



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE**  
**ALIMENTOS**

**CLARISSA PACHECO FERNANDES NASCIMENTO**

**REVESTIMENTOS DE PECTINA ADICIONADOS DE EXTRATO**  
**HIDROALCOÓLICO DE FOLHAS DE GOIABEIRA (*Psidium guajava* L.):**  
**CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO EM CARNE BOVINA FRESCA**

**FORTALEZA**

**2022**

CLARISSA PACHECO FERNANDES NASCIMENTO

REVESTIMENTOS DE PECTINA ADICIONADOS DE EXTRATO HIDROALCOÓLICO  
DE FOLHAS DE GOIABEIRA (*Psidium guajava* L.): CARACTERIZAÇÃO E  
APLICAÇÃO EM CARNE BOVINA FRESCA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Kaliana Sítonio Eça  
Coorientadora: Profa. Dra. Luciana de Siqueira Oliveira

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- N194r Nascimento, Clarissa Pacheco Fernandes.  
Revestimentos de pectina adicionados de extrato hidroalcoólico de folhas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) : caracterização e aplicação em carne bovina fresca / Clarissa Pacheco Fernandes Nascimento. – 2022.  
122 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2022.  
Orientação: Profa. Dra. Kaliana Sitonio Eça.  
Coorientação: Profa. Dra. Luciana de Siqueira Oliveira.
1. Comportamento do consumidor. 2. Extrato de plantas. 3. Embalagem ativa. 4. Carne vermelha. 5. Estabilidade oxidativa. I. Título.

CDD 664

---

CLARISSA PACHECO FERNANDES NASCIMENTO

REVESTIMENTOS DE PECTINA ADICIONADOS DE EXTRATO HIDROALCOÓLICO  
DE FOLHAS DE GOIABEIRA (*Psidium guajava* L.): CARACTERIZAÇÃO E  
APLICAÇÃO EM CARNE BOVINA FRESCA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Kaliana Sítonio Eça  
Coorientadora: Profa. Dra. Luciana de Siqueira Oliveira

Aprovada em: 02/05/2022

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Kaliana Sítonio Eça (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC/DEAL)

---

Profa. Dra. Luciana de Siqueira Oliveira (Coorientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC/DEAL)

---

Profa. Dra. Ana Paula Colares de Andrade  
Universidade Federal do Ceará (UFC/DEAL)

---

Profa. Dra. Kátia Nicolau Matsui  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN/DEQ)

---

Profa. Dra. Mariana Teixeira da Costa Machado  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ/IT)

Dedico à minha mãe, Fátima, meu maior exemplo de força, fé e resiliência!

## AGRADECIMENTOS

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

Agradeço à Deus pela minha vida, por guiar e iluminar meus caminhos, não me deixando desistir.

À minha querida mãe, Fátima, muito obrigada por todo amor incondicional, por toda dedicação e esforço para me ver feliz, por ter me ensinado a ser uma mulher forte e por toda compreensão e apoio durante todo esse período, mesmo a distância.

A meu esposo, Rodrigo, por seu amor, companheirismo em todas as horas, paciência, pelas palavras de incentivo e por sempre acreditar mais em mim do que eu mesma.

À minha tia, Heloísa, e meu primo, Ramon, por todo carinho e principalmente pelo apoio nos momentos que eu não pude estar presente.

À toda minha família, pelo carinho e compreensão.

À minha orientadora, professora Kaliana, meu sincero agradecimento, pelo acolhimento, pelas conversas sempre tão revigorantes, pelos ensinamentos, por sua dedicação na orientação deste trabalho, além do incentivo quando tudo parecia não está dando certo.

À minha coorientadora, professora Luciana, pela orientação, solicitude e apoio.

À professora Ana Paula Colares, por toda a contribuição neste trabalho.

À professora Andréa Cardoso, por ter me acolhido no Laboratório de Controle de Qualidade e Secagem de Alimentos da UFC no momento mais difícil que enfrentamos na pesquisa por causa da pandemia da Covid-19.

A todos do Laboratório de Carnes e Pescados pela ajuda na realização de análises.

À Dr<sup>a</sup> Laura Maria Bruno pela colaboração nesta pesquisa.

Aos meus amigos da pós-graduação, Lorena, Gilleno, Karol, Gecyenne e Paula, por todos os momentos compartilhados, toda ajuda e conversas.

A todos meus amigos de Natal/RN, que mesmo a distância, torcem pelo meu sucesso profissional.

Ao bolsista PIBIT, Marcos Vinícius, por sua dedicação, por toda ajuda e pela parceria.

À UFC, pelo acolhimento e oportunidades. Aos professores, técnicos e servidores do Departamento de Engenharia de Alimentos da UFC.

A todos que de alguma forma contribuíram e participaram da minha caminhada. Muito obrigada!

## RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi desenvolver revestimentos comestíveis ativos de pectina adicionados de extratos de folhas de goiabeira (*Psidium guajava* L.), caracterizar e avaliar seus efeitos quando aplicados em carne bovina (*Quadriceps femoris*) fresca. Inicialmente, foi realizado um estudo, a partir de um questionário *online*, sobre a percepção dos consumidores quanto à utilização de revestimentos comestíveis na carne bovina fresca e a sua influência nos hábitos de compra e consumo deste produto. A partir das folhas de goiabeira foram obtidos extratos hidroetanólico (70%) (EHFG) e aquoso (EAFG) (proporção folhas/solução extratora 1:25, m/v) que foram caracterizados quanto ao conteúdo de compostos fenólicos totais (CFT), atividade antioxidante total (AAT) (métodos ABTS e FRAP), atividade antimicrobiana (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*) e citotoxicidade. Em seguida, formulações de revestimentos adicionados do extrato selecionado foram preparadas (1, 3 e 5%, v/v) e avaliadas quanto ao CFT, AAT, cor e propriedade reológica. Posteriormente, foi avaliado o efeito do revestimento ativo de pectina na estabilidade de pedaços de carne bovina fresca, sendo analisado quanto à perda de peso, perda de peso por cocção, firmeza, pH, cor, oxidação lipídica (TBARS) e alterações histológicas durante 7 dias de armazenamento refrigerado (4 °C). A pesquisa mercadológica *online* mostrou que a maioria dos participantes tem confiança no potencial dos revestimentos comestíveis para a conservação da carne bovina, embora prefiram conhecer o produto para obter suas próprias conclusões. Os extratos estudados não apresentaram atividade antimicrobiana e citotóxica (0,001-100 µg/mL). O EHFG apresentou maior conteúdo de CFT (16,92 mg EAG/g de extrato seco), além de maior AAT (240,73 µM Trolox/g de extrato seco e 805,39 µM FeSO<sub>4</sub>/g de extrato seco), o que justificou sua incorporação ao revestimento. O revestimento com 5% de extrato por ter apresentado elevados teores de CFT (10,23 mg EAG/g revestimento), AAT (82,48 µM Trolox/g de revestimento e 167,57 µM FeSO<sub>4</sub>/g de revestimento), intensidade de cor e índice de consistência ( $k = 0,0504$ ), foi selecionado para aplicação. O revestimento contribuiu para minimizar a perda de peso, o amaciamento, os processos oxidativos (da cor e de lipídios) e as alterações teciduais, promovendo a manutenção da qualidade da carne ao longo dos 7 dias de armazenamento. Dessa forma, os resultados revelaram que a incorporação do extrato hidroetanólico de folhas de goiabeira proporcionou propriedade antioxidante ao revestimento de pectina, podendo ser utilizado na conservação da carne bovina fresca e agregando valor a esse produto pelo aumento de sua vida prateleira.

**Palavras-chave:** comportamento do consumidor; extrato de plantas; embalagem ativa; carne vermelha; estabilidade oxidativa.



## ABSTRACT

This study aimed to develop pectin-based active edible coatings added with guava leaves (*Psidium guajava* L.) extract, to characterize and evaluate their effects when applied to fresh beef (*Quadriceps femoris*). First, a study was carried out based on an online questionnaire, on the perception of consumers regarding the use of edible coatings on fresh beef and the influence on the purchase and consumption habits of this product. From the guava leaves, hydroethanolics (70%) (HEGL) and aqueous (AEGL) extracts (leaves/extractor solution ration 1:25, w/v) were obtained, which were characterized in terms of total phenolic compounds (TPC), total antioxidant activity (TAA) (ABTS and FRAP methods), antimicrobial activity (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and *Salmonella typhimurium*) and cytotoxicity. Then, formulations of pectin coatings added with the selected extract were prepared (1, 3 and 5%, v/v) and evaluated for TPC, TAA, color and rheological property. Then, the effect of the active pectin coating on the stability of fresh beef pieces was evaluated being analyzed for weight loss, firmness, pH, color, lipid oxidation (TBARS) and histological changes during 7 days of cold storage (4 °C). Online market research showed that most participants are confident in the potential of edible coatings for beef conservation, although they would like to know the product to draw their own conclusions. The studied extracts showed no antimicrobial and cytotoxic (0.001-100 µg/mL) activities. The HEGL showed higher TPC content (16.92 mg GAE/g of dry extract), in addition to higher TAA (240.73 µM Trolox/g of dry extract and 805.39 µM FeSO<sub>4</sub>/g of dry extract), which justified the incorporation of this extract in the coating. The coating with 5% extract showed high levels of TPC (10.23 mg GAE/g of coating), TAA (82.48 µM Trolox/g of coating, 167.57 µM FeSO<sub>4</sub>/g of coating), intensity of color and consistency index (k = 0.0504). Then, this formulation was selected for application on fresh beef. The coating contributed to minimize weight loss, tenderization, oxidative process (color and lipids) and tissue changes, promoting the maintenance of meat quality throughout the 7 days of storage. Therefore, the results revealed that the incorporation of the hydroethanolic extract of guava leaves provided antioxidant property to the pectin coating, which can be used in the conservation of fresh beef and adding value to this product by increasing its shelf life.

**Keywords:** consumer behavior; plant extracts; active packaging; antioxidant property; red meat; oxidative stability.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Estrutura química da pectina.....	19
Figura 2 -	Representação do modelo “caixa de ovo”.....	21
Figura 3 -	Goiabeira ( <i>Psidium guajava</i> L.).....	26
Figura 4 -	Mecanismos de ação de revestimentos comestíveis incorporados com compostos bioativos na carne bovina.....	28
Figura 5 -	Frequência de respostas nos Estados brasileiros.....	32
Figura 6 -	Frequência de respostas da preferência de estabelecimentos para aquisição de carne bovina.....	35
Figura 7 -	Frequência de respostas do grau de importância de atributos na aquisição de carne bovina.....	36
Figura 8 -	Frequência de respostas do consumo de carne bovina.....	37
Figura 9 -	Frequência de respostas do grau de importância dos entrevistados sobre a aplicação dos revestimentos comestíveis na carne bovina.....	40
Figura 10 -	Frequência de respostas da identificação das imagens da carne bovina revestida através dos níveis de familiaridade sobre o tema de revestimentos comestíveis.....	41
Figura 11 -	Frequência de respostas da disposição de compra e/ou consumo da carne bovina revestida.....	42
Figura 12 -	Etapas do processo experimental.....	46
Figura 13 -	Cinéticas de extração (A) hidroetanólica e (B) aquosa de compostos fenólicos de folhas de goiabeira.....	53
Figura 14 -	Atividade antimicrobiana dos extratos hidroetanólico 70% e aquoso de folhas de goiabeira.....	57
Figura 15 -	Proliferação celular de IEC-6 exposto aos extratos (A) hidroetanólico 70% e (B) aquoso de folhas de goiabeira durante 24 e 48 horas.....	59
Figura 16 -	Concentração de compostos fenólicos dos revestimentos.....	61
Figura 17 -	Atividade antioxidante (A) ABTS e (B) FRAP dos revestimentos....	62
Figura 18 -	Aspectos colorimétricos dos revestimentos.....	64
Figura 19 -	Curvas de (A) fluxo de escoamento e (B) viscosidade aparente dos revestimentos.....	67

Figura 20 -	Perda de peso de amostras de carne bovina durante 7 de armazenamento a $4 \pm 1$ °C.....	77
Figura 21 -	Firmeza de amostras de carne bovina durante 7 dias de armazenamento a $4 \pm 1$ °C.....	80
Figura 22 -	Aspectos colorimétricos das amostras de carne durante 7 dias de armazenamento a $4 \pm 1$ °C.....	86
Figura 23 -	Oxidação lipídica (TBARS) das amostras de carne durante 7 dias de armazenamento a $4 \pm 1$ °C.....	87
Figura 24 -	Cortes histológicos das amostras de carne bovina nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento a $4 \pm 1$ °C.....	89

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Estudos de vida de prateleira de revestimentos à base de pectina aplicados em alimentos.....	21
Tabela 2 -	Atividade antioxidante de extratos vegetais.....	23
Tabela 3 -	Atividade antimicrobiana de extratos vegetais.....	24
Tabela 4 -	Propriedades bioativas de extratos de folhas de <i>Psidium guajava</i> L...	28
Tabela 5 -	Distribuição de indivíduos segundo os dados sociodemográficos.....	33
Tabela 6 -	Perfil amostral dos entrevistados em relação ao consumo de carne bovina de 2 a 4 vezes/semana e 1 a 3 vezes/mês.....	37
Tabela 7 -	Frequência de respostas sobre os revestimentos comestíveis.....	39
Tabela 8 -	Atividade antioxidante de extratos de <i>Psidium guajava</i> L. analisados pelos métodos ABTS e FRAP.....	56
Tabela 9 -	Parâmetros de cor dos revestimentos de pectina.....	63
Tabela 10 -	Coefficientes de ajuste de diferentes modelos reológicos analisados.....	65
Tabela 11 -	Índices de consistência (k) e comportamento (n) determinados pelo modelo de Lei da Potência para os revestimentos.....	66
Tabela 12 -	Perda de peso por cocção das amostras de carne bovina durante 7 dias de armazenamento a $4 \pm 1$ °C.....	79
Tabela 13 -	pH das amostras de carne durante 7 dias de armazenamento a $4 \pm 1$ °C.....	82
Tabela 14 -	Valores de L* das amostras de carne durante 7 dias de armazenamento a $4 \pm 1$ °C.....	83
Tabela 15 -	Valores de a* das amostras de carne durante 7 dias de armazenamento a $4 \pm 1$ °C.....	84
Tabela 16 -	Valores de b* das amostras de carne durante 7 dias de armazenamento a $4 \pm 1$ °C.....	85

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAT	Atividade antioxidante total
BHT	Butil-hidroxi-tolueno
CFT	Compostos fenólicos totais
CON	Controle
CRP	Carne com revestimento de pectina
CRP-EFG	Carne com revestimento de pectina adicionado com extrato de folhas de goiabeira
EAG	Equivalentes de ácido gálico
EAFG	Extrato aquoso de folhas de goiabeira
EHFG	Extrato hidroetanólico de folhas de goiabeira
FG	Folhas de goiabeira
MTT	3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difenil-brometo de tetrazólio
PPE	Perda de peso
PPC	Perda de peso por cocção
RC	Revestimento comestível
RP	Revestimentos comestíveis de pectina
RP-1% EHFG	Revestimento de pectina com 1% (v/v) de extrato de folhas de goiabeira
RP-3% EHFG	Revestimento de pectina com 3% (v/v) de extrato de folhas de goiabeira
RP-5% EHFG	Revestimento de pectina com 5% (v/v) de extrato
TBA	Ácido 2-tiobarbitúrico
TBARS	Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico
TCA	Ácido tricloroacético
UFC	Universidade Federal do Ceará

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	15
2	<b>OBJETIVOS</b> .....	17
2.1	<b>Objetivo geral</b> .....	17
2.2	<b>Objetivos específicos</b> .....	17
3	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
3.1	<b>Revestimentos comestíveis</b> .....	18
3.1.1	<i>Pectina</i> .....	19
3.2	<b>Extratos de plantas</b> .....	22
3.2.1	<i>Goiabeira</i> .....	24
3.3	<b>Carne bovina</b> .....	26
3.4	<b>Importância dos estudos mercadológicos no desenvolvimento de produtos</b>	28
4	<b>PERCEPÇÃO DOS CONSUMIDORES SOBRE O USO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS NA CARNE BOVINA FRESCA</b> .....	30
4.1	<b>Introdução</b> .....	30
4.2	<b>Material e métodos</b> .....	31
4.3	<b>Resultados e discussão</b> .....	32
4.4	<b>Conclusão</b> .....	43
5	<b>DESENVOLVIMENTO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS DE PECTINA ADICIONADOS DE EXTRATOS DE FOLHAS DE GOIABEIRA (<i>PSIDIUM GUAJAVA L.</i>)</b> .....	44
5.1	<b>Introdução</b> .....	44
5.2	<b>Material e métodos</b> .....	46
5.2.1	<i>Materiais e reagentes</i> .....	47
5.2.2	<i>Material vegetal</i> .....	47
5.2.3	<i>Preparação dos extratos de folhas de goiabeira</i> .....	47
5.2.4	<i>Caracterização dos extratos</i> .....	48
5.2.4.1	<i>Determinação de compostos fenólicos totais (CFT)</i> .....	48
5.2.4.1.1	<i>Cinética de extração</i> .....	48
5.2.4.2	<i>Atividade antioxidante total (AAT)</i> .....	48
5.2.4.3	<i>Atividade antimicrobiana</i> .....	49
5.2.4.4	<i>Avaliação citotóxica através do ensaio de MTT in vitro</i> .....	50

5.2.5	<i>Preparação dos revestimentos de pectina</i> .....	50
5.2.6	<i>Caracterização dos revestimentos</i> .....	51
5.2.6.1	<i>Conteúdo fenólico total e atividade antioxidante</i> .....	51
5.2.6.2	<i>Determinação da cor</i> .....	51
5.2.6.3	<i>Análise reológica</i> .....	51
5.2.7	<i>Análise estatística</i> .....	52
5.3	<b>Resultados e discussão</b> .....	53
5.3.1	<i>Caracterização dos extratos</i> .....	53
5.3.1.1	<i>Compostos fenólicos dos extratos de folhas de goiabeira</i> .....	53
5.3.1.2	<i>Atividade antioxidante total</i> .....	55
5.3.1.3	<i>Atividade antimicrobiana</i> .....	57
5.3.1.4	<i>Análise de proliferação celular através de MTT in vitro</i> .....	58
5.3.2	<i>Caracterização dos revestimentos</i> .....	60
5.3.2.1	<i>Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante</i> .....	60
5.3.2.2	<i>Propriedades de cor</i> .....	63
5.3.2.3	<i>Reologia</i> .....	65
5.4	<b>Conclusão</b> .....	69
6	<b>EFEITO DE REVESTIMENTO DE PECTINA ADICIONADO DE EXTRATO HIDROETANÓLICO DE FOLHAS GOIABEIRA (<i>PSIDIUM GUAJAVA L.</i>) NA APLICAÇÃO EM PEDAÇOS DE CARNE BOVINA FRESCA</b> .....	70
6.1	<b>Introdução</b> .....	70
6.2	<b>Material e métodos</b> .....	72
6.2.1	<i>Material</i> .....	72
6.2.2	<i>Preparação do extrato de folhas de <i>Psidium guajava L.</i></i> .....	72
6.2.3	<i>Preparação dos revestimentos</i> .....	72
6.2.4	<i>Preparação da amostra de carne</i> .....	73
6.2.5	<i>Perda de peso (PPE)</i> .....	73
6.2.6	<i>Perda de peso por cocção (PPC)</i> .....	74
6.2.7	<i>Firmeza</i> .....	74
6.2.8	<i>Determinação de pH</i> .....	74
6.2.9	<i>Cor</i> .....	74
6.2.10	<i>Oxidação lipídica</i> .....	75
6.2.11	<i>Histologia</i> .....	75

6.2.12	<i>Análise estatística</i> .....	76
6.3	<b>Resultados e discussão</b> .....	77
6.3.1	<i>Perda de peso</i> .....	77
6.3.2	<i>Perda de peso por cocção</i> .....	78
6.3.3	<i>Firmeza</i> .....	80
6.3.4	<i>pH</i> .....	81
6.3.5	<i>Cor</i> .....	83
6.3.6	<i>Oxidação lipídica</i> .....	87
6.3.7	<i>Histologia</i> .....	88
6.4	<b>Conclusão</b> .....	91
7	<b>CONCLUSÃO GERAL</b> .....	92
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	93
	<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO <i>ONLINE</i> APLICADO</b> .....	112
	<b>APÊNDICE B – CORRELAÇÃO ENTRE O PERFIL DE CONHECIMENTO E A IDENTIFICAÇÃO DA IMAGEM</b> .....	114
	<b>APÊNDICE C - PROCESSO DE PREPARAÇÃO DOS EXTRATOS DE FOLHAS DE GOIABEIRA</b> .....	115
	<b>APÊNDICE D - PROCESSO DE PREPARAÇÃO DOS REVESTIMENTOS DE PECTINA</b> .....	116
	<b>APÊNDICE E – CONCENTRAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS DE ACORDO COM OS TEMPOS DE EXTRAÇÃO</b> .....	117
	<b>APÊNDICE F – APLICAÇÃO DOS REVESTIMENTOS DE PECTINA NAS AMOSTRAS DE CARNE</b> .....	118
	<b>ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA</b> .....	119
	<b>ANEXO B - CERTIFICADO DE GARANTIA DE FUNCIONALIDADE DA PECTINA</b> .....	122



## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A carne bovina fresca é um alimento perecível que requer processamento adequado durante toda a cadeia de produção para prolongar a sua vida útil (UMARAW *et al.*, 2020). Muitos fatores afetam a deterioração desse alimento, incluindo a composição, exposição ao ar, luz e temperatura. A oxidação de lipídios e proteínas é responsável principalmente pela deterioração química da carne. Várias alterações indesejáveis na cor, aparência, textura combinadas com a redução do valor nutricional são em grande parte devido à oxidação (NIKMARAM *et al.*, 2018; RUAN *et al.*, 2022). O crescimento e a proliferação de microrganismos também provocam alterações físicas, químicas e sensoriais da carne, bem como podem ocasionar infecções graves devido aos patógenos de origem alimentar (WANG, 2019).

Os revestimentos comestíveis, produzidos a partir de biopolímeros, são amplamente explorados para a preservação de alimentos (JUNG *et al.*, 2020; MARINGGAL *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2022; XIONG *et al.*, 2021). A aplicação desses revestimentos na carne bovina fresca tem sido considerada uma alternativa para minimizar os processos de deterioração da qualidade desse alimento durante o armazenamento refrigerado, principalmente pela capacidade dos revestimentos de atuar como barreira física à umidade, luz, gases, óleos, prevenindo a desidratação, reduzindo a oxidação e às taxas de crescimento microbiano (BEHBAHANI *et al.*, 2020; HOA *et al.*, 2022; RUAN *et al.*, 2022; ZHANG *et al.*, 2021).

Os biopolímeros utilizados em revestimentos comestíveis geralmente são gerados a partir de fontes subutilizadas de polissacarídeos, proteínas ou lipídios com características ecologicamente corretas (MOHAMED; EL-SAKHAWAY; EL-SAKHAWY, 2020). Entre esses materiais, a pectina, polissacarídeo da parede celular vegetal, vem sendo amplamente estudada em matrizes alimentares cárneas devido às suas propriedades químicas e físicas versáteis, como gelificação e permeabilidade seletiva aos gases, que pode minimizar os processos de perda de cor e textura e a formação de produtos de oxidação (BERMÚDEZ-ORIA *et al.*, 2019; ESPITIA *et al.*, 2014; NASTASI *et al.*, 2022; NÌMAH; MAKHYARINI; NORMALINA, 2020).

A incorporação de compostos bioativos é uma estratégia eficaz para potencializar as propriedades físicas e de barreira dos revestimentos comestíveis e melhorar a estabilidade de produtos alimentícios, sendo os extratos à base de plantas um dos aditivos comumente investigados no desenvolvimento de revestimentos ativos (SUN *et al.*, 2022; UMARAW *et al.*, 2020; XIONG *et al.*, 2021; YOUSUF; WU; SIDDIQUI, 2021).

As folhas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) foram documentados em investigações anteriores com uma rica composição em compostos bioativos, incluindo compostos fenólicos (quercentina, ácido gálico, rutina, epitatequina, entre outros), e forte atividade antioxidante e antimicrobiana (DÍAZ-DE-CERIO *et al.*, 2016; GUTIÉRREZ; MITCHELL; SOLIS, 2008; NANTITANON; YOTSAWIMONWAT; OKONOGLI, 2010; UGBOGU *et al.*, 2022). Devido a essas propriedades, o extrato das folhas de goiabeira apresenta forte potencial a ser considerado um ingrediente bioativo em revestimentos comestíveis ativos, sendo uma alternativa ao uso de aditivos sintéticos em alimentos (LUO *et al.*, 2019).

Na literatura não há relatos sobre o desenvolvimento de revestimentos à base de pectina aditivados com extratos de folhas de goiabeira, além disso esse contexto é uma abordagem interessante na conservação da qualidade de alimentos frescos e minimamente processados, como exemplo a carne bovina fresca, para prolongar sua vida útil aumentando a estabilidade oxidativa e inibindo o crescimento de microrganismos deteriorantes e patógenos de origem alimentar.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

O objetivo do presente trabalho foi desenvolver revestimentos biodegradáveis e comestíveis à base de pectina incorporados de extrato de folhas de goiabeira (*Psidium guajava* L.), bem como avaliar sua aplicação na estabilidade da carne bovina fresca.

### 2.2 Objetivos específicos

- Realizar pesquisa sobre a percepção dos consumidores sobre a utilização de revestimentos comestíveis na carne bovina;
- Elaborar extratos hidroetanólicos 70% e aquosos de folhas de goiabeira (proporção folhas/solução extratora de 1:25, m/v);
- Caracterizar os extratos de folhas quanto ao conteúdo de compostos fenólicos, atividade antioxidante total, atividade antimicrobiana contra microrganismos patogênicos (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Salmonella typhimurium*) e citotoxicidade para selecionar o extrato com melhor potencial bioativo;
- Desenvolver revestimentos comestíveis à base de pectina contendo o extrato selecionado e caracterizá-los quanto ao conteúdo de compostos fenólicos, atividade antioxidante total, cor e reologia, visando selecionar a formulação mais promissora;
- Aplicar o revestimento ativo adicionado do extrato de folhas de goiabeira em pedaços de carne bovina fresca e avaliar a estabilidade quanto à perda de peso, firmeza, pH, cor, oxidação lipídica e alterações histológicas durante o armazenamento por 7 dias a 4 °C.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Revestimentos comestíveis

Desde o século XII até meados do século XX, os revestimentos têm sido usados para dar brilho e proteção às frutas e vegetais. Na última década, os revestimentos comestíveis têm desempenhado um papel fundamental para preservar as características organolépticas de produtos alimentícios (HASSAN *et al.*, 2018)

Os revestimentos comestíveis são definidos como finas camadas de material digerível aplicado diretamente na superfície do produto alimentício, geralmente por imersão em uma suspensão formada por uma matriz estrutural. Diferentemente do filme comestível que consiste em estruturas moldadas na forma sólida e aplicado sobre o alimento ou seus componentes (HAN; GENNADIOS, 2005).

Esta tecnologia age como uma barreira entre o alimento e o ambiente na embalagem que pode evitar os fenômenos de desidratação superficial, absorção de umidade, perda/ganho de aroma e sabor, absorção de oxigênio e migração de gordura (GALUS; KADZINSKA, 2015; HASSAN *et al.*, 2018; SINGH; PACKIRISAMY, 2022). Entretanto, a compatibilidade da matriz do revestimento com o alimento é um dos fatores que pode influenciar nessas propriedades, uma vez que cada produto possui composição e características particulares (PINHEIRO *et al.*, 2010).

Os hidrocoloides (polissacarídeos e proteínas) são os materiais mais amplamente investigados na produção de revestimentos comestíveis (ABDOU; GALHOUM; MOHAMED, 2018; FENG *et al.*, 2018; NISAR *et al.*, 2018; RAMOS *et al.*, 2013; RODRIGUEZ-TURIENZO; COBOS; DIAZ, 2012). Estes materiais apresentam características de barreira particulares quando usados para revestimentos, como permeabilidade seletiva para o O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, migração de umidade, compostos voláteis e gordura (DEGHANI; HOSSEINI; REGENSTEIN, 2018; FALGUERA *et al.*, 2011;).

Além disso, a tecnologia dos revestimentos comestíveis vem sendo favorecida pela sua compatibilidade com a incorporação de aditivos na matriz estrutural, potencializando a funcionalidade da mesma com agentes antioxidantes, antimicrobianos, aromatizantes e corantes, sendo denominada de embalagem ativa (PIÑEROS-HERNANDEZ *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2020). Nesse sentido, muitos autores têm demonstrado que o uso de aditivos naturais derivados de espécies vegetais (plantas, flores e frutos), substituindo o uso de aditivos sintético, apresentam um ótimo potencial para aplicação nas matrizes dos revestimentos, de

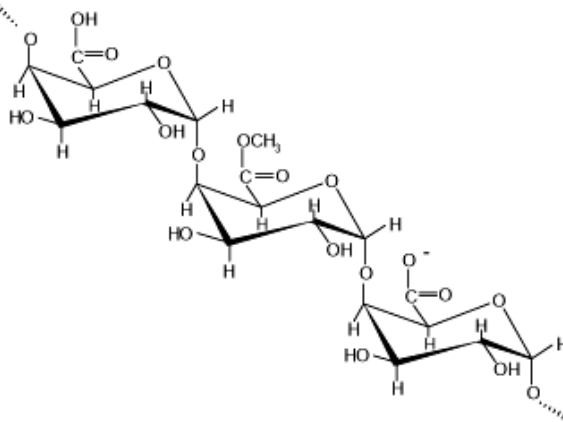
modo que garante que a área superficial do alimento esteja em contato com a embalagem criando uma interface próxima à migração dos compostos (ROHAIM; ELBAZ; YOUSSEF, 2018; SAHRAEE *et al.*, 2019; KUMAR *et al.*, 2021; UMARAW *et al.*, 2020).

### 3.1.1 Pectina

A pectina é um polissacarídeo estruturalmente heterogêneo amplamente distribuído nas paredes celulares da planta, contribuindo para a integridade e rigidez dos tecidos vegetais e é considerada uma das macromoléculas mais complexas da natureza. As principais fontes industriais para extração de pectina são bagaço de maçã e as cascas de frutas cítricas (ESPITIA *et al.*, 2014; VIDECOQ *et al.*, 2011).

Quimicamente, a pectina é composta principalmente por uma cadeia linear de unidades repetidas de D-ácido galacturônico por ligações glicosídicas  $\alpha(1-4)$ , com grau variável de metilação dos grupos carboxilas associadas ao ácido galacturônico (VEISI *et al.*, 2019).

Figura 1 – Estrutura química da pectina.



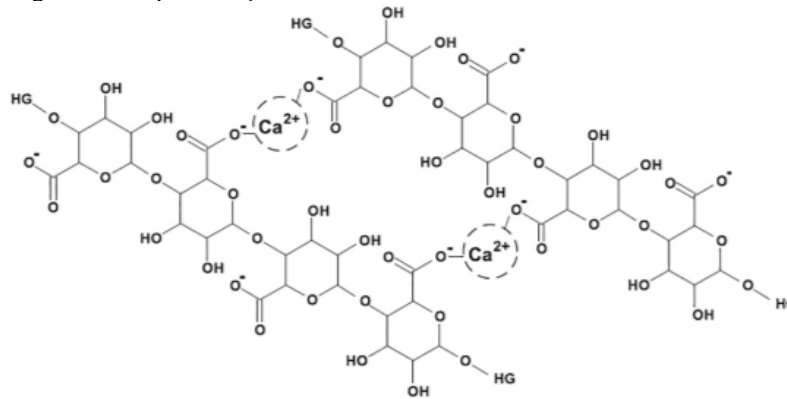
Fonte: Biehalz (2010).

O grau de metoxilação é utilizado como critério para a classificação comercial das pectinas e corresponde à porcentagem de grupos de ácido galacturônico que são metil esterificados. Estas podem ser pectina de alto teor de metoxilação (ATM), quando apresentam mais de 50% de seus grupos carboxílicos esterificados, e pectina de baixo teor de metoxilação (BTM), quando menos de 50% de seus grupos carboxílicos estão esterificados (ESPITIA *et al.*, 2014).

Diferentes interações moleculares estão envolvidas na gelificação das pectinas. Isto, por sua vez, é um parâmetro importante na escolha à aplicação da pectina mais adequada (DRANCA; OROIAN, 2018). A gelificação da pectina de ATM ocorre em condições na

presença de uma quantidade mínima de sólidos solúveis e pH baixo, resultando na formação de agregados de cadeia polimérica de tamanhos variados. Por outro lado, a BTM produz géis independentes de qualquer pH ou co-solutos. A única condição necessária é a presença de cátions bivalentes como o cálcio, de modo que ocorre a interação entre as regiões não esterificadas da pectina. Isto é conhecido como o modelo “caixa de ovo” (Figura 2) (ESPITIA *et al.*, 2014; CHAICI *et al.*, 2019).

Figura 2 – Representação do modelo “caixa de ovo”



Fonte: Dranca e Oroian (2018).

A pectina é um polissacarídeo geralmente reconhecido como seguro pela FDA (FDA, 2022) e largamente utilizado na indústria de alimentos para inúmeras aplicações de panificação, lácteos e bebidas com função espessante, gelificante, estabilizante ou emulsificante (CAZÓN *et al.*, 2017). Na produção de revestimentos comestíveis, esse polissacarídeo tem sido potencialmente usado devido às suas propriedades coloidais e por suas características biodegradável, biocompatível e não tóxico (CAZÓN *et al.*, 2017; VALDÉS *et al.*, 2015). Eles são fabricados pela homogeneização de uma solução aquosa de pectina na presença de plastificantes e/ou íons de cálcio, seguida de fundição e evaporação da umidade, os quais promovem a mudança estrutural onde as cadeias de pectina são reforçadas por interações físicas para criar um material de embalagem (KALATHAKI *et al.*, 2019).

Os revestimentos à base da matriz de pectina apresentam características com boas propriedades à permeabilidade seletiva ao gás, o que permite reduzir a taxa de respiração, as trocas gasosas e reações oxidativas dos alimentos e, apesar de exibirem pobres barreira à água, diversos estudos relataram o uso do revestimento de pectina para retardar a perda de umidade (CAZÓN *et al.*, 2017; NA-FADEL *et al.*, 2020; SUCHETA *et al.*, 2019). Além disso, podem ser infundidos de extratos vegetais ricos em compostos fenólicos para gerar revestimentos com

altas propriedades bioativas, como antioxidante e antimicrobiana (BERMÚDEZ-ORIA *et al.*, 2019; KUREK *et al.*, 2021; NISAR *et al.*, 2019).

Vários estudos relataram que revestimentos de pectina contendo extratos vegetais foram bem-sucedidos em melhorar ou manter a vida útil de produtos cárneos (carne bovina, suína, presunto e salsicha), frutas (pera e abacate) e vegetais (pimentão e cenoura) (Tabela 1).

Tabela 1 – Estudos de vida de prateleira de revestimentos à base de pectina aplicados em alimentos.

Matriz alimentar	Extrato vegetal	Efeito sobre o alimento	Referência
Carne bovina (bifes)	Azeitona	Redução da oxidação lipídica	Bermúdez-Oria <i>et al.</i> (2019)
Lombo suíno	Óleo essencial de orégano e resveratrol	Mudanças mínimas de pH, cor e oxidação de lipídios e proteínas. O crescimento microbiano foi inibido e a maciez da carne foi mantida durante o armazenamento.	Xiong <i>et al.</i> (2020)
Presunto	Carvacrol e cinamaldeído	Redução de <i>Listeria monocytogenes</i> durante o armazenamento.	Ravishankar <i>et al.</i> (2012)
Salsicha	Extrato de <i>Cinnamomum burmannii</i>	Melhor resistência fúngica por 7 dias	Nimah, Makhyarini e Normalina (2020)
Pera	Folhas de morango e bagaço de maçã	Redução de compostos voláteis associados ao estado de amadurecimento durante o armazenamento	Fonseca <i>et al.</i> (2020)
Abacate	<i>Larrea tridentate</i>	Controle dos danos do endocarpo e redução do crescimento de fungos ( <i>Colletotrichum gloesporioides</i> e <i>Alternaria alternata</i> )	Aguirre-Joya <i>et al.</i> (2019)
Pimentão	Alcatrão	Perda de peso reduzida, aparência mantida e alterações de cor, pH, sólidos solúveis totais e textura	Ochoa-Reyes <i>et al.</i> (2013).
Cenoura	Misturas de extratos cítricos e quatro óleos essenciais	Atividade antimicrobiana contra <i>L. monocytogenes</i> e <i>Penicillium chrysogenum</i>	Ben-Fadhel <i>et al.</i> (2020).

