruptura (%)					
	0 dia	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
C	4,23±0,44 ^A	3,81±1,65 ^A	4,30±0,5 ^A	2,89±0,21 ^A	3,18±0,65 ^A
A1	57,36±10,85 ^B	28,17±17,21 ^B	15,54±3,94 ^A	65,45±17,16 ^B	69,28±19,11 ^B
A2	84,26±29,47 ^B	15,99±14,43 ^{AB}	29,95±20,23 ^A	59,26±25,09 ^B	56,18±21,61 ^B

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo $p < 0,05$.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo forneceram um bom entendimento sobre o desenvolvimento e características de filmes orgânicos à base de fécula de mandioca com incorporação de mel como plastificante, sendo destinado à aplicação como embalagem para alimentos.

A quantificação de HMF do mel em diferentes temperaturas para processamento do filme demonstrou que dentre 50 e 70° C não há sobreposição do limite estabelecido pela legislação. Conferindo possibilidade de utilização do mel nestas temperaturas.

Os filmes desenvolvidos apresentaram consideráveis características quanto ao teor de compostos fenólicos, apresentaram características antioxidantes satisfatórias.

Foi observado que os filmes orgânicos com mel obtiveram boa estabilidade térmica, indicando um potencial aumento na durabilidade dos mesmos em diferentes condições de armazenamento e transporte.

A biodegradação dos filmes foi evidenciada pela completa degradação em um curto período (45 dias), o que os torna uma opção sustentável e ambientalmente amigável para embalagens de alimentos. Podendo ser definido como filme compostável também, uma vez que sua composição servirá como matéria orgânica ao meio ambiente quando biodegradável, não o prejudicando.

Durante a vida de prateleira do filme, pode-se observar que os filmes com o mel como plastificante obteve ótimas condições durante o tempo de armazenamento, tornando-o uma potencial embalagem para alimentos em geral. Mantendo a cor e tornando-se mais flexível ao decorrer do período analisado.

Este estudo contribui para o avanço no desenvolvimento de embalagens de alimentos mais sustentáveis e funcionais, abrindo caminho para futuras pesquisas na área de materiais biodegradáveis e ecologicamente corretos. Com uma abordagem centrada na utilização de recursos naturais e orgânicos, os filmes orgânicos à base de fécula de mandioca e mel representam uma alternativa promissora para reduzir o impacto ambiental causado pelo uso excessivo de plásticos convencionais na indústria de embalagens.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Mecanização Agrícola e Aplicação de Agrotóxicos da UFF/VR, Laboratório de Mecânica Aplicada do Departamento de Engenharia Mecânica da UFF/VR e Laboratório Centra Analítica da UFF/Niterói.

REFERÊNCIAS

- AL-FARSI, M., AL-AMRI, A., AL-HADHRAMI, A., *et al.* "Color, flavonoids, phenolics and antioxidants of Omani honey", *Heliyon*, v. 4, n. 10, p. e00874, 2018. DOI: 10.1016/j.heliyon.2018.e00874. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00874>
- ALVAREZ-SUAREZ, J. M., TULIPANI, S., DÍAZ, D., *et al.* "Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds", *Food and Chemical Toxicology*, v. 48, n. 8–9, p. 2490–2499, 2010. DOI: 10.1016/j.fct.2010.06.021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2010.06.021>.
- ALVES, Rosa M V, BORDIN, Mauricio R, GARCIA, Eloisa E C, *et al.* "PERMEABILIDADE AO VAPOR D'ÁGUA: COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ENSAIOS". 8º Congresso Brasileiro de Polímeros, 2006. , p. 959–960.
- ANKLAM, E. "A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey", *Food Chemistry*, v. 63, n. 4, p. 549–562, 1998.
- BEIRANVAND, S., WILLIAMS, A., LONG, S., *et al.* "Use of kinetic data to model potential antioxidant activity: Radical scavenging capacity of Australian Eucalyptus honeys", *Food Chemistry*, n. October, p. 128332, 2020. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128332. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128332>.
- BRASIL. Instrução Normativa Nº11, de 20 de outubro de 2000. Ministério da Agricultura e Abastecimento. [S.l: s.n.], 2000
- CAVALIERI, NATÁLIA FURTADO; DIAS, JANE DE SOUZA RUI; MIYAGUSKU, LUCIANA; AMARAL, MARCOS SERROU; PRATES, M. F. O. "Physical and antimicrobial properties of starch and honey biodegradable films", *Cadernos de Agroecologia* –, v. 13, n. 2236–7934, p. 1–10, 2018. .
- CHEMIRU, G., GONFA, G. "Preparation and characterization of glycerol plasticized yam starch-based films reinforced with titanium dioxide nanofiller", *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, v. 5, 1 jun. 2023. DOI: 10.1016/j.carpta.2023.100300.
- CLAUDIA LEITES, L., JULIA MENEGOTTO FRICK, P., ISABEL CRISTINA, T. "Influence of the incorporation form of waste from the production of orange juice in the properties of cassava starch-based films", *Food Hydrocolloids*, v. 117, 1 ago. 2021. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.106730.
- CUNHA, G. F. Biofilmes à base de amido incorporados com extratos etanólico de própolis. 2017. 1–74 f. Dissertação – Instituto Federal de Educação, Rio Verde, 2017.
- DEMORI, D., NOVELLO, A., SANDRI, I. G., *et al.* Avaliação da estabilidade térmica dos compostos fenólicos da farinha de bagaço de aracá utilizando pré-tratamento enzimático. 2016. XII Seminário Brasileiro de Tecnologia Enzimática – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2016.
- EDHIREJ, A., SAPUAN, S. M., JAWAID, M., *et al.* "Effect of various plasticizers and concentration on the physical, thermal, mechanical, and structural properties of cassava-starch-based films", *Starch/Stärke*, v. 69, n. 1–2, 1 jan. 2017. DOI: 10.1002/star.201500366.

