

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**EFEITO DO REVESTIMENTO DE PECTINA INCORPORADO AO EXTRATO
DE RESÍDUOS DE GUAVIRA (*Campomanesia* spp.) SOBRE A QUALIDADE
DA CARNE DE FRANGO REFRIGERADA**

Acadêmica: Ana Carolina Alves Gomes

AQUIDAUANA/ MS
DEZEMBRO DE 2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**EFEITO DO REVESTIMENTO DE PECTINA INCORPORADO AO EXTRATO
DE RESÍDUOS DE GUAVIRA (*Campomanesia* spp.) SOBRE A QUALIDADE
DA CARNE DE FRANGO REFRIGERADA**

Discente: Ana Carolina Alves Gomes

Orientador: Prof. Dr. Dalton Mendes de Oliveira

Coorientadora: Profa. Dra. Elis Regina Garcia de Moura

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.”

AQUIDAUANA/ MS
DEZEMBRO DE 2025

G612e Gomes, Ana Carolina Alves

Efeito do revestimento de pectina incorporado ao extrato de resíduos de guavira (*campomanesia* spp.) sobre a qualidade da carne de frango refrigerada/ Ana Carolina Alves Gomes. -- Aquidauana, MS: UEMS, 2025.

90p.

Dissertação (Mestrado - Zootecnia) – Produção Animal no Cerrado e Pantanal – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2026.

Orientador: Profa. Dr. Dalton Mendes de Oliveira.

Co-orientadora: Dra. Elis Regina Garcia de Moura.

1. *Campomanesia* spp. 2. Carne de frango refrigerada. 3. Revestimento comestível. 4. Resíduos agroindustriais. I. Oliveira, Dalton Mendes de. II. Título.

CDD 23. ed. - 664.93

Ficha Catalográfica elaborada pela bibliotecária da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

(UEMS)

Susy dos Santos Pereira CRB1°1783

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL**

ANA CAROLINA ALVES GOMES

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, como requisito para obtenção do grau de Mestra em Zootecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 19/12/2025.

Documento assinado digitalmente



DALTON MENDES DE OLIVEIRA

Data: 29/12/2025 11:09:18-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Dalton Mendes de Oliveira (Orientador)

Dra. Elisvania Freitas dos Santos, UFMS
(participação via videoconferência)

Dra. Aylpy Renan Dutra Santos, UEMS
(participação via videoconferência)

*Universidade Estadual de
Mato Grosso do Sul*

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação a Deus, Pai Todo-Poderoso, fonte de toda sabedoria, que me guiou com toda sua Santíssima misericórdia em cada passo desta caminhada. À Nossa Senhora, Mãe Santíssima, por seu amor maternal e constante intercessão, e a São José, exemplo de fé silenciosa e trabalho fiel, por sua proteção e inspiração.

Aos meus pais, por todo amor, sacrifício e apoio incondicional pilares da minha vida, que me ensinaram o valor da perseverança e da fé.

E ao meu irmão, companheiro de vida, cuja presença me fortalece e cuja amizade é um presente precioso.

A todos vocês, minha mais profunda gratidão e amor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, fonte de força e sabedoria, por me sustentar em cada etapa desta jornada.

À minha família, meu pai, minha mãe e meu irmão, que sempre estiveram ao meu lado com amor, apoio constante e palavras de encorajamento. Sem vocês, nada disso seria possível.

Ao meu orientador, Dalton Mendes de Oliveira, pela orientação, paciência e dedicação ao longo de todo o processo. Sua confiança e ensinamentos foram essenciais para a construção deste trabalho. A professora Elis Regina Garcia de Moura, pela atenção, disponibilidade e contribuições valiosas que enriqueceram esta pesquisa.

Agradeço, em especial, aos professores Elisângela Serenato Madalozzo, Elisvânia Freitas dos Santos, Vanessa Aparecida De Moraes Weber e Fabricio de Lima Weber, pela ajuda e apoio durante o período experimental. Suas contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento deste estudo.

Ao técnico do Laboratório de Nutrição Animal, Gustavo Ruivo Salmazzo, meu sincero agradecimento por sua constante disponibilidade e auxílio nas análises laboratoriais, sempre com profissionalismo e atenção

Aos integrantes do GEQUAC, registro meu reconhecimento pela dedicação, comprometimento e colaboração ao longo de todo o percurso. Agradeço especialmente a Micheline, Carol, Isabeli e ao pós-doutorando Aylpy Renan Dutra, pela contribuição na análise estatística e interpretação dos dados, bem como a todos que, em algum momento, prestaram apoio relevante ao desenvolvimento deste trabalho. A participação de cada um foi essencial para a concretização desta etapa.

À FUNDECT – Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul, pela concessão das bolsas e pelo apoio à realização desta pesquisa.

Por fim, agradeço à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade de estudar em uma instituição pública, comprometida com a excelência e com a formação de profissionais capacitados. Sou grata a todos os professores do PGZOO e aos

funcionários da UEMS que contribuíram diretamente para o meu aprendizado e crescimento profissional ao longo dessa jornada.

SUMÁRIO

RESUMO.....	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	16
1 - INTRODUÇÃO.....	16
2- REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 <i>Carne de frango</i>	18
2.2 <i>Filmes e revestimento comestíveis</i>	19
2.3 <i>Pectina</i>	22
2.4 <i>Guavira</i>	24
3 - OBJETIVOS.....	25
3.1 <i>Objetivo Geral</i>	25
3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	25
4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
CAPÍTULO 2 – EFEITO DO REVESTIMENTO DE PECTINA ASSOCIADO AO EXTRATO DE RESÍDUOS GUAVIRA SOBRE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA CARNE DE FRANGO REFRIGERADA.....	Erro! Indicador não definido.
RESUMO.....	36
1 - INTRODUÇÃO.....	36
2 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
2.1 <i>Local e procedimentos experimentais</i>	39
2.2 <i>Produção do extrato do resíduo industrial de guavira</i>	39
2.3 <i>Preparo do revestimento comestível de pectina</i>	40
2.4 <i>Preparação das amostras</i>	40
2.5 <i>Aplicação do revestimento nas amostras</i>	41
2.6 <i>Análise de cor</i>	42
2.7 <i>pH</i>	42
2.8 <i>Perdas por purga</i>	43
2.9 <i>Perda de peso por cocção (PPC)</i>	43
3.0 <i>Força de cisalhamento</i>	43
3.3.1 <i>Análises microbiológicas dos filés</i>	44
3.3.2 <i>Análises estatísticas</i>	45
3 - RESULTADOS.....	45
4 - DISCUSSÃO.....	53

5 - CONCLUSÕES	60
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
CAPÍTULO 3 – NOTA TÉCNICA: REVESTIMENTO DE PECTINA COM EXTRATO DE GUAJIRA: CIÊNCIA APLICADA À CONSERVAÇÃO DA CARNE DE FRANGO	70
CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	74

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Estudos de avaliações de estabilidade e durabilidade de filé de peito de frango revestidos com diferentes ingredientes ativos.....	22
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros físicos de filés de frango em função do revestimento, condição e dias de armazenamento.	76
Tabela 2 - Parâmetros de cor de filés de frango em função do revestimento, condição e dias de armazenamento.	78
Tabela 3 - Resultados microbiológicos obtidos para as amostras de peito de frango e seus respectivos tratamentos.	80