Fonte: adaptado de Nastasi *et al.* (2022).

Uma limitação dessas pesquisas diz respeito à matriz alimentar na qual a embalagem pode ser aplicada. Embora, muito eficaz em alguns modelos de conservação de alimentos, a embalagem à base de pectina é essencialmente limitada por sua natureza

higroscópica e não mantém propriedades físicas estáveis em ambientes de alta umidade ao longo do tempo (NÌMAH; MAKHYARINI; NORMALINA, 2020). Na carne crua, por exemplo, um excesso de água livre na superfície aumentará a atividade de água de todo o sistema e resultará em maior migração da água livre para a matriz de pectina (NASTASI *et al.*, 2022).

No entanto, trabalhos futuros com revestimentos de pectina adequados para sistemas de alta umidade ou alimentos com propriedades físicas específicas poderão ser desenvolvidos. Os extratos de plantas contêm uma infinidade de compostos ativos com seletividade para vias antioxidantes e antimicrobianas na preservação de alimentos. Portanto, a adição desses extratos é uma tendência futura na otimização de embalagens à base de pectina.

### **3.2 Extratos de plantas**

As plantas produzem uma variedade de composto essenciais para o seu metabolismo, entre eles os metabólitos primários e secundários. Os primários estão envolvidos diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas. Os secundários, por sua vez, são metabólitos que estão envolvidos nos mecanismos de atração à animais ou defesa das plantas contra o ataque de pragas a ao estresse (CABRAL; PINTO; PATRIARCA, 2013).

O uso de plantas e seus valores terapêuticos sempre estiveram presentes nos registros da humanidade. As plantas são tradicionalmente utilizadas em preparações como chás, infusões ou óleos no tratamento e cura de diversos distúrbios (PETROVSKA, 2012; VOON; BHAT; RUSUL, 2011). Estudos têm demonstrados que essas propriedades são atribuídas principalmente aos metabólitos secundários presentes nas estruturas vegetais, entre eles os compostos fenólicos (SALEHI *et al.*, 2019; SIEBERT *et al.*, 2017; SÁNCHEZ-SALCEDO *et al.*, 2015).

Os compostos fenólicos, entre eles os ácidos fenólicos, flavonoides e taninos, constituem um importante grupo de compostos químicos, os quais apresentam diversificadas combinações estruturais, tendo uma estrutura química comum de pelo menos um anel aromático ligado a uma ou mais hidroxilas (CONG-CONG *et al.*, 2017). Essa estrutura confere aos compostos fenólicos importantes propriedades bioativas como atividades antioxidante e antimicrobiana (SCAVO *et al.*, 2019; YAKOUB *et al.*, 2018).

Os relatos da ação antioxidante de compostos fenólicos extraídos de diversas partes de plantas são extensos (Tabela 2), e é principalmente atribuída ao poder redutor dos seus grupos hidroxilas contendo anéis aromáticos, os quais atuam eliminando espécies reativas de



oxigênio, quelando íons metálicos e/ou agindo indiretamente na inibição de enzimas “pró-oxidantes” (FREI; HIGDON, 2003; SCHAFRANSKI, 2019).

Tabela 2 - Atividades antioxidantes de extratos de plantas.

Extrato vegetal	Solvente de extração	Método utilizado	Resultados	Referência
<i>Carica papaya</i>	Metanol	DDPH	Atividade antioxidante com alto potencial de “limpar” o radical DPPH	Husin <i>et al.</i> (2019).
<i>Origanum vulgare</i>	Etanol	DPPH; ABTS	Alta atividade antioxidante usando baixa concentração de extrato	Beltrán <i>et al.</i> (2018).
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Água; etanol:água; metanol:água; acetona:água	DPPH; FRAP	Extratos metanólico e etanólico com maiores atividades antioxidantes e de conteúdo fenólico	Baptista <i>et al.</i> (2018).
<i>Borassus flabellifer</i>	Etanol	DPPH	Forte propriedade antioxidante	Jamkhande <i>et al.</i> 2016)

Fonte: própria autora (2022).

Em relação à atividade antimicrobiana, esses compostos fenólicos têm demonstrado significativo efeito inibidor, principalmente contra microrganismos que causam doenças de origem alimentar (Tabela 3), através de mudanças em nível celular, gerando a perda da integridade da membrana plasmática e consequente vazamento de constituintes intracelulares, que são indicativos de morte celular (FREI; HIGDON, 2003; PINTO *et al.*, 2017).

Tabela 3 – Atividade antimicrobiana de extratos de plantas.

Extrato vegetal	Solvente de extração	Microrganismo avaliado	Resultados	Referência
<i>Plectranthus ornatus</i> Codd	Etanol; diclorometano; hexano	<i>L. monocytogenes</i> , <i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> , <i>Salmonella choleraesuis</i>	<i>S. aureus</i> maior sensibilidade ao extrato e <i>L. monocytogenes</i> maior resistência.	Puton <i>et al.</i> (2018).
<i>Ugni molinae</i> Turcz.	Água e etanol:água	<i>E. coli</i> , <i>L. monocytogenes</i>	Maior atividade antimicrobiana no extrato hidroalcoólico: CBM para <i>L. monocytogenes</i> 0,9 mg/mL.	Dicastillo <i>et al.</i> (2017)
<i>Moringa peregrina</i>	Água	<i>Bacillus cereus</i> , <i>S. aureus</i> , <i>P. saeruginosa</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>E. coli</i> , <i>Enterococcus cloacae</i> , <i>Salmonella Thyphi</i> e <i>Proteus vulgaris</i>	CIM variando de 0,652-2,125 mg/mL e halos de inibição de 23,5-12,5 mm.	Al_husnan e Alkahtani (2016)
<i>Anacardium occidentale</i> Lin	Água	<i>Streptococcus mutans</i>	Os horários de coleta das folhas interferiram na resposta da atividade antimicrobiana.	Alves (2011)

Fonte: própria autora (2022).

Nos últimos anos, a obtenção de extratos vegetais contendo compostos fenólicos tem representado uma potencial alternativa como aditivos naturais para a indústria alimentícia com características atóxica, ecologicamente correta e segura, uma vez que aditivos sintéticos têm sido associados à efeitos adversos à saúde (OLSZEWSKA; GEDAS; SIMÕES, 2020; ONG; KASI; SUBRAMANIAM, 2021).

### 3.2.1 Goiabeira

*Psidium guajava* L., popularmente conhecida como goiabeira, é uma árvore de porte pequeno a médio pertencente à família das murtas (Myrtaceae) (Figura 3). Nativa de áreas tropicais do sul do México e do norte da América do Sul, a goiabeira tem sido cultivada por muitos outros países de clima tropical e subtropical devido a sua capacidade de se adaptar a uma ampla variedade de solos (DÍAZ-DE-CERIO *et al.*, 2017; MORAIS-BRAGA *et al.*, 2016).

Figura 3 –Goiabeira (*Psidium guajava* L.)



Fonte: própria autora (2022).

Tradicionalmente, preparações de cocções e infusões com as partes da goiabeira, como folhas, frutos, cascas e raízes, são usadas na medicina popular para tratar diarreia, gastroenterite, distúrbios estomacais, doenças respiratórias, reumatismo e no controle da diabetes mellitus (GUTIÉRREZ; MITCHELL; SOLIS, 2008; UGBOGU *et al.*, 2022). De fato, os efeitos que a goiabeira confere à saúde humana estão relacionados à rica composição dessa planta em compostos bioativos, embora suas concentrações variem em função dos diferentes genótipos, estações, idade, solos e nível de danos da planta (DÍAZ-DE-CERIO *et al.*, 2016; KUMAR *et al.*, 2021).

Nas folhas da *Psidium guajava* L. muitos compostos bioativos foram isolados, entre eles os compostos fenólicos, incluindo flavonoides (quercetina, catequina, morina e guaijaverina), ácidos fenólicos (ácidos elágico, gálico e ferúlico) e taninos (CHANG *et al.*, 2012; DÍAZ-DE-CERIO *et al.*, 2015; WU *et al.*, 2009). Estudos anteriores demonstraram que os extratos das folhas dessa planta apresentaram significativas propriedades biológicas atribuídas principalmente aos seus compostos fenólicos, como atividades antioxidante, antibacteriana, anti-inflamatória, anti-hiperglicêmico, entre outras (Tabela 4).

Tabela 4 – Propriedades bioativas de extratos de folhas de *Psidium guajava* L.

Atividade biológica	Extrato/fração	Composto identificado	Referência
Antidiarreica	Hidroetanólico 70%	Ácido gálico, catequina, epicatequina, rutina, taninos.	Koriem, Arbid e Saleh (2019).
Antioxidante	Etanólico	Ácido gálico, catequina, ácido elágico, morina, quercentina.	Nantitanon, Yotsawimonwat e Okonogi (2010).
	Aquoso	Galocatequina, catequina, miricetina, quercetina, morina, ácido elágico, entre outros.	Díaz-de-Cerio <i>et al.</i> (2015).
Antimicrobiana	Metanólico	-	Dhiman <i>et al.</i> (2011); Das e Goswami (2019).
Anti-inflamatória	Diclorometano	Ácido gálico e catequina	Araújo <i>et al.</i> (2014).
Anti-hiperglicêmica	Hidroetanólico 65%	Guajaverina e Avicularina	Zhu <i>et al.</i> (2020);
	Metanólico	-	Shabbir <i>et al.</i> (2020).
Antitumor	Etanólico	-	Lok <i>et al.</i> (2020).
	Aquoso	-	

Fonte: própria autora (2022).

Dessa forma, o desenvolvimento de pesquisas científicas com o extrato de folhas de goiabeira contendo compostos fenólicos pode ser um potencial aditivo natural para ser utilizado na indústria alimentícia em substituição aos aditivos sintéticos.

### 3.3 Carne bovina

A carne é um importante componente da dieta humana devido à sua rica composição nutricional em proteínas, vitaminas, minerais e teor de micronutrientes, além de ser altamente consumida em todo o mundo (LORENZO; PATEIRO, 2013; MAURÍCIO; CAMPOS; NASSU, 2022). Atualmente, o Brasil é o maior exportador de carne bovina e tem um consumo per capita de 39,12 kg por ano (Associação Brasileira de Exportadores de Carne [ABIEC], 2020).

Devido às suas características nutricionais e à alta atividade de água, a carne bovina fresca é um produto altamente suscetível à deterioração da qualidade, que ocorre devido à oxidação de lipídios, proteínas e deterioração microbiana (UMARAW *et al.*, 2020).

A oxidação lipídica está associada à degradação de fosfolipídios e/ou triglicerídeos a partir da abstração de átomos de hidrogênio dos ácidos graxos insaturados. Essas reações também são aprimoradas por meio de fatores pró-oxidantes, como luz, temperatura, ar e exposição a íons de metais de transição. A progressão da oxidação lipídica, conseqüentemente, leva à formação de produtos como hidroperóxidos, aldeídos de cadeia curta e cetonas que são prejudiciais sobre as características sensoriais (sabores indesejáveis de ranço), qualidade nutricional e, também, formando vários compostos nocivos (substâncias cancerígenas, por exemplo) (DOMÍNGUEZ *et al.*, 2019; SHAH; BOSCO; MIR, 2014; UMARAW *et al.*, 2020).

Outro aspecto relevante é a progressão da oxidação de proteínas. As reações estão centradas na modificação da estrutura e composição das proteínas e ocorrem à medida que esses componentes são expostos a fatores pró-oxidantes, levando à formação de ligações cruzadas, modificação em aminoácidos de cadeia lateral e fragmentação. Dessa forma, a funcionalidade das proteínas é afetada e, conseqüentemente, afetando a qualidade nutricional, a capacidade de retenção de água e maciez. No entanto, é importante destacar que a oxidação da proteína é um processo gradual esperado na carne durante o seu processamento e armazenamento (LUND *et al.*, 2011; ZHANG; XIAO; AHN, 2013; UMARAW *et al.*, 2020).

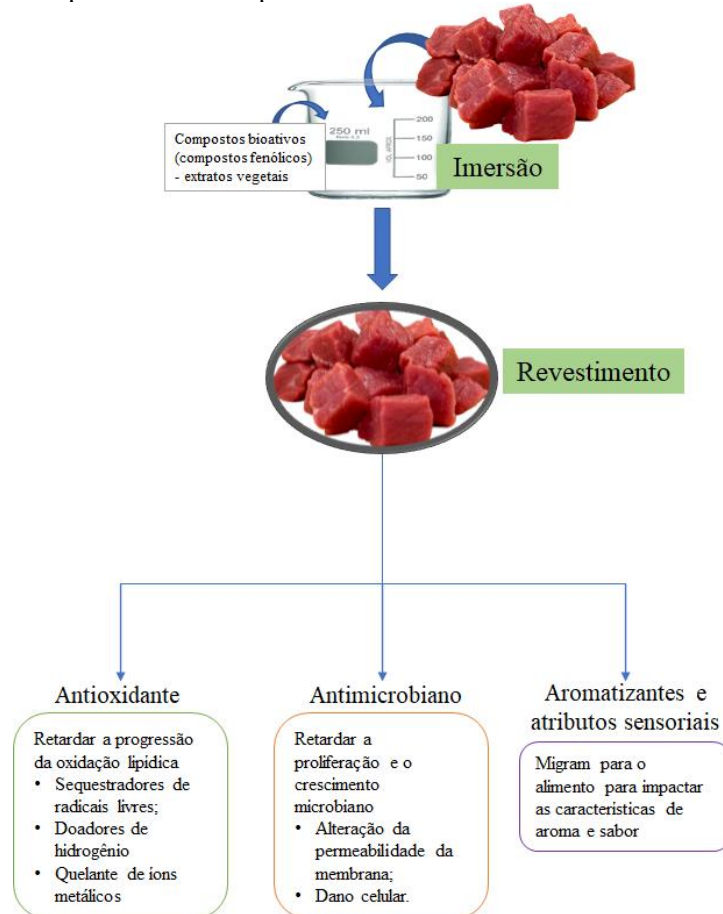
Sob condições higiênicas de processamento, a carga microbiana é minimizada, mas o processamento e o manuseio frequentem podem introduzir microrganismos nocivos. O crescimento e proliferação desses microrganismos provocam alterações físicas, químicas e sensoriais (CACHALDORA *et al.*, 2013; UMARAW *et al.*, 2020).

Algumas das estratégias para manter as características da carne bovina fresca têm incluído à aplicação de revestimentos a partir de biopolímeros biodegradáveis (BEHBAHAN *et al.*, 2017; BERMÚDEZ-ORIA *et al.*, 2019; XIONG *et al.*, 2020). O uso desses revestimentos pode prevenir a desidratação da superfície, reduzir as reações oxidativas lipídicas e favorecer a manutenção da cor da carne desejada pelos consumidores (MAURÍCIO; CAMPOS; NASSU, 2022; UMARAW; VERMA, 2016).

Além disso, compostos ativos de origem natural, como extratos vegetais, podem ser incorporados à formulação para aumentar a funcionalidade (propriedades antioxidante e antimicrobiana, nutracêutico, aromatizantes, entre outros) dos revestimentos na carne bovina (Figura 4) (NIKMARAM *et al.*, 2018; UTAMI; KHASANAH; NASUTION, 2017). A principal razão que sustenta esta abordagem está relacionada à sua conformidade com a comestibilidade

desejada, biodegradabilidade e características naturais dos revestimentos comestíveis (UMARAW *et al.*, 2020).

Figura 4 – Mecanismos de ação de revestimentos comestíveis incorporados com compostos bioativos na carne bovina.



Fonte: adaptado de Umaraw *et al.* (2020).

### 3.4 Importância dos estudos mercadológicos no desenvolvimento de produtos

Os consumidores podem rejeitar novas tecnologias por diferentes motivos, incluindo percepções éticas, de segurança, ambientais e fatores socioeconômicos (COUTINHO *et al.*, 2021; DELIZA; ARES, 2019). Além disso, mesmo com o conhecimento da segurança dos alimentos processados por novas tecnologias, as incertezas sobre o risco de uso a longo prazo podem causar resistência dos consumidores, afetando a aceitação, pois os produtos podem ser considerados não naturais, inseguros e insalubres (MAURÍCIO *et al.*, 2022).

Portanto, fornecer informações detalhadas sobre a tecnologia utilizada pode aumentar a expectativa de aceitação de um produto (WEZEMAEL *et al.*, 2012); como no caso do estudo de Maurício *et al.* (2022), por exemplo, onde para a maioria dos consumidores

observou-se a ausência de neofobia para a carne bovina revestida com quitosana, indicando a potencial comercialização desse produto.

A pesquisa de mercado é conhecida como uma importante ferramenta para as organizações cujo objetivo é adquirir informações significantes sobre o mercado em que atua ou possui intenções de atuar. Sendo assim, quanto mais conhecimento sobre os consumidores, maior será o desempenho e as chances de sucesso (GOMES, 2005).

A pesquisa de mercado quantitativa é utilizada quando o objetivo for quantificar o mercado, promovendo números precisos que possam permitir análises estatísticas. Este tipo de pesquisa trabalha com amostras cuja finalidade busca apurar opiniões, desejos, vontade e interesses pertencentes à população como um todo e os dados obtidos são adquiridos principalmente por meio de questionários. Assim, as amostras representam o universo (BARROS, 2010).

Identificando as características e as possíveis vantagens da pesquisa de mercado e da inovação, pode-se notar que apesar de serem independentes, a pesquisa pode gerar o aumento das chances de uma inovação obter sucesso. De acordo com Sugahara e Jannuzzi (2005), a informação quando percebida e assimilada, possibilita a criação ou aperfeiçoamento de um produto e/ou processo produtivo. Portanto, é de suma importância avaliar o ponto de vista dos consumidores durante os estágios iniciais da inovação, visando evitar que novos produtos falhem com desperdício de recursos (ROSELLI *et al.*, 2018).

## 4 PERCEPÇÃO DOS CONSUMIDORES SOBRE O USO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS NA CARNE BOVINA FRESCA

### 4.1 Introdução

O mercado global de alimentos tem sido motivado em acompanhar a crescente demanda de consumidores mais exigentes aos critérios de qualidade, segurança, naturalidade e preocupações ambientais (KHEDRI *et al.*, 2021). Uma tecnologia apropriada para atender essa demanda é a utilização de revestimentos comestíveis formulados com biopolímeros, visando prolongar a estabilidade de produtos perecíveis ao longo do armazenamento (MOHAMED; EL-SAKHAWY; EL-SAKHAWY, 2020). Esses revestimentos são aplicados sobre a superfície do alimento e atuam como uma barreira semipermeável que reduz a troca de umidade, de gases e compostos voláteis, além de poder ser utilizado como transportadores de compostos funcionais naturais (CAZÓN *et al.*, 2017), como antioxidantes, antimicrobianos, aromatizantes, corantes e outros (FALGUERA *et al.*, 2011; SAHRAEE *et al.*, 2019; ZHANG *et al.*, 2018).

A carne bovina é um importante alimento da dieta humana, sendo fonte de proteínas, vitaminas, minerais e micronutrientes (UMARAW *et al.*, 2020). Entretanto, é um alimento suscetível à deterioração, que pode ocorrer devido à oxidação de lipídios e proteínas e deterioração microbiana, representando um alto risco para a saúde do consumidor, além das perdas econômicas para o mercado (FANG *et al.*, 2018). De acordo com estudos, o uso dos revestimentos comestíveis em carnes é considerado uma alternativa para minimizar essas alterações relacionadas aos aspectos de segurança e qualidade (BERMÚDEZ-ORIA *et al.*, 2019; TREJO-GONZÁLEZ *et al.*, 2018).

A manutenção dos aspectos intrínsecos e extrínsecos da carne, além de ser uma preocupação para a indústria, é de extrema importância para a aceitação pelo consumidor (MAURÍCIO, 2020). Diversos trabalhos investigaram os efeitos da aplicação dos revestimentos comestíveis na qualidade da carne (KIARSI *et al.*, 2020; UTAMI; KAWIJI; NASUTION, 2017; ZHANG *et al.*, 2021), porém há poucos dados sobre o comportamento do consumidor em relação à esta tecnologia.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo compreender a percepção dos consumidores em relação à tecnologia de revestimentos comestíveis e sua aplicação em carne bovina, utilizando um questionário *online*, além de verificar o perfil do mercado de aquisição e consumo desse alimento.



## 4.2 Material e métodos

A pesquisa foi realizada através de um estudo de cunho quantitativo e caráter descritivo utilizando um questionário criado na plataforma *Google*, previamente elaborado pelos pesquisadores e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Ceará sob parecer nº 4.912.426 (Anexo A). O questionário foi dividido em três partes principais: 1) perfil sociodemográfico, 2) perfil de aquisição e consumo de carne bovina e 3) percepções sobre os revestimentos comestíveis e sua aplicação na carne bovina (Apêndice A).

Os participantes foram convidados a responderem o questionário de forma remota através de mídias sociais (*WhatsApp*, *Facebook*, *Instagram* e *LinkedIn*) no território nacional, Brasil, durante os meses de julho e agosto de 2021, demonstrando interesse de participação através da aceitação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

O tamanho amostral foi calculado por meio de *site* especializado (Survey Monkey) considerando a população atual do Brasil (212,6 milhões), em intervalo de confiança de 95% e 5% de erro amostral. Para análise estatística, os dados foram armazenados e tabulados na ferramenta Microsoft Excel® e para determinados dados qualitativos o Teste do Qui-Quadrado foi aplicado ( $p < 0,05$ ) com ajuda do programa Jamovi versão 1.6.23.

### 4.3 Resultados e discussão

Foram obtidas 423 respostas, observando a abrangência do questionário em todas as regiões do Brasil. A maioria das participações foi da região Nordeste, nos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Maranhão (185, 143 e 26 respostas, respectivamente), seguida da região Sudeste, no Estado de São Paulo (20 respostas). Em contrapartida, a minoria das participações foi nos Estados do Pará, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Sergipe (uma resposta em cada estado) (Figura 5).

Figura 5 – Frequência de respostas nos Estados brasileiros.



Fonte: própria autora (2022).

Essa distribuição territorial fez-se interessante na pesquisa, uma vez que se tratou de um estudo sobre uma possível intenção de compra de carne bovina com revestimentos comestíveis, abordando a caracterização sociodemográfica dos entrevistados, a coleta de informações sobre seus hábitos de compra, frequência de consumo de carne bovina e os fatores que afetam essas práticas, além de explorar o nível de entendimento dos indivíduos sobre o tema abordado no questionário.

De acordo com os dados levantados, a amostra foi composta, em sua maioria, por pessoas do gênero feminino (72,8%) (Tabela 5). Semelhança encontrada por outros autores e que reflete o papel atribuído às mulheres como as principais responsáveis pela aquisição de alimentos para as suas famílias (FRABASILE, 2016; SCHALY *et al.*, 2010).

Tabela 5 – Distribuição de indivíduos segundo os dados sociodemográficos.

Variável	Categoria de respostas	Frequência (%) (n = 423)
Gênero	Feminino	72,8
	Masculino	27,2
Faixa etária	18-25	32,6
	26-35	38,3
	36-45	12,3
	46-55	6,1
	56-55	6,9
	Acima de 65	3,8
	Estado civil	Solteiro(a)
Casado(a)/União estável		35,5
Divorciado(a)		1,9
Viúvo(a)		0,7
Grau de escolaridade	Fundamental incompleto	0,5
	Fundamental completo	0,2
	Médio incompleto	0,9
	Médio completo	10,6
	Superior incompleto	29,1
	Superior completo	19,9
	Pós-graduação incompleta	10,2
	Pós-graduação completa	28,6
Renda familiar	Até 1 SM	18,2
	Até 2 SM	20,3
	De 2 a 4 SM	25,1
	De 4 a 6 SM	15,8
	De 6 a 10 SM	11,1
	Acima de 10 SM	9,5

SM: salário mínimo.

Fonte: própria autora (2022).

Quanto ao estado civil, os solteiros corresponderam a 61,9% (Tabela 5). Esse perfil é contrário com o encontrados em outros levantamentos sobre o perfil do consumidor da carne bovina, onde verificaram um maior percentual de entrevistados casados em relação a outros estados civis (BORGES; NUNES NETO; CAVALCANTE, 2020; DIAS *et al.*, 2015; NASCIMENTO *et al.*, 2018).

Observou-se a participação de indivíduos de várias idades (de 18 à parcela acima de 65 anos), sendo as faixas de 18-25 e 26-35 anos com as maiores participações, somando 70,9% (Tabela 5). O predomínio dessas idades também foi notado por outros autores (BRANDÃO *et al.*, 2012; DIAS *et al.*, 2015) e se trata de um público adulto jovem, nomeado Geração Z, que emerge como alvo de ações mercadológicas por se tratar de pessoas com autonomia de escolha, exigentes e que têm um potencial de influência nas decisões de compra de seus familiares (CERETTA; FROEMMING, 2011).

Com relação ao grau de instrução, a maioria dos indivíduos tinha, pelo menos, ingressado no ensino superior (29,1% ensino superior incompleto, 19,9% superior completo, 10,2% pós-graduação incompleta e 28,6% pós-graduação completa), o que configura um público que tem acesso à informação e com certo nível de discernimento para responder o questionário proposto. Apenas 1,4% deles declararam não possuírem o ensino fundamental ou médio completo (Tabela 5), porcentagem bastante inferior ao censo (36,7%) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2019 (IBGE, 2019). Essas observações são compatíveis aos encontrados em outros estudos abordando a carne bovina, onde mais da metade dos entrevistados apresentavam alta escolaridade (BRANDÃO *et al.*, 2012; SCHALY *et al.*, 2010).

O nível de escolaridade é uma variável de grande influência na escolha e exigência de produtos cárneos de modo que, o maior grau de escolaridade por parte dos consumidores, como visto neste trabalho, favorece a conscientização dos mesmos em exigir carnes de melhor qualidade e padrão sanitário (BORGES; NUNES NETO; CAVALCANTE, 2020; KIRINUS *et al.*, 2013).

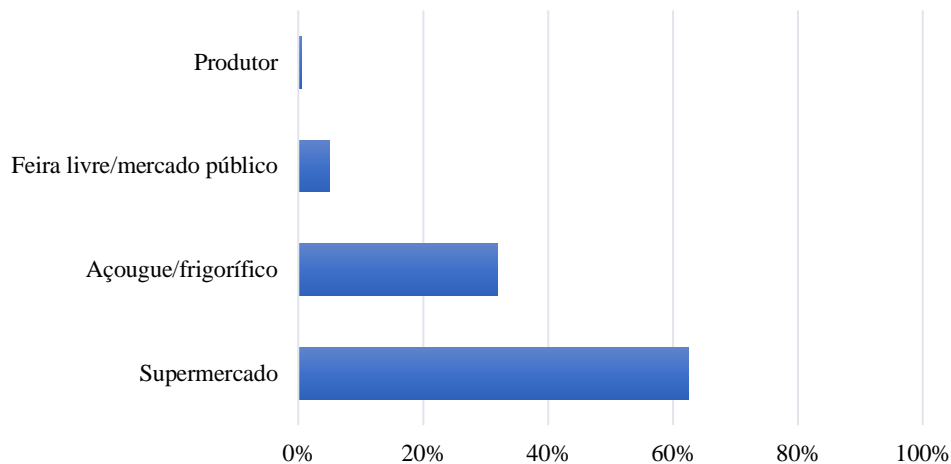
Com relação à renda familiar dos entrevistados, observou-se uma representação variada desse perfil. Considerando o valor do salário mínimo (SM) em 2021 de R\$ 1100,00, a classe que ganha de dois a quatro SM foi majoritária nessa pesquisa (25,1%), seguido das rendas de até dois SM (20,3%) e até um salário-mínimo (18,2%). O menor percentual correspondeu a faixa acima de dez SM (9,5%) (Tabela 1). Estes resultados apontam que a maioria dos entrevistados apresentam renda de até quatro SM (63,6%), sendo compatível com as rendas salariais encontradas nas pesquisas de Dias *et al.* (2015), Nascimento *et al.* (2018) e Schaly *et al.* (2010). O nível de renda é um fator crucial para determinar o consumo familiar de carne, pois seu aumento eleva as chances de despesas com esse tipo de alimento (SCHLINDWEIN; KASSOUF, 2006).

Em relação à seção da pesquisa sobre o perfil de compra e consumo de carne bovina, inicialmente ao realizar a pergunta “Quem geralmente faz as compras de produtos alimentícios

na sua casa?”, 61,2% afirmaram que são os principais responsáveis por essa atividade. Esse dado é de grande relevância para o desenvolvimento desta pesquisa, visto que se trata de um público que tem conhecimento dos alimentos que estão disponíveis nos mercados e com capacidade de discernir sobre seus atributos de qualidade.

Considerando o público da pergunta anterior, avaliou-se a preferência deles quanto aos estabelecimentos para aquisição da carne bovina. Evidenciou-se uma tendência em concentrá-la em um só lugar, visto que 62,2% dos entrevistados responderam que adquirem a carne em supermercados, seguido por açougue/frigorífico com 31,8%. Feira livre/mercado público ou o próprio produtor também foram mencionados com 5,5% e 0,6%, respectivamente (Figura 6). Amaral *et al.* (2012), Magalhães *et al.* (2021) e Eiras *et al.* (2017) também relataram em seus estudos a preferência pelos consumidores em adquirir a carne fresca em supermercados.

Figura 6 – Frequência de respostas da preferência de estabelecimentos para aquisição de carne bovina.



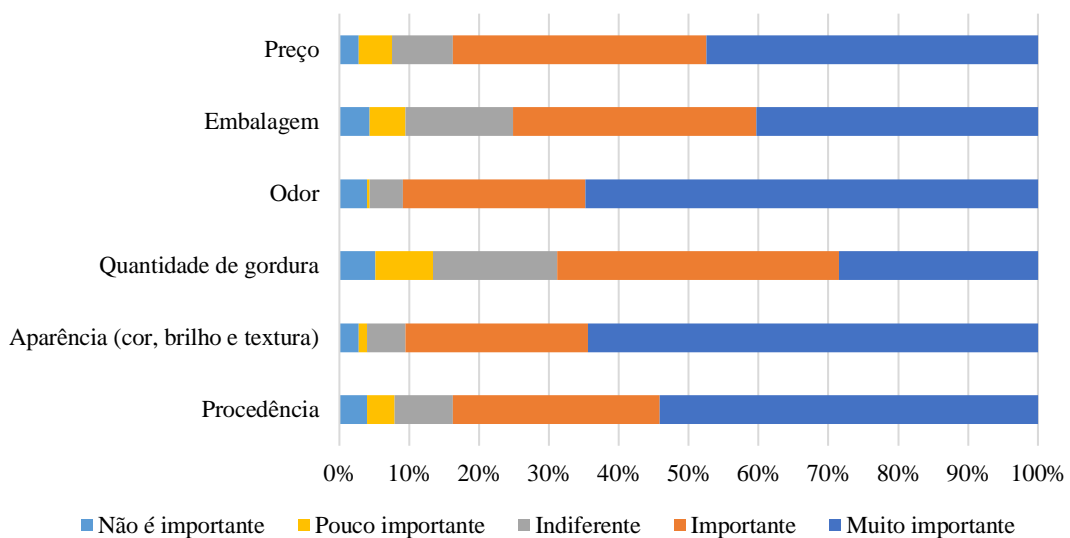
Fonte: própria autora (2022).

Esse comportamento pode estar relacionado à redução do tempo disponível da população, em virtude do estilo de vida moderno. O supermercado auxilia as pessoas na aquisição de diversos tipos de produtos em um mesmo local. Além disso, dá-se a esse estabelecimento uma relação de local limpo e higiênico (EIRAS *et al.*, 2017; NASCIMENTO *et al.*, 2018). No caso da compra em açougues/frigorífico, essa prática também está vinculada à comodidade e praticidade oferecida por esses pontos de venda, como a proximidade da residência e fidelidade ao estabelecimento (BRISOLA; CASTRO, 2005).

O grau de importância de atributos de qualidade, econômico e de segurança que influenciam na decisão de aquisição da carne bovina também foi associado com a porcentagem

de indivíduos que realizam a compra de produtos alimentícios de suas casas. “Odor” e “aparência (cor, brilho e textura)” receberam as maiores frequências de respostas como “muito importante”, 64,8% e 64,4%, respectivamente, rotularam essas características, seguido por “origem/procedência” com 54,2% como “muito importante”. Verificou-se também que o “preço” foi o quarto atributo considerado mais importante (47,4%) e “embalagem” o quinto atributo (40,3%). As pessoas se manifestaram menos exigentes quanto à quantidade de gordura (muito importante = 28,5%) (Figura 7).

Figura 7 – Frequência de respostas do grau de importância de atributos na aquisição de carne bovina.

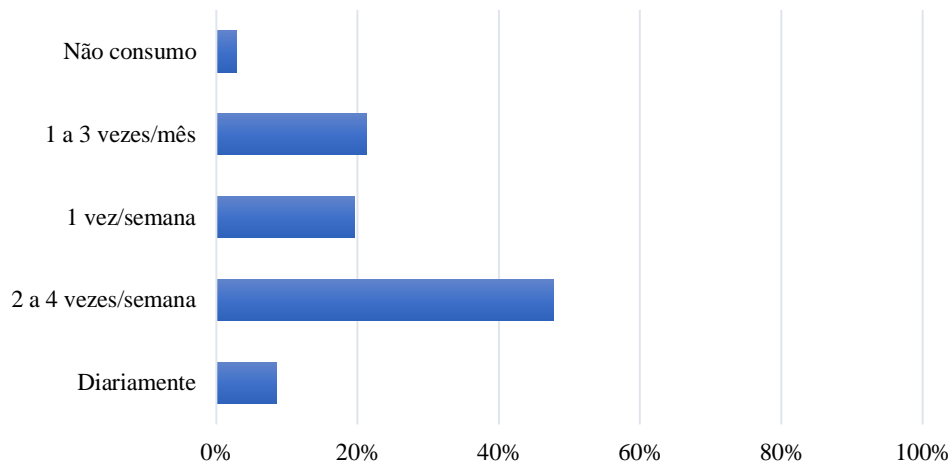


Fonte: própria autora (2022).

Ao analisar uma carne, seus aspectos intrínsecos (odor e aparência) desempenham um papel fundamental na aceitação desse produto como indicadores sugestivos de segurança e qualidade (BORGES; NUNES NETO; CAVALCANTE, 2020). Tal fato explica os resultados desta pesquisa, uma vez que os aspectos sensoriais apresentaram grande importância. Além disso, o valor a ser pago pela carne pode estar agregado a esses aspectos, já que, para alguns consumidores tal associação está intimamente relacionada, ou seja, o que tem mais qualidade é mais caro (LOPES *et al.*, 2017; MAURÍCIO, 2020).

Em relação à frequência de consumo de carne bovina, percebeu-se que a maioria dos entrevistados consome a carne de 2 a 4 vezes por semana (47,8%), seguido daqueles que consomem de 1 a 3 vezes/mês (21,3%) (Figura 8). Dias *et al.* (2015) observaram que 45,92% dos consumidores entrevistados de Campo Grande (MS) consomem carne diariamente. Já Cipriano *et al.* (2021) verificaram um consumo de pelo menos uma vez na semana dos entrevistados do estado de Roraima.

Figura 8 – Frequência de respostas do consumo de carne bovina.



Fonte: própria autora (2022).