FERNANDES, L. M., GUIMARÃES, J. T., SILVA, R., *et al.* "Whey protein films added with galactooligosaccharide and xylooligosaccharide", Food Hydrocolloids, v. 104, 1 jul. 2020a. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.105755.

FERNANDES, L. M., GUIMARÃES, J. T., SILVA, R., *et al.* "Whey protein films added with galactooligosaccharide and xylooligosaccharide", Food Hydrocolloids, v. 104, 1 jul. 2020b. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.105755. .

FISHMAN, M. L., COFFIN, D. R., KONSTANCE, R. P., *et al.* Extrusion of pectin/starch blends plasticized with glycerol.. [S.l: s.n.], [S.d.]. Disponível em: www.elsevier.com/locate/carbpol.

GALDEANO, M. C., MALI, S., GROSSMANN, M. V. E., *et al.* "Effects of plasticizers on the properties of oat starch films", Materials Science and Engineering C, v. 29, n. 2, p. 532–538, 1 mar. 2009. DOI: 10.1016/j.msec.2008.09.034.

GARCIA-HERNANDEZ, A., VERNON-CARTER, E. J., ALVAREZ-RAMIREZ, J. "Impact of ghosts on the mechanical, optical, and barrier properties of corn starch films", Starch/Staerke, v. 69, n. 1–2, 1 jan. 2017. DOI: 10.1002/star.201600308.

GONZÁLEZ-CEBALLOS, L., CAVIA, M. del M., FERNÁNDEZ-MUIÑO, M. A., *et al.* "A simple one-pot determination of both total phenolic content and antioxidant activity of honey by polymer chemosensors", Food Chemistry, n. September, p. 128300, 2020. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128300. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128300>.

GRAINGER, M. N. C., OWENS, A., MANLEY-HARRIS, M., *et al.* "Kinetics of conversion of dihydroxyacetone to methylglyoxal in New Zealand mānuka honey: Part IV – Formation of HMF", Food Chemistry, v. 232, p. 648–655, 1 out. 2017. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.04.066. .

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químico para análise de alimentos. IV EDIÇÃO ed. SÃO PAULO, [s.n.], 2008.

JOUKI, M., KHAZAEI, N., GHASEMLOU, M., *et al.* "Effect of glycerol concentration on edible film production from cress seed carbohydrate gum", Carbohydrate Polymers, v. 96, n. 1, p. 39–46, 1 jul. 2013. DOI: 10.1016/j.carbpol.2013.03.077.

KHALIL, M. I., SULAIMAN, S. A., ALAM, N., *et al.* "CONTENT AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF PROCESSED TUALANG HONEY (AGROMAS®) COLLECTED FROM DIFFERENT REGIONS IN MALAYSIA", International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, v. 4, n. 3, p. 214–219, 2012.

KIRSCHWENG, B., TÁTRAALJAI, D., FÖLDES, E., *et al.* "Natural antioxidants as stabilizers for polymers", Polymer Degradation and Stability, v. 145, p. 25–40, 2017. DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2017.07.012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2017.07.012>.

LEITES, L., JULIA MENEGOTTO FRICK, P., ISABEL CRISTINA, T. "Influence of the incorporation form of waste from the production of orange juice in the properties of cassava starch-based films", Food Hydrocolloids, v. 117, n. February, p. 106730, 2021. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.106730. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106730>.

LEMOS, A. C., SCAGLIONI, P. T., BORBA, V. S. *et al.*, "CONTAMINANTES FORMADOS DURANTE O PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS". Avanços em Ciência e Tecnologia de

Alimentos - Volume 1, [S.I.], Editora Científica Digital, 2020. p. 111–157. DOI: 10.37885/201102166.

LUCHESE, C. L., RODRIGUES, R. B., TESSARO, I. C. "Cassava starch-processing residue utilization for packaging development", International Journal of Biological Macromolecules, v. 183, n. June, p. 2238–2247, 2021. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.06.029. .