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Fluxograma representando o desenho experimental adotado37
- Figura 2** – Valores médios da purga (%) em filés de peito de frango submetidos a diferentes tipos de revestimento comestível: sem revestimento (CON), revestimento de pectina (PEC) e revestimento de pectina com extrato de guavira (GUA)82
- Figura 3** – Evolução da purga (%) em filés de peito de frango armazenados sob refrigeração por 3, 6 e 9 dias, submetidos a diferentes tratamentos com revestimentos comestíveis83
- Figura 4** – Efeito da presença ou ausência de filme de PVC sobre a purga (%) em filés de peito de frango revestidos, durante armazenamento refrigerado por 3, 6 e 9 dias83
- Figura 5** – Valores médios da força de cisalhamento (N) de filés de peito de frango submetidos a diferentes tipos de revestimento comestível: CON, PEC e GUA84
- Figura 6** – Valores médios da força de cisalhamento (N) de filés de peito de frango armazenados com e sem filme PVC84
- Figura 7** – Valores médios do parâmetro de cor a^* (vermelho) em filés de peito de frango armazenados sob refrigeração, submetidos a três tratamentos de revestimento comestível85
- Figura 8** – Evolução do parâmetro de cor a^* (vermelho) em filés de peito de frango submetidos aos tratamentos CON, PEC e GUA, durante o armazenamento refrigerado por 3, 6 e 9 dias85
- Figura 9** – Valores do parâmetro de cor b^* (tonalidade amarela) de filés de peito de frango submetidos a diferentes tratamentos com ou sem a presença de filme de PVC86
- Figura 10** – Tendência do parâmetro de cor b^* (intensidade do amarelo) de filés de peito de frango revestidos com CON, PEC e GUA, durante o armazenamento refrigerado86
- Figura 11** – Comportamento do parâmetro de cor b^* (intensidade do amarelo) em filés de peito de frango revestidos, durante armazenamento refrigerado por 3, 6 e 9 dias87
- Figura 12** – Valores médios do parâmetro de cor c^* (croma) em filés de peito de frango submetidos a CON, PEC e GUA, com e sem embalagem de PVC87
- Figura 13** – Evolução do parâmetro de cor c^* (croma) em filés de peito de frango submetidos aos tratamentos CON, PEC e GUA com embalagem de PVC, durante o armazenamento refrigerado88

- Figura 14** – Variação do parâmetro de cor c^* (croma) em filés de peito de frango armazenados sob as condições com PVC e sem PVC, durante o armazenamento refrigerado88
- Figura 15** – Valores médios do parâmetro de cor h° (matiz) em filés de peito de frango submetidos aos tratamentos CON, PEC e GUA, com e sem embalagem de PVC89
- Figura 16** – Regressões dos valores médios de h° (matiz) em filés de peito de frango submetidos aos tratamentos CON, PEC e GUA durante o armazenamento refrigerado89
- Figura 17** – Influência da condição de armazenamento de filés de peito de frango sobre o parâmetro h° ao longo dos dias de armazenamento refrigerado90

LISTA DE ABREVIACÃO

- ABPA** – Associação Brasileira de Proteína Animal
- APHA** – American Public Health Association
- ASE** – Accelerated Solvent Extractor
- BTM** – Baixo teor de metoxilização
- CIE Lab** – Commission Internationale de l'Éclairage (Sistema de Cor Lab*)
- CON** – Tratamento controle (sem revestimento)
- CRA** – Capacidade de Retenção de Água
- D** – Dia de armazenamento
- GEPENEX** – Grupo de Pesquisa em Nutrição Experimental
- GUA** – Revestimento com pectina + extrato de guavira
- h°** – Ângulo de matiz (parâmetro de cor)
- IN** – Instrução Normativa
- IN 161/2022** – Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022
- IN 313/2024** – Instrução Normativa nº 313, de 4 de setembro de 2024
- PEC** – Revestimento com pectina
- PVC** – Policloreto de vinila
- PPC** – Perda de Peso por Cocção
- R** – Efeito do revestimento
- R²** – Coeficiente de determinação
- R*C** – Interação entre revestimento e condição de armazenamento
- R*D** – Interação entre revestimento e dias de armazenamento
- RCD** – Interação entre revestimento, condição e dias de armazenamento
- RDC 724/2022** – Resolução da ANVISA nº 724, de 1º de julho de 2022
- SEM** – Condição sem embalagem de PVC
- UFC/g** – Unidades Formadoras de Colônias por grama
- UEMS** – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
- UFMS** – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
- WBsSF** – Warner-Bratzler Square Shear Force (força de cisalhamento padroniza

RESUMO

A carne de frango, de grande importância econômica no Brasil, é altamente perecível, demandando métodos eficazes de preservação. Revestimentos comestíveis à base de biopolímeros e compostos bioativos, como os obtidos da guavira (*Campomanesia spp.*), fruta do Cerrado rica em compostos fenólicos, oferecem alternativa sustentável que agrega valor e reduz desperdícios. Este estudo teve por objetivo desenvolver e avaliar revestimentos de pectina, com e sem adição de extrato de resíduos industriais de guavira, aplicados sobre filés de peito de frango *in natura*, armazenados ou não em filme PVC, a 4 ± 1 °C por até nove dias. As amostras foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial $3 \times 2 \times 3$, envolvendo três tratamentos de superfície, duas condições de embalagem e três períodos de armazenamento, totalizando 18 combinações e 126 amostras analisadas. Foram realizadas análises físico-químicas (pH, cor, perda por purga, perda por cocção e força de cisalhamento) e microbiológicas das amostras. Os resultados revelaram que a interação entre revestimento, embalagem e tempo de armazenamento influenciou a estabilidade físico-química e microbiológica. O tratamento GUA COM PVC demonstrou um efeito conservante superior, mantendo o pH mais baixo (5,88) ao final do período de estocagem (Dia 9), sendo significativamente inferior ao grupo controle (6,73). Este revestimento promoveu também a maior retenção hídrica, evidenciada pelo registro da menor purga média (2,42%) na combinação GUA COM PVC. Em relação à cor, o GUA COM PVC preservou a luminosidade (L^*) de forma mais estável (57,72 no 9º dia) e manteve a maciez da carne, ao passo que a pectina isolada aumentou a resistência ao corte. Microbiologicamente, a ação dos compostos fenólicos no GUA COM PVC inibiu o crescimento de mesófilos aeróbios até o 6º dia, com todos os parâmetros permanecendo dentro dos limites legais. Conclui-se que a associação de revestimentos bioativos prolonga a vida útil da carne de frango refrigerada, valorizando resíduos do Cerrado e apresentando potencial aplicação industrial.

Palavras-chave: *Campomanesia spp.*, carne de frango refrigerada, revestimento comestível, resíduos agroindustriais.