Correlacionando o perfil sociodemográfico dos entrevistados com as maiores porcentagens de consumo visualizadas na Figura 4 (de 2 a 4 vezes/semana e 1 a 3 vezes/mês), não se observou alguma correlação ( $p > 0,05$ ) entre os parâmetros de perfil através do Teste do Qui-Quadrado (Tabela 6).

Tabela 6 – Perfil amostral dos entrevistados em relação ao consumo de carne bovina de 2 a 4 vezes/semana e 1 a 3 vezes/mês.

Com qual frequência você consome carne bovina?	Categoria de respostas		Valor-p (n = 292)
	2 a 4 vezes/ semana (%)	1 a 3 vezes/ mês (%)	
<i>Gênero</i>			
Feminino	52,4	22,3	0,523
Masculino	16,8	8,6	
<i>Faixa etária</i>			
18-25	21,6	9,2	0,277
26-35	27,1	14,7	
36-45	9,2	2,4	
46-55	4,5	1,7	
56-65	5,1	1,0	
Acima de 65	1,7	1,7	
<i>Estado civil</i>			
Solteiro(a)	40,8	21,6	0,588
Casado(a)/União estável	26,7	8,9	
Divorciado(a)	1,0	0,0	
Viúvo(a)	0,3	0,3	

<i>Escolaridade</i>			
Fundamental incompleto	0,3	0,0	
Fundamental completo	0,0	0,0	
Médio incompleto	0,3	0,0	
Médio completo	6,8	2,1	
Superior incompleto	18,5	9,2	0,531
Superior completo	14,7	4,1	
Pós-graduação incompleta	7,9	4,5	
Pós-graduação completa	20,5	11,0	
<i>Renda familiar</i>			
Até 1 SM	12,3	7,2	
Até 2 SM	11,0	7,2	
De 2 a 4 SM	18,2	6,8	
De 4 a 6 SM	13,0	3,8	0,113
De 6 a 10 SM	6,2	4,1	
Acima de 10 SM	8,6	1,7	

---

Teste do Qui-Quadrado ( $p < 0,05$ ). SM: salário mínimo.  
 Fonte: própria autora (2022).

Esse fato revela um consumo frequente dos indivíduos e a preferência pela carne independente das condições sociodemográficas. De acordo com Albuquerque *et al.* (2017), a carne bovina é um dos alimentos mais desejados pelos brasileiros, pela imagem social que ela transmite. Isto é, a necessidade de mostrar certa ascensão social, e por ser um dos alimentos que causam maior sensação de saciedade. Além disso, os consumidores adquirem carne bovina porque gostam, demonstram atitude favorável e simpática ao consumi-la, diferente de outros alimentos que são consumidos por obrigação (ALBUQUERQUE *et al.*, 2017).

Referente às questões sobre as percepções dos entrevistados sobre os revestimentos comestíveis, 34,7% responderam ter algum conhecimento sobre o tema, porém nunca consumiram alimentos que fizeram o uso dessa tecnologia. Contudo, 45,3% avaliaram como “muito importante” o uso dessa tecnologia na preservação dos alimentos; e, caso este seja revestido, 96% consideram importante a presença da informação no rótulo (Tabela 7).



Tabela 7 – Frequência de respostas sobre os revestimentos comestíveis.

Variável	Categoria de respostas	Frequência (%)
Você já estava familiarizado com a tecnologia dos revestimentos comestíveis para alimentos?	Sim, inclusive já consumi alimentos com revestimentos comestíveis	28,8
	Sim, mas nunca consumi alimentos com revestimentos comestíveis	34,7
	Não, mas tenho interesse pelo assunto e em consumir	32,1
	Não tenho interesse pelo assunto nem em consumir	4,5
Quão importante é o uso dos revestimentos comestíveis na preservação dos alimentos?	Muito importante	45,3
	Importante	33,7
	Indiferente	13,9
	Pouco importante	3,3
	Não é importante	3,8
É importante que a informação de revestimento comestível esteja presente no rótulo?	Sim, considero importante	96
	Não é relevante	4,0

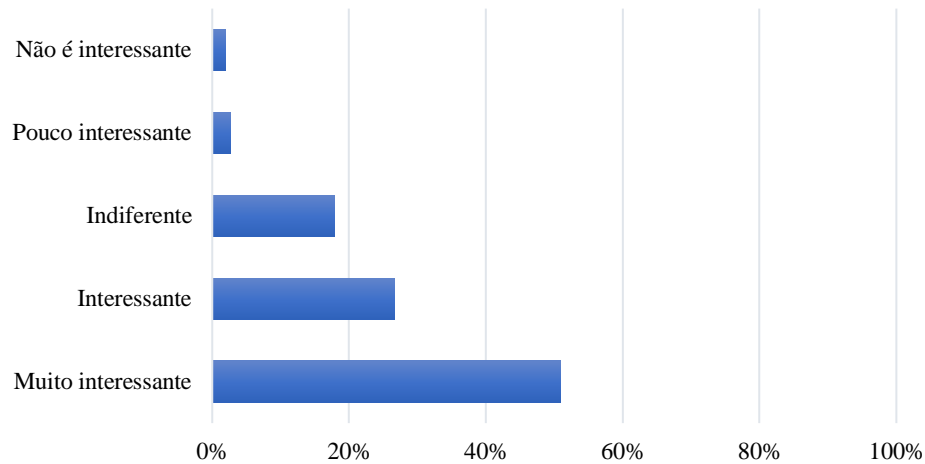
Fonte: própria autora (2022).

Esses resultados sugerem que os entrevistados são indivíduos sem grande resistência à tecnologia de revestimentos comestíveis, uma vez que buscam produtos com qualidade e benefícios de acordo com o que julgam relevantes para si. Além disso, julgam necessária a comunicação direta entre a indústria e os consumidores através do rótulo, podendo, então, influenciar positivamente a intenção de compra do produto com as informações detalhadas sobre a tecnologia utilizada (MAURÍCIO; CAMPOS; NASSU, 2022; TOKIN *et al.*, 2016).

É importante notar que, a amostra de entrevistados estudada foi constituída principalmente por adultos jovens cursando, pelo menos, o ensino superior, onde são indivíduos que possuem maior acesso à informação e conhecimento às inovações e, portanto, comportamentos menos neofóbicos à tecnologia de alimentos (MOURA; MASQUIO, 2014).

Quanto a opinião dos entrevistados sobre a aplicação do revestimento comestível na carne bovina, observou-se que pelo menos 50% deles expressaram essa prática como “muito interessante” para a conservação desse produto (Figura 9). Uma opinião positiva também foi demonstrada no estudo de Ellouze e Jeuge (2014), onde 53% dos entrevistados também consideraram o revestimento comestível muito importante para a carne fresca, pontuando vantagens de maior vida útil, frescor e melhor qualidade organoléptica geral da carne.

Figura 9 – Frequência de respostas do grau de importância dos entrevistados sobre a aplicação dos revestimentos comestíveis na carne bovina.



Fonte: própria autora (2022).

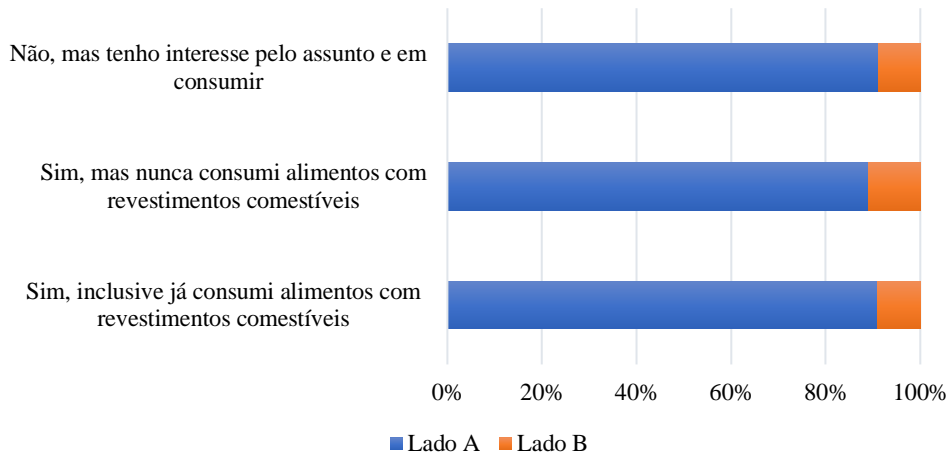
A carne fresca é um alimento perecível que requer processamento e manuseio adequados para prolongar a vida útil junto com a refrigeração (UMARAW *et al.*, 2020). Esse produto é altamente propício à oxidação de lipídios, proteínas e proliferação microbiana, resultando em alterações na cor, aparência, sabor, textura e valor nutricional (FANG *et al.*, 2018; UMARAW *et al.*, 2020).

Nesse sentido, a aplicação de revestimentos comestíveis como embalagem primária é uma abordagem interessante para reduzir esse processo de degradação. Esses revestimentos se comportam como uma barreira semipermeável à transferência de água, gases ( $O_2$  e  $CO_2$ ) e escape de compostos aromáticos (BHAGATH; MANJULA, 2019). Além disso, a vantagem dessa tecnologia também está no fato de que podem expandir sua funcionalidade pela incorporação de compostos ativos (extratos e óleos essenciais vegetais, probióticos etc.), com atividades como antioxidantes e antimicrobianos (BERMÚDEZ-ORIA *et al.*, 2019; UTAMI *et al.*, 2017). Portanto, estendendo a estabilidade da carne durante o armazenamento (CARDOSO *et al.*, 2016; KIARSI *et al.*, 2020; SOUZA *et al.*, 2021; TREJO-GONZÁLEZ *et al.*, 2018).

Em relação à figura apresentada no questionário (Apêndice A), cerca de 90% dos entrevistados conseguiram identificar a carne na qual foi aplicada o revestimento comestível. Considerando essa resposta, realizou-se uma correlação entre a identificação da figura dentre os seguintes níveis de conhecimento sobre o tema de revestimentos comestíveis: “sim, inclusive já consumi alimentos com revestimentos comestíveis”, “sim, mas nunca consumi alimentos com revestimentos comestíveis” e “não, mas tenho interesse pelo assunto e em consumir”. Observou-se que não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) na correlação entre as imagens “lado A” e “lado B” com os níveis de conhecimento, sendo o maior número de respostas obtido

para o “lado A” (Apêndice B). Indicando a capacidade de assimilação dos revestimentos comestíveis nas imagens apresentadas entre todos os públicos estudados (Figura 10).

Figura 10 – Frequência de respostas da identificação das imagens da carne bovina revestida através dos níveis de conhecimento sobre o tema de revestimentos comestíveis.

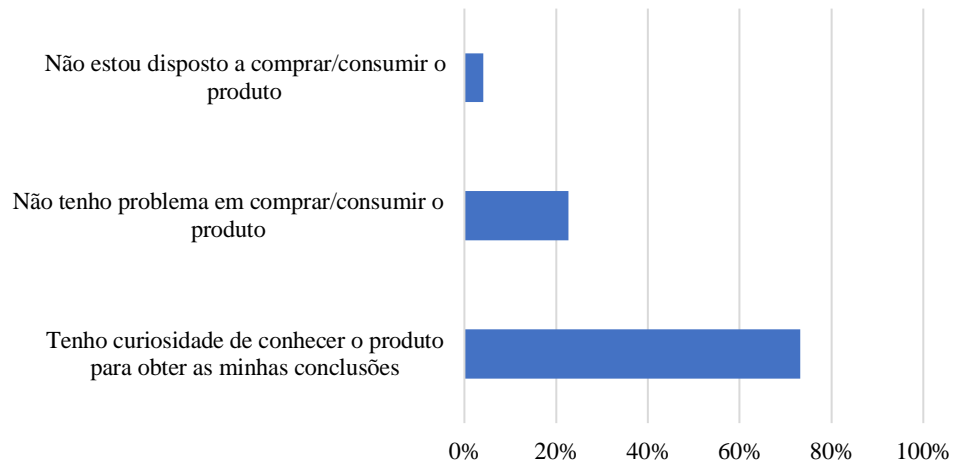


Fonte: própria autora (2022).

A alta porcentagem de identificação das carnes revestidas pode ser devido ao seu maior brilho em comparação ao controle. Esse comportamento pode ser positivo para o presente trabalho, uma vez que os consumidores acabam se baseando na perda de cor e brilho da carne como um indicativo de insalubridade e deterioração do produto (GROOT, 2021; KIARSI *et al.*, 2020). O uso de revestimentos comestíveis tem sido uma alternativa possível para minimizar a perda dessa característica, uma vez que a barreira física do revestimento pode reduzir as reações de oxidação da mioglobina e manter por mais dias a cor das carnes frescas (CARDOSO *et al.*, 2016; UMARAW *et al.*, 2020).

Ao avaliarmos a disposição dos entrevistados a comprarem e/ou consumir a carne bovina revestida por materiais comestíveis e biodegradáveis, sendo excluídos aqueles que declararam não consumir carne, 71,9% relataram ter curiosidade de conhecer inicialmente o produto para obter as próprias conclusões, 22% declararam não ter problema em comprar e/ou consumir a carne e 6,1% não estão dispostos a comprar e/ou consumi-la (Figura 11).

Figura 11 – Frequência de respostas da disposição de compra e/ou consumo da carne bovina revestida.



Fonte: própria autora (2022).

Essas respostas podem representar o fato que consumidores têm incertezas quanto ao produto, porém dispostos à experiência, o que está relacionado ao medo de um risco *a priori* desconhecido de alimentos que incorporam inovações tecnológicas, visando o aumento da vida útil e segurança (COUTINHO *et al.*, 2021). É fundamental considerar que os consumidores de carne vermelha, principalmente os consumidores de carne bovina, compram produtos *in natura*, e muitos são resistentes e céticos em aceitar novos produtos cárneos e, portanto, inovações e novas tecnologias no processamento devem ser claras e transmitir confiança (MAURÍCIO; CAMPOS; NASSU, 2022).

#### **4.4 Conclusão**

Neste estudo foi possível identificar um nível satisfatório do perfil dos participantes quanto à valorização dos aspectos de qualidade da carne bovina e receptividade ao uso de revestimentos comestíveis e sua aplicação na carne bovina fresca.

Os consumidores consideram a aplicação dos revestimentos comestíveis na carne bovina com grande potencial para a sua conservação durante o armazenamento. No entanto, eles necessitam conhecer o produto antes de qualquer coisa para que a disposição de compra seja aumentada. Isso indica que o sucesso da carne com revestimento comestível pode depender de estratégias adequadas de marketing para apresentar ao consumidor informações confiáveis, compreensíveis e claras sobre a tecnologia empregada no produto.

## 5 DESENVOLVIMENTO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS DE PECTINA ADICIONADOS DE EXTRATOS DE FOLHAS DE GOIABEIRA (*PSIDIUM GUAJAVA* L.)

### 5.1 Introdução

O desenvolvimento de revestimentos à base de polímeros biodegradáveis (polissacarídeos, proteínas e lipídios) combinados com aditivos naturais tem se intensificado nos últimos anos como uma tecnologia para a indústria alimentícia (EÇA *et al.*, 2015; KUMAR *et al.*, 2021; SILVA *et al.*, 2020). Essas combinações podem melhorar os aspectos estruturais, físicos, mecânicos e características de barreira do revestimento, além de poderem fornecer propriedades antioxidantes, antimicrobianas e nutricionais para manter a qualidade e segurança, e prolongar a vida útil dos alimentos revestidos (SILVA *et al.*, 2020; LUO *et al.*, 2019).

A pectina, polissacarídeo da parede celular de vegetal, é reconhecida como segura (GRAS) pela Food and Drug Administration (FDA, 2022) e usada na indústria alimentícia como agente gelificante e espessante na produção de geleias, panificação, iogurtes e bebidas lácteas (CAZÓN *et al.*, 2017). Na produção de revestimentos comestíveis, vários estudos propuseram a potencialidade de utilização dessa matriz devido à sua biodegradabilidade, comestibilidade e propriedades químicas e físicas versáteis, como gelificação e permeabilidade seletiva aos gases (EÇA *et al.*, 2015; ESPITIA *et al.*, 2014; HERNÁNDEZ-CARRILO *et al.*, 2021; RANJITH *et al.*, 2022).

As propriedades biológicas reconhecidas da goiabeira (*Psidium guajava* L.) são extensas. Suas folhas têm altos níveis de metabólitos secundários, como compostos fenólicos (ácidos fenólicos, flavonoides e taninos) que são matérias-primas potenciais para aprimorar as propriedades de barreira dos revestimentos comestíveis, principalmente devido à sua ação antioxidante e antibacteriana (DÍAZ-DE-CERIO *et al.*, 2017; GUTIÉRREZ; MITCHELL; SOLIS, 2008; LUO *et al.*, 2019; UGBOGU *et al.*, 2022).

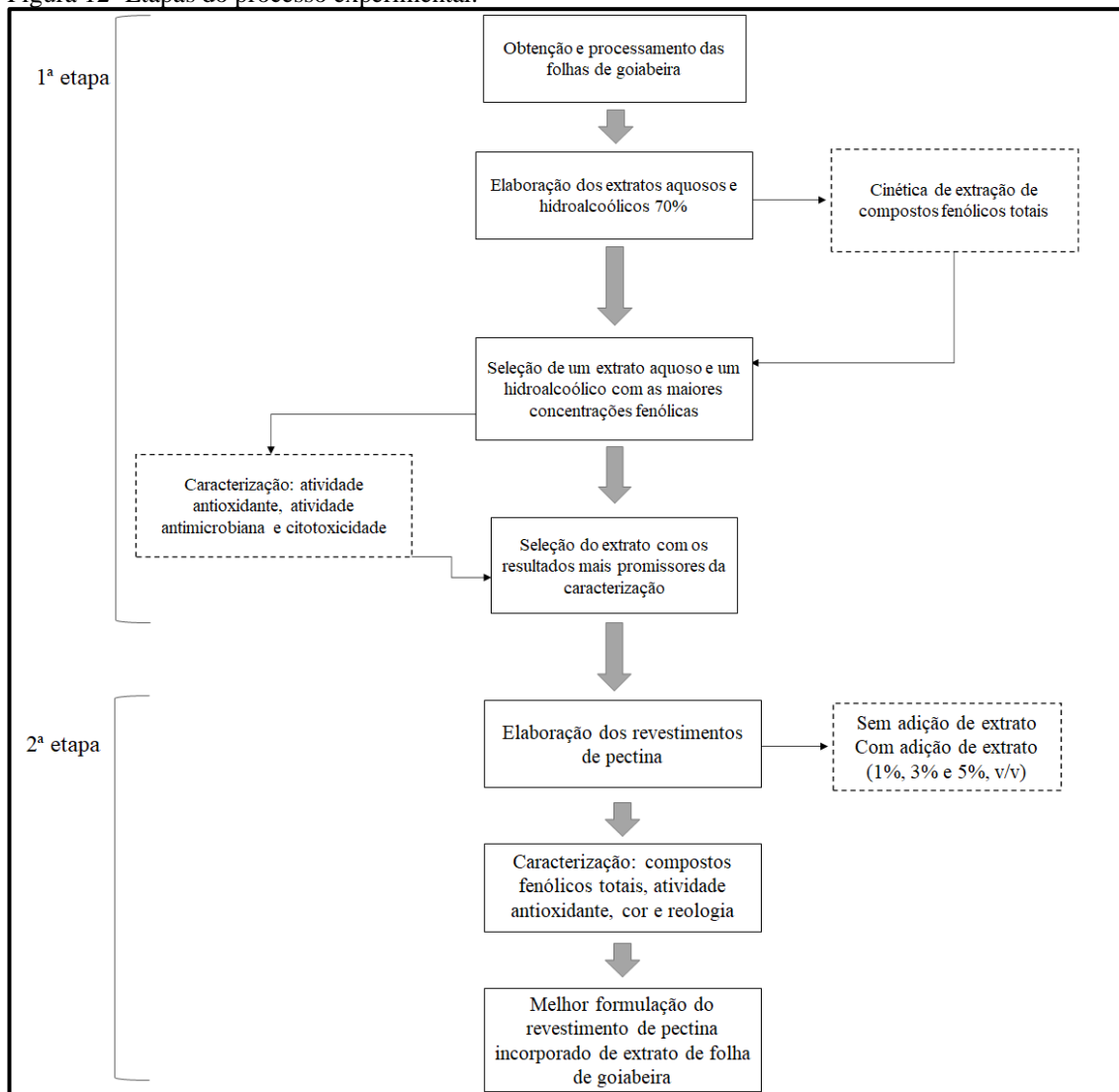
Estudos anteriores demonstraram que a adição de extratos naturais nos revestimentos à base de pectina, como os de folhas de jaqueira (AGUILAR-VELOZ *et al.*, 2022), cranberry (PARK; ZHAO, 2006), acerola (EÇA *et al.*, 2015) e semente de uva (PRIYADARSHI; RIAHI; RHIM, 2022), elevou marcadamente as propriedades físicas e bioativas dos revestimentos. No entanto, até o presente momento, não foram encontrados relatos sobre a incorporação de extrato de folhas de goiabeira nessa matriz biopolimérica.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi caracterizar e avaliar as propriedades bioativas mais relevantes e a toxicidade de extratos hidroetanólicos e aquosos de folhas de goiabeira; desenvolver revestimentos comestíveis à base de pectina incorporando o extrato mais bioativo, em diferentes concentrações, e avaliar suas propriedades em termos de concentração de compostos fenólicos, capacidade antioxidante, cor e reologia.

## 5.2 Material e métodos

Os ensaios foram divididos em duas etapas principais. Na primeira etapa foram realizadas a coleta da matéria-prima, preparação de extratos hidroetanólico e aquosos de folhas de goiabeira (FG) em diferentes tempos de extração, estudo da cinética de extração de compostos fenólicos dos extratos e caracterização dos extratos quanto à atividade antioxidante, atividade antimicrobiana e citotoxicidade. Na segunda etapa foi realizada a preparação dos revestimentos ativos incorporado do extrato selecionado na etapa anterior. A seleção deste foi baseada nos critérios mais promissores dos ensaios toxicológico, da atividade antimicrobiana e atividade antioxidante. Os revestimentos foram caracterizados em termos de concentração fenólica, atividade antioxidante, cor e propriedades reológicas (Figura 12).

Figura 12- Etapas do processo experimental.



Fonte: própria autora (2022).



### 5.2.1 Materiais e reagentes

O pó de pectina com baixo grau de metoxilação (GENU® pectin LM-102 AS-BNB) foi fornecido pela CP Kelco (Limeira, São Paulo, Brasil), 2,2'-azino-bis-(ácido 3-etilbenzotiazoli) (ABTS), Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8- tetrametilcroma) e 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ) foram adquiridos da Sigma-Aldrich (Cotia/SP, Brasil).

### 5.2.2 Material vegetal

As folhas de goiabeira foram coletadas do ápice, de partes internas e externas de galhos de plantas de *Psidium guajava* L., com idade de 4 anos, durante os meses de outubro e dezembro de 2019, no período da manhã (entre 8h e 11h), no Pomar da Horta Didática (-3° 74'10,11" latitude, 38° 57'64,42" longitude) da Universidade Federal do Ceará (UFC) em Fortaleza/CE, Brasil. As condições ambientais tiveram temperatura máxima, mínima e umidade relativa de 30 °C, 25 °C e 71%, respectivamente. O Departamento de Biologia confirmou a identidade da planta por meio do número da exsicata 64702 depositado no Herbário Prisco Bezerra da UFC.

As folhas foram separadas dos talos, selecionadas com base na uniformidade de tamanho, cor (verde intenso) e ausência de injúrias. Após seleção, foram lavadas em água corrente, sanitizadas em água clorada (150 mg/L) durante 10 minutos e enxaguadas abundantemente em água corrente. Em seguida, secou-as em estufa de secagem com circulação de ar forçada (50 °C/ 24 h) (Fabbe, modelo 070, São Paulo, Brasil), posteriormente trituradas em liquidificador doméstico (Mondial, modelo Turbo L-900, Bahia, Brasil) para obtenção do pó.

### 5.2.3 Preparação dos extratos de folhas de goiabeira

Os extratos foram produzidos baseado nas metodologias descrita por Simão *et al.* (2017), Fernandes *et al.* (2014), com algumas modificações realizadas de acordo com testes experimentais prévios. O pó das folhas de goiabeira foi imerso no solvente (etanol 70%, v/v, ou água destilada), na razão sólido/líquido (1:25, m/v). Em seguida, foram realizadas decocções das misturas em banho-maria a 60 °C (Tecnal, modelo TE-057, São Paulo, Brasil), em intervalos de tempos específicos (10, 20, 30, 45, 60, 90 e 120 min). Uma condição de extração no tempo zero também foi realizada, considerando o contato da folha em pó com cada solvente

de extração durante 10 minutos a temperatura ambiente. Após extrações, cada mistura foi centrifugada (Beckman, modelo J2-2, Califórnia, Estados Unidos) a 10.000 rpm (13.751,4 x g) durante 10 min e o sobrenadante foi filtrado através de papel de filtro qualitativo (Unifil, 125 mm, Alemanha). Os extratos hidroetanólicos obtidos foram concentrados em evaporador rotativo (Tecnal, modelo TE-211, São Paulo, Brasil) a 40 °C e 700 mmHg até a completa evaporação do álcool e, posteriormente, diluídos com água destilada retornando o volume inicial. Após obtenção, os extratos foram armazenados em vidros âmbar a -18 °C até o momento das análises (Apêndice C).

#### **5.2.4 Caracterização dos extratos**

##### **5.2.4.1 Determinação de compostos fenólicos totais (CFT)**

A concentração de compostos fenólicos foi determinada usando o método de Folin-Ciocalteu conforme descrito por Obanda e Owuor (1997), com pequenas modificações. Resumidamente, 0,5 mL de extratos foram misturados com 0,5 mL de reagente Folin-Ciocalteu (1:3, v/v), 1 mL de carbonato de sódio (20%) e 1 mL de água destilada. As misturas foram mantidas em ambiente escuro durante 30 minutos em temperatura ambiente. Após esse período, a absorbância foi medida usando um espectrofotômetro (Biosystems, modelo SP-22, São Paulo, Brasil) a 700 nm. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico (EAG)/g de extrato seco com base em curva padrão de ácido gálico na faixa de concentração de 0 a 100 µg/mL.

##### **5.2.4.1.1 Cinética de extração**

Para cada extrato produzido nas condições e intervalos de tempo de extração citados na seção 2.3 foi determinada a concentração de compostos fenólicos totais. Então, uma cinética foi construída com a finalidade de selecionar o tempo de processo de maior recuperação de compostos fenólicos para o extrato hidroetanólico e aquoso.

##### **5.2.4.2 Atividade antioxidante total (AAT)**

As capacidades antioxidantes dos extratos foram determinadas pelos métodos de captura do radical livre ABTS<sup>++</sup> e redução do ferro (FRAP).

A atividade antioxidante usando o método ABTS foi realizada conforme descrito por Rufino *et al.* (2010). O radical ABTS<sup>•+</sup> foi preparado a partir da mistura de 5 mL da solução ABTS (7mM) e 0,088 mL de persulfato de potássio (140 mM), permanecendo em ambiente escuro por 16 h a 25 °C antes do uso. Após esse período, a solução radical ABTS<sup>•+</sup> foi diluída em etanol 95% (v/v) até obter uma absorvância de  $0,70 \pm 0,05$  a 734 nm. Uma alíquota de 0,03 mL de extrato ou padrão Trolox foi adicionada a 3,0 mL da solução diluída de ABTS<sup>•+</sup> e as absorvâncias foram registradas 6 min após a mistura a 734 nm. Etanol 95% (v/v) foi usado como branco. Uma curva padrão foi preparada com soluções padrões de Trolox na faixa de concentração de 500 a 2000  $\mu$ M e os resultados foram expressos como  $\mu$ M Trolox/g de extrato seco.

Para o método FRAP (RUFINO *et al.*, 2010), o reagente FRAP foi preparado usando tampão de acetato de sódio (pH 3,6, 0,3 M), TPTZ (10 mM) e cloreto férrico (20 mM), na proporção de 10:1:1 respectivamente. Os extratos (0,09 mL) foram misturados com 0,27 mL de água destilada e 2,7 mL de reagente FRAP. A solução foi aquecida a 37 °C por 30 minutos. Após esse período, a absorvância foi lida a 595 nm, usando o reagente FRAP como branco. Uma curva padrão a partir de soluções de sulfato ferroso na faixa de concentração de 500 a 2000  $\mu$ M foi utilizada e o resultado foi expresso em  $\mu$ M sulfato ferroso/g de extrato seco.

#### 5.2.4.3 Atividade antimicrobiana

A atividade antimicrobiana dos extratos de FG foi determinada pelo ensaio de difusão em ágar. Inicialmente, os extratos foram esterilizados por filtração em membrana com poros de 0,22  $\mu$ m (Millipore, São Paulo, Brasil) e armazenados em frascos estéreis até o momento do uso. Uma alíquota (100  $\mu$ L) de *Staphylococcus aureus* (ATCC 12600), *Escherichia coli* (ATCC 11775) e *Salmonella typhimurium* (ATCC 51812), previamente ativados a 37°C/16h (D.O. 560 nm = 0,8), foi plaqueada por espalhamento em placas de ágar BHI. Poços de 10 mm de diâmetro foram perfurados sobre a placa e 180  $\mu$ L do extrato de FG foi colocado em cada poço. As placas foram incubadas a 37°C por 48 horas. A formação de um halo transparente em torno do poço indicou a presença da atividade antimicrobiana (CLSI, 2012).

#### 5.2.4.4 Avaliação citotóxica através do ensaio de MTT *in vitro*

Os extratos de folhas de goiabeira foram avaliados quanto à toxicidade por meio de ensaio baseado na redução celular do MTT [brometo (3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difenil tetrazólio)] descrito por Mosmann (1983). A toxicidade foi medida através da exposição de células epiteliais intestinais de *Rattus Norvegicus* (cultura IEC-6), previamente cultivadas, em concentrações crescente e variáveis de extratos hidroetanólico e aquoso de FG (0,001, 0,01, 0,1, 1, 10, 100 e 1000 µg/mL), como também no controle positivo (células epiteliais em meio de cultura) e controle negativo (células epiteliais em 5% de tilsulfóxio, DMSO). Os sobrenadantes das culturas celulares, contendo ou não os agentes testados, foram removidos e as células foram mantidas em uma solução de MTT (5 mg/mL) em Meio de Krebs, durante 20 min, a 37 °C, no escuro. Após esta incubação, os cristais de formazan, resultantes da redução do MTT, foram dissolvidos em DMSO e o valor de absorbância foi medido a um comprimento de onda de 570 nm. As absorbâncias obtidas foram comparadas com o controle positivo (CP) e negativo (CN).

#### 5.2.5 Preparação dos revestimentos de pectina

Os revestimentos à base de pectina foram preparados conforme descrito por Eça *et al.* (2015). A pectina de baixa metoxilação (2 g) foi dissolvida em 100 mL de água destilada usando um agitador magnético (Quimis, modelo Q261-12, São Paulo, Brasil) sob agitação constante (500 rpm) por 60 minutos a uma temperatura de 30 °C. Em seguida, o glicerol foi adicionado (1,5 g/g de pectina) e a suspensão foi aquecida a 70 °C, mantendo a constante agitação. Então, uma solução de cloreto de cálcio 1% (m/v) foi adicionada à suspensão por gotejamento para que a formação do gel de pectina se completasse (0,005 g CaCl<sub>2</sub>/g pectina). A solução de pectina foi resfriada a 40 °C e os extratos foram incorporados. A mistura foi agitada por 10 minutos utilizando um agitador magnético (500 rpm) para garantir a completa homogeneização.

Três formulações de revestimento de pectina incorporadas com o extrato de FG selecionado na etapa de caracterização foram preparadas, baseados em estudo anteriores com biopolímeros incorporados de extratos vegetais (AKCAN; ESTÉVEZ; SERDAROGLU, 2017; PIÑEROS-HERNANDEZ *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2020; ZAM, 2019): 1) com adição de 1% (v/v) de extrato, 2) com adição de 3% (v/v) de extrato e 3) com adição de 5% (v/v) de extrato. Um tratamento controle sem aditivos foi preparado para fins de comparação (Apêndice D).

## 5.2.6 Caracterização dos revestimentos

### 5.2.6.1 Conteúdo fenólico total e atividade antioxidante

As determinações de CFT e as atividades antioxidantes (ABTS e FRAP) dos revestimentos foram realizadas de acordo com as metodologias descritas anteriormente nas seções 2.4.1 e 2.4.2, respectivamente.

### 5.2.6.2 Determinação da cor

A análise de cor foi determinada utilizando um espectrofotômetro (ColorQuest XE, Hunter Lab, Virgínia, Estados Unidos), sendo determinado as coordenadas de acordo com o sistema CIELAB ( $L^*$ , luminosidade,  $a^*$ , vermelho/verde e  $b^*$ , amarelo/azul) e Chroma ( $C^*$ ). A diferença total de cor ( $\Delta E$ ) foi calculada através da Eq. 1 (SABERI *et al.*, 2017):

$$\Delta E = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]} \quad (1)$$

Onde,  $\Delta L^*$  = variação da coordenada  $L^*$ ,  $\Delta a^*$  = variação da coordenada  $a^*$  e  $\Delta b^*$  = variação da coordenada  $b^*$ .

### 5.2.6.3 Análise reológica

Os parâmetros reológicos foram determinados através de um reômetro rotacional (Brookfield, modelo R/S-SST plus), utilizando o método DG-DIN de cilindros concêntricos. Os experimentos foram realizados a 25 °C e com rampas variando a taxa de cisalhamento de 0 a 500  $s^{-1}$ , durante 60 segundos, obtendo-se 25 pontos experimentais para cada curva. Os parâmetros de taxa de cisalhamento ( $\gamma$ ) e tensão de cisalhamento ( $\tau$ ) foram obtidos através do software RHEO V 2.8 para ajuste aos modelos reológicos de Newton, Bingham, Casson, Lei da Potência e Herschel Bulkley. O valor do coeficiente de ajuste ( $R^2$ ) para cada modelo foi comparado e aquele que apresentou maior valor teve seus parâmetros reológicos determinados. Também se observou a variação da viscosidade aparente ( $\eta$ ) com a taxa de cisalhamento, relacionando esses parâmetros através da Eq. 2.

$$\eta = \frac{\tau}{\gamma} \quad (2)$$

### ***5.2.7 Análise estatística***

Todas as medições foram realizadas em triplicata. Os resultados foram expressos como a média  $\pm$  desvio padrão ou média  $\pm$  intervalo de confiança. Diferenças a nível de 5% de significância foram avaliadas estatisticamente utilizando o teste t de Student para comparação de dois grupos e a Análise de Variância de Fator Único (ANOVA) para três ou mais grupos, seguida dos testes de comparação múltipla de Tukey, quando houvesse homogeneidade de variâncias para o teste de Levene ( $p > 0,05$ ) e Games-Howell, quando não houvesse. Análises de regressão linear e não linear foram realizadas com os dados experimentais obtidos dos estudos de cinética de extração de CFT e de reologia. Todos os procedimentos foram realizados através dos softwares Jamovi 1.6.23. e Statistica 7.0.