MADELLA, D. K. S. F., MELO, N. R. de. "Material de base orgânica como alternativa para embalagem de produtos alimentícios", Research, Society and Development, v. 11, n. 10, p. e15111032244, 21 jul. 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i10.32244.

MALI, S., GROSSMANN, M. V. E., YAMASHITA, F. Starch films: Production, properties and potential of utilization. Semina:Ciencias Agrarias. [S.I.], Universidade Estadual de Londrina, 2010

MANIGLIA, B. C., TESSARO, L., RAMOS, A. P., *et al.* "Which plasticizer is suitable for films based on babassu starch isolated by different methods?", Food Hydrocolloids, v. 89, n. C, p. 143–152, 2019. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2018.10.038. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.218>.

MANTZARI, G., RAPHAELIDES, S. N., EXARHOPoulos, S. "Effect of sorbitol addition on the physicochemical characteristics of starch-fatty acid systems", Carbohydrate Polymers, v. 79, n. 1, p. 154–163, 5 jan. 2010. DOI: 10.1016/j.carbpol.2009.07.043.

MENZEL, C., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C., CHIRALT, A., *et al.* "Antioxidant starch films containing sunflower hull extracts", Carbohydrate Polymers, v. 214, p. 142–151, 15 jun. 2019. DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.03.022.

MOTTA, J.F.G., DE SOUZA, A. R., GONÇALVES, S. M., *et al.* "Development of active films based on modified starches incorporating the antimicrobial agent lauroyl arginate (LAE) for the food industry", Food and Bioprocess Technology, 2020. DOI: 10.1007/s11947-020-02548-0.

MOTTA, Joyce Fagundes Gomes, DE SOUZA, A. R., GONÇALVES, S. M., *et al.* "Development of active films based on modified starches incorporating the antimicrobial agent lauroyl arginate (LAE) for the food industry", Food and Bioprocess Technology, 30 out. 2020. DOI: 10.1007/s11947-020-02548-0.

MÜLLER, C. M. O., YAMASHITA, F., LAURINDO, J. B. "Evaluation of the effects of glycerol and sorbitol concentration and water activity on the water barrier properties of cassava starch films through a solubility approach", Carbohydrate Polymers, v. 72, n. 1, p. 82–87, 3 abr. 2008. DOI: 10.1016/j.carbpol.2007.07.026.

NASCIMENTO, K. S. GASPAROTTO SATTLER, J. A., LAUER MACEDO, L. F., *et al.* "Phenolic compounds, antioxidant capacity and physicochemical properties of Brazilian Apis mellifera honeys", LWT, v. 91, p. 85–94, 1 maio 2018. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.01.016.

ORDOÑEZ, R., ATARÉS, L., CHIRALT, A. "Physicochemical and antimicrobial properties of cassava starch films with ferulic or cinnamic acid", LWT, v. 144, 1 jun. 2021. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111242.

PAVONI, J. M. F., LUCHESE, C. L., TESSARO, I. C. "Impact of acid type for chitosan dissolution on the characteristics and biodegradability of cornstarch/chitosan based films", International Journal of Biological Macromolecules, v. 138, p. 693–703, 2019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.07.089. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.07.089>.