ABSTRACT

Chicken meat, which is of great economic importance in Brazil, is highly perishable, requiring effective preservation methods. Edible coatings based on biopolymers and bioactive compounds, such as those obtained from guavira (*Campomanesia* spp.), a fruit from the Cerrado region rich in phenolic compounds, offer a sustainable alternative that adds value and reduces waste. This study aimed to develop and evaluate pectin coatings, with and without the addition of guavira industrial waste extract, applied to fresh chicken breast fillets, stored or not in PVC film, at 4 ± 1 °C for up to nine days. The samples were distributed in a completely randomized design, in a $3 \times 2 \times 3$ factorial scheme, involving three surface treatments, two packaging conditions, and three storage periods, totaling 18 combinations and 126 samples analyzed. Physical-chemical (pH, color, loss by purging, loss by cooking, and shear force) and microbiological analyses were performed to evaluate the interaction between coating, packaging, and storage time. The results revealed that the interaction between coating, packaging, and storage time influenced physical-chemical and microbiological stability. The GUA WITH PVC treatment demonstrated a superior preservative effect, maintaining a lower pH (5.88) at the end of the storage period (Day 9), significantly lower than the control group (6.73). This coating also promoted greater water retention, evidenced by the lowest average purge (2.42%) in the GUA WITH PVC condition. In terms of color, GUA WITH PVC preserved brightness (L^*) more stably (57.72 on day 9) and maintained meat tenderness, while isolated pectin increased cutting resistance. Microbiologically, the action of phenolic compounds in GUA WITH PVC inhibited the growth of aerobic mesophiles until the 6th day, with all microbial counts remaining within legal limits. It is concluded that the combination of bioactive coatings and physical barriers prolongs the shelf life of refrigerated chicken meat, adding value to Cerrado waste and presenting potential industrial application.

Keywords: *Campomanesia* spp, refrigerated chicken meat, edible coating, agro-industrial waste.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 - INTRODUÇÃO

A produção de carne de frango no Brasil prevê um crescimento sustentado para a safra 2024/25, impulsionado por avanços tecnológicos, melhorias na eficiência produtiva e expansão nos mercados internacionais (CONAB, 2024). Simultaneamente a essa consolidação econômica, nota-se uma preocupação crescente com a qualidade do produto final, principalmente no que se refere ao seu valor nutricional e à segurança alimentar. As intervenções nutricionais no manejo de frangos têm elevado o valor energético da carne e reforçado sua ligação com benefícios para a saúde pública, especialmente no que diz respeito à saúde cardiometabólica (CONNOLLY; CAMPBELL, 2023; GOLUCH et al., 2023).

Contudo, a conservação de carnes *in natura*, como o peito de frango, continua a representar um desafio crítico, uma vez que o produto é altamente suscetível a alterações microbiológicas, químicas e sensoriais durante o armazenamento refrigerado. A degradação oxidativa e o crescimento microbiano comprometem diretamente a estabilidade do alimento, exigindo o desenvolvimento de tecnologias de preservação que aliem eficácia e segurança (AMARAL; SILVA; LANNES, 2018; AUGUSTYŃSKA-PREJSNAR et al., 2024). Estratégias como o uso de embalagens funcionais e tecnologias de revestimentos comestíveis antimicrobianos e antioxidantes têm demonstrado resultados promissores nesse sentido (GARAVITO et al., 2020; EL-DESOUKY, 2025).

No contexto das estratégias convencionais de conservação, o filme de policloreto de vinila (PVC) permanece como o padrão de mercado para o acondicionamento de carne *in natura* em bandejas de poliestireno (PINHEIRO; STOPIGLIA, 2018; SANTOS et al., 2022). Sua elevada permeabilidade a gases, embora adequada para a comercialização de curto prazo, limita a manutenção da qualidade, pois o aporte contínuo de oxigênio favorece o crescimento de microrganismos aeróbios e intensifica reações oxidativas lipídicas e proteicas. Esses processos comprometem a estabilidade da cor e reduzem

significativamente a vida útil do produto (SANTOS et al., 2022).

Como alternativas, os revestimentos comestíveis à base de polissacarídeos vêm se destacando por sua capacidade de inibir a oxidação e o crescimento microbiano, promovendo a extensão da vida útil das carnes sem recorrer a aditivos sintéticos (YUAN; MEI; XIE, 2024). A incorporação de compostos bioativos em matrizes poliméricas, como os de pectina com óxido de zinco, tem fortalecido o vínculo entre inovação tecnológica e sustentabilidade na indústria alimentícia (PRZYBYSZEWSKA et al., 2023). Além disso, a valorização de resíduos agroindustriais como fonte de bioativos naturais contribui para práticas alinhadas à economia circular (FROSI et al., 2023).

A crescente demanda por embalagens naturais e funcionais tem intensificado a busca por extratos vegetais com propriedades antioxidantes e antimicrobianas, capazes de agregar valor aos revestimentos comestíveis (QAMAR et al., 2020; REVUTSKAYA et al., 2024). Nesse contexto, destaca-se o potencial de espécies nativas, como a guavira (*Campomanesia adamantium*), amplamente reconhecida por sua alta concentração de compostos fenólicos e flavonoides (BARBOSA, 2009; COELHO et al., 2023).

Além de seus efeitos bioativos, a guavira apresenta relevância estratégica ao integrar aspectos socioambientais e biotecnológicos. No âmbito socioambiental, sua utilização valoriza a biodiversidade regional, contribui para a conservação do Cerrado e fortalece a agricultura familiar e as comunidades tradicionais. No campo biotecnológico, a espécie demonstra potencial para o desenvolvimento de produtos sustentáveis, como farinhas, óleos e conservantes naturais, que podem substituir insumos sintéticos e agregar valor à cadeia produtiva (ZORGETTO-PINHEIRO et al., 2023).

Apesar dos avanços na área, a literatura ainda carece de estudos que explorem de forma prática e aplicada o uso da guavira como ingrediente funcional em revestimentos comestíveis voltados à conservação de carnes. Diante disso, a presente pesquisa propõe o desenvolvimento de um revestimento comestível à base de pectina enriquecido com extrato de guavira, aplicado ao peito de frango *in natura*, com o objetivo de avaliar seus efeitos sobre a estabilidade qualitativa e microbiológica do produto durante o armazenamento refrigerado.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Carne de frango: qualidade e desafios

A carne de frango é uma fonte de proteínas de alto valor biológico, além de fornecer vitaminas e minerais essenciais, sendo amplamente recomendada na alimentação humana (ARAÚJO, 2021). Nas últimas décadas, o consumo de carne de frango apresentou um crescimento expressivo, impulsionado por diversos fatores, entre eles: preço acessível, facilidade de preparo e maior aceitação por diferentes faixas etárias (KLEIN; LUNA, 2023).

Atualmente, o Brasil mantém-se como líder mundial na exportação de carne de frango e, em 2024, o consumo per capita nacional atingiu 45,6 kg por habitante, representando um aumento de 1,1% em relação ao ano anterior (ABPA, 2024).

A aparência da carne, especialmente sua cor e frescor, são fatores determinantes na decisão de compra dos consumidores, que buscam produtos com coloração brilhante e sem imperfeições (SUJIWO; KIM; JANG, 2018). Para preservar essas características, a carne de frango é frequentemente armazenada em ambientes controlados; contudo, tais medidas nem sempre são eficazes na manutenção de suas propriedades organolépticas por períodos prolongados (MEZAROBA, 2014).