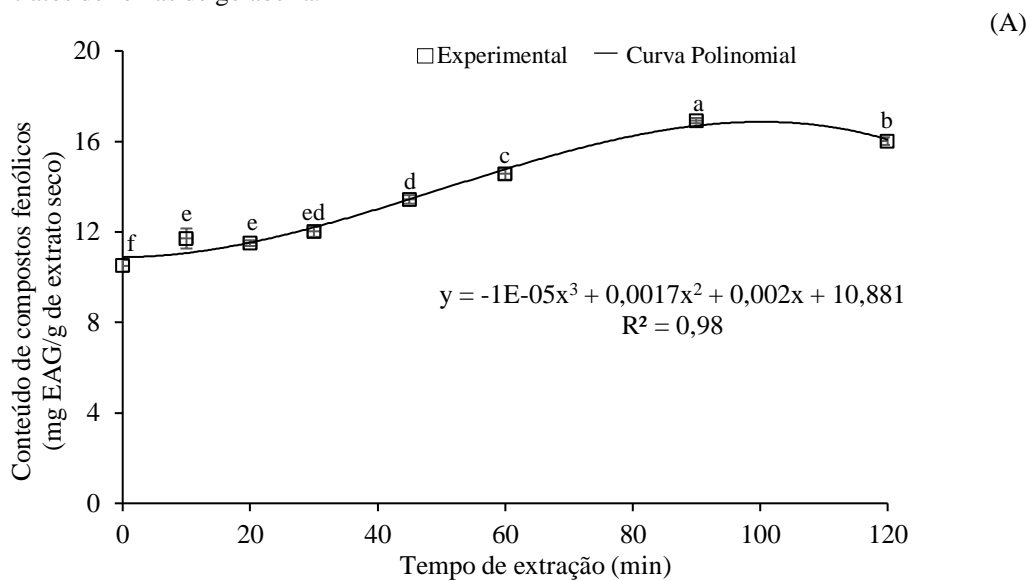
## 5.3 Resultados e discussão

### 5.3.1 Caracterização dos extratos

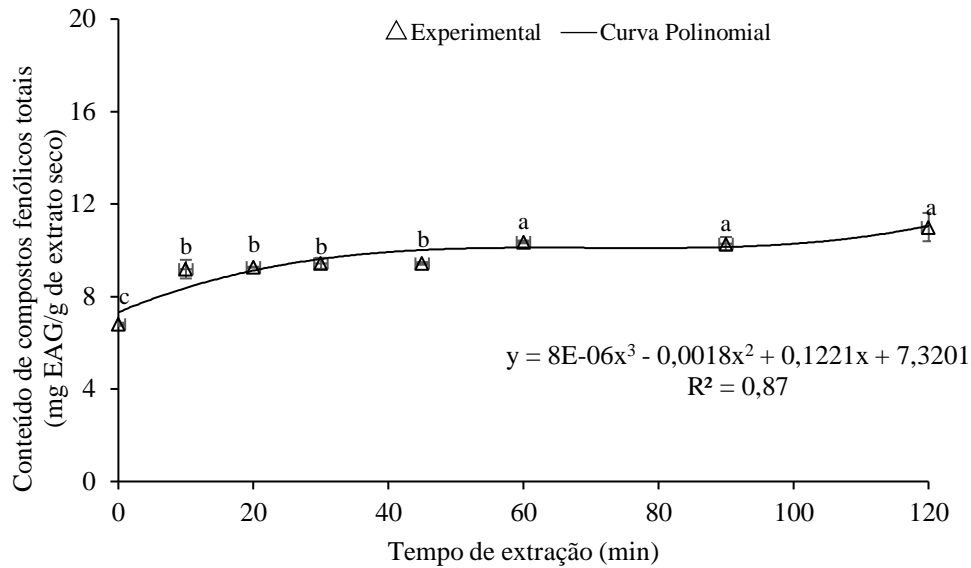
#### 5.3.1.1 Compostos fenólicos dos extratos de folhas de goiabeira

Foi possível a recuperação de compostos fenólicos das folhas de goiabeira nos processos de extração com os dois solventes utilizados, a solução hidroetanólica 70% e a água pura. As concentrações obtidas em função do tempo de extração foram ajustadas a modelos matemáticos com a finalidade de minimizar o desvio médio entre os dados experimentais e o modelo. Os dados apresentaram bom ajuste a modelos matemáticos polinomiais de terceiro grau com os coeficientes de ajuste ( $R^2$ ) de 0,98 e 0,87 para a extração hidroetanólica e aquosa, respectivamente (Figura 13).

Figura 13 - Cinéticas de extração (A) hidroetanólica e (B) aquosa de compostos fenólicos de extratos de folhas de goiabeira.



(B)



Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Fonte: própria autora (2022).

Na cinética de extração hidroetanólica, as concentrações de compostos fenólicos variaram de 10,50 a 16,01 mg EAG/g de extrato seco, no tempo inicial ao final (0 a 120 minutos) (Apêndice E). Foi possível observar que a taxa de extração aumentou nos primeiros 60 minutos de processo e atingiu o ponto ótimo próximo a 90 minutos (16,92 mg EAG/g de extrato seco), sendo esse tempo estatisticamente diferente ( $p < 0,05$ ) dos demais. A partir de 120 minutos, observou-se uma tendência descendente da extração (16,01 mg EAG/g de extrato seco) (Figura 13A).

No caso da extração aquosa, a cinética apresentou tendência diferente daquela obtida pela extração anterior. Obteve-se pequenas variações nas concentrações de compostos fenólicos ao longo do processo, variando de 6,80 a 11,00 mg EAG/g de extrato seco, do tempo inicial ao final (0 a 120 minutos) (Apêndice E). O platô médio foi atingido a 60, 90 e 120 minutos (10,36, 10,28 e 11,00 mg EAG/g de extrato seco, respectivamente), não sendo observado diferença estatisticamente ( $p < 0,05$ ) significativa entre esses tempos (Figura 13B).

No presente estudo o solvente alcoólico apresentou maior eficiência de extração de compostos fenólicos em comparação à água. Entre as propriedades desses solventes, as diferenças nas polaridades podem ter afetado de maneira significativa a solubilidade dos compostos (ROSA *et al.*, 2019). A estrutura molecular dos álcoois envolve reações químicas de ligações carbono-oxigênio e oxigênio-oxigênio que permite extrair maiores quantidades de compostos polares e menos polares, enquanto as moléculas de água são apenas capazes de



participar das reações que envolvem ligações oxigênio-hidrogênio, ou seja, compostos de alta polaridade (REZAIE *et al.*, 2015).

As diferenças na capacidade de solubilização fenólica também podem estar associadas aos parâmetros tempo e temperatura. Contudo, a possibilidade da necessidade de tempos mais longos ou maior temperatura de extração poderiam promover a degradação de compostos ativos termolábeis das folhas de goiabeira causada por reações de hidrólise, redox e polimerização (NANTITANON; YOTSAWIMONWAT; OKONOGLI, 2010; ESPADA-BELLIDO *et al.*, 2017; BONFIGLI *et al.*, 2017).

Corroborando com os resultados deste estudo, Morais-Braga *et al.* (2017) mostraram que o extrato hidroetanólico de FG preparado por infusão em temperatura ambiente durante 96 h apresentou maior conteúdo fenólico em comparação ao extrato aquoso preparado por decocção a 100 °C por 15 minutos (3,46 e 1,57 mg EAG/g de extrato, respectivamente). Sepahpour *et al.* (2018) observaram que o extrato hidroetanólico de folhas de curry teve maior concentração de fenólicos em relação ao seu extrato aquoso (41,74 e 8,2 mg EAG/g de extrato liofilizado, respectivamente). Sim, Ong e Nyam (2019) indicaram que o etanol foi o solvente mais eficiente na extração de compostos fenólicos da folha de kenaf em comparação à água (98,17 e 33,92 mg EAG/g extrato, respectivamente). Contudo, alguns pesquisadores também relataram a boa eficiência da água na extração de fitoquímicos de plantas (NANTITANON; YOTSAWIMONWAT; OKONOGLI, 2010; REIS; RAI; ABU-GHANNAM, 2012).

É importante notar que o conteúdo de compostos fenólicos de matrizes vegetais pode sofrer variações devido às diferentes condições de cultivo, caracterização física das amostras, métodos, solventes, tempo e temperatura de extração (REIS; RAI; ABU-GHANNAM, 2012; ZHU *et al.*, 2020).

Portanto, diante do exposto, 90 e 60 minutos foram os tempos selecionados para a obtenção de extratos hidroetanólico e aquoso, respectivamente, contendo compostos fenólicos. Assim, seguindo neste estudo como fontes promissoras de fitoquímicos.

### 5.3.1.2 Atividade antioxidante total

A atividade antioxidante dos extratos hidroetanólico 70% e aquoso selecionados na seção anterior (3.1.1) foi avaliada por meio dos ensaios de captura de radicais livres (ABTS<sup>•+</sup>) e o poder redutor de ferro (FRAP) (Tabela 8).

Tabela 8 - Atividades antioxidantes dos extratos de *Psidium guajava* L. analisados pelos métodos ABTS e FRAP.

Extrato	ABTS ( $\mu\text{M}$ Trolox/g de extrato seco)	FRAP ( $\mu\text{M}$ FeSO <sub>4</sub> /g de extrato seco)
EHFG	240,73 $\pm$ 6,05 <sup>a</sup>	805,39 $\pm$ 8,91 <sup>a</sup>
EAFG	103,68 $\pm$ 4,56 <sup>b</sup>	323,54 $\pm$ 3,77 <sup>b</sup>

Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste t de Student ( $p < 0,05$ ). EHFG: extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira; EAFG: extrato aquoso de folhas de goiabeira.

Fonte: própria autora (2022).

Entre os dois extratos avaliados, o EHFG exibiu significativamente ( $p < 0,05$ ) as maiores atividades antioxidantes ABTS e FRAP, apresentando pelo menos o dobro da AAT observada no extrato EAFG (Tabela 8). Observou-se com esses resultados a conformidade na correlação da atividade antioxidante com a concentração de compostos fenólicos totais, uma vez que a maior quantidade foi detectada no extrato obtido pela solução hidroetanólica. Além disso, a mistura alcoólica pode ter possibilitado a coextração de compostos solúveis que interferiram de maneira significativa na capacidade antioxidante final do extrato (KORIEEM; ARBID; SALEH, 2020; MADEIRA JÚNIOR; TEIXEIRA; MACEDO, 2013).

Achados anteriores também observaram maiores atividades antioxidantes em extratos hidroalcoólicos em comparação ao aquoso de *Psidium guajava* L., como também em outras espécies vegetais, por exemplo *Euphorbia hirta* e *Hibiscus cannabinus* (MEKAM *et al.*, 2019; SEO *et al.*, 2014; SIM; ONG; NYAM, 2019).

Díaz-de-Cerio *et al.* (2016) e Koriem, Arbid e Saleh (2019) identificaram compostos no extrato hidroetanólico de folhas de goiabeira, incluindo a quercetina, (epi) catequina, ácido gálico e elálgic, os quais apresentam atividade antioxidante conhecida conforme comprovado por outros estudos (EVTYUGIN; MAGINA; EVTUGUIN, 2020; OZGEN; KILINC; SELAMOGLU, 2016; SHANMUGAM *et al.*, 2017).

Outro aspecto é o fato que os compostos presentes nos extratos responderam de forma diferente aos mecanismos antioxidantes avaliados, sendo os valores quantificados por meio do FRAP superiores aos obtidos por ABTS para os dois extratos (Tabela 1). Isso demonstra a maior sensibilidade dos compostos antioxidantes presentes nas folhas de goiabeira por reações de redução férrica. Este resultado está de acordo com relatos anteriores com a quantificação do mesmo mecanismo (DÍAZ-DE-CERIO *et al.*; 2015; NANTITANON, YOTSAWIMONWAT E OKONOOGI, 2010). Em contrapartida, em outro estudo realizado com

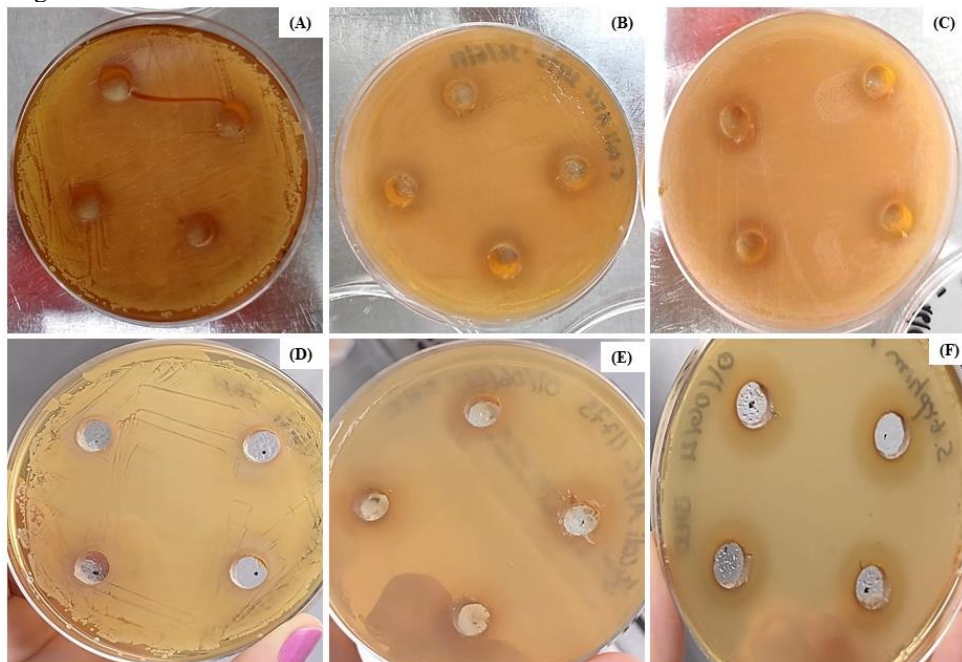
extratos vegetais os maiores valores foram obtidos pelo ABTS (RAJURKAR; HANDE, 2011). De fato, os ensaios FRAP e ABTS são amplamente utilizados para determinar a AAT de extratos de plantas, levando a concluir que qualquer um desses métodos pode determinar a capacidade antioxidante de espécies vegetais (CHAVES; SANTIAGO; ALÍAS, 2020; DUDONNÉ *et al.*, 2009).

Os extratos de plantas como fonte de compostos fenólicos representam um ingrediente interessante para o desenvolvimento de revestimentos comestíveis, principalmente devido à sua origem natural e propriedades antioxidantes, o que permite obter materiais ativos com o objetivo de prolongar a vida de prateleira e o valor de produtos (MIR *et al.*, 2018; MORENO *et al.*, 2020).

### 5.3.1.3 Atividade antimicrobiana

Para os métodos de extração e as concentrações estudadas, os extratos hidroetanólico 70% e aquoso de FG não inibiram o crescimento das bactérias *S. aureus*, *E. coli* e *S. typhimurium*. Não se observou a formação de halos de inibição ao redor dos poços contendo os extratos, apesar da existência de sombras visualizadas nas placas de Petri. Além disso, foi observado a presença de uma massa bacteriana nos poços (Figura 14).

Figura 14 - Atividade antimicrobiana dos extratos hidroetanólico 70% e aquoso de folhas de goiabeira.



(A) EHF70G contra *S. aureus*, (B) EHF70G contra *E. coli*. (C) EHF70G contra *S. typhimurium*. (D) EAF70G contra *S. aureus*. (E) EAF70G contra *E. coli*. (F) EAF70G contra *S. typhimurium*.

Fonte: própria autora (2022).

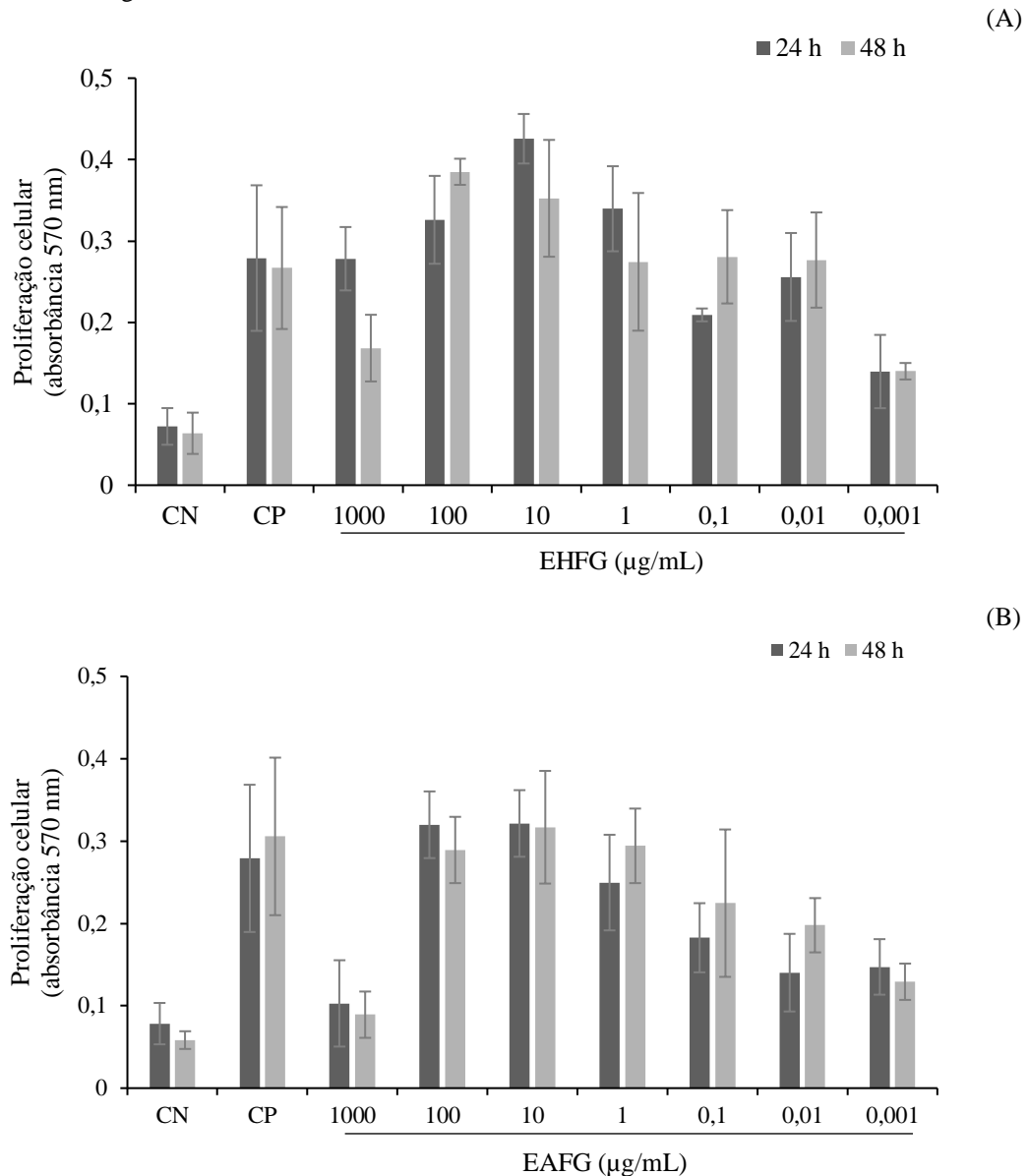
Em contraste com os resultados obtidos, estudos anteriores que avaliaram extratos hidroetanólicos e/ou aquosos de folhas de goiabeira contra algumas das bactérias, *S. aureus*, *E. coli* e *Salmonella* spp, relataram a sensibilidade destas espécies em pelo menos um dos extratos avaliados (GONÇALVES *et al.*, 2008; GUTIÉRREZ; MITCHELL; SOLIS, 2008; MORAIS-BRAGA *et al.*, 2016b). Araújo *et al.* (2014) observaram que o extrato aquoso de FG obtido por turboextração (1:10, folhas/solvente) durante 20 min apresentou atividade antimicrobiana contra *S. aureus* e maior resistência contra *E. coli* e *Salmonella enteritidis*. Moraes-Braga *et al.* (2016a) relataram que o extrato hidroetanólico 70% de FG obtido por maceração (5:1, folhas/solvente) após 72 h de mistura apresentou atividade antimicrobiana contra *S. aureus*, porém não sendo observado a mesma atividade contra *E. coli*. De acordo com esses últimos autores, a constituição química do extrato testado incluiu compostos como quercetina, ácido gálico, rutina, epitatequina e outros compostos, nos quais já foram relatados anteriormente com mecanismos de ação antibacteriana.

A diferença entre os resultados observados para a mesma bioatividade podem ser geradas devido à diversos fatores, como o emprego de diferentes metodologias microbiológicas, concentrações testadas, métodos de extração (tempo, temperatura, estado físico do soluto e volume do solvente) ou condições intrínsecas da planta (MORAIS-BRAGA *et al.*, 2016a; PINHO *et al.*, 2012).

#### 5.3.1.4 Análise de proliferação celular através de MTT *in vitro*

No período de 24 horas de exposição das células epiteliais intestinais de *Rattus Norvegicus* com a concentrações de extrato hidroetanólico 70% de folhas de *Psidium guajava* L. variando de 0,001 a 1000 µg/mL, foi possível observar que as atividades proliferativas das células utilizando essas concentrações foram maiores ( $p < 0,05$ ) do que o observado no controle negativo (meio inibidor às células). O crescimento celular máximo foi alcançado com a concentração de 10 µg/mL (abs = 0,43) e o menor estímulo de crescimento com a concentração mais baixa avaliada (0,001 µg/mL, abs = 0,15). Após 48 horas, comportamento similar ao período anterior foi observado, com a proliferação celular significativamente ( $p < 0,05$ ) maior do que o controle negativo para todas as concentrações de EHFG. Portanto, confirmando o potencial efeito não-citotóxico do extrato hidroetanólico nas células (Figura 15A).

Figura 15 – Proliferação celular de IEC-6 exposto aos extratos (A) hidroetanólico 70% e (B) aquoso de folhas de goiabeira durante 24 e 48 horas.



Valores expressos como média  $\pm$  intervalo de confiança. CP: controle positivo; CN: controle negativo; EHFG: extrato hidroetanólico 70% de folha de goiabeira; EAFG: extrato aquoso de folha de goiabeira.

Fonte: própria autora (2022).

Quanto a exposição das células IEC-6 às concentrações de extrato aquoso de folhas de goiabeira (0,001 - 1000 µg/mL) durante 24 h, foi possível verificar que as atividades proliferativas nas concentrações de 0,001 a 100 µg/mL foram significativamente maiores do que no controle negativo, apontando para um efeito não-citotóxico dessas dosagens. A atividade celular máxima foi obtida com as concentrações 10 e 100 µg/mL de EHA (abs = 0,32 em ambos) e o menor estímulo de crescimento com a maior concentração avaliada (1000 µg/mL, abs = 0,10), sendo esta estatisticamente ( $p = 0,05$ ) semelhante ao CN (abs = 0,08). Após 48 horas,

comportamento similar ao período anterior foi observado para todas as concentrações avaliadas, apresentando potencialidade citotóxica na maior concentração de EAFG (1000 µg/mL) e sem esse efeito para as demais dosagens (0,001 – 100 µg/mL) (Figura 15B).

Os resultados mostraram que ambos os extratos apresentaram proliferação celular significativa nas células IEC-6 no período de 24 a 48 horas em concentrações de 0,001 a 100 µg/mL. Esta observação é de particular importância, pois corrobora com relatos da literatura sobre a promissora atividade dos extratos de folhas de goiabeira contra doenças metabólicas (DEWI *et al.*, 2021; FENG *et al.*, 2015; FERNANDES *et al.*, 2010; KEMEGNE *et al.*, 2020). Liu *et al.* (2014) demonstraram que o extrato aquoso de folhas de goiabeira induziu significativamente a proliferação de células do fígado de camundongos em concentrações de 50 - 400 µg/mL. Moon *et al.* (2011) observaram a redução da viabilidade celular de células de carcinoma gástrico humano utilizando a fração de clorofórmio de extrato de folhas de goiabeira em concentrações de 25-200 µg/mL.

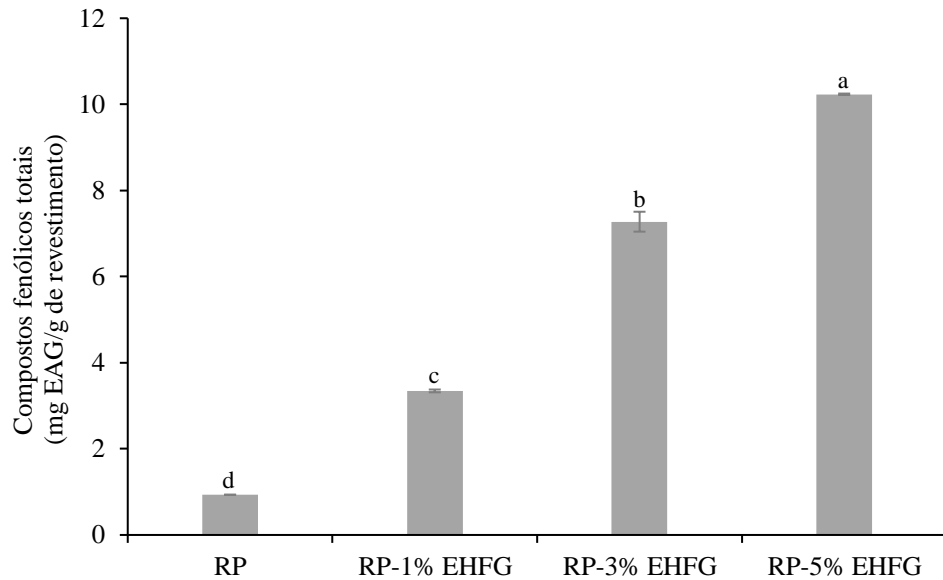
Diante dos resultados apresentados com os dois extratos avaliados, observou-se que o extrato hidroetanólico 70% apresentaram os melhores potenciais antioxidantes e efeito não citotóxico, portanto, sendo esse extrato considerado o mais promissor para ser incorporado nas soluções dos revestimentos de pectina.

### **5.3.2 Caracterização dos revestimentos**

#### **5.3.2.1 Conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante**

A concentração de compostos fenólicos dos revestimentos à base de pectina produzidos sem extrato e incorporados com 1, 3 ou 5% de extrato hidroetanólico 70% de FG variou de 0,93 a 10,23 mg de EAG/g de revestimento (Figura 16). A amostra controle (RP) apresentou a menor concentração fenólica (0,93 mg EAG/g de revestimento), tendo uma concentração menos relevante quanto às demais formulações. Destaca-se que a concentração de compostos fenólicos totais aumentou significativamente ( $p < 0,05$ ) com o aumento do teor de extrato nos revestimentos. Entre os tratamentos bioativos, a menor concentração fenólica (3,34 mg EAG/g de revestimento) foi observada no revestimento incorporado com 1% de extrato (RP-1% EHFGE) e a maior (10,23 mg EAG/g de revestimento) no revestimento incorporado com 5% de extrato (RP-5% EHFGE), sendo pelo menos três e onze vezes maior do que o controle, respectivamente (Figura 16).

Figura 16 – Concentração de compostos fenólicos dos revestimentos.

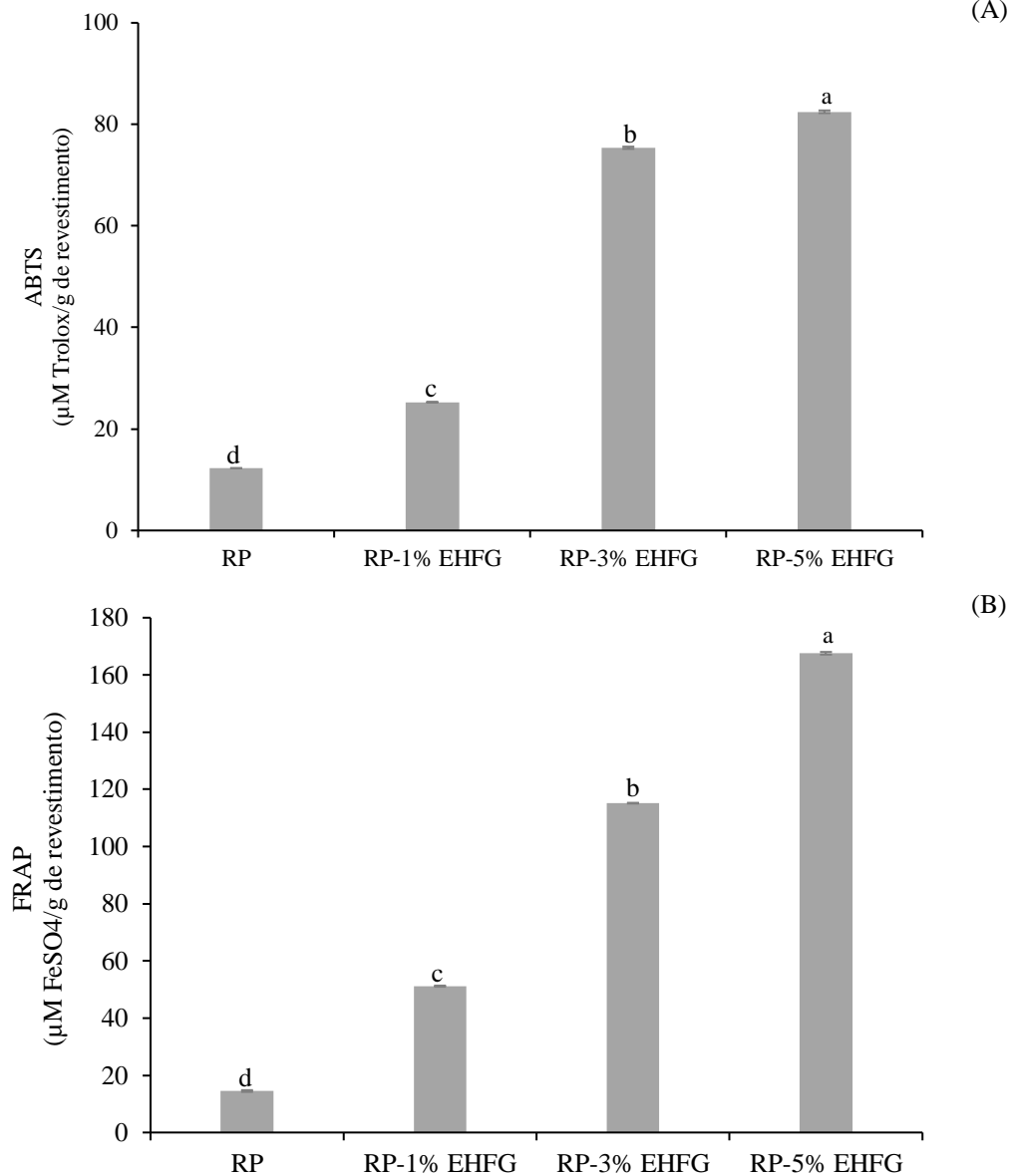


Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). RP: revestimento de pectina. RP-1% EHFG: revestimento de pectina com 1% de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira. RP-3% EHFG: revestimento com 3% de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira. RP-5% EHFG: revestimento de pectina com extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira.

Fonte: própria autora (2022).

Comportamento semelhante foi observado nas atividades antioxidantes dos revestimentos (Figura 17). A amostra controle (RP) apresentou os menores valores antioxidantes (ABTS = 12,27  $\mu$ M Trolox/g de revestimento e FRAP = 14,51  $\mu$ M FeSO<sub>4</sub>/g de revestimento) ( $p < 0,05$ ). Nos demais tratamentos, as atividades cresceram significativamente ( $p < 0,05$ ) à medida que a concentração de extrato foi aumentada. Entre as amostras incorporadas com EHFG, os menores valores (ABTS = 25,27  $\mu$ M Trolox/g de revestimento e FRAP = 51,17  $\mu$ M FeSO<sub>4</sub>/g de revestimento) foram observados no RP-1% EHFG e os maiores (ABTS = 82,48  $\mu$ M Trolox/g de revestimento e FRAP = 167,57  $\mu$ M FeSO<sub>4</sub>/g de revestimento) na amostra RP-5% EHFG (Figura 17A e 17B).

Figura 17 - Atividades antioxidantes (A) ABTS e (B) FRAP dos revestimentos.



Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). RP: revestimento de pectina. RP-1% EHFG: revestimento de pectina com 1% de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira. RP-3% EHFG: revestimento com 3% de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira. RP-5% EHFG: revestimento de pectina com extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira. Fonte: própria autora (2022).

Os resultados indicaram que o aumento da quantidade de extrato hidroetanólico às formulações resultou em revestimentos com maiores concentrações de fenólicos e progressiva atividade antioxidante, mesmo utilizando pequenas concentrações do extrato bioativo. Essa propriedade é atribuída principalmente à rica composição das folhas de goiabeira em compostos fenólicos (DÍAZ-DE-CERIO *et al.*, 2016).

Silva *et al.* (2020) observaram que a incorporação de 2 e 4% de extrato hidroetanólico 50% de folhas de nespereira em revestimentos à base de amido aumentou a



concentração de compostos fenólicos de 3,18 a 6,6 mg EAG/g de revestimento e as atividades antioxidantes ABTS e FRAP de 18 a 50  $\mu\text{M}$  Trolox/g de revestimento e 68 a 192  $\mu\text{M}$   $\text{FeSO}_4/\text{g}$  de revestimento, em comparação ao controle, corroborando com os resultados deste estudo. Outros estudos também relataram o alto potencial de extratos naturais de plantas no aumento da capacidade antioxidante de revestimentos à base biopolimérica (DOU *et al.*, 2018; MORENO *et al.*, 2020; NOURI; NAFCHI, 2014; PENG; WU; LI, 2013; PIÑEROS-HERNANDEZ *et al.*, 2017).

### 5.3.2.2 Propriedades de cor

Nos valores determinados dos parâmetros de cor de cor (luminosidade -L\*, vermelho/verde -a\*, amarelo/azul -b\* e croma -C\*), bem como na diferença total de cor ( $\Delta E^*$ ), foi possível observar que mesmo com a adição de extrato hidroetanólico 70% de FG nos revestimentos de pectina em baixas concentrações (1, 3 e 5%), a sua incorporação promoveu diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) em comparação com o revestimento sem adição de extrato (Tabela 9).

Tabela 9 - Parâmetros de cor dos revestimentos de pectina.

Amostra	L*	a*	b*	$\Delta E$	C*
RP	87,65 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	1,45 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	10,93 $\pm$ 0,02 <sup>d</sup>	88,34 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	11,02 $\pm$ 0,03 <sup>d</sup>
RP-1% EHFG	85,61 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup>	1,50 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	14,11 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup>	86,78 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup>	14,19 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup>
RP-3% EHFG	80,93 $\pm$ 0,21 <sup>c</sup>	1,49 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>	23,04 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>	86,16 $\pm$ 0,18 <sup>c</sup>	23,08 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>
RP-5% EHFG	78,74 $\pm$ 0,12 <sup>d</sup>	1,59 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	28,50 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	83,76 $\pm$ 0,12 <sup>d</sup>	28,54 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>

Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). RP: revestimento de pectina. RP-1% EHFG: revestimento de pectina com 1% de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira. RP-3% EHFG: revestimento de pectina com 3% de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira. RP-5% EHFG: revestimento de pectina com 5% de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira.

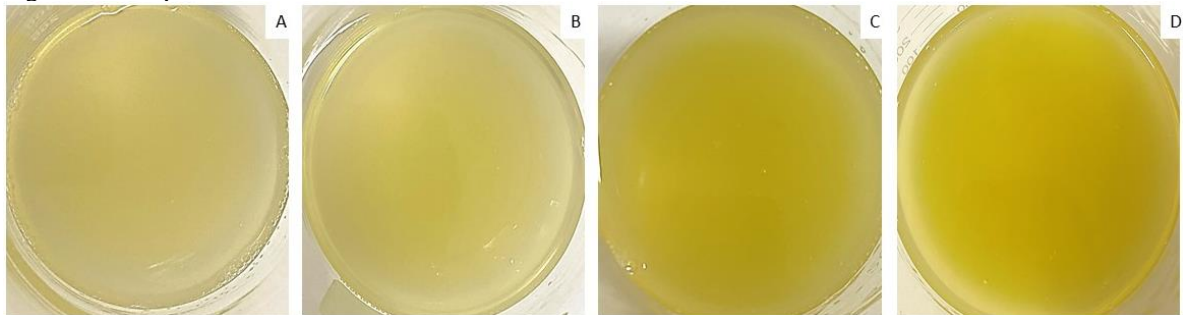
Fonte: própria autora (2022).