- QIN, Y., LIU, Y., YONG, H., *et al.* "Preparation and characterization of active and intelligent packaging films based on cassava starch and anthocyanins from *Lycium ruthenicum* Murr", International Journal of Biological Macromolecules, v. 134, p. 80–90, 1 ago. 2019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.05.029.
- QUEIROZ, E. L., ARAÚJO, G. S., ALMEIDA, T. B., *et al.* "Chemical and mechanical properties of cassava starch bioactive film with jambolan (*Syzygium cumini* L.) extract addition", Brazilian Journal of Food Technology, v. 24, 2021. DOI: 10.1590/1981-6723.21620.
- RIZELIO, V. M., GONZAGA, L. V., DA SILVA CAMPELO BORGES, G., *et al.* "Development of a fast MECK method for determination of 5-HMF in honey samples", Food Chemistry, v. 133, n. 4, p. 1640–1645, 15 ago. 2012. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.11.058.
- RUFINO, Maria do Socorro M., ALVES, R. E., DE BRITO, E. S., *et al.* "Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil", Food Chemistry, v. 121, n. 4, p. 996–1002, 15 ago. 2010. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.01.037.
- RUFINO, Maria do Socorro Moura, ALVES, R. E., BRITO, E. S., *et al.* Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de Redução do Ferro (FRAP). . [S.l: s.n.], 2006.
- RUFINO, Maria do Socorro Moura, ALVES, R. E., BRITO, E. S., *et al.* Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. Comunicado Técnico: On line. [S.l: s.n.], 2007.
- SIRIPATRAWAN, U., HARTE, B. R. "Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract", Food Hydrocolloids, v. 24, n. 8, p. 770–775, 2010. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2010.04.003.
- SMETANSKA, I., ALHARTHI, S. S., SELIM, K. A. "Physicochemical, antioxidant capacity and color analysis of six honeys from different origin", Journal of King Saud University - Science, v. 33, n. 5, 1 jul. 2021. DOI: 10.1016/j.jksus.2021.101447.
- SUEIRO, A. C., FARIA-TISCHER, P. C. S., LONNI, A. A. S. G., *et al.* "Filmes biodegradáveis de amido de mandioca, pululana e celulose bacteriana", Química Nova, v. 39, n. 9, p. 1059–1064, 1 nov. 2016. DOI: 10.5935/0100-4042.20160118.
- VAL SIQUEIRA, L. do, ARIAS, C. I. L. F., MANIGLIA, B. C., *et al.* "Starch-based biodegradable plastics: methods of production, challenges and future perspectives", Current Opinion in Food Science, v. 38, p. 122–130, 1 abr. 2020. DOI: 10.1016/j.cofs.2020.10.020.
- VASCO, C., RUALES, J., KAMAL-ELDIN, A. "Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador", Food Chemistry, v. 111, n. 4, p. 816–823, 15 dez. 2008. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.04.054.
- VEIGA-SANTOS, P., OLIVEIRA, L. M., CEREDA, M. P., *et al.* "Sucrose and inverted sugar as plasticizer. Effect on cassava starch-gelatin film mechanical properties, hydrophilicity and water activity", Food Chemistry, v. 103, n. 2, p. 255–262, 2007. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.07.048.
- VELÁSQUEZ, P., MONTEMNEGRO, G., VALENZUELA, L. M., *et al.* "k-carrageenan edible films for beef: Honey and bee pollen phenolic compounds improve their antioxidant capacity", Food Hydrocolloids, v. 124, 1 mar. 2022. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107250.
- VERSINO, F., LÓPEZ, O. V., GARCÍA, M. A. "Sustainable use of cassava (*Manihot esculenta*) roots as raw material for biocomposites development", Industrial Crops and Products, v. 65, p. 79–89, 1 mar. 2015. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.11.054.

WALTRICH, C., CARVALHO, L. F. de. "Estudo de propriedades físicas e químicas durante armazenamento de mel produzido na região de Blumenau, Brasil", Research, Society and Development, v. 9, n. 7, p. e495974070, 23 maio 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i7.4070.

XAVIER, T. D. N., DE OLIVEIRA, V. R. L., LEITE, R. H. de L., *et al.* "Characterization of biopolymeric films based on cassava starch, chitosan and carnauba wax", Revista Materia, v. 25, n. 4, p. 1–12, 2020. DOI: 10.1590/S1517-707620200004.1166.

CONCLUSÃO FINAL

Com o levantamento bibliográfico foi observado um crescente interesse em alimentos orgânicos e suas embalagens, assim consequentemente existe uma demanda por alternativas sustentáveis às embalagens tradicionais. Logo, foi explorado a viabilidade de desenvolver embalagens biodegradáveis feitas por materiais orgânicos, como uma base de amido, sendo essa considerado matéria-prima de baixo custo, abundante e biodegradável.

Verificando a possibilidade de uso de uma “embalagem orgânica”, por intermédio de um questionário, permitiu observar uma receptividade positiva por parte dos consumidores em adquirir a embalagem orgânica como alternativa às tradicionais embalagens plásticas para produtos alimentícios. Houve uma preferência pela “embalagem orgânica”, mesmo com incremento do valor de custo final, devido principalmente à redução do impacto ambiental, refletindo uma tendência atual com preocupação à preservação ambiental e sustentabilidade.

Estes resultados revelam que os consumidores estão cada vez mais conscientes sobre questões ambientais e estão interessados em opções de embalagens alternativas para alimentos. A troca de embalagens convencionais por “embalagens orgânicas” não apenas contribuiria para a diminuição de resíduos, prolongando a vida útil dos materiais utilizados, mas também incentivaria a conscientização em toda a cadeia de produção, fomentando a geração de novas ideias no setor e promovendo um impacto social positivo. Além de estar inserida na definição da cultura de alimentos orgânicos, atraindo consumidores que já enfatizam a redução de plásticos sintéticos, valorizando a relação da agricultura, saúde humana e o meio ambiente, buscando assim promover sistemas alimentares mais éticos e sustentáveis.

Contudo, para a produção de um filme orgânico houve um desafio em garantir que todos os insumos fossem de origem orgânica, sendo naturais e orgânicos foi o que trouxe a este estudo uma necessidade desafiadora.

Dentre os filmes desenvolvidos utilizados como plastificantes açúcar mascavo, mel e óleo de coco, foi verificado:

Subjetivamente o filme contendo mel (T1) apresentou melhores características, tendo classificação como excelente, enquanto os filmes com incorporação de óleo de coco apresentaram rugosidades e os de açúcar mascavo ficaram quebradiços.