Ademais, a carne de frango *in natura* é altamente suscetível à deterioração, apresentando vida útil limitada devido à oxidação de lipídios e proteínas, bem como à contaminação microbiana. Essas alterações comprometem as propriedades sensoriais e nutricionais do produto (AMARAL; SILVA; LANNES., 2018). A elevada atividade de água, o alto teor de ácidos graxos insaturados e a riqueza nutricional tornam a carne um meio propício para o crescimento microbiano. Portanto, é essencial que a indústria adote estratégias eficazes para prolongar a vida útil da carne e preservar sua qualidade (DOMÍNGUEZ et al., 2018; MOURA-ALVES et al., 2023).

A qualidade microbiológica da carne está diretamente relacionada às diversas etapas de produção, desde o processamento até as condições de armazenamento e comercialização. A presença de microrganismos como *Clostridium spp.*, *Enterobacteriaceae*, *Salmonella spp* e *Staphylococcus spp.* pode indicar falhas nas práticas higiênico-sanitárias, representando riscos à saúde do consumidor (HANGUI et al., 2014; BARCO et al., 2015).

A oxidação lipídica leva à formação de compostos como hidroperóxidos, aldeídos de cadeia curta e cetonas, que prejudicam as características sensoriais da carne, conferindo sabores indesejáveis (ranço) e podendo gerar substâncias nocivas associadas a efeitos adversos à saúde humana (DOMÍNGUEZ et al., 2018). A oxidação proteica provocada pela contaminação microbiana, por sua vez, desenvolve modificações estruturais e composicionais das proteínas induzidas por espécies reativas de oxigênio, resultando na perda de funcionalidade, diminuição da capacidade de retenção de água, redução da maciez e comprometimento da qualidade nutricional (OKE et al., 2024).

Diante desses desafios, a indústria tem investido no desenvolvimento de tecnologias inovadoras com o objetivo de prolongar a vida útil da carne fresca. Entre essas soluções destacam-se os revestimentos comestíveis, que atuam como barreiras físicas e funcionais contra agentes externos, podendo incorporar compostos bioativos com propriedades antioxidantes e antimicrobianas (MOURA-ALVES et al., 2023).

Ainda assim, observa-se uma lacuna significativa na literatura no que se refere ao uso sistemático desses extratos bioativos na formulação de revestimentos destinados à carne de frango, o que reforça a relevância da presente investigação.

2.2 Filmes e revestimento comestíveis

Os revestimentos comestíveis vêm sendo utilizados há várias décadas com intuito de proteger e dar brilho aos alimentos, principalmente a frutas e vegetais. Nos últimos anos, os revestimentos se tornaram indispensáveis para preservar a qualidade organoléptica dos produtos alimentícios, principalmente no meio agrícola (ONGARATTO; VITAL; PRADO, 2022).

Filmes e revestimentos são camadas finas que são aplicadas sobre os alimentos com intuito de prolongar sua vida de prateleira, protegendo-os contra agentes externos. O filme é considerado uma fina película elaborada e aplicada sobre os alimentos. Enquanto, o revestimento é uma emulsão ou suspensão, aplicada sobre a superfície do produto, formando uma fina película após a secagem (VILLADIEGO et al., 2004). Apesar de serem diferentes, ambos atuam da mesma maneira, preservando o alimento (VASCONEZ et al., 2009).

Dessa forma, revestimentos comestíveis podem ser usados para melhorar as características intrínsecas e a integridade mecânica dos produtos, impedindo a migração de umidade, oxigênio e dióxido de carbono, bem como adicionando aditivos como antioxidantes e antimicrobianos (ROJAS-GRAU; SOLIVA-FORTUMY; MARTÍN-BELLOSO, 2009).

Na indústria de carnes, os revestimentos vêm sendo estudados com intuito de reduzir a carga microbiana, impedir que a superfície da carne fresca se desidrate e preservar características organolépticas de diferentes espécies animais (carne bovina, suína, peixe e frango) e consequentemente estender a vida de prateleira de produtos cárneos (ANTONIEWSKI, 2007).

No entanto, a eficiência dos revestimentos comestíveis depende diretamente de suas propriedades de barreira e da compatibilidade entre os componentes da matriz polimérica. A combinação adequada de biopolímeros como polissacarídeos, proteínas e lipídeos influencia a proteção contra gases, umidade e compostos voláteis, fundamentais para a conservação da carne (MIHALCA et al., 2021; GAUTAM et al., 2023; MUÑOZ-TEBAR et al., 2023; HASHEMI et al., 2023). Segundo Culqui Aece et al. (2025), a modificação dessas matrizes permite melhorar propriedades mecânicas e funcionais. Varghese et al. (2023) reforçam que resíduos agroindustriais oferecem compostos promissores, desde que bem integrados à matriz, evitando instabilidades estruturais. Assim, a escolha e a compatibilidade dos materiais são determinantes para o desempenho e sustentabilidade desses sistemas.

Nesse sentido, estudos recentes têm investigado a eficácia do uso de revestimentos comestíveis na qualidade da carne. Pinto et al., (2019) observaram a redução da oxidação lipídica de filés de tilápia revestidos com farinha de aveia. Para Vital et al., (2018), o revestimento contendo alginato à base de óleos essenciais de gengibre e orégano reduziu a oxidação lipídica de filés embalados, demonstrando que a atividade antioxidante dos óleos influenciou positivamente na qualidade sensorial do produto, especialmente em relação ao odor.

Além da função de barreira, os filmes também permitem à proteção contra agentes patogênicos. Abbasi et al. (2023) observaram redução na contaminação microbiológica (*Salmonella typhi*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* e *Listeria innocua*), oxidação lipídica e proteica em carne

de cordeiro após 10 dias de armazenamento a 4 °C. Além disso, a inclusão de extrato de manjeriço (*Ocimum spp*) (1% e 2% m/v) em cobertura à base de alginato aumentou a atividade antioxidante de eliminação do radical DPPH em 89,0% e 68,5% e reduziu a oxidação lipídica em 48,5 e 44,4% em carne bovina com as concentrações de 1 e 2% de extrato, respectivamente (ALEXANDRE, et al., 2020).

Além disso, estes revestimentos podem servir como suporte para uma variedade de aditivos alimentares, como produtos antimicrobianos e antioxidantes, bem como fontes naturais de óleos essenciais ou extratos vegetais, corantes, aromatizantes e probióticos. Esses aditivos podem prolongar a vida útil dos produtos e reduzir a probabilidade de que patógenos se desenvolvam na superfície dos alimentos (FIROUZ; MOHI-ALDEN; OMID., 2021).

Ainda que os resultados sejam positivos, há desafios na conservação de alimentos. Há carência de pesquisas que explorem formulações sustentáveis, utilizando compostos ativos obtidos de resíduos agroindustriais integrados a matrizes biopoliméricas compatíveis com carnes.

O quadro a seguir apresenta estudos recentes que investigaram o uso de diferentes matrizes e compostos ativos em revestimentos aplicados à carne de frango, evidenciando seus efeitos sobre a estabilidade e a durabilidade do produto.