De acordo com a Tabela 9, a incorporação de extrato forneceu revestimentos mais escuros em comparação ao controle (RP) ( $p < 0,05$ ), sendo a amostra com 5% de EHFG a de menor luminosidade (78,74) e conseqüentemente mais escura. As medidas de a\* (vermelho/verde) foram ligeiramente avermelhadas em todas as amostras (1,45-1,59), observando no RP-5% EHFG o maior valor desse parâmetro ( $p < 0,05$ ). Para o parâmetro b\* (amarelo/verde), os valores foram significativamente ( $p < 0,05$ ) maiores conforme aumentou a concentração de extrato (14,11-28,50) em comparação com o controle (10,93), indicando o

ganho da cor amarela. Em geral, os resultados de  $\Delta E$  nos revestimentos com EHFG foram menores (86,78-83,76) do que no controle (88,34). Além disso, a incorporação desse aditivo deu origem a uma cor mais saturada ( $C^*$ ) nos revestimentos (Tabela 9).

Contudo, é importante destacar que as percepções visuais observadas durante a preparação dos revestimentos se contrapuseram com alguns desses dados numéricos obtidos. Visualmente, notou-se que, à medida que a concentração de extrato aumentou, os revestimentos tiveram tendência ao ganho da cor verde, em virtude da cor verde-escuro natural do extrato, e à perda da coloração amarela, uma vez que essa cor era a mais perceptível no revestimento sem adição de extrato (Figura 18).

Figura 18 – Aspectos colorimétricos dos revestimentos.



(A) Revestimento de pectina. (B) Revestimento de pectina com 1% de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira. (C) Revestimento de pectina com 3% de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira. (D) Revestimento de pectina com 5% de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira.

Fonte: própria autora (2022).

A mudança na cor da matriz de pectina através da adição de baixas concentrações de extrato podem ser atribuída à presença de compostos fenólicos e sua capacidade de se ligarem estruturalmente ao biopolímero (MORADI *et al.*, 2012). Isso também foi observado por Moreno *et al.* (2020), que desenvolveram revestimentos à base de polissacarídeos (ágar, alginato e ágar/alginato) incorporados com extrato hidroetanólico 60% de *Larrea nítida* e constataram que os extratos forneceram revestimentos mais escuros ( $L^* = 48,1-79,9$ ) e com a cor mais saturada ( $C^* = 20,3-40,2$ ) em comparação com o controle. Peng, Wu e Li (2013) relataram o aumento significativo no valor de  $b^*$  (10,35-37,54) e a  $\Delta E$  (16,76-50,32), enquanto o  $L^*$  diminuiu (63,43-89,67) com a adição de 0,5, 1 e 2% de extrato de chá verde em filmes de quitosana.

Tal efeito também pode fornecer propriedades de barreira à luz UV para evitar reações de foto-oxidação nos alimentos (MIR *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2020). De fato, trabalhos anteriores relataram que esses revestimentos coloridos podem diminuir a

transmitância de luz (ALOUÍ *et al.*, 2021; DOU *et al.*, 2108; KANATT *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2017; WANG *et al.*, 2013).

Portanto, a intensidade da cor através da incorporação do extrato EHFG pode ser uma característica desejável para os materiais de embalagem comestíveis à base de pectina, pois pode conferir uma proteção extra contra o processo de oxidação, com possível prolongamento da vida útil do alimento.

### 5.3.2.3 Reologia

Os dados experimentais apresentaram bom ajuste ( $R^2 > 0,95$ ) com todos os modelos verificados (Newton, Bingham, Casson, Lei da Potência e Herschel-Bulkley), tendo os coeficientes de ajuste ( $R^2$ ) os maiores valores para os modelos de Lei da Potência e Herschel-Bulkley (Tabela 10). Entretanto, como a tensão de cisalhamento inicial ( $\tau_0$ ) apresentou valor nulo, o comportamento reológico dos revestimentos pode ser simplificado pela Lei da Potência (Figura 19A).

Tabela 10 - Coeficientes de ajuste de diferentes modelos reológicos analisados.

Amostra	Newtoniano	Bingham	Casson	Lei da Potência	Herschel - Bulkley
RP	0,9971	0,9988	0,9997	0,9999	0,9999
RP-1% EHFG	0,9955	0,9982	0,9995	0,9999	0,9999
RP-3% EHFG	0,9941	0,9978	0,9994	0,9999	0,9999
RP-5% EHFG	0,9894	0,9961	0,9990	0,9999	0,9999

RP: revestimento de pectina. RP-1% EHFG: revestimento de pectina com 1% de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira. RP-3% EHFG: revestimento de pectina com 3% de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira. RP-5% EHFG: revestimento de pectina com 5% de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira.

Fonte: própria autora (2022).

Seguindo o ajuste da Lei da Potência, os parâmetros reológicos índices de consistência ( $k$ ) e comportamento ( $n$ ) foram determinados (Tabela 11). Observou-se um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) no valor de  $k$  nos revestimentos de pectina incorporados com EHFG em comparação ao revestimento sem extrato. A maior diferença foi observada entre as amostras RP e RP-5% EHFG, sendo essa 94% mais consistente do que a primeira. Os valores de  $k$  para os grupos com 1 e 3% de extrato não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre si ( $p > 0,05$ ). O índice de comportamento apresentou valores menores que um em todas as amostras e diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os grupos (Tabela 11).

Tabela 11 - Índices de consistência (k) e comportamento (n) determinados pelo modelo de Lei da Potência para os revestimentos.

Amostra	k (Pa.s <sup>n</sup> )*	n (adimensional)**
RP	0,0260 ± 9,17E-4 <sup>c</sup>	0,923 ± 6,21E-3 <sup>a</sup>
RP-1% EHFG	0,0342 ± 41,1E-4 <sup>b</sup>	0,905 ± 14,9E-3 <sup>ab</sup>
RP-3% EHFG	0,0360 ± 24,4E-4 <sup>b</sup>	0,893 ± 9,60E-3 <sup>b</sup>
RP-5% EHFG	0,0504 ± 44,4E-4 <sup>a</sup>	0,860 ± 11,3E-3 <sup>c</sup>

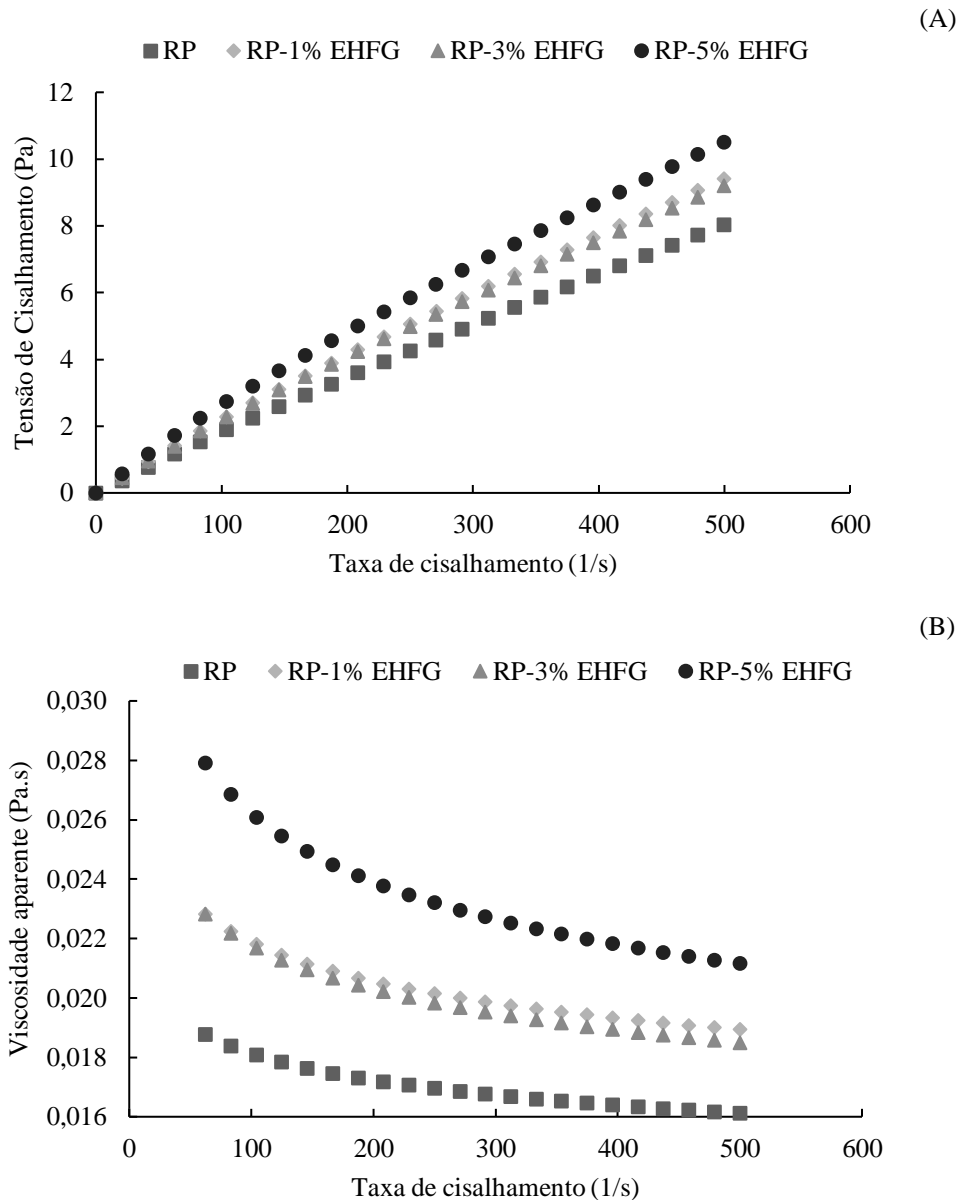
Valores expressos como média ± desvio padrão. \*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Games-Howell ( $p < 0,05$ ). \*\*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). RP: revestimento de pectina. RP-1% EHFG: revestimento de pectina com 1% de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira. RP-3% EHFG: revestimento de pectina com 3% de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira. RP-5% EHFG: revestimento de pectina com 5% de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira.

Fonte: própria autora (2022).

De acordo com Chan *et al.* (2017), dispersões de pectina com concentração de até 3% apresentam comportamento de fluido newtoniano, no entanto, acima desse valor, exibem pseudoplasticidade. Neste estudo, ao comparar o valor de  $R^2$  obtido para o modelo newtoniano das diferentes amostras, observou-se a redução do valor conforme o aumento do teor de EHFG na formulação do revestimento (Tabela 10). Como a concentração de pectina se manteve constante e igual a 2% nas amostras, pode-se inferir que houve influência do extrato no comportamento reológico dos revestimentos.

A adição do extrato proporcionou uma maior tendência ao comportamento pseudoplástico, sendo visualizado pelo distanciamento do valor de  $n = 1$  (Tabela 4), o que caracteriza um fluido newtoniano (BERTOLO *et al.*, 2021). Esse comportamento pode ser observado com maior clareza através de suas curvas de fluxo e viscosidade aparente em função da taxa de cisalhamento (Figuras 19A e 19B).

Figura 19 - Curvas de (A) fluxo de escoamento e (B) viscosidade dos revestimentos.



RP: revestimento de pectina. RP-1% EHFG: revestimento de pectina com 1% de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira. RP-3% EHFG: revestimento de pectina com 3% de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira. RP-5% EHFG: revestimento de pectina com 5% de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira.

Fonte: própria autora (2022).

Esses resultados mostraram que a adição do extrato foi capaz de reforçar o comportamento pseudoplástico e o caráter viscoso do sistema polimérico mesmo em baixas concentração de extrato, assim como foi observado por Bertolo *et al.* (2021) e Tudorache e Bordenave (2019). A tendência pseudoplástica relatada pode estar relacionada com a incorporação de compostos fenólicos de folhas de goiabeira na solução de pectina, visto que estes são capazes de se complexar com polissacarídeos em matrizes alimentícias (DOBSON *et al.*, 2019). O aumento de interações entre grandes cadeias moleculares promove maior

resistência ao escoamento, no entanto, esta é reduzida pela existência de grandes gradientes de velocidade, caracterizando o comportamento pseudoplástico. Ademais, outros fatores podem influenciar nos parâmetros reológicos de um fluido, como a natureza do biopolímero e do alimento a ser revestido, e o estado de hidratação do soluto (BERTOLO *et al.*, 2021).

O procedimento de aplicação do revestimento comestível no produto alimentício é acompanhado pela difusão entre a solução de revestimento e a área de superfície do produto (SUHAG *et al.*, 2020). Em geral, procura-se amostras com viscosidades intermediárias, que escapam dos extremos de alta viscosidade, o que seria um obstáculo para revestir alimentos por imersão, e baixa viscosidade, o que dificultaria o espalhamento da solução sobre a superfície dos alimentos (NAIR *et al.*, 2011).

Dessa forma, o conhecimento do comportamento reológico da solução que atuará como revestimento é vital para prever seu comportamento diante da sua propriedade como barreira para a aplicação desejada, como por exemplo, a uniformidade e a espessura da película formada (BERTOLO *et al.*, 2021).

## 5.4 Conclusão

Os resultados apresentados demonstraram que o extrato obtido com o solvente hidroetanólico 70% durante 90 minutos de decocção, apesar de não ter apresentado atividade antimicrobiana contra *S. aureus*, *E. coli* e *S. typhimurium*, mostrou-se rico em compostos bioativos e atividade antioxidante, bem como não tóxico. Dessa forma, apresentando potencialidade para diversas aplicações em alimentos, como antioxidante natural em revestimentos comestíveis.

A incorporação de diferentes teores de extrato hidroetanólico de folhas nos revestimentos de pectina promoveu mudanças significativas ( $p < 0,05$ ) nas características dos revestimentos, sendo a formulação contendo 5% de extrato a que foi mais promissora por se enquadrar com as maiores concentrações de compostos fenólicos, atividade antioxidante e intensidade de cor, além da maior tendência em seguir um comportamento pseudoplástico.

O desenvolvimento de revestimentos comestíveis de pectina com adição de extrato hidroetanólico de folhas de goiabeira pode produzir embalagens primárias a serem usadas como barreira antioxidante na proteção de alimentos. Entretanto, mais estudos devem ser realizados focando nas propriedades físico-químicas dos revestimentos e como estes podem ser considerados para aplicações comerciais em produtos alimentícios durante o período de armazenamento.

## 6 EFEITO DE REVESTIMENTO DE PECTINA ADICIONADO DE EXTRATO HIDROETANÓLICO DE FOLHAS GOIABEIRA (*PSIDIUM GUAJAVA* L.) NA APLICAÇÃO EM PEDAÇOS DE CARNE BOVINA FRESCA

### 6.1 Introdução

A carne bovina fresca é um importante componente da alimentação humana rico em proteínas, vitaminas e micronutrientes (LORENZO; PATEIRO, 2013). No entanto, esse produto alimentício apresenta alta perecibilidade em virtude do seu alto teor de umidade, atividade de água, composição, pH neutro e potencial de oxidação-redução, que requer processamento adequado junto ao armazenamento refrigerado (UMARAW *et al.*, 2020).

Uma possível alternativa para auxiliar na manutenção de aspectos de qualidade das carnes bovinas frescas, durante o seu armazenamento, é a aplicação de revestimentos comestíveis a partir de biopolímeros. Eles atuam como uma barreira física a elementos externos (umidade, óleos e gases), aumentando a vida de prateleira destes produtos (CARDOSO *et al.*, 2016; SAHRAEE *et al.*, 2019).

Dentre os hidrocoloides disponíveis para a produção de revestimentos comestíveis, a pectina tem sido sugerida para esta finalidade devido às suas propriedades gelificante, biodegradável e geralmente reconhecido como seguro (GRAS) pela Food and Drug Administration (FDA, 2022) (AHN; HALAKE; LEE, 2017; VALDÉS *et al.*, 2015; XIONG *et al.*, 2020). Em particular, revestimentos comestíveis à base desse polissacarídeo fornecem uma barreira ao oxigênio adequada para retardar a progressão da oxidação de lipídios e proteínas da carne bovina, prevenindo a perda precoce de características físico-químicas, sensoriais e nutricionais desejáveis desse produto (GEDIKOĞLU, 2022; VALDÉS *et al.*, 2015).

Outra abordagem para uma melhor preservação e estender a vida de prateleira de carnes bovina frescas é a utilização dos revestimentos comestíveis como carreadores de aditivos com propriedades antioxidantes (BERMÚDEZ-ORIA *et al.*, 2019; GEDIKOĞLU, 2022). Em particular, o uso de compostos naturais obtidos de extratos de plantas, em vez de aditivos sintéticos tem sido preferível devido à associação destes últimos com efeitos adversos à saúde (PIÑEROS-HERNANDEZ *et al.*, 2017; KHALEQUE *et al.*, 2016).

Estudos anteriores relataram que os extratos de folhas de goiabeira possuem significativa atividade antioxidante (*Psidium guajava* L.) devido principalmente à sua rica composição em compostos fenólicos, como quercetina, catequina, ácido gálico, ácido elágico, ácido ferúlico, entre outros (DÍAZ-DE-CERIO *et al.*, 2016; GUTIÉRREZ; MITCHELL;



SOLIS, 2008; NANTITANON; YOTSAWIMONWAT; OKONOJI, 2010). Esse extrato representa uma fonte potencial como antioxidante natural em sistemas de revestimentos comestíveis ativos para alimentos, potencializando a barreira às reações de foto-oxidação e o efeito sinérgico para inibir ou minimizar o crescimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes. Nesse contexto, pode preservar a textura, cor, sabor, o valor nutricional e outras características comerciais de extrema importância para o consumidor da carne bovina fresca, além de prolongar a vida útil desse produto (CARDOSO *et al.*, 2016; LUO *et al.*, 2019; MORAIS-BRAGA *et al.*, 2016).

Contudo, não há relatos na literatura sobre o uso de revestimentos ativos de pectina adicionado com extrato de folhas de *Psidium guajava* L. para proteção da qualidade de carnes bovinas frescas. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi investigar o efeito de revestimento comestível de pectina incorporado com extrato de folhas de goiabeira na preservação das características de qualidade (perda de peso, perda de peso por cocção, firmeza, pH, cor e oxidação lipídica) da carne bovina fresca durante 7 dias de armazenamento refrigerado (4 °C).

## 6.2 Material e métodos

### 6.2.1 Material

A pectina com baixo grau de metoxilação (GENU® pectin LM-102 AS-BNB) foi fornecida pela CP Kelco (Limeira, São Paulo, Brasil). As folhas de *Psidium guajava* L. foram obtidas no Pomar da Horta Didática da UFC (-3° 74'10,11''S, 38° 57'64,42''W). A carne bovina fresca embalada à vácuo foi adquirida no mercado local de Fortaleza, Ceará, Brasil.

### 6.2.2 Preparação do extrato de folhas de *Psidium guajava* L.

O extrato foi produzido conforme foi descrito por Simão *et al.* (2017), com algumas modificações. O pó das folhas de goiabeira foi imerso no solvente (etanol 70%, v/v), na razão sólido/líquido (1:25 m/v). Em seguida, foi realizada a decocção da mistura em banho-maria a 60 °C (Tecnal, modelo TE-057, São Paulo, Brasil) durante 90 min. Após extração, a mistura foi centrifugada (Beckman, modelo J2-2, Califórnia, Estados Unidos) a 10.000 rpm (13.751,4 x g) durante 10 min e o sobrenadante foi filtrado através de papel de filtro qualitativo (Unifil, 125 mm, Alemanha). O extrato obtido foi concentrado em evaporador rotativo (Tecnal, modelo TE-211, São Paulo, Brasil) a 40 °C e 700 mmHg. ) até completa evaporação do álcool e diluído, posteriormente, com água destilada retornando o volume inicial.

### 6.2.3 Preparação dos revestimentos

Revestimentos à base de pectina foram preparados dissolvendo (2%, m/v) 2 g da pectina de baixa metoxilação em 100 mL de água destilada usando um agitador magnético (Quimis, modelo Q261-12, São Paulo, Brasil) sob agitação constante (500 rpm) por 60 minutos a uma temperatura de 30 °C. O glicerol foi adicionado (1,5 g/g de pectina) e a suspensão foi aquecida a 70 °C, mantendo a constante agitação. Em seguida, uma solução de cloreto de cálcio 1% (m/v) foi adicionada à suspensão por gotejamento para que a formação do gel de pectina se completasse (0,005 g CaCl<sub>2</sub>/g pectina) (EÇA *et al.*, 2015).

A solução de pectina foi resfriada a 40 °C e 5% (v/v) de extrato hidroetanólico 70% de folhas de goiabeira (EHFG) foi incorporado. A mistura foi agitada por 10 minutos utilizando um agitador magnético (500 rpm) para garantir a completa homogeneização. Uma formulação sem aditivo também foi preparada. A seleção desta formulação foi baseada nos critérios mais

promissores de caracterização (Capítulo 3), além de testes experimentais prévios (dados apresentados) em relação à adesão e escoamento das soluções dos revestimentos na superfície da carne.

#### **6.2.4 Preparação da amostra de carne**

A carne foi obtida do músculo quarto traseiro (*Quadriceps femoris*) contendo cerca de 23,70 g de proteína, e 1,0 g de gordura. A gordura visível e os tecidos conjuntivos da peça da carne foram retirados e um total de 120 pedaços com média de  $20 \pm 1$  g e dimensões de 3 cm x 3 cm x 2,5 cm foram cortados. Os pedaços foram distribuídos aleatoriamente em três grupos de tratamento: carne bovina não revestida (CON), carne bovina com revestimento comestível de pectina (CRP) e carne bovina com revestimento comestível de pectina incorporado com 5% (v/v) de EHFGE (CRP-EFG). Todas as amostras foram mantidas a  $4 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  antes do revestimento e subsequente análises.

Para o processo de revestimento, cada pedaço de carne foi imerso individualmente na solução de revestimento por 60 segundos. As amostras foram drenadas para remover qualquer excesso de revestimento e, depois, mantidas a  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  por 30 minutos para a adesão do mesmo. Em seguida, acondicionou-se as carnes em bandejas de poliestireno, cobertas com um filme plástico de polietileno e armazenadas sob refrigeração a  $4 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  por um período de 7 dias (Apêndice F). A perda de peso, perda de peso por cocção, firmeza, pH, cor e oxidação lipídica das carnes foram avaliados a cada dia de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, e 7). Além disso, análises histológicas foram realizadas nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento.

#### **6.2.5 Perda de peso (PPE)**

Para medir a perda de peso durante o tempo de armazenamento, as amostras de carne foram pesadas em balança analítica (Tecnal, Mark 210A, São Paulo, Brasil) (RUAN *et al.*, 2019). Os resultados foram expressos como a porcentagem de perda de peso em relação ao seu peso inicial, calculada da seguinte forma:

$$PPE (\%) = \frac{(P_0 - P)}{P_0} \times 100 \quad (1)$$

Onde,  $P_0$  é o peso inicial e  $P$  é o peso final em cada amostragem.

### 6.2.6 Perda de peso por cocção (PPC)

Para medir a perda de peso por cocção, as amostras foram introduzidas em embalagens plásticas de polietileno e mantidas em banho-maria a 85 °C por 25 minutos. Após a cocção, as embalagens foram resfriadas em água corrente e a superfície da carne seca delicadamente com papel toalha (LIU *et al.*, 2004). Os resultados foram expressos como a porcentagem de perda de água em relação ao seu peso antes da cocção, calculada da seguinte forma:

$$PPC (\%) = \frac{(P_0 \text{ antes da cocção} - P \text{ após a cocção})}{P_0 \text{ antes da cocção}} \times 100 \quad (2)$$

Onde,  $P_0$  corresponde ao peso inicial antes da cocção e  $P$  corresponde ao peso final após a cocção em cada amostragem.

### 6.2.7 Firmeza

A firmeza foi determinada através de penetrômetro digital (SoilControl, PDF-200, São Paulo, Brasil) equipado com ponteira de 8 mm. As medições foram realizadas em pontos equidistantes dos pedaços de carne bovina e os resultados expressos em Newton (N).

### 6.2.8 Determinação de pH

O pH foi medido usando o protocolo publicado por Hughes *et al.* (2014), com algumas modificações. Foram pesados 10 gramas da amostra de carne bovina previamente triturada em processador (Britânia, 63201011, Santa Catarina, Brasil) e, em seguida, o pH foi lido usando medidor de pH (Tecnal, R-TEC-7-MP, São Paulo, Brasil) em pontos equidistantes. Antes da medição, o equipamento foi calibrado com soluções tampão pH 4 e 7.

### 6.2.9 Cor

A determinação da cor foi medida diretamente na superfície da amostra, em pontos equidistantes, por um colorímetro (Konica Minolta Chroma Meter CR-400), obtendo os valores CIE  $L^*$ (luminosidade)  $a^*$ (vermelho/verde)  $b^*$ (amarelo/azul).

### 6.2.10 Oxidação lipídica

A oxidação lipídica das amostras de carne bovina foi avaliada com base no ensaio de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) descrito por Raharjo, Sofos e Schmidt (1992), com algumas modificações. Brevemente, 10 g de amostra foi misturada com 40 mL de ácido tricloroacético 5% (TCA) e 1 mL de 0,15% de butil-hidroxi-tolueno (BHT), homogeneizada em agitador de tubo vortex (Tecnal, AP-56/1, São Paulo, Brasil) por 30 segundos e centrifugada (Beckman, modelo J2-2, Califórnia, Estados Unidos) durante 10 minutos a 10.00 rpm (13.751,4 x g) a 4 °C. O sobrenadante foi filtrado e o volume foi ajustado para 50 mL com 5% de TCA. Em seguida, uma alíquota de 2 mL foi transferida para um tubo de ensaio com tampa de rosca e adicionados 2 mL da solução 0,08 M de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA). Os tubos de ensaio foram levados para o banho-maria (Tecnal, modelo TE-057, São Paulo, Brasil) a  $94 \pm 1$  °C durante 50 minutos, seguido de resfriamento imediato em banho de gelo. A absorbância foi medida usando um espectrofotômetro a 531 nm. O valor de TBARS foi calculado conforme a equação 3 e expresso em mg de malonaldeído (MDA)/kg de amostra.

$$TBARS = \frac{(25 \times C)}{P} \quad (3)$$

Onde, C é a concentração correspondente à absorbância na curva padrão ( $\mu\text{g}$  de MDA/2 mL) e P a massa da amostra (g).

### 6.2.11 Histologia

A análise histológica utilizando microscopia de luz foi realizada através de fixação das amostras em glutaraldeído 1% (v/v), paraformaldeído 4% (v/v) e tampão fosfato de sódio a 0,02 M (pH 7,2), durante 48h a 4 °C (KARNOVSKY, 1965). O material foi desidratado em bateria crescente de etanol de 10 a 70% (v/v) e incluído em resina (Reichert-Jung®, Alemanha). Cortes superficiais das amostras de carne bovina foram realizados em micrótomo com espessura de 4 mm (SLEE CUT® 5062, Alemanha) e, então, corados com hematoxilina-eosina (HE). Os cortes foram fotografados em microscópio (Olympus®, BX41TF, Tóquio, Japão) acoplado a câmera digital (Olympus®, modelo UC30, Japão) usando o software cellSens®.

### ***6.2.12 Análise estatística***

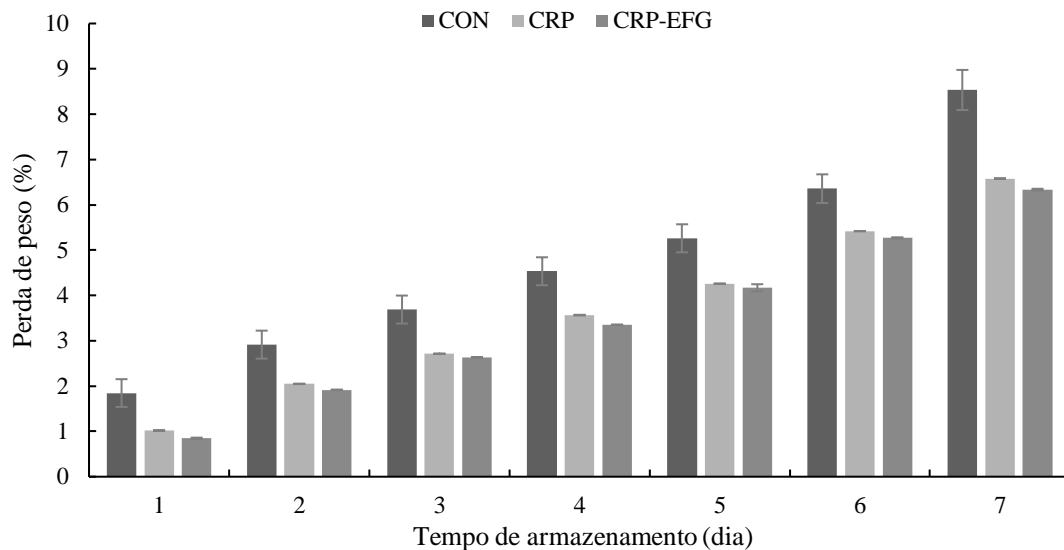
Todas as determinações foram realizadas em quintuplicata. Os resultados foram expressos como média  $\pm$  desvio padrão ou média  $\pm$  intervalo de confiança. Diferenças a nível de 5% de significância foram avaliadas estatisticamente utilizando a Análise de Variância de Fator Único (ANOVA), seguida dos testes de comparação para três ou mais grupos com os testes de comparação múltipla de Tukey, quando houvesse homogeneidade de variâncias para o teste de Levene ( $p > 0,05$ ) e Games-Howell, quando não houvesse. Diferenças a nível de 5% de significância foram avaliadas estatisticamente utilizando a ANOVA para medidas repetidas no tempo, seguida do teste de comparação múltipla de Bonferroni. Todos os procedimentos foram realizados através dos softwares Jamovi 1.6.23. e Statistica 7.0.

## 6.3 Resultados e discussão

### 6.3.1 Perda de peso

As alterações na perda de peso da carne é um importante indicador de qualidade da carne bovina fresca, de modo que pode influenciar na cor, sabor, textura e até mesmo no seu valor nutricional (AHMAD *et al.*, 2015). Neste estudo, observou-se, em todos os tratamentos, uma perda de peso progressiva ao longo dos setes dias de armazenamento. O tratamento controle apresentou significativamente ( $p < 0,05$ ) a maior taxa de redução do peso quando comparado às carnes revestidas (CRP e CRP-EFG). No entanto, entre as aplicações dos revestimentos com ou sem extrato de folhas de goiabeira, os resultados não apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) (Figura 20).

Figura 20 - Perda de peso de amostras de carne bovina durante 7 dias de armazenamento a  $4 \pm 1$  °C.



Valores expressos como média  $\pm$  intervalo de confiança de 95%. CON: controle. CRP: carne com revestimento de pectina. CRP-EFG: carne com revestimento de pectina incorporado com extrato de folhas de goiabeira.

Fonte: própria autora (2022).

A maior taxa de perda de peso observada no tratamento controle pode ser atribuída tanto à perda de água quanto à de gordura e proteínas, sendo esse processo propício à maior volume de exsudato (FENG *et al.*, 2019).

Em relação aos cortes tratados com revestimentos, observou-se uma menor perda de peso e isso pode estar associado à constituição do biopolímero utilizado, no caso, a pectina, que pode vir a atuar como agente de sacrifício de umidade (RODRIGUES *et al.*, 2021). A

dessecação do produto envolto pelo revestimento pode ser retardada até que a umidade contida no revestimento venha a ser reduzida (NISAR *et al.*, 2012). Esse comportamento pode estar associado à característica hidrofílica do biopolímero, visto que o mesmo, inicialmente forma pontes de hidrogênio com a umidade do ambiente circundante (JEON; KAMIL; SHAHIDI, 2002). Isso vai de encontro aos resultados de outros estudos que demonstraram o potencial de revestimentos à base de polissacarídeos como uma barreira adicional à transferência de substâncias biológicas de carnes (CARDOSO *et al.*, 2016; KANG *et al.*, 2007; XIONG *et al.*, 2020).

Outra abordagem é a adição de extratos vegetais nas soluções de revestimentos para potencializar a barreira de PPE (ALEXANDRE *et al.*, 2020; NASTASI *et al.*, 2022). Essa incorporação pode reduzir o volume livre do biopolímero e formar uma matriz mais densa, diminuindo a taxa de difusão de moléculas através do revestimento (ALLOUI *et al.*, 2021). Contudo, neste estudo a concentração de 5% de extrato pode não ter sido o suficiente para interferir na propriedade de barreira de PPE do revestimento, em comparação à formulação sem adição de extrato. Resultados semelhantes foram observados por Alexandre *et al.* (2020) durante o armazenamento da carne bovina com a adição de 1 e 2% de extrato de manjerição em revestimentos de alginato.

### **6.3.2 Perda de peso por cocção**

A perda de peso por cocção é um fator importante que afeta os atributos sensoriais, a aceitação, bem como o processamento da carne bovina (NOORI; ZEYNALI; ALMASI, 2018). De modo geral, todas as amostras apresentaram uma redução da perda de peso por cocção comparando o dia zero com o sétimo dia de armazenamento. Contudo, comportamentos distintos foram observados entre os tratamentos ao longo desse período. Do dia 1 ao dia 3, o grupo controle apresentou os menores valores de PPC, enquanto as carnes que foram revestidas apresentaram médias significativamente ( $p < 0,05$ ) maiores. Do quarto ao sétimo dia, observou-se um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) na perda por cocção da amostra controle, enquanto CRP e CRP-EFG apresentaram comportamento de redução no decorrer desses dias de armazenamento (Tabela 12). Esses resultados estão de acordo com o observado por Abdou, Galhoum e Mohamed (2018).



Tabela 12 – Perda de peso por cocção de amostras de carne bovina durante 7 dias de armazenamento a  $4 \pm 1$  °C.

Tempo de armazenamento (dia)	Perda de água por cocção (%)		
	CON	CRP	CRP-EFG
0	43,8 ± 1,66 <sup>aAB</sup>	40,3 ± 0,07 <sup>aB</sup>	41,9 ± 0,04 <sup>aA</sup>
1	33,4 ± 0,04 <sup>fC</sup>	38,8 ± 0,02 <sup>bB</sup>	39,7 ± 0,09 <sup>bA</sup>
2	36,1 ± 0,06 <sup>eC</sup>	40,2 ± 0,33 <sup>aA</sup>	38,2 ± 0,02 <sup>bB</sup>
3	32,0 ± 0,13 <sup>fC</sup>	34,7 ± 0,14 <sup>dB</sup>	35,7 ± 0,18 <sup>cA</sup>
4	43,1 ± 0,07 <sup>abA</sup>	40,1 ± 0,14 <sup>aB</sup>	31,9 ± 1,92 <sup>dC</sup>
5	41,8 ± 0,07 <sup>bcA</sup>	34,7 ± 0,05 <sup>dC</sup>	35,9 ± 0,09 <sup>cB</sup>
6	38,3 ± 0,09 <sup>dA</sup>	37,0 ± 0,02 <sup>cB</sup>	31,0 ± 0,09 <sup>dC</sup>
7	40,9 ± 0,04 <sup>cA</sup>	31,9 ± 0,18 <sup>eC</sup>	35,1 ± 0,08 <sup>cB</sup>

Valores expressos como média ± desvio padrão. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os dias pelo Teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo Teste de Games-Howell ( $p < 0,05$ ). CON: controle. CRP: carne com revestimento de pectina. CRP-EFG: carne com revestimento de pectina incorporado com extrato de folhas de goiabeira. Fonte: própria autora (2022).

A perda de peso por cocção indica o rendimento da carne após seu cozimento e está diretamente relacionada com a desnaturação proteica e com o encolhimento das fibras musculares devido ao aumento de temperatura, podendo ser diretamente influenciada pela capacidade de retenção de água (CRA) (LI *et al.*, 2019; LINARES *et al.*, 2007). A CRA corresponde a quantidade de água que a carne pode reter durante as etapas de processamento pelas quais passa, incluindo o processamento térmico (WARNER *et al.*, 2014). Nesse sentido, a água liberada pela perda por cocção é inversamente proporcional à capacidade de retenção (WARNER *et al.*, 2014).