Os plastificantes incorporados apresentaram diferentes resultados quanto à solubilidade dos filmes. Os materiais contendo mel e açúcar apresentaram menor solubilidade que os filmes com óleo de coco. Todos os filmes mostraram boa propriedade hidrofóbica e baixa opacidade. Dos filmes selecionados, mel (T1) e óleo de coco (T2), T1 apresentou melhor elasticidade, maior resistência a tração e menor módulo de Young, sugerindo menor rigidez comparado ao Controle (filme sem plastificante) e T2, estes formam os filmes de melhores propriedade mecânicas. Essas conclusões fornecem uma base sólida para o desenvolvimento de filmes orgânicos e sustentáveis para embalagens de alimentos.

O filme orgânico com mel obteve as melhores características, sendo selecionado para ser caracterizado destinado à aplicação como embalagem para alimentos.

Quanto a possibilidade de formação de Hidroximetilfurfural, devido ao aquecimento do mel, foi observado que os processos sejam a 70 ou 50° C não excederam o limite estabelecido pela legislação quanto ao teor deste componente.

Os filmes desenvolvidos (A1 e A2) apresentaram capacidade antioxidante, uma vez obtendo valores satisfatórios quanto ao teor de compostos fenólicos, DPPH e FRAP. Caracterizando os filmes plastificados com mel como filme ativo antioxidante.

Os filmes orgânicos com mel demonstraram boa estabilidade térmica, indicando boa durabilidade em diferentes condições de armazenamento e transporte.

A biodegradação dos filmes (A1 e A2) foi evidenciada pela completa degradação em um curto período de 45 dias, tornando-os uma opção sustentável e ambientalmente amigável para embalagens de alimentos, além de poder ser classificado como embalagem compostável.

Durante a vida de prateleira dos filmes (A1 e A2), foi observado estabilidade quanto a cor do material desenvolvido e os filmes com mel apresentaram um pequeno aumento da elasticidade. Consequentemente, o filme desenvolvido detém de uma ótima vida de prateleira, possuindo possibilidade de ser utilizado em alimentos e armazenado por um período de tempo sem perder suas propriedades físicas (avaliado até 60 dias)..

Com base nas características analisadas e discutidas, pode-se dizer que o filme orgânico desenvolvido com fécula de mandioca contendo o mel como plastificante pode vir a atender as demandas do consumidor que visa além da sua saúde a preocupação com interação da embalagem utilizada e o meio ambiente, buscando alternativas sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- AL-FARSI, M., AL-AMRI, A., AL-HADHRAMI, A., *et al.* "Color, flavonoids, phenolics and antioxidants of Omani honey", *Heliyon*, v. 4, n. 10, p. e00874, 2018. DOI: 10.1016/j.heliyon.2018.e00874. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00874>.
- ALVAREZ-SUAREZ, J. M., TULIPANI, S., DÍAZ, D., *et al.* "Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds", *Food and Chemical Toxicology*, v. 48, n. 8–9, p. 2490–2499, 2010. DOI: 10.1016/j.fct.2010.06.021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2010.06.021>.
- BEIRANVAND, S., WILLIAMS, A., LONG, S., *et al.* "Use of kinetic data to model potential antioxidant activity: Radical scavenging capacity of Australian Eucalyptus honeys", *Food Chemistry*, n. October, p. 128332, 2020. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128332. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128332>.
- BOOBALAN, K., NACHIMUTHU, G. S. "Organic consumerism: A comparison between India and the USA", *Journal of Retailing and Consumer Services*, v. 53, n. October 2019, p. 101988, 2020. DOI: 10.1016/j.jretconser.2019.101988. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.101988>.
- CAETANO, K. dos S., LOPES, N. A., COSTA, T. M. H., *et al.* "Characterization of active biodegradable films based on cassava starch and natural compounds", *Food Packaging and Shelf Life*, v. 16, n. November 2017, p. 138–147, 2018. DOI: 10.1016/j.fpsl.2018.03.006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.03.006>.
- CHANDRA, R., RUSTGI, R. "Biodegradable polymers", *Progress in Polymer Science (Oxford)*, v. 23, n. 7, p. 1273–1335, 1998. DOI: 10.1016/S0079-6700(97)00039-7.
- CHENG, J., GAO, R., ZHU, Y., *et al.* Applications of biodegradable materials in food packaging: A review. *Alexandria Engineering Journal*. [S.I.], Elsevier B.V., 1 mar. 2024
- DAI, L., ZHANG, J., CHENG, F. "Cross-linked starch-based edible coating reinforced by starch nanocrystals and its preservation effect on graded Huangguan pears", *Food Chemistry*, v. 311, p. 125891, 2020. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125891. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125891>.
- FANGFANG, Z., XINPENG, B., WEI, G., *et al.* "Effects of virgin coconut oil on the physicochemical, morphological and antibacterial properties of potato starch-based biodegradable films", *International Journal of Food Science and Technology*, v. 55, n. 1, p. 192–200, 1 jan. 2020. DOI: 10.1111/ijfs.14262..
- GUTIÉRREZ, T. J., MORALES, N. J., PÉREZ, E., *et al.* "Physico-chemical properties of edible films derived from native and phosphated cush-cush yam and cassava starches", *Food Packaging and Shelf Life*, v. 3, p. 1–8, 2015. DOI: 10.1016/j.fpsl.2014.09.002..
- LI, S., MA, Y., JI, T., *et al.* "Cassava starch/carboxymethylcellulose edible films embedded with lactic acid bacteria to extend the shelf life of banana", *Carbohydrate Polymers*, v. 248, 15 nov. 2020. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116805.
- LIU, D., JIANG, P., NIE, Z., *et al.* "Synthesis of an efficient bio-based plasticizer derived from waste cooking oil and its performance testing in PVC", *Polymer Testing*, v. 90, n. May, p.