Quadro 1 - Estudos de avaliações de estabilidade e durabilidade de filé de peito de frango revestidos com diferentes ingredientes ativos

Revestimento	Ingrediente ativo	Produto testado	Principais efeitos	Referência
Filme comestível de trigo-glúten	Óleo essencial e resina de <i>Pistacia vera L.</i>	Filé de peito de frango, armazenado por 12 dias a 8 °C	As amostras revestidas apresentaram aparência, odor e aceitação geral significativamente superiores às amostras cruas não revestidas.	BARAZI; MEHMETOG; ERMEN, (2023).
Quitosana-gelatina	Extrato etanólico de alecrim (<i>Rosmarinus officinalis L.</i>)	Peito de frango cozido e liofilizado armazenado por até 6 meses	Proporcionou melhor retenção de cor, textura e aparência, além de proteger contra a oxidação lipídica.	YEDDES et al., (2025)
Quitosana	Óleo essencial de <i>Artemisia fragrans</i>	Filé de peito de frango armazenado a 4 °C por 12 dias	Redução de pH e TBARs; controle microbiano superior.	YAGHOUBI, et al., (2021)
Carboximetilcelulose	Extrato etanólico de própolis	Peito de frango armazenado a 2 °C por 16 dias	Menor perda de peso e oxidação lipídica, maior estabilidade de cor.	EL SHEIKHA et al., (2022)
Quitosana	Pó de cúrcuma	Peito de frango armazenado por 10 dias a 4 °C	Inibição do crescimento de microrganismos. Preservação da aparência, textura e sabor.	MHASKE et al., (2023)

2.3 Pectina

A pectina é um polissacarídeo natural de estrutura complexa, presente principalmente na parede celular de plantas, onde desempenha função estrutural. Industrialmente, é obtida a partir de subprodutos agroindustriais, como bagaço de maçã e cascas de frutos cítricos, sendo amplamente utilizada na indústria de alimentos devido às suas propriedades tecnológicas e funcionais (FREITAS et al., 2021; DANG et al., 2024).

Tradicionalmente, a pectina é empregada como agente gelificante e estabilizante em produtos como geleias, compotas, iogurtes e bebidas (YI et al., 2024). Além desse uso convencional, tem ganhado destaque no desenvolvimento de materiais de embalagem e revestimentos comestíveis, em razão de sua biodegradabilidade, biocompatibilidade e capacidade de formar filmes contínuos (SYARIFUDDIN et al., 2025).

No contexto da conservação de alimentos, a pectina tem sido investigada como matriz polimérica para revestimentos comestíveis, isoladamente ou associada a compostos bioativos. Estudos demonstram que a incorporação de extratos naturais de plantas em matrizes de pectina contribui para a preservação da qualidade dos alimentos durante o armazenamento, além de potencializar a atividade antioxidante do sistema (EÇA et al., 2015). A eficácia desses revestimentos já foi comprovada em produtos vegetais (VALDÉS et al., 2015; GUTIERRY-PACHECO et al., 2017; CAZON et al., 2017) e em produtos cárneos, como carne bovina, carne suína e derivados, incluindo salsichas e presuntos (NASTASI et al., 2022).

A utilização da pectina em sistemas de embalagem ativa está alinhada às demandas por soluções sustentáveis e eficientes para a conservação de alimentos. Entre os polissacarídeos aplicados na formulação de filmes comestíveis, a pectina destaca-se pela boa adesão à superfície de carnes e pela compatibilidade com compostos bioativos (PIRES et al., 2024).

Estudos adicionais indicam que a pectina contribui para melhorias nas propriedades mecânicas e de barreira dos filmes, especialmente quando combinada a outros polissacarídeos, resultando em materiais biodegradáveis com maior resistência e eficiência para aplicações em embalagens alimentícias (URSACHI; OROIAN; SPINEI, 2024). Na aplicação direta em carnes, revestimentos à base de pectina enriquecidos com extratos vegetais têm demonstrado efeitos positivos na manutenção das propriedades físico-químicas, redução da oxidação lipídica e melhoria da estabilidade durante o armazenamento refrigerado (NASCIMENTO, 2022; COSTA, 2021; SASAKI, 2021; FERREIRA, 2023).

2.4 Guavira

A guavira (*Campomanesia* spp.), também conhecida como guabiroba, é uma fruta nativa do Cerrado brasileiro que tem despertado crescente interesse devido às suas propriedades nutricionais e terapêuticas. Esse interesse está diretamente relacionado à sua composição química, rica em compostos bioativos, como ácidos fenólicos, flavonoides (ex. catequinas) e ácido ascórbico, os quais conferem elevada atividade antioxidante e antimicrobiana (PEREIRA et al., 2012; MORZELLE et al., 2015; SILVA; FONSECA, 2016).

Além de seu valor funcional, a guavira possui grande relevância regional. Dentre as espécies mais comuns no Cerrado brasileiro, destacam-se *C. adamantium*, *C. xanthocarpa*, *C. pubescens*, *C. sessiliflora* e *C. eugenioides*, todas com ocorrência registrada no estado de Mato Grosso do Sul (CAMPOS et al., 2023). Seus frutos são amplamente utilizados na elaboração de sucos, geleias, licores e sorvetes, agregando valor à cadeia produtiva regional.

Estudos como os de Cardoso et al. (2010) demonstraram que extratos hexânicos do fruto de *C. adamantium* inibiram significativamente o crescimento de microrganismos patogênicos como *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* e *Salmonella setúbal*. De maneira semelhante, Coutinho et al. (2009) identificaram efeito antimicrobiano de óleos voláteis extraídos de flores e frutos da guavira contra *S. aureus* e *P. aeruginosa*.

Apesar das evidências experimentais sobre o potencial antioxidante e antimicrobiano da guavira, ainda há escassez de estudos que investiguem sistematicamente sua aplicação em sistemas de revestimentos comestíveis voltados à conservação de carnes. Essa lacuna aponta para a necessidade de investigações que estabeleçam correlações científicas entre a composição fitoquímica do extrato e os efeitos sobre a qualidade físico-química e microbiológica de produtos cárneos.

A literatura também descreve aplicações terapêuticas de extratos da guavira em distúrbios metabólicos, inflamatórios e neurodegenerativos, evidenciando seu potencial como alimento funcional (BIAVATTI et al., 2004; COUTINHO et al., 2009).

Do ponto de vista fitoquímico, a guavira apresenta concentrações significativas de compostos fenólicos ($229,37 \pm 1,04$ mg GAE/100g), ácido ascórbico ($74,44 \pm 0,03$ mg/100g) e elevada capacidade antioxidante ($14,54 \pm$

1,0 $\mu\text{mol Trolox/g}$), como reportado por LIMA et al. (2016). Esses atributos posicionam o fruto como matéria-prima promissora na formulação de revestimentos ativos para alimentos perecíveis.

Além disso, Barbosa-Pereira et al. (2014) e Yeddes et al. (2025) destacam que extratos vegetais ricos em fenóis desempenham papel fundamental na eliminação de radicais livres, reduzindo o estresse oxidativo que leva à rancificação e à degradação sensorial.

Portanto, o uso da guavira e de seus subprodutos como ingredientes funcionais em sistemas de embalagem representa uma abordagem inovadora e sustentável para a indústria alimentícia. No entanto, são necessárias pesquisas mais robustas que comprovem sua eficácia em aplicações tecnológicas específicas, como o prolongamento da vida útil de carnes refrigeradas por meio de revestimentos comestíveis.

3 - OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito de revestimentos comestíveis à base de pectina, incorporados com extratos de resíduos agroindustriais de guavira (*Campomanesia spp.*), associados ao uso ou não de embalagens de PVC sobre os parâmetros físico-químicos e microbiológicos de filés de peito de frango armazenados refrigerados por diferentes períodos.