As carnes foram armazenadas em temperatura de refrigeração (4 °C), portanto, acima do ponto de congelamento da água (0 °C). Esse armazenamento pode ter favorecido o processo de maturação na amostra controle e aumentado sua capacidade de retenção de água nos primeiros dias de armazenamento (ROÇA, 2021). A maior interação das proteínas com a água explicaria a redução da perda de peso por cocção nos dias 1, 2 e 3. Com o avanço do tempo de armazenamento para todos os tratamentos, as reações de deterioração da carne ocasionaram modificações em sua estrutura proteica, diminuindo a retenção de água. Assim, acentuando a taxa de saída da água do alimento com o processo de cocção (KOBBLITZ, 2008).

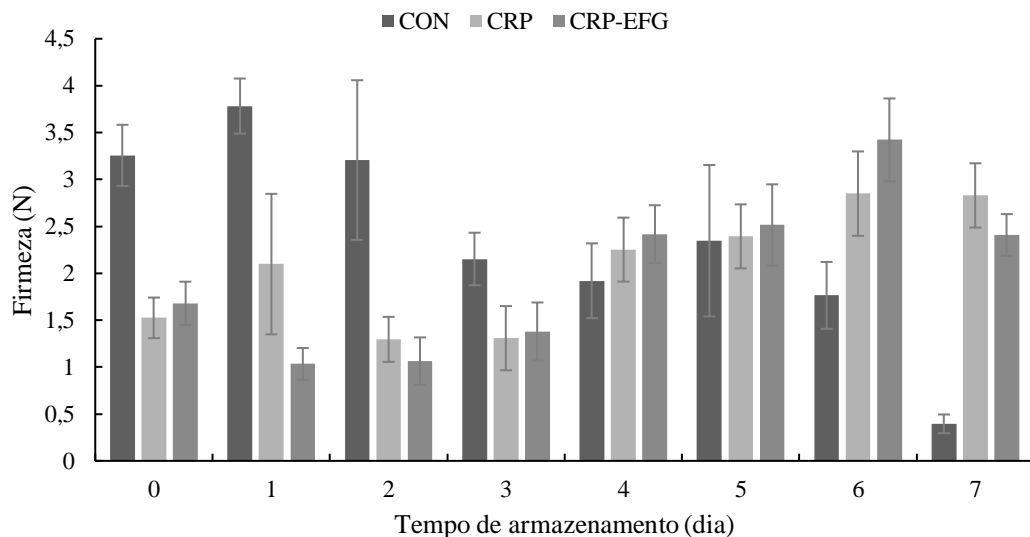
Quanto às carnes tratadas com os revestimentos comestíveis, CRP e CRP-EFG, os resultados não foram de acordo com o esperado, possivelmente devido às naturezas hidrofílicas

do componente do revestimento e do extrato, exibindo barreira limitada ao vapor de água (BERMÚDEZ *et al.*, 2019). Liu, Kerry e Kerry (2007) observaram maiores perdas de água em linguiças com revestimentos de pectina em comparação às aquelas com revestimentos de gelatina/alginato de sódio. Em contrapartida, Kim *et al.* (2016) relataram que os revestimentos à base de pectina foram eficazes para minimizar a perda de água de hambúrgueres bovinos.

### 6.3.3 Firmeza

De acordo com as medições instrumentais, foi possível observar alterações na firmeza das amostras de carnes não revestidas e revestidas durante o período de armazenamento. O controle apresentou as maiores médias de firmeza até o terceiro dia de armazenamento e, após esse período, teve os menores valores tanto em relação ao início de armazenamento quanto aos demais tratamentos (CRP e CRP-EFG). Em relação às carnes revestidas, observou-se valores ligeiramente maiores na firmeza a partir do quarto dia de armazenamento, não tendo influência significativa ( $p > 0,05$ ) do extrato incorporado no revestimento (Figura 21).

Figura 21 - Firmeza de amostras de carne bovina durante 7 dias de armazenamento a  $4 \pm 1$  °C.



Valores expressos como média  $\pm$  intervalo de confiança de 95%. CON: controle. CRP: carne com revestimento de pectina. CRP-EFG: carne com revestimento de pectina incorporado com extrato de folhas de goiabeira.

Fonte: própria autora (2022).

Um dos aspectos mais importantes na deterioração da qualidade de carnes está relacionado à oxidação proteica. A exposição a fatores pró-oxidantes, como oxigênio, radicais

livres e íons metálicos têm sido associados à autólise precoce de enzimas proteolíticas, calpaínas e catepsinas, que, conseqüentemente, catalisa a formação de ligações cruzadas entre a miosina e actina (KIM *et al.*, 2010; ZHANG; XIAO; AHN, 2013). Eventualmente, essas mudanças conformacionais influenciam negativamente na taxa de amaciamento da carne ao longo do armazenamento (KIM *et al.*, 2010).

Em relação ao tratamento controle, os resultados demonstraram comportamento contrário ao esperado, uma vez que durante o armazenamento refrigerado a oxidação de proteínas da carne ocorre naturalmente de forma gradual (ZHANG; XIAO; AHN, 2013). É possível que a ausência de revestimento tenha aumentado a susceptibilidade da carne ao ataque microbiológico, cuja consequência foi a rápida degradação tecidual. Essa hipótese se torna considerável devido ao tempo de prateleira conhecido, cerca de 3 a 5 dias, dado o alto conteúdo de proteína e água que favorecem o crescimento microbiano (JRIDI *et al.*, 2018).

No caso dos tratamentos com os revestimentos, o biopolímero utilizado, a pectina, apresenta boas propriedades de barreira ao oxigênio, e, com isso, devido à presença de moléculas desse gás através do material do revestimento durante o armazenamento pode ter induzido a reticulação intermolecular e posteriormente diminuído a maciez da carne (HASSAN *et al.*, 2018; KIM *et al.*, 2010). Além disso, a capacidade da pectina em formar géis também pode ter influenciado no aumento da firmeza, conferindo maior resistência à camada superficial da carne (AYADI *et al.*, 2009; NAYAK; PATHAK, 2016).

#### **6.3.4 pH**

O pH é um importante indicador de qualidade da carne fresca (XIONG *et al.*, 2020). O pH das carnes apresentou grande oscilação entre os dias de análise, entretanto seu comportamento médio foi praticamente similar para todas as condições de estudo. Os valores variaram de 6,67 a 6,76 no tempo inicial e 6,84 a 7,04 no tempo final. O tratamento controle teve uma maior frequência de dias em que o valor de pH foi superior aos demais grupos, com 7,18, 7,37 e 7,45 para os dias 1, 4 e 6, respectivamente. No caso das carnes revestidas CRP e CRP-EFG, estas amostras apresentaram tendência de uma menor taxa de aumento do pH durante o tempo de armazenamento (Tabela 13).

Tabela 13 – pH das amostras de carne durante 7 dias de armazenamento a  $4 \pm 1$  °C.

Tempo de armazenamento (dia)	pH		
	CON	CRP	CRP-EFG
0	6,67 ± 0,10 <sup>efA</sup>	6,76 ± 0,01 <sup>bA</sup>	6,71 ± 0,03 <sup>dA</sup>
1	7,18 ± 0,05 <sup>bcA</sup>	6,82 ± 0,04 <sup>bbB</sup>	6,81 ± 0,02 <sup>cdB</sup>
2	6,59 ± 0,02 <sup>fc</sup>	7,01 ± 0,03 <sup>abA</sup>	6,87 ± 0,01 <sup>bcdB</sup>
3	6,76 ± 0,11 <sup>efB</sup>	6,99 ± 0,04 <sup>abA</sup>	6,99 ± 0,05 <sup>abcA</sup>
4	7,37 ± 0,09 <sup>abA</sup>	6,35 ± 0,24 <sup>cbB</sup>	6,72 ± 0,08 <sup>dB</sup>
5	7,06 ± 0,15 <sup>cdA</sup>	7,17 ± 0,11 <sup>aA</sup>	7,16 ± 0,10 <sup>aA</sup>
6	7,45 ± 0,10 <sup>aA</sup>	6,94 ± 0,06 <sup>abB</sup>	7,02 ± 0,11 <sup>abcB</sup>
7	6,91 ± 0,21 <sup>deA</sup>	6,84 ± 0,07 <sup>bA</sup>	7,04 ± 0,05 <sup>abA</sup>

Valores expressos como média ± desvio padrão. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam que houve diferença significativa entre os dias pelo Teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam que houve diferença significativa entre os tratamentos pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). CON: controle. CRP: carne com revestimento de pectina. CRP-EFG: carne com revestimento de pectina incorporado com extrato de folhas de goiabeira.

Fonte: própria autora (2022).

De acordo com os resultados, o revestimento de pectina com ou sem extrato, aparentemente, não influenciou no pH da carne, mostrando oscilante durante todo o período de armazenamento. Comportamento semelhante foi relatado por Gedikoğlu (2022) ao observar que os tratamentos de revestimentos à base de pectina incorporados com 1% de óleos essenciais e/ou extratos de tomilho e zaatar em carnes emulsionadas não tiveram efeito significativo no valor de pH em relação ao controle.

A tendência de elevação do pH da carne ocorre naturalmente durante o armazenamento refrigerado e pode ser atribuído à presença de moléculas básicas de nitrogênio formadas a partir da atividade enzimática de microrganismos ou atividade proteolítica de enzimas endógenas (FANG *et al.*, 2018; JAY, 2005). No entanto, na presente pesquisa os valores de pH foram maiores do que a faixa recomendada para consumo (entre 6,0 e 6,4), o que provavelmente está associado à ocorrência de uma carne DFD (BRASIL, 2017; VILJOEN; KOCK; WEBB, 2002). Ademais, é estabelecido que a maioria dos microrganismos têm ponto ótimo de crescimento em pH com valores na faixa de 6,6 a 7,5 (JAY, 2005), próximos à média encontrada, sendo necessário a realização de outras análises para detectar o nível de proliferação microbiológicas.

### 6.3.5 Cor

A cor é um dos principais parâmetros de qualidade da carne, pois é comumente relacionada como um indicador de frescor e salubridade para os consumidores (UMARAW *et al.*, 2020). Para os valores de L\* (luminosidade), observou-se uma tendência de constância desse parâmetro nas amostras CRP e CRP-EFG durante todo o período de armazenamento, enquanto o controle apresentou redução na luminosidade a partir do quinto dia. Contudo, não houve diferença estatisticamente ( $p > 0,05$ ) significativa entre esses grupos (Tabela 14). Hoa *et al.* (2022) também observaram que em amostras de bifes bovinos revestidas com quitosana ou quitosana/ácido láurico a luminosidade apresentou tendência de permanecer inalterada em comparação à amostra não revestida durante 21 dias de armazenamento. Em contrapartida, algumas pesquisas relataram que formulações de revestimentos diminuiriam ligeiramente a luminosidade da carne em comparação ao controle (GEORGATELIS *et al.*, 2007; LAGOS; SOBRAL, 2019).

Tabela 14 – Valores de L\* das amostras de carne durante 7 dias de armazenamento a  $4 \pm 1$  °C.

Tempo de armazenamento (dia)	L*		
	CON	CRP	CRP-EFG
0	42,2 ± 2,69 <sup>bA</sup>	41,6 ± 1,80 <sup>aA</sup>	43,1 ± 3,34 <sup>aA</sup>
1	41,5 ± 1,69 <sup>bA</sup>	39,5 ± 2,02 <sup>aA</sup>	40,6 ± 3,14 <sup>aA</sup>
2	40,2 ± 2,17 <sup>bcB</sup>	39,0 ± 2,82 <sup>aB</sup>	43,8 ± 1,90 <sup>aA</sup>
3	40,1 ± 2,07 <sup>bcA</sup>	39,0 ± 1,51 <sup>aA</sup>	42,0 ± 3,51 <sup>aA</sup>
4	37,5 ± 2,39 <sup>ca</sup>	38,0 ± 4,22 <sup>aA</sup>	39,9 ± 2,06 <sup>aA</sup>
5	45,2 ± 2,82 <sup>aA</sup>	41,5 ± 3,77 <sup>aA</sup>	43,6 ± 4,66 <sup>aA</sup>
6	38,4 ± 1,41 <sup>ca</sup>	40,5 ± 4,70 <sup>aA</sup>	40,8 ± 3,48 <sup>aA</sup>
7	38,3 ± 4,91 <sup>ca</sup>	37,7 ± 3,03 <sup>aA</sup>	41,9 ± 1,62 <sup>aA</sup>

Valores expressos como média ± desvio padrão. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os dias pelo Teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). CON: controle. CRP: carne com revestimento de pectina. CRP-EFG: carne com revestimento de pectina incorporado com extrato de folhas de goiabeira.

Fonte: própria autora (2022).

Quanto aos valores de a\* (vermelho/verde), as amostras revestidas CRP e CRP-EFG apresentaram comportamento de aumento da coloração vermelha do dia 1 ao dia 3 de armazenamento, enquanto o controle apresentou redução dessa cor. Após esse período, todos

os tratamentos apresentaram certa estabilidade nos valores de  $a^*$  (Tabela 15). Vargas Júnior *et al.* (2014) também observaram que revestimentos ativos de amido com e sem a incorporação de ácido cítrico aplicados na carne bovina aumentaram os valores de  $a^*$  ao longo de dez dias de armazenamento.

Tabela 15 - Valores de  $a^*$  das amostras de carne durante 7 dias de armazenamento a  $4 \pm 1$  °C.

Tempo de armazenamento (dia)	$a^*$		
	CON	CRP	CRP-EFG
0	$18,6 \pm 3,72^{abA}$	$16,2 \pm 1,05^{cdeAB}$	$13,9 \pm 1,58^{cdB}$
1	$19,9 \pm 3,12^{aA}$	$19,7 \pm 1,86^{abcA}$	$21,5 \pm 1,86^{bA}$
2	$12,2 \pm 3,42^{cC}$	$21,4 \pm 3,21^{abB}$	$26,6 \pm 3,21^{aA}$
3	$15,6 \pm 1,59^{cdB}$	$22,3 \pm 3,85^{aA}$	$21,7 \pm 3,85^{bA}$
4	$13,8 \pm 1,65^{cdeA}$	$14,3 \pm 1,36^{eA}$	$10,6 \pm 1,36^{dB}$
5	$21,2 \pm 1,74^{aA}$	$15,4 \pm 1,54^{deB}$	$16,6 \pm 1,54^{cB}$
6	$13,1 \pm 1,40^{deB}$	$16,2 \pm 2,36^{cdeA}$	$16,3 \pm 2,36^{cA}$
7	$16,3 \pm 2,26^{bcA}$	$18,2 \pm 1,58^{bcdA}$	$15,6 \pm 1,58^{cA}$

Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os dias pelo Teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). CON: controle. CRP: carne com revestimento de pectina. CRP-EFG: carne com revestimento de pectina incorporado com extrato de folhas de goiabeira.

Fonte: própria autora (2022).

Em relação à coordenada  $b^*$  (amarelo/azul), observou-se uma tendência semelhante ao atributo supracitado, em que RPC e RPC-5% EFG apresentaram um aumento nos valores do dia 1 ao dia 3 de armazenamento, enquanto o controle apresentou redução. Em seguida, os valores de todos os tratamentos apresentaram uma estabilidade, tendo para o tratamento CRP a maior média entre as amostras (Tabela 16). O parâmetro  $b^*$  geralmente são negligenciados em estudos sobre a cor de carnes frescas (ZHANG *et al.*, 2018). Entretanto, Gedikoğlu (2022) observou que carnes emulsionadas com revestimentos de pectina incorporados com extratos de tomilho e/ou zaatar apresentaram maior tendência de cor amarelada em comparação ao controle devido à coloração natural da pectina ou do extrato adicionado.

Tabela 16 – Valores de b\* das amostras de carne durante 7 dias de armazenamento a  $4 \pm 1$  °C.

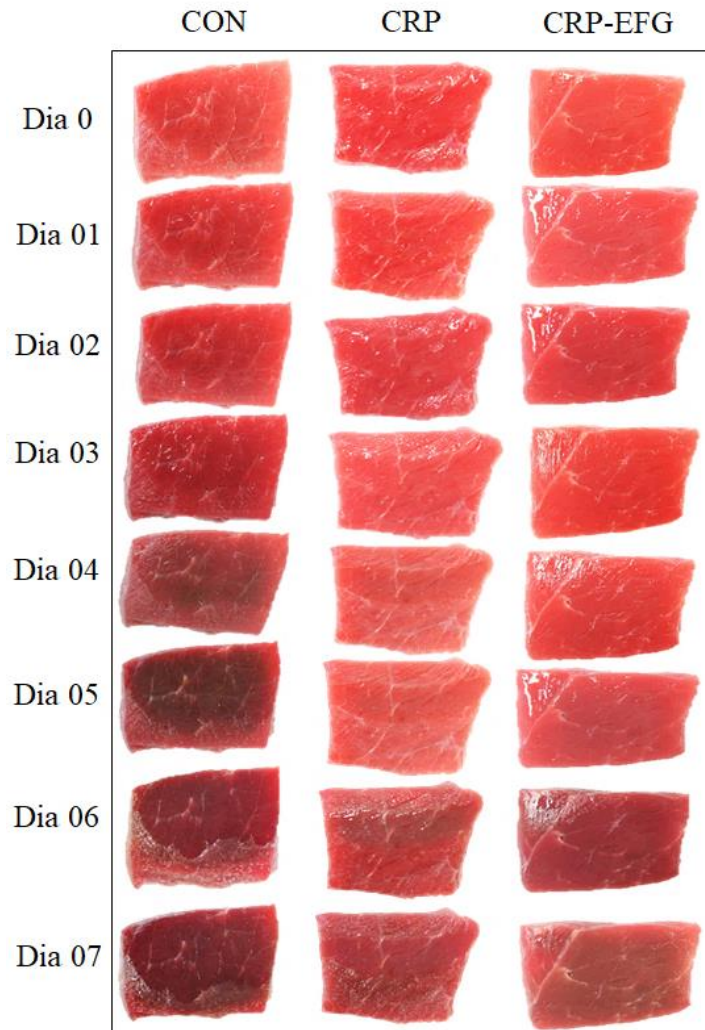
Tempo de armazenamento (dia)	b*		
	CON	CRP	CRP-EFG
0	5,57 ± 2,66 <sup>aA</sup>	4,33 ± 0,66 <sup>bAB</sup>	2,98 ± 1,11 <sup>bB</sup>
1	5,57 ± 2,38 <sup>aB</sup>	7,88 ± 2,23 <sup>aAB</sup>	9,71 ± 2,73 <sup>aA</sup>
2	1,83 ± 0,89 <sup>cB</sup>	8,76 ± 2,87 <sup>aA</sup>	10,5 ± 3,42 <sup>aA</sup>
3	2,50 ± 0,69 <sup>bcB</sup>	8,22 ± 3,49 <sup>aA</sup>	9,34 ± 2,32 <sup>aA</sup>
4	1,02 ± 0,54 <sup>cA</sup>	2,67 ± 2,02 <sup>bA</sup>	0,79 ± 0,53 <sup>bA</sup>
5	3,70 ± 1,22 <sup>bA</sup>	2,78 ± 1,49 <sup>bA</sup>	2,40 ± 1,30 <sup>bA</sup>
6	1,65 ± 1,16 <sup>cA</sup>	3,35 ± 1,42 <sup>bA</sup>	2,12 ± 1,60 <sup>bA</sup>
7	1,95 ± 1,05 <sup>cB</sup>	3,97 ± 0,96 <sup>bA</sup>	1,45 ± 0,74 <sup>bB</sup>

Valores expressos como média ± desvio padrão. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os dias pelo Teste de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo Teste de Games-Howell ( $p < 0,05$ ). CON: controle. CRP: carne com revestimento de pectina. CRP-EFG: carne com revestimento de pectina incorporado com extrato de folhas de goiabeira.

Fonte: própria autora (2022).

De acordo com esses resultados não foi possível observar diferenças estaticamente ( $p > 0,05$ ) significativas entre os revestimentos com ou sem adição de extrato de folhas de *Psidium guajava* L. Entretanto, visualmente, esses revestimentos, principalmente o revestimento ativo, mantiveram o aspecto de luminosidade da carne e a intensificação da coloração vermelha na superfície da carne em média de cinco dias de exposição. Diferentemente da descoloração que foi observada na carne não revestida, que só puderem permanecer frescas por menos de três dias. Além disso, uma menor incidência de deterioração foi observada na formulação com o extrato incorporado, indicando sua contribuição antimicrobiana, embora não tenham sido realizados testes microbiológicos específicos após a aplicação dos revestimentos (Figura 22).

Figura 22 – Aspectos colorimétricos das amostras de carne durante 7 dias de armazenamento a  $4 \pm 1$  °C.



CON: controle. CRP: carne com revestimento de pectina. CRP-EFG: carne com revestimento de pectina incorporado com extrato de folhas de goiabeira.

Fonte: própria autora (2022).

A rápida descoloração observada no tratamento controle é possivelmente resultado de oxidação de lipídios e proteínas e das suas interações, bem como do crescimento de bactérias deteriorantes (HOA *et al.*, 2022).

A coloração vermelha brilhante nas carnes bovinas revestidas (CRP e CRP-EFG) tem destaque. Esse resultado pode estar associado à boa propriedade de barreira da pectina ao oxigênio, retardando a oxidação da mioglobina em metamioglobina, o qual é responsável pelo escurecimento da carne durante o armazenamento (ESPITIA *et al.*, 2014; XIONG *et al.*, 2020).

Outro mecanismo que favoreceu a manutenção da cor da carne pode ser explicado pelo rico conteúdo fenólico do extrato de folhas de *Psidium guajava* L. A presença desses compostos pode ter não apenas prevenido a descoloração superficial da carne refrigerada,



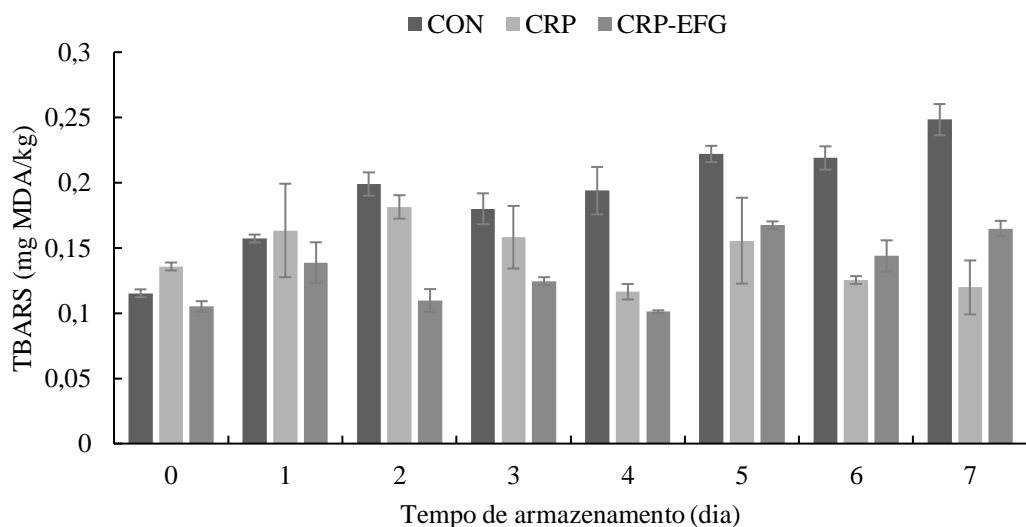
retardando as reações de cadeia da oxidação lipídica, como também pode ter revelado um efeito sinérgico na inibição da proliferação bacteriana (CARDOSO *et al.*, 2016; OLSZEWSKA; GEDAS; SIMÕES, 2020; XIONG *et al.*, 2020).

### 6.3.6 Oxidação lipídica

A oxidação lipídica é conhecida como o principal fator que causa a perda de qualidade, descoloração e a formação de sabores desagradáveis em carnes e produtos cárneos (HOA *et al.*, 2022). A partir dos dados, os valores de TBARS de todos os tratamentos variaram entre 0,11 e 0,14 mg MDA/kg no tempo zero. Com o progresso do armazenamento, o tratamento controle apresentou valores mais altos de TBARS do que as dispersões de revestimentos CRP e CRP-EFG, sendo observado nesta última significativamente ( $p < 0,05$ ) uma menor oxidação lipídica em comparação ao CON. No final do período de armazenamento, os valores de TBARS foram de 0,25, 0,12 e 0,16 para os tratamentos CON, CRP e CRP-EFG, respectivamente (Figura 23).

Entre as amostras revestidas, foi possível observar uma redução do TBARS a partir do segundo dia de armazenamento até o sétimo dia. Observou-se que até o quarto dia os valores de CRP-EFG foram significativamente menores do que CRP, seguido de pequenas variações entre eles até o sétimo dia de armazenamento (Figura 23).

Figura 23 – Oxidação lipídica (TBARS) das amostras de carne durante 7 dias de armazenamento a  $4 \pm 1$  °C.



Valores expressos como média  $\pm$  intervalo de confiança de 95%. CON: controle. CRP: carne com revestimento de pectina. CRP-EFG: carne com revestimento de pectina incorporado com extrato de folhas de goiabeira.

Fonte: própria autora (2022).

O aumento do valor de TBARS no tratamento controle pode ser um indicativo para a oxidação contínua de lipídios e, conseqüentemente, a produção de subprodutos oxidativos que são responsáveis por alterações na cor, aparência, sabor, textura, odor e reduz o valor nutricional (ABDOU; GALHOUM; MOHAMED, 2018).

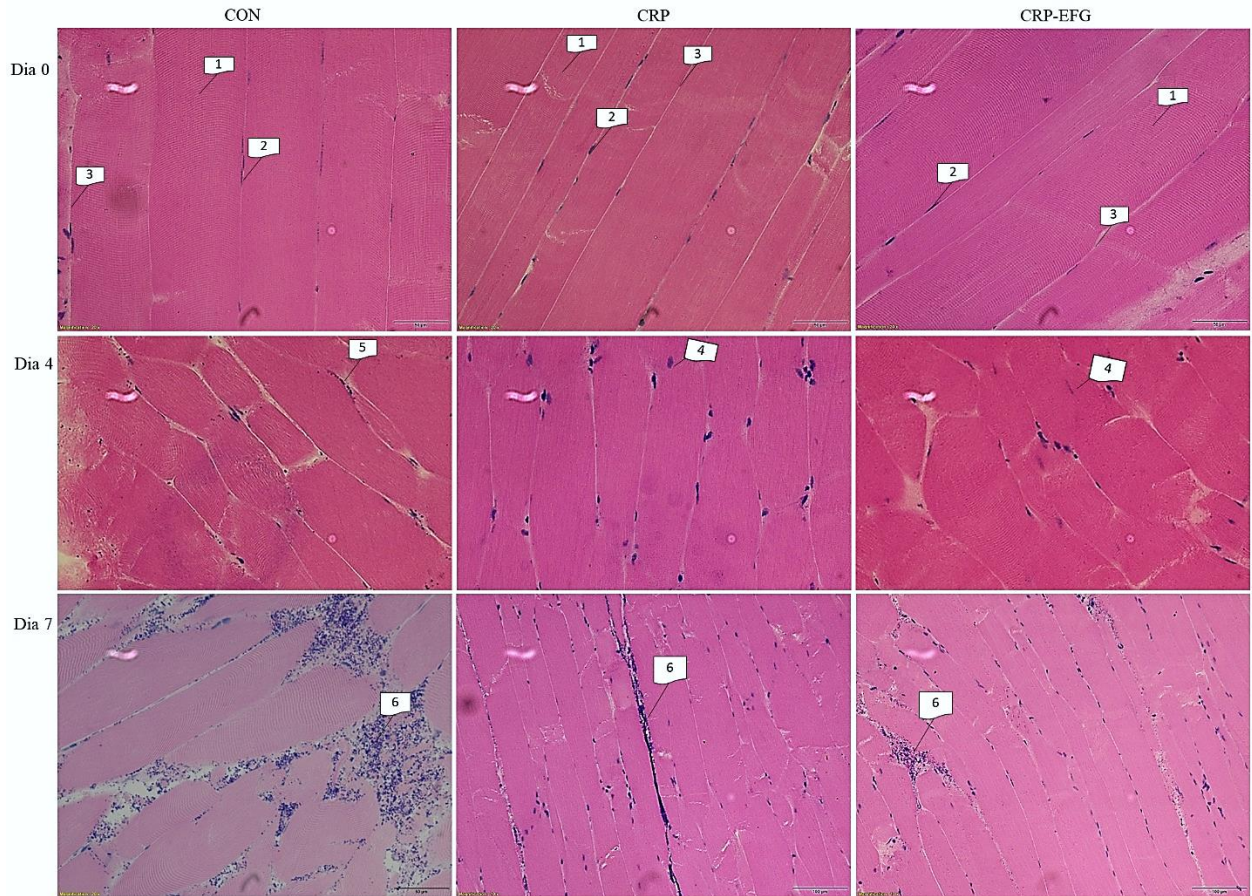
Os valores correspondentes aos revestimentos de pectina indicaram que sua aplicação promoveu uma barreira significativa à passagem de oxigênio, assim como foi observado por Bermúdez-Oria *et al.* (2019). Geralmente, biopolímeros à base de polissacarídeos formam revestimentos permeáveis ao oxigênio que diminui significativamente a exposição superficial das amostras de carne ao ar, retardando a oxidação lipídica e conseqüentemente, reduzindo as perdas de massa vinculadas à sua aplicação (ESPITÍA *et al.*, 2014; TORNBERG, 2005).

Além disso, a incorporação de componentes ativos, como compostos fenólicos, do extrato de folhas de goiabeira pode ter reduzido a formação de produtos de oxidação possivelmente pelo efeito combinado de suas propriedades bioativas e a barreira do biopolímeros (Bermúdez-Oria *et al.*, 2019; FANG *et al.*, 2018). Lagos e Sobral (2019) observaram que o extrato de boldo incorporado ao revestimento de quitosana-gelatina retardou a progressão das reações lipídicas em hambúrguer bovino durante 10 dias a 4 °C. Devido às estruturas cíclicas e as duplas ligações dos compostos fenólicos, estes têm o potencial de diminuir a permeabilidade à luz no qual reduz ainda mais a foto-oxidação e, portanto, também retardando a oxidação lipídica (EÇA *et al.*, 2015; UMARAW *et al.*, 2020).

### **6.3.7 Histologia**

As modificações estruturais estão intimamente relacionadas aos atributos de qualidade da carne (JIANG *et al.*, 2019). Inicialmente, identificou-se as fibras musculares, coradas em intensa tonalidade de vermelho, com estriações transversais em cortes predominantemente longitudinal, os núcleos das células, corados em azul-púrpura, com formas alongadas e situados periféricamente, além dos tecidos conjuntivos demarcados pela cor branca (Figura 24).

Figura 24 – Cortes histológicos das amostras de carne bovina nos dias 0, 4 e 7 de armazenamento a  $4 \pm 1$  °C.



CON: controle. CRP: carne com revestimento de pectina. CRP-5% EFG: carne com revestimento de pectina incorporado com extrato de folhas de goiabeira. 1: fibras musculares. 2: núcleos. 3: tecido conjuntivo. 4: núcleos além do sarcolema. 5: estruturas bacterianas no formato de cocos. 6: aglomerados bacterianos.

Fonte: própria autora (2022).

No primeiro dia de armazenamento (dia 0), observou-se nos cortes histológicos de todos os tratamentos que as fibras musculares se encontravam alongadas, firmemente adjacentes umas às outras, e com os núcleos alongados na direção da fibra. No quarto dia de armazenamento, as características observadas foram de feixe de fibras com a aparência mais inchada, com perturbações das seções de borda e alguns núcleos além da membrana celular (sarcolema). Além disso, na amostra controle foi observado a presença de estruturas de formato esférico diferentemente daquelas observadas para os núcleos da fibra muscular. Isso, possivelmente, sendo indicativo de contaminação por bactérias que apresentam o formato de cocos. No sétimo dia de armazenamento, foi possível perceber em todos os tratamentos múltiplas alterações destrutivas e coloração não uniforme dos tecidos musculares. No tratamento controle, observou-se as fibras ainda mais inchadas, desintegradas, com maior perda da coloração e com intenso aglomerado de células bacterianas. Nas amostras revestidas, observou-se as fibras musculares mais finas e com quebras cruzadas, porém com uma melhor preservação da estrutura fibrilar. Além disso, notou-se que os aglomerados bacterianos estavam

em menor incidência na amostra com o revestimento ativo em comparação ao controle (Figura 24).

As alterações histomorfológicas na amostra Controle mostraram expressiva degradação da estrutura muscular, perda de cor e proliferação bacteriana em comparação com as amostras revestidas. Esses aspectos se correlacionam com os dados obtidos anteriormente neste estudo, uma vez que as maiores perdas de peso, firmeza, pH, oxidação de pigmentos e lipídios foi observado na mesma amostra. Utami, Khasanah e Nasution (2017) observaram que a incorporação de extrato de folhas de limão em revestimento à base de fécula de mandioca melhorou a estabilidade de características físico-químicas e microbiológicas da carne bovina. Da mesma forma, Behbahani *et al.* (2017) também relataram inibição da oxidação lipídica e do crescimento de bactérias como *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* na carne bovina usando um revestimento ativo à base de mucilagem de *Plantago major* e endro. Portanto, a barreira física causada com maior intensidade pelo revestimento, em geral, pode estender a estabilidade dos alimentos durante o armazenamento e inibir o crescimento de produtos deteriorante e/ou microrganismos que causam risco de doenças transmitidas por alimentos (DTA's).

## 6.4 Conclusão

O revestimento de pectina sozinho foi eficaz como barreira física em prolongar a vida útil da carne bovina, minimizando a perda de peso, mantendo a maciez da carne, retardando a oxidação de pigmentos e a oxidação de lipídios durante os 7 dias de armazenamento a 4 °C. A incorporação de extrato de folhas de goiabeira no revestimento potencializou ainda mais os efeitos de conservação, devido às suas propriedades antioxidantes. A formulação contendo o extrato bioativo também pode ter causado efeitos sinérgicos positivos na estabilidade da cor e na oxidação lipídica, bem como no crescimento microbiano nos pedaços de carne bovina fresca.

Logo, o uso de revestimentos de pectina incorporados ou não de extrato de folhas de goiabeira como embalagens primárias na carne bovina fresca podem minimizar alterações nas propriedades relacionadas à estabilidade e aceitabilidade desse produto, o que pode contribuir para aumentar sua vida de prateleira e diminuir o risco de doenças transmitidas por alimentos.

## **7 CONCLUSÃO GERAL**

No presente estudo, revestimentos comestíveis à base de pectina foram desenvolvidos com sucesso incorporando o extrato hidroetanólico 70% das folhas de goiabeira. Os extratos modificaram significativamente o efeito antioxidante, a cor, bem como as propriedades reológicas dos revestimentos ativos quando comparado ao revestimento sem adição do aditivo. Os resultados também revelaram que a aplicação dos revestimentos comestíveis à base de pectina atrasou a degradação da cor, firmeza, oxidação lipídica, microbiana e perda de peso. Essa direção da pesquisa com os revestimentos comestíveis de pectina pode possibilitar múltiplas oportunidades de aplicação capaz de melhorar eficazmente a qualidade e o armazenamento dos produtos alimentares.