106625, 2020. DOI: 10.1016/j.polymertesting.2020.106625. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106625>.

MACHADO, S. S. Tecnologia da Fabricação do Açúcar. [S.l: s.n.], 2012.

MANIGLIA, B. C., TESSARO, L., RAMOS, A. P., et al. "Which plasticizer is suitable for films based on babassu starch isolated by different methods?", Food Hydrocolloids, v. 89, n. C, p. 143–152, 2019. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2018.10.038. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.218>.

MORAES, M. D. De. "Produção orgânica e agricultura familiar: obstáculos e oportunidades nacionalmente . Segundo levantamento do Instituto de Investigação da Agricultura Orgânica", v. 1, p. 19–37, 2017. .

OMEROVIĆ, N., DJISALOV, M., ŽIVOJEVIĆ, K., et al. "Antimicrobial nanoparticles and biodegradable polymer composites for active food packaging applications", Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, v. 20, n. 3, p. 2428–2454, 1 maio 2021. DOI: 10.1111/1541-4337.12727.

ROCHA, A. A. Desenvolvimento e Caracterização de Filmes à Base de Amido de Araruta (*Maranta Arundinacez L.*) Com Adição de óleo de Licuri (*Syagrus Cotonata*) e Tween 80. (2019). 57 f. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2019.

SANTAGATA, G., MALLARDO, S., FASULO, G., et al. "Pectin-honey coating as novel dehydrating bioactive agent for cut fruit: Enhancement of the functional properties of coated dried fruits", Food Chemistry, v. 258, p. 104–110, 2018. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.03.064. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.064>.

VAL SIQUEIRA, L. do, ARIAS, C. I. L. F., MANIGLIA, B. C., et al. "Starch-based biodegradable plastics: methods of production, challenges and future perspectives", Current Opinion in Food Science, v. 38, p. 122–130, 1 abr. 2020. DOI: 10.1016/j.cofs.2020.10.020. .

VEIGA-SANTOS, P., OLIVEIRA, L. M., CEREDA, M. P., et al. "Sucrose and inverted sugar as plasticizer. Effect on cassava starch-gelatin film mechanical properties, hydrophilicity and water activity", Food Chemistry, v. 103, n. 2, p. 255–262, 2007. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.07.048.

ZHOU, Y., WU, X., CHEN, J., et al. "Effects of cinnamon essential oil on the physical, mechanical, structural and thermal properties of cassava starch-based edible films", International Journal of Biological Macromolecules, v. 184, p. 574–583, 1 ago. 2021. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.06.067.

ANEXOS

ANEXO I - Questionário Desenvolvido – Capítulo II

Estudo descritivo abordando a possibilidade do uso de uma embalagem orgânica para produtos alimentícios

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

O(a) Sr.(a) está sendo convidado(a) a participar da pesquisa “Estudo descritivo abordando a possibilidade do uso de uma embalagem orgânica para produtos alimentícios”, desenvolvida pela doutoranda Dayana Ketrin Silva Francisco Madella, vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, sob a orientação da Prof.^a Dra. Nathália Ramos de Melo e da Prof.^a Dra. Raquel Pereira de Souza.

O objetivo deste questionário, é identificar a expectativa da utilização de embalagens orgânicas em produtos vegetais, preferencialmente orgânicos, tendo como finalidade um produto 100% orgânico.

A sua participação é muito importante! Ela se dará por meio do preenchimento deste questionário. Destacamos também que as suas informações serão utilizadas somente para os fins desta e futuras pesquisas e que serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

Informamos que sua participação será voluntaria e a qualquer momento pode deixar o estudo sem que incorra qualquer prejuízo. Além disso, o(a) Sr.(a) não pagará e nem será remunerado(a) por sua participação. Sabendo ainda, é necessário que o questionário seja respondido até o final para que sua resposta seja contabilizada. O benefício em participar da pesquisa será o de nos possibilitar compreender a expectativa do uso de uma embalagem orgânica em vegetais.