3.2 Objetivos Específicos

- Elaborar revestimentos comestíveis à base de pectina, com e sem adição de extrato de resíduos agroindustriais de guavira, e aplicá-los sobre filés de peito de frango.
- Avaliar os efeitos dos revestimentos, da presença ou ausência de embalagem em filme de PVC e dos distintos períodos de armazenamento refrigerado sobre os parâmetros físico-químicos da carne, incluindo pH, perda de umidade (purga), perda de peso por cocção, atributos de cor (L^* , a^* , b^* e h°) e força de cisalhamento.
- Analisar a atividade antimicrobiana dos revestimentos em função da interação entre o tipo de revestimento, o uso de embalagem em PVC e o

tempo de armazenamento, considerando a contagem de microrganismos mesófilos aeróbios, a detecção de *Escherichia coli* e a confirmação da ausência de *Salmonella spp.*

- Investigar a eficácia dos revestimentos comestíveis na preservação da qualidade da carne de frango, levando em consideração a influência simultânea da formulação do revestimento, da utilização de embalagem em PVC e da duração do armazenamento refrigerado.

4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBASI, A.; SABAH, S.; BAZZAZ, S.; TAJANI, A. G.; LAHOUTY, M.; ASLANI, R.; HOSSEINI, H. An edible coating utilizing Malva sylvestris seed polysaccharide mucilage and postbiotic from *Saccharomyces cerevisiae* var *boulardii* for the preservation of lamb meat. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 246, 2023.
- ABPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL**. *Relatório Anual 2024*. São Paulo: ABPA, 2024. Disponível em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2024/04/ABPA-Relatorio-Anual-2024_capa_frango.pdf. Acesso em: 22 abr. 2025.
- ALEXANDRE, S.; VITAL, A. C. P.; MOTTIN, C.; PRADO, R. M.; ORNAGHI, M. C.; RAMOS, T. R.; GUERRERO, A.; PILAU, E. J.; PRADO, I. N. Use of alginate edible coating and basil (*Ocimum spp*) extracts on beef characteristics during storage. **Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 58, n. 10, p. 3835–3843, 2020.
- AMARAL, A. B.; SILVA, M. V. da; LANNES, S. C. da S. Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors – a review. *Food Science and Technology*, v. 38, p. 1–15, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.32518>. Acesso em: 18 fev. 2025.
- ANTONIEWSKI, M. N.; BARRINGER, S. A.; KNIPE, C. L.; ZERBY, H. N.; Effect of a Gelatin Coating on the Shelf Life of Fresh. **Meat Journal of Food Science**, [s. l.], v. 72, p. 382–387. 2007.
- ARAÚJO, P. L. **Análise do consumo de carne de frango e sua contribuição nutricional na dieta humana**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Nutrição) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Cuité, 2021.
- AUGUSTYŃSKA-PREJSNAR, A.; KAČÁNIOVÁ, M.; HANUS, P.; SOKOŁOWICZ, Z.; SŁOWIŃSKI, M. Microbial and sensory quality changes in broiler chicken breast meat during refrigerated storage. *Foods*, v. 13, p. 4063, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13244063>. Acesso em: 3 abr. 2025.
- BARAZI, A. Ö.; MEHMETOĞLU, A. Ç.; ERKMEN, O. A novel edible coating produced from a wheat gluten, Pistacia vera L. resin, and essential oil blend: antimicrobial effects and sensory properties on chicken breast fillets. *Foods*, Basel, v. 12, p. 2276, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods12122276>. Acesso em: 3 abr. 2025.
- BARBOSA-PEREIRA, L.; AURREKOETXEA, G. P.; ANGULO, I.; PASEIRO-LOSADA, P.; CRUZ, J. M. Development of new active packaging films coated with natural phenolic compounds to improve the oxidative stability of beef. **Meat Science**, Oxford, v. 97, n. 2, p. 249–254, jun. 2014. Disponível: DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.02.006. PMID: 24598072. Acesso em: 30 jul. 2025.

- BARCO, L.; BELLUCO, S.; ROCCATO, A.; RICCI, A. A systematic review of studies on *Escherichia coli* and Enterobacteriaceae on beef carcasses at the slaughterhouse. **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], v. 207, p. 30-39, 2015.
- BARREIRO, Eric. **Utilização de cobertura comestível à base de pectina de baixa metoxilação e ácido cinâmico em morango refrigerado**. 2016. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira, Medianeira, 2016.
- BIAVATTI, M. W.; FARIAS, C.; CURTIUS, F.; BRASIL, L. M.; HORT, S.; SCHUSTER, L.; LEITE, S. N.; PRADO, S. R. Preliminary studies on *Campomanesia xanthocarpa* (Berg.) and *Cuphea carthagenensis* (Jacq.) J. F. Macbr. aqueous extract: weight control and biochemical parameters. **Journal of Ethnopharmacology**, Oxford, v. 93, p. 385–389, 2004.
- BORTOLOTTI, I. M.; FEHLAUER, T. J. Bioeconomia e sociobiodiversidade na perspectiva agroecológica para o bem viver. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 129-150, 2023.
- CAMPOS, R. P.; BORTOLOTTI, I. M.; GOMES, R. J. B.; GUTIERREZ, L. A. L.; FEHLAUER, T. J.; MIRANDA, S. H. G. de. Sociobiodiversity products: potential of sustainable agroextractivism in Mato Grosso do Sul. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. 26, e00843, 2023.
- CARDOSO, C. A. L.; SALMAZZO, G. R.; HONDA, N. K.; PRATES, C. B.; VIEIRA, M. C.; COELHO, R. G. Antimicrobial activity of the extracts and fractions of hexanic fruits of *Campomanesia* Species (Myrtaceae). **Journal of Medicinal Food**, [s. l.], v.13, no. 5, p. 1273-1276, 2010.
- CAZON, P.; VELAZQUEZ, G.; RAMÍREZ, J. A.; VAZQUEZ, M. Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: a review. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 68, p. 136–148, 2017.
- COELHO, D. V. B. S. de A.; VIEIRA, M. do C.; HEREDIA-ZÁRATE, N. A.; CARNEVALI, T. de O.; CARDOSO, C. A. L.; CARNEVALI, N. H. de S. Organic residues influences the production and antioxidant activity of *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. **Revista Ceres**, v. 70, n. 3, p. 64–71, maio 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-737X202370030007>. Acesso em: 31 maio 2025.
- COSTA, Rithiely Rodrigues. **Caracterização físico-química de revestimento comestível de pectina do maracujá com adição de nanopartículas de zinco na shelf life da seriguela (*Spondias purpúrea* L.)**. Trabalho de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Instituto Federal Goiano, Câmpus Rio Verde, 2021.
- COUTINHO, I. D.; CARDOSO, C. A. L.; RÉ-POPPIL, N.; MELO, A. M.; VIEIRA, M. C.; HONDA, N. K.; COELHO, R.O. Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) and evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of essential oil of

Campomanesia adamantium (Cambess.) O. Berg (Guavira). **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, [s. l.], v. 45, n. 4, p. 767–776, 2009.