## REFERÊNCIAS

- ABDOU, E. S.; GALHOUM, G. F.; MOHAMED, E. N. Curcumin loaded nanoemulsions/pectin coatings for refrigerated chicken fillets. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 83, p. 445-453, out. 2018.
- ABIEC, 2020 Associação Brasileira de Exportadores de Carne – ABIEC. (2020). **Beef Report: perfil da pecuária no Brasil**, 49. Disponível em: [https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/ovinos\\_caprinos\\_balanco\\_2017.pdf](https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/ovinos_caprinos_balanco_2017.pdf). Acesso em: 17 mar. 2022.
- AGUILAR-VELOZ, L. M. *et al.* Artocarpus heterophyllus Lam. leaf extracts added to pectin-based edible coating for Alternaria sp. control in tomato. **LWT – Food Science and Technology**, [s. l.], v. 156, n. 15, p. 113022, fev. 2022.
- AGUIRRE-JOYA, J. A. *et al.* Candelilla wax-based coatings and films: Functional and physicochemical characterization. **Food and Bioprocess Technology**, [s. l.], v. 12, p. 1787-1792, ago. 2019.
- AHMAD, S. R. *et al.* Fruit-based natural antioxidants in meat and meat products: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s. l.], v. 55, n. 11, p. 1503-1513, abr. 2015.
- AHN, S.; HALAKE, K.; LEE, J. Antioxidant and ion-induced gelation functions of pectins enabled by polyphenol conjugation. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 101, p. 776-782, ago. 2017.
- AKCAN, T.; ESTÉVEZ, M.; SERDAROGLU, M. Antioxidant protection of cooked meatballs during frozen storage by whey protein edible films with phytochemicals from *Laurus nobilis* L. and *Salvia officinalis*. **LWT- Food Science and Technology**, [s. l.], v. 77, p. 323-331, abr. 2017.
- AL\_HUSNAN, L. A.; ALKAHTANI, M. D. F. Impact of *Moringa* aqueous extract on pathogenic bacteria and fungi in vitro. **Annals of Agricultural Science**, [s. l.], v. 61, p. 247–250, dez. 2016.
- ALBUQUERQUE, I. R. R. *et al.* Pesquisa de mercado: hábitos de compra e consumo de carne em Senhor do Bonfim – Bahia. **Nutri-time**, [s. l.], v. 14, n.2, p. 5024-5029, mar./abr. 2017.
- ALEXANDRE, S. *et al.* Use of alginate edible coating and basil (*Ocimum spp*) extracts on beef characteristics during storage. **Journal of Food and Technology**, [s. l.], v. 58, n. 10, p. 3835-3831, out. 2020.
- ALOUI, H. *et al.* Novel composite films based on sodium alginate and gallnut extract with enhanced antioxidant, antimicrobial, barrier and mechanical properties. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 113, e106508, abr. 2021.

ALVES, F. C. S. **Avaliação do potencial antimicrobiano de infusões de folhas de cajueiro (*Anacardium occidentale* Lin) frente a bactérias *Streptococcus mutans***. 2011. 60 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

AMARAL, D. S. *et al.* Perfil dos consumidores da carne de sol comercializada nos municípios de em Caicó e Currais Novos – RN. **Acta Veterinaria Brasilica**, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 302-311, 2012.

ARAÚJO, A. A. *et al.* Quantification of polyphenols and evaluation of antimicrobial, analgesic and anti-inflammatory activities of aqueous and acetone–water extracts of *Libidibia ferrea*, *Parapiptadenia rigida* and *Psidium guajava*. **Journal of Ethnopharmacology**, [s. l.], v. 156, p. 88-96, out. 2014.

AYADI, M. A. *et al.* Influence of carrageenan addition on turkey meat sausages properties. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 93, n. 3, p. 278-283, ago. 2009.

BAPTISTA, A. *et al.* Antioxidant and antimicrobial activities of crude extracts and fractions of cashew (*Anacardium occidentale* L.), cajui (*Anacardium microcarpum*), and pequi (*Caryocar brasiliense* C.): a systematic review. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, [s. l.], v. 2018, p. 1-13, abr. 2018.

BARROS, A. P. **A importância da pesquisa de mercado e inovação para empresas de sonorização e iluminação de eventos do distrito federal: um estudo de caso da marc systems**. 2010. 23 f. Trabalho de conclusão de curso (Administração de empresas) – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Brasília, 2010.

BEHBAHANI, B. A. *et al.* Use of *Plantago major* seed mucilage as a novel edible coating incorporated with *Anethum graveolens* essential oil on shelf life extension of beef in refrigerated storage. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 94, p. 515-526, jan. 2017.

BELTRÁN, J. M. G. *et al.* In vitro effects of *Origanum vulgare* leaf extracts on gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) leucocytes, cytotoxic, bactericidal and antioxidant activities. **Fish and Shellfish Immunology**, [s. l.], v. 79, p. 1–10, ago. 2018.

BEN-FADHEL, Y. *et al.* Physicochemical and microbiological characterization of pectin-based gelled emulsions coating applied on pre-cut carrots. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 101, p. 105573, abr. 2020.

BERMÚDEZ-ORIA, A. *et al.* Effect of edible pectin-fish gelatin films containing the olive antioxidants hydroxytyrosol and 3,4-dihydroxyphenylglycol on beef meat during refrigerated storage. **Meat Science**, [s. l.], v. 148, p. 213-218, fev. 2019.

BERTOLO, M. R. V. *et al.* Rheological characterization of the influence of pomegranate peel extract addition and concentration in chitosan and gelatin coatings. **Polysaccharides**, [s. l.], v. 2, p. 648-660, ago. 2021.

BHAGATH, Y. B.; MANJULA, K. Influence of composite edible coating systems on preservation of fresh meat cuts and products: a brief review on their trends and applications. **Internation Food Research Journal**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 377-392, maio 2019.



- BONFIGLI, M. *et al.* Comparison between conventional and ultrasound-assisted techniques for extraction of anthocyanins from grape pomace. Experimental results and mathematical modeling. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 207, p. 56-72, mar. 2017.
- BORGES, C. B.; NUNES NENO, T. B.; CAVALCANTE, J. M. M. Perfil do consumidor de carne bovina no município de Uruçuí-PI. **PubVet – Medicina Veterinária e Zootecnia**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 1-9, mar. 2020.
- BRANDÃO, F. S. *et al.* Confiança e agregação de valor em carnes com indicação geográfica. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [s. l.], v. 64, n. 2, p. 458-464, abr. 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017**: inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal, 2017.
- BRISOLA, M. V.; CASTRO, A. M. G. Preferências do consumidor de carne bovina do Distrito Federal pelo ponto de compra e pelo produtor adquirido. **Caderno de Pesquisas em Administração**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 81-99, fev. 2005.
- CABRAL, C.; PINTO, V. F.; PATRIARCA, A. Application of plant derived compounds to control fungal spoilage and mycotoxin production in foods. **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], v. 166, n. 1, p. 1–14, 2013.
- CARDOSO, G. P. *et al.* Selection of a chitosan gelatin-based edible coating for color preservation of beef in retail display. **Meat Science**, [s. l.], v. 114, p. 85-94, abr. 2016.
- CAZÓN, P *et al.* Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: a review. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 68, p. 136-148, jul. 2017.
- CERETTA, S. B.; FROEMMING, L. M. Geração Z: compreendendo os hábitos de consumo da geração emergente. **Repositório da Universidade Potiguar**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 15-24, dez. 2011.
- CHAICI, M. *et al.* Water resistance and mechanical properties of low methoxy-pectin nanocomposite film responses to interactions of Ca<sup>2+</sup> ions and glycerol concentrations as crosslinking agents. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 293, p. 429-437, set. 2019.
- CHAN, S. Y. *et al.* Pectin as a rheology modifier: Origin, structure, commercial production and rheology. **Carbohydrate Polymers**, [s. l.], v. 161, n. 1, p. 118-139, abr. 2017.
- CHANG, C. *et al.* Unique bioactive polyphenolic profile of guava (*Psidium guajava*) budding leaf tea is related to plant biochemistry of budding leaves in early dawn. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 93, p. 944-954, mar. 2013.
- CHAVES, N.; SANTIAGO, A.; ALÍAS, J. C. Quantification of the antioxidant activity of plant extracts: analysis of sensitivity and hierarchization based on the method used. **Antioxidants**, [s. l.], v. 9, n. 76, p. 2-15, jan. 2020.
- CIPRIANO, L. C. *et al.* Perfil do consumidor de carne bovina no Estado de Roraima. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], v. 7, p. 1, p. 1849-1864, jan. 2021.

CLSI. Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically; Approved Standard — Ninth Edition. **CLSI document M07-A9**. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2012.

CONG-CONG, X. U. *et al.* Advances in extraction and analysis of phenolic compounds from plant materials. **Chinese Journal of Natural Medicines**, [s. l.], v. 15, n. 10, p. 721–731, out. 2017.

COUTINHO, N. M. *et al.* Are consumers willing to pay for a product processed by emerging technologies? The case of chocolate milk drink processed by cold plasma. **LWT – Food Science and Technology**, [s. l.], v. 138, p. 110772, mar. 2021.

CUTTER, C. N. Opportunities for bio-based packaging technologies to improve the quality and safety of fresh and further processed muscle foods. **Meat Science**, [s. l.], v. 74, n. 1, p. 131-142, set. 2006.

DAS, M; GOSWAMI, S. Antifungal and antibacterial property of guava (*Psidium guajava*) leaf extract: role of phytochemicals. **International Journal of Health Sciences and Research**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 39-45, fev. 2019.

DEGHANI, S.; HOSSEINI, S. V.; REGENSTEIN, J. M. Edible films and coatings in seafood preservation: A review. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 240, p. 505-513, fev. 2018.

DELIZA, R. *et al.* **Avaliação dos hábitos de compra do consumidor brasileiro e consumo de carne ovina**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199252/1/BPD-30-2019-consumo-carne-ovina.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2022.

DEWI, N. R. *et al.* Guava (*Psidium guajava*) leaf extract enhances immunity, growth, and resistance against *Vibrio parahaemolyticus* in white shrimp *Penaeus vannamei*. **Fish and Shellfish Immunology**, [s. l.], v. 118, p. 1-10, ago. 2021.

DHIMAN, A. *et al.* In vitro antimicrobial activity of methanolic leaf extract of *Psidium guajava* L. **Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 226-229, abr. 2011.

DIAS, L. D. B. *et al.* Estudo sobre o padrão de consumo da carne bovina na cidade de Campo Grande, MS, Brasil. **Boletim de Indústria Animal**, [s. l.], v. 72, n. 2, p. 148-154, jan. 2015.

DÍAZ-DE-CERIO *et al.* Determination of polar compounds in guava leaves infusions and ultrasound aqueous extract by HPLC-ESI-MS. **Journal of Chemistry**, [s. l.], v. 2015, p. 1-9, mar. 2015.

DÍAZ-DE-CERIO, E. *et al.* Determination of guava (*Psidium guajava* L.) leaf phenolic compounds using HPLC-DAD-QTOF-MS. **Journal of Functional Food**, [s. l.], v. 22, p. 376-388, abr. 2016.

DÍAZ-DE-CERIO, E. *et al.* Health effects of *Psidium guajava* L. leaves: an overview of the last decade. **International Journal of Molecular Sciences**, [s. l.], v. 18, n. 4, p. 897, abr. 2017.

- DICASTILLO, C. L. *et al.* Chilean berry *Ugni molinae* Turcz. Fruit and leaves extracts with interesting antioxidant, antimicrobial and tyrosinase inhibitory properties. **Food Research International**, [s. l.], v. 102, p. 119–128, dez. 2017.
- DOBSON, C. C. *et al.* Impact of molecular interactions with phenolic compounds on food polysaccharides functionality. **Advances In Food and Nutrition Research**, [s. l.], p. 135-181, 2019.
- DOMÍNGUEZ, R. *et al.* A Comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. **Antioxidants**, [s. l.], v. 8, p. 429, set. 2019.
- DOU, L. *et al.* Physical properties and antioxidant activity of gelatin-sodium alginate edible films with tea polyphenols. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 118, n. 15, p. 1377-1383, out. 2018.
- DRANCA, F.; OROIAN, M. Extraction, purification and characterization of pectin from alternative sources with potential technological applications. **Food Research Internantional**, [s. l.], v. 113, p. 327-350, nov. 2018.
- DUDONNÉ, S. *et al.* Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 57, n. 5, p. 1768-1774, mar. 2009.
- EÇA, K. S. *et al.* Development of active films from pectin and fruit extracts: light protection, antioxidant capacity, and compounds stability. **Journal of Food Science**, [s. l.], v. 80, n. 11, p. 2389-2396, out. 2015.
- EIRAS, C. E. *et al.* Effects of cottonseed hull levels in the diet and ageing time on visual and sensory meat acceptability from young bulls finished in feedlot. **Animal**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 529-537, mar. 2017.
- ELLOUZE, M.; JEUGE, S. Development of an edible protective coating for fresh meat: French consumer's perception. **Les Cahiers de l'IFIP**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 69-74, 2014.
- ESPADA-BELLIDO, E. *et al.* Optimization of the ultrasound-assisted extraction of anthocyanins and total phenolic compounds in mulberry (*Morus nigra*) pulp. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 219, n. 15, p. 23-32, mar. 2017.
- ESPITIA, P. J. P. *et al.* Edible films from pectin: physical-mechanical and antimicrobial properties - a review. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 35, p. 287-296, mar. 2014.
- EVTYUGIN, D. D.; MAGINA, S.; EVTUGUIN, D. V. Recent advances in the production and applications of ellagic acid and its derivatives. A review. **Molecules**, [s. l.], v. 25, n. 12, p. 2745, jun. 2020.
- FALGUERA, V. *et al.* Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. **Foos Science and Technology**, [s. l.], v. 22, p. 292–303, jun. 2011.

FANG, Z. *et al.* Effect of gallic acid/chitosan coating on fresh pork quality in modified atmosphere packaging. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 260, n. 15, p. 90-96, set. 2018.

FDA (Food and Drug Administration) (2013). **Food additives permitted for direct addition to food for human consumption**. Title 21 Food and Drugs Section 172, Code of Federal Regulations.

FDA. **Direct food substances affirmed as generally recognized as safe**. Título 21, vol. 3, 184.1588, jan. 2022.

FENG, X. *et al.* Cytotoxic and antioxidant constituents from the leaves of *Psidium guajava*. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, [s. l.], v. 25, p. 2193-2198, mar. 2015.

FENG, Z. *et al.* Edible coating based on whey protein isolate nanofibrils for antioxidation and inhibition of product browning. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 79, p. 179-188, jun. 2018.

FENG, Z. *et al.* Effect of antioxidant and antimicrobial coating based on whey protein nanofibrils with TiO<sub>2</sub> nanotubes on the quality and shelf life of chilled meat. **International Journal of Molecular Sciences**, [s. l.], v. 20, n. 5, e1184, mar. 2019.

FERNANDES, K. P. S. *et al.* Healing and cytotoxic effects of *Psidium guajava* (Myrtaceae) leaf extracts. **Brazilian Journal of Oral Sciences**, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 450-454, dez. 2010.

FONSECA, A. M. A. *et al.* The impact of plant-based coatings in “ROCHA” pear preservation during cold storage: a metabolomic approach. **Foods**, [s. l.], v. 9, p. 1299, set. 2020.

FRABASILE, D. Apenas 3% dos lares o homem toma as decisões de compra sozinho, mostra estudo. **Negócios**, nov. 2016. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Marketing/noticia/2016/11/mulheres-aumentam-decisao-de-compra-em-diversos-setores.html>. Acesso em: 07 fev. 2022.

FREI, B.; HIGDON, J. V. Antioxidant activity of tea polyphenols in vivo : evidence from animal studies. **American Society for Nutritional Sciences**, [s. l.], v. 133, p. 3275S-3284S, out. 2003.

GALUS, S.; KADZINSKA, J. Food applications of emulsion-based edible films and coatings. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 45, n. 2, p. 273-283, jul. 2015.

GEDIKOĞLU, A. The effect of *Thymus vulgaris* and *Thymbra spicata* essential oils and/or extracts in pectin edible coating on the preservation of sliced bolognas. **Meat Science**, [s. l.], v. 184, e108697, fev. 2022.

GEORGANTELIS, D. *et al.* Effect of rosemary extract, chitosan and  $\alpha$ -tocopherol on lipid oxidation and colour stability during frozen storage of beef burgers. **Meat Science**, [s. l.], v. 75, n. 2, p. 256-264, fev. 2007.

GOMES, I. M. **Como elaborar uma pesquisa de mercado**. Belo Horizonte: SEBRAE, 2005. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/df/bis/como-elaborar-uma->

pesquisa-de-mercado,0577812ca826e510VgnVCM1000004c00210aRCRD. Acesso em: 04 abr. 2022.

GROOT, E. Segmentos de preferências na aquisição da carne bovina. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [s. l.], v. 59, n. 2, e213487, 2021.

GUIMARÃES, A. *et al.* Edible films and coatings as carriers of living microorganisms: a new strategy towards biopreservation and healthier foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [s. l.], v. 17, n. 3, p. 594-614, mar. 2018.

GUTIÉRREZ, R. M. P.; MITCHELL, S.; SOLIS, R. V. *Psidium guajava*: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. **Journal of Ethnopharmacology**, [s. l.], v. 117, n. 1, p. 1-27, abr. 2008.

HAN, J. H.; GENNADIOS, A. Edible film and coating: a review. In: **Innovations in Food Packaging**. New York: Elsevier Science & Technology Books. P. 239–262, 2005.

HASSAN, B. *et al.* Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: a review. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 109, p. 1095-1107, abr. 2018.

HERNÁNDEZ-CARRILLO, J. G. *et al.* Evaluation of the effectivity of reuterin in pectin edible coatings to extend the shelf-life of strawberries during cold storage. **Food Packaging and Shelf Life**, [s. l.], v. 30, p. 100760, dez. 2021.

HOA, VB. *et al.* Coating with chitosan containing lauric acid (C12:0) significantly extends the shelf-life of aerobically – Packaged beef steaks during refrigerated storage. **Meat Science**, [s. l.], v. 184, e108696, fev. 2022.

HUGHES, J. M. *et al.* Beef *longissimus* eating quality increases up to 20 weeks of storage and is unrelated to meat colour at carcass grading. **Animal Production Science**, [s. l.], v. 55, n. 2, p. 174-179, dez. 2014.

HUGHES, J. M. *et al.* Beef *longissimus* eating quality increases up to 20 weeks of storage and is unrelated to meat colour at carcass grading. **Animal Production Science**, [s. l.], v. 55, p. 174-179, jul. 2015.

HUSIN, F. *et al.* Cytotoxicity study and antioxidant activity of crude extracts and SPE fractions from *Carica papaya* Leaves. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [s. l.], v. 19, p. 101-130, maio 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Boletim da educação PNAD contínua**. 2019. Disponível em: <https://ibge.gov.br>. Acesso em: 13 dez. 2021.

JAMKHANDI, P. G. *et al.* Biological activities of leaves of ethnomedicinal plant, *Borassus flabellifer* Linn. (Palmyra palm): evaluation. **Bulletin of Faculty of Pharmacy, Cairo University**, [s. l.], v. 54, n. 1, p. 59–66, jun. 2016.

JAY, J. M. **Food microbiology**. 6. ed. Porto Alegre, Artmed, 2005.

JEON, YJ.; KAMIL, J. Y. V. A.; SHAHIDI, F. Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of herring and atlantic cod. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 50, n. 18, p. 5167-5178, jul. 2002.

JIANG, Q. *et al.* Changes in protein properties and tissue histology of tuna meat as affected by salting and subsequent freezing. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 271, n. 15, p. 550-560, jan. 2019.

JRIDI, M *et al.* Effects of active gelatin coated with henna (*L. inermis*) extract on beef meat quality during chilled storage. **Food Control**, [s. l.], v. 84, p. 238-245, fev. 2018.

JUNG, S. *et al.* Multifunctional bio-nanocomposite coatings for perishable fruits. **Advanced Materials**, [s. l.], v. 32, p. 1908291, jul. 2020.

KAIMBAYEVA, L. *et al.* Evaluation of autolysis induced histologic alterations in skeletal muscle tissue of non-traditional meat animals. **Food Science and Technology**, [s. l.], v. 40, n. 3, p. 736-740, jul. 2020.

KALATHAKI, I. *et al.* Fabrication and characterisation of metal-doped pectin films. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 92, p. 259-266, jul. 2019.

KANATT, S. R. *et al.* Active chitosan–polyvinyl alcohol films with natural extracts. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 290-297, dez. 2012.

KANG, H. J. *et al.* Effect of a pectin-based edible coating containing green tea powder on the quality of irradiated pork patty. **Food Control**, [s. l.], v. 18, n. 5, p. 430-435, maio 2007.

KARNOVSKY, M. J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolarity for use in electron microscopy. **Journal Cell Biology**, Califórnia, v. 27, p. 137, nov. 1965.

KEMEGNE, G. A. *et al.* Cytotoxic activities of *Psidium guajava* and *Mangifera indica* plant extracts on human healthy skin fibroblasts and human hepatocellular carcinoma. **Original Research Article**, [s. l.], v. 8, n. 4, p. 58-64, set. 2020.

KHALEQUE, M. A. *et al.* Use of cloves and cinnamon essential oil to inactivate *Listeria monocytogenes* in ground beef at freezing and refrigeration temperatures. **LWT – Food Science and Technology**, [s. l.], v. 74, p. 219-223, dez. 2016.

KHEDRI, S. *et al.* Bioactive edible films: development and characterization of gelatin edible films incorporated with casein phosphopeptides. **LWT – Food Science and Technology**, [s. l.], v. 138, n. 4, p. 110649, mar. 2021.

KIARSI, Z. *et al.* In vitro antimicrobial effects of *Myristica fragrans* essential oil on foodborne pathogens and its influence on beef quality during refrigerated storage. **Journal of Food Safety**, [s. l.], v. 40, n. 3, p. 1-14, mar. 2020.

KIM, H. W. *et al.* Effects of soy hull pectin and insoluble fiber on physicochemical and oxidative characteristics of fresh and frozen/thawed beef patties. **Meat Science**, [s. l.], v. 117, p. 63-67, jul. 2016.

KIM, Y. H. *et al.* High-oxygen modified atmosphere packaging system induces lipid and myoglobin oxidation and protein polymerization. **Meat Science**, v. 85, n. 4, p. 759-767, ago. 2010.

KIRINUS, J. K. *et al.* Relação entre faixas de renda e o perfil dos consumidores de carne bovina da região sul do Brasil. **Revista Monografias Ambientais**, [s. l.], v. 12, n. 12, p. 2776-2784, ago. 2013.

KOBLITZ, M. G. B. **Bioquímica de Alimentos: teoria e aplicações práticas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

KORIEEM, K. M. M. *et al.* Antidiarrheal and protein conservative activities of *Psidium guajava* in diarrheal rats. **Journal of Integrative Medicine**, [s. l.], v. 17, p. 57-65, jan. 2019.

KORIEEM, K. M. M.; ARBID, M. S.; SALEH, H. N. Antidiarrheal and protein conservative activities of *Psidium guajava* in diarrheal rats. **Journal of Integrative Medicine**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 57-65, jan. 2019.

KUMAR, N. *et al.* Effect of active chitosan-pullulan composite edible coating enrich with pomegranate peel extract on the storage quality of green bell pepper. **LWT – Food Science and Technology**, [s. l.], v. 138, p. 110435, mar. 2021.

KUREK, M. *et al.* The influence of edible coatings and natural antioxidants on fresh-cut potato quality, stability and oil uptake after deep fat frying. **Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 58, n. 8, p. 3073-3085, ago. 2021.

LAGOS, M. J. B.; SOBRAL, P. J. A. Application of active films with natural extract for beef hamburger preservation. **Ciência Rural**, [s. l.], v. 49, n. 1, e20180797, fev. 2019.

LINARES, M. B. *et al.* Lipid oxidation in lamb meat: Effect of the weight, handling previous slaughter and modified atmospheres. **Meat Science**, [s. l.], v. 76, n. 4, p. 715-720, ago. 2007.

LIU, C. *et al.* Optimization of ultrasound-assisted extraction conditions for total phenols with anti-hyperglycemic activity from *Psidium guajava* leaves. **Process Biochemistry**, [s. l.], v. 49, n. 10, p. 1601-1605, out. 2014.

LIU, L.; KERRY, J. F.; KERRY, J. P. Application and assessment of extruded edible casings manufactured from pectin and gelatin/sodium alginate blends for use with breakfast pork sausage. **Meat Science**, [s. l.], v. 75, n. 2, p. 196-202, fev. 2007

LIU, Y. *et al.* Principal component analysis of physical, color and sensory characteristics of chicken breasts deboned at two, four, six and twenty-four hours postmortem. **Poultry Science**, [s. l.], v. 83, n. 1, p. 101-108, jan. 2004

LOK, B. *et al.* Anticancer effect of *Psidium guajava* (Guava) leaf extracts against colorectal cancer through inhibition of angiogenesis. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, [s. l.], v. 10, n. 7, p. 293-307, jun. 2020.

- LOPES, M. A. *et al.* Fatores associados a disposição de consumidores em adquirir carne bovina com certificação de origem na cidade do Rio de Janeiro, Brasil. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, [s. l.], v. 39, n. 2, p. 100-110, jan. 2017.
- LORENZO, J. M.; PATEIRO, M. Influence of type of muscles on nutritional value of foal meat. **Meat Science**, [s. l.], v. 93, n. 3, p. 630-638, mar. 2013.
- LUND, M. N. *et al.* Protein oxidation in muscle foods: a review. **Molecular Nutrition Food Research**, [s. l.], v. 55, p. 83-95, jan. 2011.
- LUO, Y. *et al.* Sodium alginate-based green packaging films functionalized by guava leaf extracts and their bioactivities. **Materials**, [s. l.], v. 12, n.18, e2923, set. 2019.
- MADEIRA JÚNIOR, J. V.; TEIXEIRA, C. B.; MACEDO, G. A. Biotransformation and bioconversion of phenolic compounds obtainment: an overview. **Critical Reviews in Biotechnology**, [s. l.], v. 35, n. 1, p. 75-81, jul. 2013.
- MAGALHÃES, K. L. *et al.* Avaliação do perfil e dos hábitos de aquisição de consumidores de produtos cárneos em Fortaleza – CE. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 16, e162101623431, dez. 2021.
- MARINGGAL, B. *et al.* Recent advance in edible coating and its effect on fresh/fresh-cut fruits quality. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 96, p. 253-267, fev. 2020.
- MAURÍCIO, R. A. **Avaliação sensorial de carne bovina e ovina com revestimento comestível**. 2020. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição ) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, SP.
- MAURÍCIO, R. A.; CAMPOS, J. A. D. B.; NASSU, R. T. Meat with edible coating: Acceptance, purchase intention and neofobia. **Food Research International**, [s. l.], v. 154, p. 111002, abr. 2022.
- MEKAM, P. N. *et al.* Phenolic compounds profile of water and ethanol extracts of *Euphorbia hirta* L. leaves showing antioxidant and antifungal properties. **South African Journal of Botany**, [s. l.], v. 127, n. 3, p. 319-332, nov. 2019.
- MIR, S. A. *et al.* Effect of plant extracts on the techno-functional properties of biodegradable packaging films. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 80, p. 141-154, out. 2018.
- MOHAMED, S. A. A. *et al.* Polysaccharides, protein and lipid -based natural edible films in food packaging: a review. **Carbohydrate Polymers**, [s. l.], v. 238, p. 116178, mar. 2020.
- MOHAMED, S. A. A.; EL-SAKHAWY, M.; EL-SAKHAWY, M. AM. Polysaccharides, protein and lipid -based natural edible films in food packaging: a review. **Carbohydrate Polymers**, [s. l.], v. 238, n. 15, e116178, jun. 2020.
- MONFERRARI, C. P. **Pesquisa Quantitativa x Pesquisa Qualitativa**. 2010. Disponível em: Acesso em: 21 ago 2010.



MOON, J. Y. *et al.* The chloroform fraction of guava (*Psidium cattleianum* Sabine) leaf extract inhibits human gastric cancer cell proliferation via induction of apoptosis. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 125, p. 369-375, mar. 2011.

MORADI, M. *et al.* Characterization of antioxidant chitosan film incorporated with Zataria multiflora Boiss essential oil and grape seed extract. **LWT – Food Science and Technology**, [s. l.], v. 46, n. 2, p. 477-484, maio 2012.

MORAIS-BRAGA, M. F. B. *et al.* Phenolic composition and medicinal usage of *Psidium guajava* Linn.: antifungal activity or inhibition of virulence? **Saudi Journal of Biological Sciences**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 302-313, fev. 2017.

MORAIS-BRAGA, M. F. B. *et al.* *Psidium guajava* L., from ethnobiology to scientific evaluation: elucidating bioactivity against pathogenic microorganisms. **Journal of Ethnopharmacology**, [s. l.], v. 194, p. 1140-1152, nov. 2016.

MORAIS-BRAGA, M. F. *et al.* *Psidium guajava* L. and *Psidium brownianum* Mart ex DC.: Chemical composition and anti-*Candida* effect in association with fluconazole. **Microbial Pathogenesis**, [s. l.], v. 95, p. 200-207, jun. 2016a.

MOREIRA, B. R. *et al.* An ecofriendly edible coating using cashew gum polysaccharide and polyvinyl alcohol. **Food Bioscience**, [s. l.], v. 37, p. 100722, out. 2020.

MORENO, M. A. *et al.* Active properties of edible marine polysaccharide-based coatings containing *Larrea nitida* polyphenols enriched extract. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 102, p. 105595, maio 2020.

MOSMANN, T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. **Journal of Immunological Methods**, [s. l.], v. 65, p. 55–63, jun. 1983.

MOURA, F.; MASQUIO, D. C. L. A influência da escolaridade na percepção sobre alimentos considerados saudáveis. **Revista de Educação Popular**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 82-94, jun. 2014.

NA-FADHEL, Y. *et al.* Physicochemical and microbiological characterization of pectin-based gelled emulsions coating applied on pre-cut carrots. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 101, p. 105573, abr. 2020.

NAIR, S. B. *et al.* Rheological, mechanical and moisture sorption characteristics of cassava starch-konjac glucomannan blend films. **Starch**, [s. l.], v. 63, p. 728-739, ago. 2011.

NANTITANON, W. *et al.* Factors influencing antioxidant activities and total phenolic content of guava leaf extract. **LWT – Food Science and Technology**, [s. l.], v. 43, n. 7, p. 1095-1103, set. 2010.

NANTITANON, W.; YOTSAWIMONWAT, S.; OKONOGLI, S. Factors influencing antioxidant activities and total phenolic content of guava leaf extract. **LWT – Food Science and Technology**, [s. l.], v. 43, n. 7, p. 1095–1103, 2010.

NASCIMENTO, J. D. *et al.* Perfil do consumidor de carnes do Alto Pantanal sul-mato-grossense. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, [s. l.], v. 16, e16005, maio 2018.

NASTASI, J. R. *et al.* Pectin-based films and coatings with plant extracts as natural preservatives: a systematic review. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 120, p. 193-211, fev. 2022.

NAYAK, N. K.; PATHAK, V. Development and quality assessment of carrageenan incorporated low fat chevon patties. **Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 53, n. 9, p. 3477-3484, set. 2016.

NIKMARAM, N. *et al.* Application of plant extracts to improve the shelf-life, nutritional and health-related properties of ready-to-eat meat products. **Meat Science**, [s. l.], v. 145, p. 245-255, nov. 2018.

NÌMAH, L.; MAKHYARINI, I.; NORMALINA. *Musa acuminata* L. (banana) peel wastes as edible coating based on pectin with addition of cinnamomum burmannii extract. **Asian Journal of Chemistry**, [s. l.], v. 32, p. 703-705, jan. 2020.

NISAR, T. *et al.* Characterization of citrus pectin films integrated with clove bud essential oil: Physical, techno, barrier, technology and antibacterial properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 106, p. 670-680, jan. 2018.

NISAR, T. *et al.* Physicochemical responses and microbiological changes of bream (*Megalobrama ambycephala*) to pectin based coatings enriched with clove essential oil during refrigeration. **Internation Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 124, p. 1156-1166, mar. 2019.

NOORI, S.; ZEYNALI, F.; ALMASI, H. Antimicrobial and antioxidant efficiency of nanoemulsion-based edible coating containing ginger (*Zingiber officinale*) essential oil and its effect on safety and quality attributes of chicken breast fillets. **Food Control**, [s. l.], v. 84, p. 312-320, fev. 2018.

NOURI, L.; NAFCHI, A. M. Antibacterial, mechanical, and barrier properties of sago starch film incorporated with betel leaves extract. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 66, p. 254-259, maio 2014.

OBANDA, M.; OWUOR, P. O. Flavanol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indication of Kenyan black teas. **Jornal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 74, n. 2, p. 209-215, jan. 1997

OCHOA-REYES, E. *et al.* Improvements of shelf life quality of green bell peppers using edible films coatings formulations. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Science**, [s. l.], v. 2, p. 2448-2451, jun. 2013.

OLSZEWSKA, M. A.; GEDAS, A.; SIMÕES, M. Antimicrobial polyphenol-rich extracts: Applications and limitations in the food industry. **Food Research International**, [s. l.], v. 134, p. 109214, ago. 2020.

ONG, G.; KASI, R.; SUBRAMANIAM, R. A review on plant extracts as natural echnolo in coating applications. *Progress in Organic Coatings*, [s. l.], v. 151, p. 106091, fev. 2021.

OZGEN, S.; KILINC, O. K.; SELAMOGLU, Z. Antioxidant activity of quercetin: a mechanistic review. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, [s. l.], v. 4, n. 12, p. 1134-1138, nov. 2016.

PARK, S.; ZHAO, Y. Development and characterization of edible films from cranberry pomace extracts. *Food Science*, [s. l.], v. 71, n. 2, p. 95-101, maio 2006.

PENG, Y.; WU, Y.; YUNFEI, L. Development of tea extracts and chitosan composite films for active packaging materials. *Internation Journal of Biological Macromolecules*, [s. l.], v. 59, p. 282-289, agos. 2013.

PETROVSKA, B. B. Historical review of medicinal plant's usage. *Pharmacognosy Reviews*, [s. l.], v. 6, p. 1-5, 2012.

PIÑEROS-HERNANDEZ, D. *et al.* Edible cassava starch films carrying rosemary antioxidant extracts for potential use as active food packaging. *Food Hydrocolloids*, [s. l.], v. 63, p. 488-495, fev. 2017.

PINHEIRO, A. C. *et al.* Utilização de revestimentos/filmes edíveis para aplicações alimentares. *Boletim de Biotecnologia*, 2010. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/55618039.pdf>>. Acesso em: 04 ago. 2019.

PINTO, N. D. C. C. *et al.* Antimicrobial *Annona muricata* L. (soursop) extract targets the cell membranes of Gram-positive and Gram-negative bacteria. *Industrial Crops & Products*, [s. l.], v. 107, p. 332–340, nov. 2017.

PRIYADARSHI, R.; RIAHI, Z.; RHIM. Antioxidant pectin/pullulan edible coating incorporated with *Vitis vinifera* grape seed extract for extending the shelf life of peanuts. *Postharvets Biology and Technology*, [s. l.], v. 183, p. 111740, jan. 2022.

PUTON, B. M. S. *et al.* Concentração inibitória mínima e atividade antioxidante do extrato de *Plectranthus ornatus* CODD. (Lamiaceae) extraído por diferentes solventes. *Revista Perspectiva*, Erechim, v. 42, n. 159, p. 109–118, set. 2018.

RAHARJO, S.; SOFOS, J. N.; SCHMIDT, G. R. Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, [s. l.], v. 40, n. 11, p. 2182-2185, nov. 1992.

RAHARJO, S.; SOFOS, J. N.; SCHMIDT, G. R. Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, [s. l.], v. 40, n. 11, p. 2182-2185, nov. 1992.

RAJURKAR; N. S.; HANDE, S. M. Estimation of phytochemical content and antioxidant activity of some selected traditional Indian medicinal plants. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, [s. l.], v. 73, n. 2, p. 146-151, mar. 2011.