Concordando em participar do estudo, pedimos que selecione a opção “Li e concordo em participar da pesquisa”, no campo indicado.

Caso tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos entre em contato com a pesquisadora: Dayana Ketrin Silva Francisco Madella, pelo e-mail dayanaketrin@hotmail.com.

Declaração:

Após ter sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação. Declaro ainda que, possuo 18 anos ou mais.

() Li e concordo “(direcionar o participante para as questões do instrumento)”

() Não concordo “(encaminhar o participante para página de agradecimento e encerrar o instrumento)”

Estudo descritivo abordando a possibilidade do uso de uma embalagem orgânica para produtos alimentícios

Agradecemos seu interesse em participar da nossa pesquisa.

O objetivo desse questionário é identificar a expectativa de utilização de embalagens orgânicas em vegetais, prioritariamente orgânicos, nos estados Sul e Sudeste do Brasil, tendo como finalidade um produto 100% orgânico.

Um produto orgânico é aquele obtido sem produtos químicos sintéticos (agrotóxicos, adubos químicos), dentro de um sistema orgânico de produção agropecuária, ou extrativista sustentável, que beneficie o ecossistema local, proteja os recursos naturais, respeite as características socioeconômicas e culturais da comunidade local, preserve os direitos dos trabalhadores envolvidos e não utilize organismos geneticamente modificados.

Logo, uma embalagem orgânica será desenvolvida a partir de componentes orgânicos certificados, conforme a legislação brasileira. Sendo assim, uma embalagem biodegradável e produzida de forma a não causar impacto ao meio ambiente.

A embalagem desta pesquisa se refere a uma embalagem primária, ou seja, estará em contato direto com o produto a ser embalado.

Perguntas

1- Qual estado você reside?

- Espírito Santo
- Minas Gerais
- Rio de Janeiro
- São Paulo
- Paraná
- Rio Grande do Sul
- Santa Catarina

2- Qual sua dieta alimentar?

- Carnívoro
- Vegetariano
- Vegano
- Outros

3- Você consome alimentos orgânicos?

- Sim
- Não

4- Se sim, com qual a frequência você consome alimentos orgânicos?

- Diariamente
- Até 3 vezes por semana
- 1 vez por semana
- 1 vez por mês

5- Onde você costuma comprar os produtos orgânicos? (Marcar quantas quiser)

- Supermercados e mercadinhos de bairro
- Hortifrutis e mercados especializados em produtos naturais
- Feiras livres
- Diretamente com o produtor
- Horta comunitária

6- Se um alimento (orgânico ou não), embalado com uma embalagem orgânica estivesse disponível no mercado hoje, qual a probabilidade de você dar preferência por este produto com relação a um outro embalado com os filmes plásticos atualmente disponíveis? (sem custo adicional)

- Extremamente provável
- Muito provável
- Razoavelmente provável
- Muito pouco provável
- Nem um pouco provável

7- Caso haja um adicional de 2% ao produto embalado com embalagem orgânica, qual a probabilidade de você compra-lo?

- Extremamente provável
- Muito provável
- Razoavelmente provável
- Muito pouco provável
- Nem um pouco provável

8- Na sua opinião, é importante embalar um alimento orgânico com um material também orgânico?

- Extremamente importante
- Muito importante
- Razoavelmente importante
- Muito importante
- Nem um pouco importante
- Indiferente

9- Sendo um alimento orgânico, qual principal motivo levariam você a preferir uma embalagem orgânica?

- Preocupação com sua saúde
- Redução do impacto no meio ambiente
- Nenhuma das anteriores, eu prefiro uma embalagem convencional
- Outro (especifique)

10- Quais motivos levariam você a preferir uma embalagem convencional para um alimento orgânico?

- O alimento orgânico não precisa de uma embalagem orgânica
- Estou satisfeito com os filmes plásticos atualmente disponíveis
- Nenhuma das anteriores, eu prefiro uma embalagem orgânica à convencional
- Outro (especifique)

11- Como você avalia a possibilidade de utilizar uma embalagem orgânica em alimentos?

- Extremamente importante
- Muito importante
- Razoavelmente importante
- Pouco importante
- Sem importância

12- Você é um dos responsáveis pelas compras da casa?

- Sim
- Não

13- Qual sua faixa-etária?

- De 18-30 anos
- De 31-40 anos
- De 41-50 anos
- De 51-60 anos
- De 61-70 anos
- Acima de 70 anos

14- Qual sua escolaridade?

- Ensino fundamental incompleto
- Ensino fundamental
- Ensino médio incompleto
- Ensino médio
- Graduação incompleta
- Graduação completa
- Pós-graduação

15- Qual sua renda familiar bruta somando todos que residem com você?

- Até 1 salário mínimo
- De 1 a 3 salários mínimos
- De 4 a 6 salários mínimos
- De 6 a 10 salários mínimos
- 10 salários mínimos ou mais

16- Qual seu gênero?