CONNOLLY, G.; CAMPBELL, W. W. Poultry consumption and human cardiometabolic health-related outcomes: a narrative review. *Nutrients*, v. 15, p. 3550, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu15163550>. 18 fev. 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Perspectivas para a agropecuária: safra 2024/25. Brasília, v. 12, p. 1-144, ago. 2024. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. ISSN 2318-3241. Acesso em: 18 JUL. 2025.

CULQUI-ARCE, C.; MORI, M. D.; Fernández, J. A.B.; Cruzalegui, R. J.; Mori Zababurú, R.C.; Vergara, A. J.; Cayo, C. I. S.; da Silva, J.G.; Araujo, N.M.P.; Castro-Alayo, E. M.; Balcázar, Z.C.R. Polymers Derived from Agro-Industrial Waste in the Development of Bioactive Films in Food. **Polymers** (Basel). 2025.

DANG, G; LI, J.; YIN, C.; WANG, W.; ZHANG, K.; ZHONG, R.; CHEN, L.; ZHANG, H.; SCHROYEN, M. Deciphering pectin: a comprehensive overview of its origins, processing, and promising utility. **ACS Omega**, [S.l.], v. 10, p. 1–15, 2024.

DOMÍNGUEZ, R.; BARBA, B.F.J; GÓME, P; PUTNIK, D.B; KOVAĚEVIŤ, M; PATEIRO, E.M; SANTOS, E.J.M LORENZO. Active packaging films with natural antioxidants to be used in meat industry: A review. **Food Research International**, p. 93-101. 2018.

EÇA, K. S.; MACHADO, M. T. C.; HUBINGER, M. D.; MENEGALLI, F. C. Development of active films from pectin and fruit extracts: light protection, antioxidant capacity, and compounds stability. **Journal of Food Science**, v. 80, n. 11, p. C2389-C2396, nov. 2015. Disponível em: Europe PMC. Acesso em: 13 maio 2025.

EL SHEIKHA, A. F.; ALLAM, A. Y.; ELOBEID, T.; BASIOUNY, E. A.; ABDELAAL, A. A.; AMAROWICZ, R.; OZ, E.; PROESTOS, C.; KARRAR, E.; OZ, F. **Impact of a Carboxymethyl Cellulose Coating Incorporated with an Ethanolic Propolis Extract on the Quality Criteria of Chicken Breast Meat**. *Antioxidants*, v. 11, n. 1191, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox11061191>. Acesso em: 3 abr. 2025.

EL-DESOUKY, Tarek. Degradation of amoxicillin residues in chicken meat with a combination of ozonation and ultrasound. *Discover Applied Sciences*, v. 7, 2025. DOI: 10.1007/s42452-025-06669-z. Acesso em: 3 out. 2025.

FERREIRA, J. S. M. *Desenvolvimento, aplicação e avaliação de um revestimento de quitosano com extrato de folhas de oliveira para conservação de filetes de cavala*. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biológica) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2023. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/94839/1/Joana%20Sofia%20Miranda%20Ferreira.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2025.

FIROUZ, M. S.; MOHI-ALDEN, K.; OMID, M. A critical review on intelligent and active packaging in the food industry: Research and development. **Food Research International**, [s. l.], v. 141. p. 110-113. 2021.

- FREITAS, C. M. P.; COIMBRA, J. S. R.; SOUZA, V. G. L.; SOUSA, R. C. Superbi. Structure and applications of pectin in food, biomedical, and pharmaceutical industry: A review. **Coatings, Basel**, v. 11, n. 8, p. 922, 2021.
- FROSI, I.; BALDUZZI, A.; MORETTO, G.; COLOMBO, R.; PAPETTI, A. Towards valorization of food-waste-derived pectin: recent advances on their characterization and application. *Molecules*, v. 28, p. 6390, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28176390>. Acesso em: 30 set. 2025.
- GAUTAM, S.; LAPČÍK, L.; LAPČÍKOVÁ, B.; GÁL, R. Emulsion-based coatings for preservation of meat and related products. **Foods**, Basel, v. 12, n. 832, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods12040832>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- GARAVITO, J.; MONCAYO-MARTÍNEZ, D.; CASTELLANOS, D. A. Avaliação de revestimentos antimicrobianos na conservação e vida útil de filés de peito de frango frescos sob refrigeração. *Foods*, v. 9, p. 1203, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9091203>. Acesso em: 18 jan. 2025.
- GUTIERREZ-PACHECO, M. M.; ORTEGA-RAMIREZ, L. A.; CRUZVALENZUELA, M. R.; SILVAESPINOZA, B. A.; GONZALEZ-AGUILAR, G. A.; AYALA-ZAVALA, J. F. Combinational approaches for antimicrobial packaging: pectin and cinnamon leaf oil. In: BARROS-VELÁZQUEZ, J. (ed.). **Antimicrobial food packaging**. San Diego: Academic Press, 2017.
- GOLUCH, Z.; SŁUPCZYŃSKA, M.; OKRUSZEK, A.; HARAF, G.; WEREŃSKA, M.; WOŁOSZYN, J. The energy and nutritional value of meat of broiler chickens fed with various addition of wheat germ expeller. *Animals*, v. 13, p. 499, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani13030499>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- HANGUI, S. A. R.; FERREIRA, A. F.; DOURADO, A.T.S.; MARTINS, J. D.; VARGEM, D. S.; SILVA, J. R. Análise microbiológica da carne bovina moída comercializada na cidade de anápolis, Goiás, Brasil. **Revista Eletrônica de Farmácia**, Anápolis, [s. l.], v. 12, n. 2, p.30-38, 2014.
- HASHEMI, S.M.B.; KAVEH, S.; ABEDI, E.; PHIMOLSIRIPOL, Y. **Polysaccharide-Based Edible Films/Coatings for the Preservation of Meat and Fish Products: Emphasis on Incorporation of Lipid-Based Nanosystems Loaded with Bioactive Compounds**. *Foods*, v. 12, n. 3268, 2023.
- KLEIN, H. S.; LUNA, F.V. The emergence of Brazil as the leading world exporter of chicken meat. **História Agrária de América Latina (HAAL)**, Santiago, v. 3, n. 2, p. 75–99, mar. 2023.
- LIMA, Nayara; GRANJA ARAKAKI, Daniela; TSCHINKEL, Paula; FERNANDES, Anderson; GUIMARÃES, Rita de Cássia; HIANE, Priscila; FERREIRA JÚNIOR, Marcos; NASCIMENTO, Valter. First comprehensive study on total determination of nutritional elements in the fruit of the *Campomanesia adamantium* (Cambess.): Brazilian Cerrado plant. **International Archives of Medicine**, [S. l.], v. 9, 14 jan. 2016.