- RAMOS, O. L. *et al.* Effect of whey protein purity and glycerol content upon physical properties of edible films manufactured therefrom. **Food hydrocolloids**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 110–122, 2013.
- RANJITH, F. H. *et al.* Peptide-based edible coatings to control postharvest fungal spoilage of mango (*Mangifera indica* L.) fruit. **Food Control**, [s. l.], v. 135, p. 108789, maio 2022.
- RAVISHANKAR, S. *et al.* Inactivation of *Listeria monocytogenes* on ham and bologna using pectin-based apple, carrot, and hibiscus edible films containing carvacrol and cinnamaldehyde. **Food Science**, [s. l.], v. 77, p. M377-M382, jul. 2012.
- REIS, S. F.; RAI, D. K.; ABU-GHANNAM, N. Water at room temperature as a solvent for the extraction of apple pomace phenolic compounds. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 135, n. 3, p. 1991-1998, dez. 2012.
- REZAIE, M. *et al.* Ultrasonic-assisted extraction of antioxidative compounds from Bene (*Pistacia atlantica* subsp. *mutica*) hull using various solvents of different physicochemical properties. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 173, p. 577-583, abr. 2015.
- ROÇA, R. O. **Propriedades da carne**. Disponível em: <<https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaoetecnologia/Teses/Roca107.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2021.
- RODRIGUES, F. A. M. *et al.* Antioxidant films and coatings based on starch and phenolics from *Spondias purpurea* L. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 182, p. 354-365, jul. 2021.
- RODRIGUEZ-TURIENZO, L.; COBOS, A.; DIAZ, O. Effects of edible coatings based on ultrasound-treated whey proteins in quality attributes of frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, [s. l.], v. 14, p. 92–98, 2012.
- ROHAIM, S. R. A.; ELBAZ, A. M. F.; YOUSSEF, M. A. Incorporation of Moringa leaves extract in Pectin-based edible coating as antimicrobial agent. **Current Science International**, [s. l.], v. 7, n. 4, p. 602–615, out-dez. 2018.
- ROSA, G. S. *et al.* Comparison of microwave, ultrasonic and conventional techniques for extraction of bioactive compounds from olive leaves (*Olea europaea* L.). **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, [s. l.], v. 58, p. 102234, dez. 2019.
- ROSELLI, L. *et al.* Consumers' willingness to buy innovative traditional food products: The case of extra-virgin olive oil extracted by ultrasound. **Food Research International**, [s. l.], v. 108, p. 482-490, jun. 2018.
- RUAN, C. *et al.* Effect of sodium alginate and carboxymethyl cellulose edible coating with epigallocatechin gallate on quality and shelf life of fresh pork. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 141, p. 178-184, ago. 2019.
- RUAN, C. *et al.* Higher affinity of polyphenol to zein than to amyloid fibrils leading to nanoparticle-embed network wall scaffold to construct amyloid fibril-zein-EGCG hydrogels for coating of beef. **Food Research International**, [s. l.], v. 156, p. 111187, jun. 2022.

- RUFINO, M. S. M. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 121, n. 4, p. 996-1002, ago. 2010.
- SABERI, B. *et al.* Physical, barrier, and antioxidant properties of pea starch-guar gum biocomposite edible films by incorporation of natural plant extracts. **Food Bioprocess and Technology**, [s. l.], v. 10, p. 2240-2250, set. 2017.
- SAHRAEE, S. *et al.* Protection of foods against oxidative deterioration using edible films and coatings: a review. **Food Bioscience**, [s. l.], v. 32, e100451, dez. 2019.
- SALEHI, B. *et al.* Antioxidant, antimicrobial, and anticâncer effects of *Anacardium* plants: na ethnopharmacological perspective. **Frontiers Endocrinology**, Lousanne, v. 11, p. 295, jun. 2020.
- SÁNCHEZ-SALCEDO, E. M. *et al.* (Poly) phenolic compounds and antioxidant activity of white (*Morus alba*) and black (*Morus nigra*) mulberry leaves: Their potential for new products rich in phytochemicals. **Journal of Functional Foods**, [s. l.], v. 18, p. 1039–1046, out. 2015.
- SCAVO, A. Antimicrobial activity of cultivated cardoon (*Cynara cardunculus* L. var. *altilis* DC.) leaf extracts against bacterial species of agricultural and food interest. **Industrial Crops & Products**, [s. l.], v. 129, p. 206-211, mar. 2019.
- SCHAFRANSKI, K. **Extração e caracterização de compostos fenólicos de folhas de amoreira preta (*Morus nigra* L.) e encapsulamento em esferas de alginato.** 2019. 110f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019.
- SCHALY, L. M. *et al.* Perfil do consumidor de produtos de origem animal de Rio Verde, GO. **PubVet – Medicina Veterinária e Zootecnia**, [s. l.], v. 4, n. 38, p. 962-967, 2010.
- SCHLINDWEIN, M. M.; KASSOUF, A. L. Análise da influência de alguns fatores socioeconômicos e demográficos no consumo domiciliar de carnes no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, [s. l.], v. 44, n. 3, p. 549-572, set. 2006.
- SEO, J. *et al.* Study to find the best extraction solvent for use with guava leaves (*Psidium guajava* L.) for high antioxidant efficacy. **Food Science & Nutrition**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 174-180, fev. 2014.
- SEPAHPOUR, S. *et al.* Comparative analysis of chemical composition, antioxidant activity and quantitative characterization of some phenolic compounds in selected herbs and spices in different solvent extraction systems. **Molecules**, [s. l.], v. 23, n. 2, p. 402, fev. 2018.
- SHABBIR, H. *et al.* In vivo screening and antidiabetic potential of polyphenol extracts from guava pulp, seeds and leaves. **Animals**, [s. l.], v. 10, n. 9, p. 1714, set. 2020.
- SHAH, M. A. *et al.* Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. **Meat Science**, [s. l.], v. 98, p. 21-33, set. 2014.

SHANMUGAM, B. *et al.* Exploratory studies of (-)-epicatechin, a bioactive compound of *phyllanthus niruri*, on the antioxidant enzymes and oxidative stress markers in d-galactosamine-induced hepatitis in rats: a study with reference to clinical prospective. **Pharmacognosy Magazine**, [s. l.], v. 13, p. 56-62, jan. 2017.

SIEBERT, D. A. *et al.* Determination of phenolic profile by HPLC-ESI-MS/MS and anti-inflammatory activity of crude hydroalcoholic extract and ethyl acetate fraction from leaves of *Eugenia brasiliensis*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, [s. l.], v. 27, n. 4, p. 459–65, jul-ago. 2017.

SILVA, S. P. M. *et al.* Application of an alginate-based edible coating with bacteriocin-producing *Lactococcus* strains in fresh cheese preservation. **LWT – Food Science and Technology**, [s. l.], v. 153, p. 112486, jan. 2022.

SILVA, V. D. M. *et al.* Biodegradable edible films of ripe banana peel and starch enriched with extract of *Eriobotrya japonica* leaves. **Food Bioscience**, [s. l.], v. 38, n. 5, p. 100750, dez. 2020.

SIM, Y. Y.; ONG, W. T. J.; NYAM, K. Lin. Effect of various solvents on the pulsed ultrasonic assisted extraction of phenolic compounds from *Hibiscus cannabinus* L. leaves. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 140, p. 111708, nov. 2019.

SIMÃO, A. A. *et al.* Aqueous extract of *Psidium guajava* leaves: phenolic compounds and inhibitory potential on digestive enzymes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [s. l.], v. 89, n. 3, p. 2155-2165, jun. 2017.

SINGH, D. P.; PACKIRISAMY, G. Biopolymer based edible coating for enhancing the shelf life of horticulture products. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, [s. l.], v. 4, p. 100085, jul. 2022.

SOUZA, I. I. M. S.; LIMA, R. L. F. A.; SILVA, C. S. Revestimento bioativo à base de fécula de mandioca (*Manihot esculenta*) e beterraba acrescido de óleo de copaíba balsamo (*Copaifera officinalis*) para conservação de carne bovina in natura. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 2, e15810212003, 2021.

SOUZA, V. G. L. *et al.* Physical properties of chitosan films incorporated with natural antioxidants. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 107, n. 15, p. 565-572.

SUCHETA *et al.* Composite edible coatings from technolog pectin, corn flour and beetroot poder minimize post-harvest decay, reduces ripening and improves sensory liking of tomatoes. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 133, p. 284-293, jul. 2019.

SUGAHARA, C. B.; JANUZZI, P. M. Estudo do uso de fontes de informação para inovação tecnológica na indústria brasileira. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 34, p. 45-56, jan./abr. 2005.

SUHAG, R. *et al.* Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. *Food Research International*, [s. l.], v. 136, p. 109582, out. 2020.

SUN, X. *et al.* Food spoilage, bioactive food fresh-keeping films and functional edible coatings: Research status, existing problems and development trend. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 119, p. 122-132, jan. 2022.

TOKIN, E. *et al.* Consumer trust in the Australian food system – the everyday erosive impact of food labelling. **Appetite**, [s. l.], v. 103, n. 1, p. 118-127, ago. 2016.

TORNBERG, E. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**, [s. l.], v. 70, n. 3, p. 493-508, jul. 2005.

TREJO-GONZÁLEZ, L. *et al.* Antimicrobial pectin-gellan films: effects on three foodborne pathogens in a meat medium, and selected physical mechanical properties. **CyTA- Journal of Food**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 469-476, fev. 2018.

TUDORACHE, M.; BORDENAVE, N. Phenolic compounds mediate aggregation of water-soluble polysaccharides and change their rheological properties: Effect of different phenolic compounds. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 97, p. 105193, dez. 2019.

UGBOGU, E. A. *et al.* The ethnobotanical, phytochemistry and pharmacological activities of *Psidium guajava* L. **Arabian Journal of Chemistry**, [s. l.], v. 15, p. 103759, maio 2022.

UMARAW, P. *et al.* Edible films/coating with tailored properties for active packaging of meat, fish and derived products. **Trends in Food Science & echnology**, [s. l.], v. 98, p. 10-24, abr. 2020.

UMARAW, P.; VERMA, A. K. Consumer perception changes meat products. **Journal for Meat Production and Meat Processing**, [s. l.], v. 1, p. 58-94, 2016.

UTAMI, R.; KAWIJI, K. L. U.; NASUTION, M. I. A. Preservative effects of kaffir lime (*Citrus hystrix* DC) leaves oleoresin incorporation on cassava starch-based edible coatings for refrigerated fresh beef. **International Food Research Journal**, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 1464-1472, ago. 2017.

VALDÉS, A. *et al.* Natural pectin polysaccharides as edible coatings. **Coatings**, [s. l.], v. 5, n. 4, p. 865-886, nov. 2015.

VARGAS JÚNIOR, A. *et al.* Biodegradable duo-functional active film: antioxidant and antimicrobial actions for the conservation of beef. **Food Bioprocess Technology**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 75-87, ago. 2014.

VEISI, Z. *et al.* Responsive coatings from naturally occurring pectin polysaccharides. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, [s. l.], v. 176, p. 387-393, abr. 2019.

VIDECOQ, P. *et al.* Influence of calcium on pectin methylesterase behaviour in the presence of medium methylated pectins. *Carbohydrate Polymers*, [s. l.], v. 86, n. 4, p. 1657-1664, out. 2011.

VILJOEN, H. F.; KOCK, H. L.; WEBB, E. C. Consumer acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. **Meat Science**, [s. l.], v. 61, n. 2, p. 181-185, jun. 2002.

VOON, H. C.; BHAT, R.; RUSUL, G. Flower extracts and their essential oils as potential antimicrobial agents for food uses and pharmaceutical applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [s. l.], v. 11, p. 34-55, dez. 2011.

WANG, L. *et al.* Preparation and characterization of active films based on chitosan incorporated tea polyphenols. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 32, p. 35-41, jul. 2013.

WANG, R. W. Biofilms and meat safety: a mini-review. **Journal of Food Protection**, [s. l.], v. 82, p. 120-127, jan. 2019.

WARNER, R. *et al.* In: DIKEMAN, M.; DEVINE, C. **Measurement of meat quality**. Encyclopedia of Meat Sciences. [S. l.]: Academic Press, 2014. p. 164-171. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123847317002105>. Acesso em: 07 fev. 2022.

WEZEMAEL, L. *et al.* The effect of technology information on consumer expectations and liking of beef. **Meat Science**, [s. l.], v. 90, p. 444-450, fev. 2012.

WU, J. *et al.* Inhibitory effects of guava (*Psidium guajava* L.) leaf extracts and its active compounds on the glycation protein. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 113, p. 78-84, mar. 2009.

XIONG, Y. *et al.* Effect of essential oil and resveratrol nanoemulsion loaded pectin edible coating on the preservation of pork loin in modified atmosphere packaging. **Food Control**, [s. l.], v. 114, p. 107226, ago. 2020.

XIONG, Y. *et al.* Incorporation of salmon bone gelatine with chitosan, gallic acid and clove oil as edible coating for the cold storage of fresh salmon fillet. **Food Control**, [s. l.], v. 125, p. 107994, jul. 2021.

YAKOUB, A. R. B. *et al.* Flavonoids, phenols, antioxidante, and antimicrobial activities in various extracts from Tossa jute leave (*Corchorus olitorus* L.). **Industrial Crops & Products**, [s. l.], v. 118, p. 206-213, ago. 2018.

YOUSUF, B.; WU, S.; SIDDIQUI, M. W. Incorporating essential oils or compounds derived thereof into edible coatings: effect on quality and shelf life of fresh/fresh-cut produce. **Trend in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 108, p. 245-257, fev. 2021.

ZAM, W. Effect of alginate and chitosan edible coating enriched with olive leaves extract on the shelf life of sweet cherries (*Prunus avium* L.). **Journal of Food Quality**, [s. l.], v. 2019, p. 1-7, jul. 2019.

ZHANG, B. *et al.* Effect of sodium alginate-agar coating containing ginger essential oil on the shelf life and quality of beef. **Food Control**, [s. l.], v. 130, e108216, dez. 2021.

ZHANG, H. *et al.* Antioxidant and antimicrobial effects of edible coating based on chitosan and bamboo vinegar in ready to cook pork chops. **LWT – Food Science and Technology**, [s. l.], v. 93, p. 470-476, jul. 2018.

ZHANG, W.; XIAO, S.; AHN, D. U. Protein oxidation: basic principles and implications for meat quality. **Food Science and Nutrition**, [s. l.], v. 53, p. 1191-1201, set. 2013.



ZHOU, X. *et al.* Effect of konjac glucomannan/carrageenan-based edible emulsion coatings with camellia oil on quality and shelf-life of chicken meat. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 183, n. 31, p. 331-339, jul. 2021.

ZHU, H. *et al.* *Morinda citrifolia* L. leaves extracts obtained by traditional and eco-friendly extraction solvents: Relation between phenolic compositions and biological properties by multivariate analysis. **Industrial Crops & Products**, [s. l.], v. 153, n. 6, p. 112586, out. 2020.

ZHU, X. *et al.* Anti-hyperglycemic and liver protective effects of flavonoids from *Psidium guajava* L. (guava) leaf in diabetic mice. *Food Bioscience*, [s. l.], v. 35, p. 100574, jun. 2020.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO ONLINE APLICADO

<p><i>1ª parte: perfil sociodemográfico do consumidor</i></p> <p>01- Em qual estado você mora?</p> <p>02- Com qual gênero você se identifica?  <input type="checkbox"/>Feminino <input type="checkbox"/>Masculino</p> <p>03- Qual é o seu estado civil?  <input type="checkbox"/>Solteiro(a) <input type="checkbox"/>Casado(a) <input type="checkbox"/>União estável <input type="checkbox"/>Viúvo(a)</p> <p>04- Qual é a sua idade?  <input type="checkbox"/>18-25 anos <input type="checkbox"/>26-35 anos <input type="checkbox"/>36-45 anos  <input type="checkbox"/>46-55 anos <input type="checkbox"/>56-55 anos <input type="checkbox"/>Acima de 65 anos</p> <p>05- Qual seu nível de escolaridade?  <input type="checkbox"/>Fundamental incompleto <input type="checkbox"/>Fundamental completo <input type="checkbox"/>Médio incompleto  <input type="checkbox"/>Médio completo <input type="checkbox"/>Superior incompleto <input type="checkbox"/>Superior completo  <input type="checkbox"/>Pós-graduação incompleta <input type="checkbox"/>Pós-graduação completa</p> <p>06- Qual a sua renda familiar mensal? (salário mínimo = R\$ 1.100,00)  <input type="checkbox"/>Até 1 salário mínimo <input type="checkbox"/>Até 2 salários mínimos <input type="checkbox"/>De 2 a 4 salários mínimos  <input type="checkbox"/>De 4 a 6 salários mínimos <input type="checkbox"/>De 6 a 10 salários mínimos  <input type="checkbox"/>Acima de 10 salários mínimos</p>
<p><i>2ª parte: perfil de compra e consumo de carne bovina</i></p> <p>07- Quem geralmente faz a compra de produtos alimentícios na sua casa?  <input type="checkbox"/>Eu mesmo(a) <input type="checkbox"/>Outros</p> <p>08- Qual local geralmente você faz a compra de carnes? (pode indicar mais de uma opção)  <input type="checkbox"/>Supermercado <input type="checkbox"/>Açougue <input type="checkbox"/>Mercado público/feira livre <input type="checkbox"/>Produtor</p> <p>09- Com qual frequência você consome carne bovina?  <input type="checkbox"/>Diariamente <input type="checkbox"/>2 a 4 vezes/semana  <input type="checkbox"/>1 vez/semana <input type="checkbox"/>1 a 3 vezes/mês <input type="checkbox"/>Não consumo</p> <p>Para responder a questão 10 a escala abaixo deve ser considerada:  1= Não é importante 2= Pouco importante 3= Indiferente  4= Importante 5= Muito importante</p> <p>10- Indique o quanto os fatores listados abaixo são importantes para você na aquisição da carne bovina:  __Origem/Procedência    __Aparência    __Quantidade de gordura  __Odor    __Embalagem    __Preço</p>
<p><i>3ª parte: Percepções sobre os revestimentos comestíveis e sua aplicação na carne bovina</i></p> <p>“O Revestimento Comestível consiste em um tipo de embalagem elaborada por um material biodegradável, comestível e não tóxico aplicado diretamente na superfície dos alimentos. Exemplo: a aplicação de cera para conservação de frutas (laranja, limão, maçã...), em uso desde o século XII na China, e o invólucro de celulose em produtos cárneos. O revestimento comestível é usado como barreira seletiva à passagem de umidade, gases, aromas e lipídios entre o alimento e o ambiente externo. Nos últimos anos, aditivos antimicrobianos e</p>

antioxidantes naturais têm sido adicionados nas formulações dessa embalagem como forma de melhorar a barreira contra o ataque microbiano, alterações de sabor, cor, aromas e outras características próprias do alimento. Assim, proporcionando um aumento da vida de prateleira dos produtos”.

11- Antes da informação acima, você já estava familiarizado com a tecnologia dos revestimentos comestíveis para alimentos?

- Sim, inclusive já consumi alimentos com revestimentos comestíveis  
 Sim, mas nunca consumi alimentos com revestimentos comestíveis  
 Não, mas tenho interesse pelo assunto e em consumir  
 Não interesse pelo assunto nem em consumir

12- Para você, quão importante é o uso dos revestimentos comestíveis?

- Muito importante  Importante  Indiferente  
 Pouco importante  Não é importante

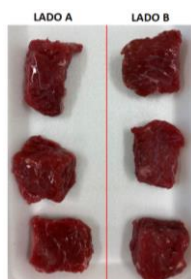
13- Caso o alimento tenha sido revestido, para você, é importante que essa informação esteja presente no rótulo?

- Sim, considero importante  
 Não, é irrelevante

14- Indique o quanto você considera que a aplicação de revestimentos comestíveis pode ser interessante na conservação de carnes bovina:

- Muito interessante  Interessante  Indiferente  
 Pouco interessante  Não é interessante

15- De acordo com a imagem abaixo, indique em qual dos lados foi a aplicação de revestimentos comestíveis nas carnes:



Lado A  Labo B

16- Você está disposto(a) a comprar/consumir esse produto? (carne bovina revestido por materiais comestíveis e biodegradáveis)

- Não estou disposto a comprar/consumir o produto  
 Tenho curiosidade de conhecer o produto para obter minhas próprias conclusões  
 Não tenho problema em comprar/consumir o produto

**APÊNDICE B – CORRELAÇÃO ENTRE O PERFIL DE CONHECIMENTO E A IDENTIFICAÇÃO DA IMAGEM**

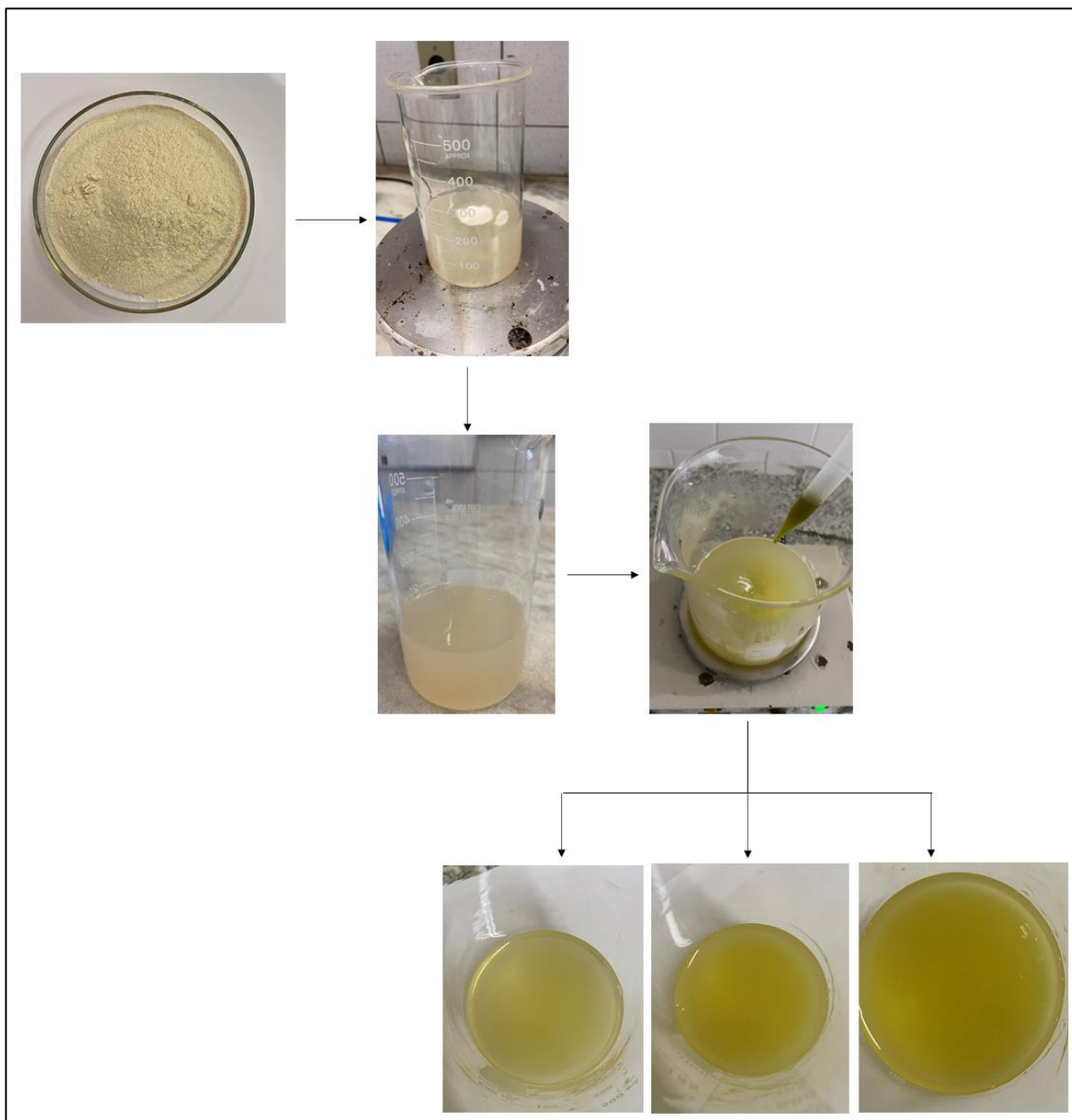
Você já estava familiarizado com a tecnologia dos revestimentos comestíveis para alimentos?	n		Valor - p
	Lado A	Lado B	
Sim, inclusive já consumi alimentos com revestimentos comestíveis	110	11	
Sim, mas nunca consumi alimentos com revestimentos comestíveis	131	16	0,816
Não, mas tenho interesse pelo assunto e em consumir	124	12	

Teste do Qui-Quadrado ( $p < 0,05$ ).

## APÊNDICE C - PROCESSO DE PREPARAÇÃO DOS EXTRATOS DE FOLHAS DE GOIABEIRA



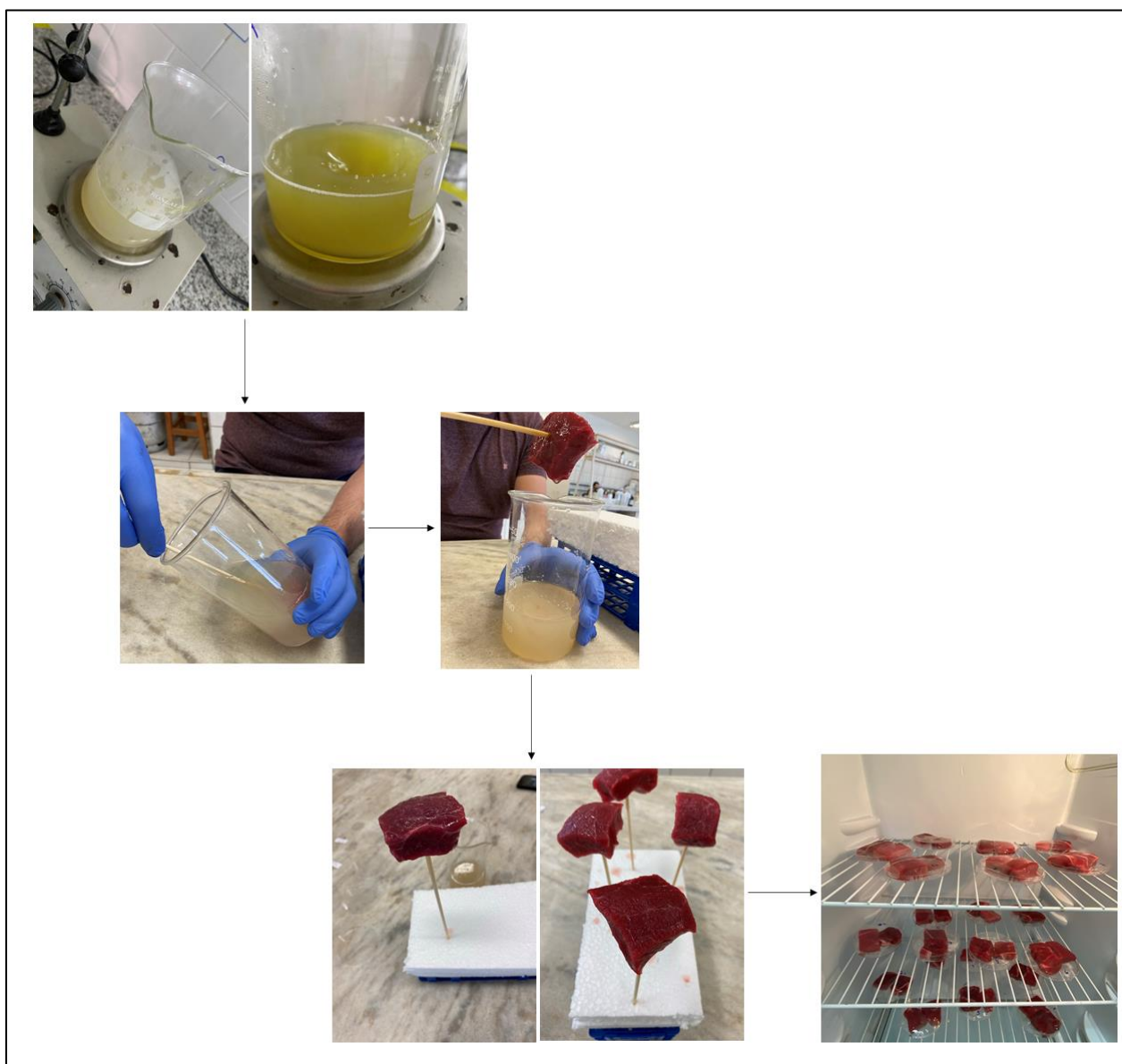
## APÊNDICE D - PROCESSO DE PREPARAÇÃO DOS REVESTIMENTOS DE PECTINA



**APÊNDICE E – CONCENTRAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS DE ACORDO COM OS TEMPOS DE EXTRAÇÃO**

Extrato	Tempo de extração (min)							
	0	10	20	30	45	60	90	120
EHFG	10,50 ± 0,25	11,71 ± 0,44	11,50 ± 0,13	12,02 ± 0,24	13,43 ± 0,19	14,56 ± 0,25	16,92 ± 0,12	16,01 ± 0,17
EAFG	6,80 ± 0,07	9,18 ± 0,40	9,27 ± 0,02	9,44 ± 0,24	9,43 ± 0,06	10,36 ± 0,06	10,28 ± 0,29	11,0 ± 0,61

## APÊNDICE F – APLICAÇÃO DOS REVESTIMENTOS DE PECTINA NAS AMOSTRAS DE CARNE





## ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

UFC - UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ /



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Desenvolvimento de revestimento ativo de pectina incorporado com extrato de folha de goiabeira (*Psidium guajava* L.): estabilidade e aplicação em bife bovino

**Pesquisador:** CLARISSA PACHECO FERNANDES NASCIMENTO

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 48513221.9.0000.5054

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 4.912.426

#### Apresentação do Projeto:

Trata-se de um Projeto do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará. Este tem como objetivo utilizar um formulário semiestruturado online para levantar dados socioeconômicos e de conhecimento, consumo e percepção dos consumidores brasileiros sobre a utilização de revestimentos comestíveis em alimentos, com ênfase na aplicação em carne bovina. O formulário que será utilizado foi elaborado no Google Formulários, contendo 20 perguntas, divididas em 4 seções: dados socioeconômicos, hábitos de compra e consumo de carne bovina, conhecimento sobre os revestimentos comestíveis e carne bovina revestida. Espera-se coletar um número de respostas significativamente representativas em relação à população brasileira, para que os dados obtidos sejam utilizados como uma nova fonte de informação a respeito dos revestimentos e como respaldo para viabilização da carne bovina revestida por materiais biopoliméricos em escala industrial.

#### Objetivo da Pesquisa:

Objetivo geral

- Realizar um levantamento de dados socioeconômicos e de conhecimentos, consumo e percepção dos consumidores brasileiros sobre a tecnologia de revestimentos comestíveis em alimentos, com ênfase na aplicação em carne de origem bovina.

Objetivos específicos

**Endereço:** Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

**Bairro:** Rodolfo Teófilo

**CEP:** 60.430-275

**UF:** CE

**Município:** FORTALEZA

**Telefone:** (85)3366-8344

**E-mail:** comepe@ufc.br

Continuação do Parecer: 4.912.426

1. Coletar dados socioeconômicos, abrangendo local de residência, gênero, estado civil, faixa etária, renda familiar mensal e escolaridade, para que se possa contextualizar as respostas dos participantes.
2. Coletar dados de consumo, gosto pessoal e fatores considerados importantes no momento da compra da carne bovina.
3. Coletar dados de conhecimento sobre a tecnologia de revestimentos comestíveis.
4. Coletar dados da percepção dos participantes sobre a aplicação dos revestimentos na carne bovina e a intenção de compra e consumo desse produto.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos: A pesquisa não trará risco ao participante, visto que trata somente de uma entrevista, mas caso se sinta constrangido, você poderá abandonar a pesquisa no momento que lhe convier.

Benefícios: A pesquisa não trará benefício imediato, mas irá fornecer informações que podem auxiliar no desenvolvimento de novas pesquisas destinadas à área alimentícia. A pesquisa não trará risco ao participante, visto que trata somente de uma entrevista, mas caso se sinta constrangido, você poderá abandonar a pesquisa no momento que lhe convier.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Pesquisa relevante para área de Tecnologia de Carnes. Objetivos congruentes com métodos propostos. Sem a necessidade de detalhamento metodológico.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Todos os termos foram apresentados.

**Recomendações:**

Sem recomendações.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Todas as solicitações feitas anteriores foram atendidas.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1770404.pdf	16/07/2021 19:21:06		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento /	TCLE.pdf	16/07/2021 19:20:34	CLARISSA PACHECO	Aceito

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

Bairro: Rodolfo Teófilo

CEP: 60.430-275

UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3366-8344

E-mail: comepe@ufc.br

UFC - UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ /



Continuação do Parecer: 4.912.426

Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	16/07/2021 19:20:34	NASCIMENTO	Aceito
Outros	QUESTIONARIO.pdf	16/07/2021 19:18:59	CLARISSA PACHECO FERNANDES	Aceito
Folha de Rosto	FOLHAROSTO.pdf	24/06/2021 18:45:49	CLARISSA PACHECO FERNANDES	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	AUTORIZACAO_INSTITUCIONAL.pdf	24/06/2021 18:43:50	CLARISSA PACHECO FERNANDES	Aceito
Outros	TERMODECOMPROMISSO.pdf	24/06/2021 10:02:18	CLARISSA PACHECO FERNANDES	Aceito
Solicitação Assinada pelo Pesquisador Responsável	CARTA_APRECIACAO.pdf	24/06/2021 09:59:06	CLARISSA PACHECO FERNANDES NASCIMENTO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO.pdf	24/06/2021 09:55:01	CLARISSA PACHECO FERNANDES	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO.pdf	24/06/2021 09:54:32	CLARISSA PACHECO FERNANDES	Aceito
Declaração de Pesquisadores	DECLARACAO_PESQUISADORES.pdf	24/06/2021 09:54:16	CLARISSA PACHECO FERNANDES	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	24/06/2021 09:53:56	CLARISSA PACHECO FERNANDES	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

FORTALEZA, 17 de Agosto de 2021

Assinado por:  
**FERNANDO ANTONIO FROTA BEZERRA**  
(Coordenador(a))

**Endereço:** Rua Cel. Nunes de Melo, 1000  
**Bairro:** Rodolfo Teófilo **CEP:** 60.430-275  
**UF:** CE **Município:** FORTALEZA  
**Telefone:** (85)3366-8344 **E-mail:** comepe@ufc.br

## ANEXO B - CERTIFICADO DE GARANTIA DE FUNCIONALIDADE DA PECTINA



CP Kelco ApS  
Ved Banen 16  
DK-4623 Lille Skensved  
DENMARK  
tel: +45 56165616 fax: +45 56169446

### CERTIFICATE OF ANALYSIS

<b>Ship to:</b>	<b>Date:</b> September 10, 2018						
<b>Sold to:(If different from Ship to)</b>							
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;"><b>Product Name:</b> GENU® pectin type LM-102 AS-BNB</td> <td style="width: 40%;"><b>Manufacturing Date:</b> Nov 17, 2017</td> </tr> <tr> <td><b>Material Number:</b> 104046</td> <td><b>Shelf Life/Best Before Date:</b> Nov 16, 2020</td> </tr> <tr> <td></td> <td><b>Lot:</b> SK74177</td> </tr> </table>		<b>Product Name:</b> GENU® pectin type LM-102 AS-BNB	<b>Manufacturing Date:</b> Nov 17, 2017	<b>Material Number:</b> 104046	<b>Shelf Life/Best Before Date:</b> Nov 16, 2020		<b>Lot:</b> SK74177
<b>Product Name:</b> GENU® pectin type LM-102 AS-BNB	<b>Manufacturing Date:</b> Nov 17, 2017						
<b>Material Number:</b> 104046	<b>Shelf Life/Best Before Date:</b> Nov 16, 2020						
	<b>Lot:</b> SK74177						
Characteristic	Test Result	Specification	Test Method				
Functionality guarantee date	Nov 17, 2019						
pH of 1% solution	4.8	4.7 - 5.2	0006041				
Loss on drying, %	5.1	Not more than 12.0	0006042				
Gel strength 6 mm, g TA-XT2	303	300 - 370	0203019				
<p>The information/data reported on this certificate applies to the lot/batch mentioned. Note that additional digits after the lot/batch number maybe included on the package. This number is for internal use only. Each lot of product complies with product specification, test methods and other characteristics as mentioned in the Product Data Sheet.</p> <p>Functionality guarantee date is the date to which CP Kelco guarantee functionality of the product as specified in the PDS if stored under recommended conditions. If date of use is after functionality date but within Shelf Life/Best Before date the product can still be used but functionality may have changed slightly.</p>							
<b>Signature:</b> HENRIK STAPELFELDT - QC MANAGER		<b>Material was produced in:</b> LILLE SKENSVED, DENMARK					