- Feminino
- Masculino
- Outro

ANEXO II – Informações sobre plastificante utilizado no desenvolvimento do filme

Mel

Produto adquirido diretamente com o produtor familiar licenciado para produção de alimentos orgânicos.

Produtor: Estação 4x4 – Apiário São Francisco de Assis

Florada predominante: Silvestre

Apicultor: Sandra Avila Gaspar

Inscrição estadual: 72044-746

Certificação: 43-016

Programa Prosperar

Datas que foram adquiridos:

- Janeiro/2020
- Maio/2022
- Junho/2023

Fécula de mandioca orgânica

Produto adquirido em mercado local, na cidade de Volta Redonda (RJ), de produtos naturais.

Marca: Beiju Bom – Yama Alimentos

Datas que foram adquiridas:

- Abril/2022
- Outubro/2022
- Janeiro/2023
- Fevereiro/2023
- Maio/2023
- Julho/2023

Óleo de coco extravirgem orgânico

Produto adquirido em mercado local, na cidade de Volta Redonda (RJ), de produtos naturais.

Marca: COPRA

Datas que foram adquiridos:

- Janeiro/2020
- Maio/2022

Açúcar Mascavo

Produto adquirido em mercado local, na cidade de Volta Redonda (RJ), de produtos naturais.

Marca: Native Alimentos

Usina São Francisco

Sertãozinho (SP)

Data que foi adquirido:

- Janeiro/2020

ANEXO III – Desenvolvimento do filme

Os filmes foram desenvolvidos a partir de dados experimentais do grupo de pesquisa do Laboratório Agroindustrial de Embalagem e Tecnologia/EEIMVR/UFF, ajustando por testes as devidas proporções de plastificantes e temperatura de secagem dos filmes.

Foram testadas formulações a partir de 20% m/m de plastificantes, obtendo a melhor proporção para formação do filme 30% m/m.

A partir das formulações, foi estudado a melhor metodologia de produção a ser utilizada, incluindo a temperatura e o tempo de secagem dos filmes. Sendo testadas as temperaturas de 25º C a 35º C variando o tempo.

Os plastificantes estudados, possuem características distintas entre si, contudo, foi possível alcançar uma forma geral para a produção. A melhor temperatura para o desenvolvimento do filme foi a 25 ±2 ºC, obtendo o filme seco em média após 5 dias.

ANEXO IV – Análise de variância dos fatores analisados na vida de prateleira

Tabela 1: Análise de variância do teor de umidade

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tempo (Controle)	4	0,023118	0,00578	7,350	0,0017
Tempo (A1)	4	0,02522	0,006306	8,020	0,0011
Tempo (A2)	4	0,013311	0,003328	4,232	0,0172
Erro	15	0,011796	0,000786		

Tabela 2: Análise de variância do parâmetro de cor L* (Luminosidade)

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tempo (Controle)	4	0,359907	0,089977	2,744	0,0467
Tempo (A1)	4	0,157427	0,039357	1,200	0,3312
Tempo (A2)	4	0,150973	0,037743	1,151	0,352
Erro	30	0,983867	0,32796		

Tabela 3: Análise de variância do parâmetro de cor a* (Verde-Vermelho)

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tempo (Controle)	4	0,006773	0,001693	0,726	0,5809
Tempo (A1)	4	0,006627	0,001657	0,711	0,5911
Tempo (A2)	4	0,005467	0,001367	0,586	0,675
Erro	30	0,069933	0,002331		

Tabela 4: Análise de variância do parâmetro de cor b* (Azul-Amarelo)

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tempo (Controle)	4	0,036693	0,009173	0,569	0,6873
Tempo (A1)	4	0,069133	0,017283	1,072	0,3879
Tempo (A2)	4	0,148307	0,037077	2,299	0,0819
Erro	30	0,483867	0,016129		

Tabela 5: Análise de variância do parâmetro de cor ΔE (Diferença Total de Cor)

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tempo (Controle)	4	0,118058	0,029515	1,211	0,3269
Tempo (A1)	4	0,065454	0,016363	0,671	0,6171
Tempo (A2)	4	0,11621	0,029053	1,192	0,3347
Erro	30	0,731463	0,024382		

Tabela 6: Análise de variância da Resistência à Tração (MPa)

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tempo (Controle)	4	3,457587	0,864397	5,645	0,9766
Tempo (A1)	4	169,0386	42,258964	4,194	0,0006
Tempo (A2)	4	125,58614	31,396535	0,115	0,0046
Erro	60	449,11733	7,486222		

Tabela 7: Análise de variância do Alongamento à Ruptura (%)

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tempo (Controle)	4	9,458453	2,364613	0,010	0,9998
Tempo (A1)	4	7180,311	1795,0778	7,623	0
Tempo (A2)	4	10420,575	2605,1438	11,063	0
Erro	60	14128,46	235,47433		