- MEZAROBA, M. E. de P. C. **Avaliação da vida útil de filés de frango resfriados, embalados a vácuo e em atmosfera modificada, sob armazenamento isotérmico e não isotérmico**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- MHASKE, R. G.; RANVEER, R. C.; MOTGHARE, As. V.; PATANGE, S. B.; RATHOD, N. B.; MULANI, S. J. Antimicrobial edible coating on poultry meat. **The Pharma Innovation Journal**, v. 12, n. 6, p. 672–678, 2023. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/371350466>. Acesso em: 3 abr. 2025.
- MIHALCA, V.; KEREZSI, A. D.; WEBER, A.; GRUBER-TRAUB, C.; SCHMUCKER, J.; VODNAR, D. C.; DULF, F. V.; SOCACI, S. A.; FĂRCAȘ, A.; MUREȘAN, C. I. Protein-based films and coatings for food industry applications. **Polymers**, Basel, v. 13, n. 5, art. 769, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/polym13050769>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- MORZELLE, M. C.; BACHIEGA, P.; DE SOUZA, E. C.; VILAS BOAS, E. V. D. B.; LAMOUNIER, M. L. Caracterização química e física de frutos de Curriola, gabioba e murici provenientes do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s. l.], v. 37, p. 96–103, 2015.
- MOURA-ALVES, M.; ESTEVES, A.; CIRÍACO, M.; SILVA, J.A.; SARAIVA, C. **Antimicrobial and Antioxidant Edible Films and Coatings in the Shelf-Life Improvement of Chicken Meat**. *Foods*, v. 12, n. 2308, 2023.
- MUÑOZ-TEBAR, N.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; VIUDA-MARTOS, M. Chitosan edible films and coatings with added bioactive compounds: antibacterial and antioxidant properties and their application to food products: a review. **Polymers**, Basel, v. 15, n. 396, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/polym15020396>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- NASCIMENTO, C. P. F. **Revestimentos de pectina adicionados de extrato hidroalcoólico de folhas de goiabeira (Psidium guajava L.): caracterização e aplicação em carne bovina fresca**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.
- NASTASI, J. R.; KONTOGIORGOS, V.; DAYGON, V. D.; FITZGERALD, M. A. Pectin-based films and coatings with plant extracts as natural preservatives: A systematic review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 120, p. 193-211, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224422000140>. Acesso em: 21 abr. 2025.
- NICHOLS, B. W.; BERNARDEZ-MOR2024, G. M.; DOUGLAS, S. L.; JOHNSON, G. F.; BARRAZUETA-CORDERO, R. J.; BELK, A. D.; BALL, J. J.; SAWYER, J. T. Thermoforming vacuum packaging influences fresh pork loin chop characteristics. **Foods**, v. 13, n. 17, p. 2701, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13172701>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/foods>. Acesso em: 2 out. 2025.

- OKE, O. E.; AKOSILE, O. A.; ONI, A. I.; OPOWOYE, I. O.; ISHOLA, C. A.; ADEBIYI, J. O.; ODEYEMI, A. J.; ADJEI-MENSAH, B.; UYANGA, V. A.; ABIOJA, M. O. Oxidative stress in poultry production. **Poultry Science**, Oxford, v. 103, art. 104003, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104003>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- ONGARATTO, G. C.; VITAL, A. C. P.; PRADO, I. N. Embalagens ativas e inteligentes para proteção da carne e seus derivados: Revisão. **PUBVET**. 2022.
- PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A.; HERTZ, P. F.; DE O. RIOS, A.; VIZZOTTO, M.; FLÔRES, S. H. Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, p. 3061–3067, 2012.
- PINHEIRO, T. R.; STOPIGLIA, C. D. O. **Isolamento e identificação de bactérias isoladas da carne bovina em diferentes embalagens – resultados preliminares**. Anais do 10º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão – SIEPE, Universidade Federal do Pampa, Santana do Livramento, 6-8 nov. 2018. Disponível em: <http://www.unipampa.edu.br/siepe>. Acesso em: 2 outubro 2025.
- PIRES, A. F.; DÍAZ, O.; COBOS, A.; PEREIRA, C. D. A review of recent developments in edible films and coatings – focus on whey-based materials. *Foods (Basel)*, v. 13, n. 16, p. 2638, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods13162638>. Acesso em: 18 fev. 2025.
- PINTO, L. A. M.; NASCIMENTO, K. F.; MONTESCHIO, J. O.; VITAL, A. C. P.; SCAPIM, M. R. S.; MADRONA, G. S.; PRADO, I. N. Effect of alginate-based edible coating with oatmeal on the quality of Nile tilapia fillets. **Chemical Engineering Transactions**, [s. l.], p.589–594. 2019.
- QAMAR, S. A.; ASGHER, M.; BILAL, M.; IQBAL, H. M. N. Bio-based active food packaging materials: sustainable alternative to conventional petrochemical-based packaging materials. *Food Research International*, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109625>. Acesso em: 22 jan. 2025.
- REVUTSKAYA, N.; POLISHCHUK, E.; KOZYREV, I.; FEDULOVA, L.; KRYLOVA, V.; PCHELKINA, V.; GUSTOVA, T.; VASILEVSKAYA, E.; KARABANOV, S.; KIBITKINA, A.; et al. Application of natural functional additives for improving bioactivity and structure of biopolymer-based films for food packaging: a review. *Polymers*, v. 16, p. 1976, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym16141976>. Acesso em: 22 jan. 2025.
- RIBEIRO, A. C. B. **Filmes ativos de pectina e compostos fenólicos da casca da manga para aplicação em embalagens de alimentos**. 2022. 98 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/66975>. Acesso em: 22 abr. 2025.

- ROJAS-GRAU, M. A.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTIN-BELLOSO, O. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. **Trends in Food Science and Technology**, [s. l.], v. 20, p. 438–447, 2009.
- SASAKI, JOSANA CARLA DA SILVA. Celulose bacteriana e pectina: uma blenda polimérica para a conservação de morangos. 2021. 103 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/214698>. Acesso em: 21 abr. 2025.
- SANTOS, E. N.; SOUSA, T. C. A.; SANTANA NETO, D. C.; GRISI, C. V. B.; FERREIRA, V. C. S.; SILVA, F. A. P. Edible active film based on gelatin and *Malpighia emarginata* waste extract to inhibit lipid and protein oxidation in beef patties. *LWT - Food Science and Technology*, v. 154, p. 112837, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112837>. Acesso em: 2 outubro 2025
- SILVA, C. A. A.; FONSECA, G. G. Brazilian savannah fruits: Characteristics, properties, and potential applications. **Food Science and Biotechnology**, [s. l.], p. 1225–1232, 2016.
- SINGH, R. et al. Edible multilayer coating using electrostatic layer-by-layer deposition of chitosan and pectin enhances shelf life of fresh strawberries. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 58, n. 2, p. 871–880, 2023. Disponível em: <https://academic.oup.com/ijfst/article/58/2/871/7807159>. Acesso em: 21 abr. 2025.
- SUJIWO, J.; KIM, H. W.; JANG, A. Assessment of the quality and freshness of chicken breast using electronic nose. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 38, n. 6, p. 1245–1253, 2018.
- SYARIFUDDIN, Adiansyah; MUFLIH, Muhammad Hanif; IZZAH, Nur; FADILLAH, Ummul; AINANI, Andi Fadiyah; DIRPAN, Andi. Pectin-based edible films and coatings: From extraction to application on food packaging towards circular economy – A review. **Carbohydrate Polymer Technologies and Applications**, [S.l.], v. 9, p. 100680, 2025.
- URSACHI, V.-F.; OROIAN, M.; SPINEI, M. *Development and characterization of biodegradable films based on cellulose derivatives and citrus pectin: A comparative study. Industrial Crops and Products*, v. 209, p. 118288, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.119052>. Acesso em: 21 abr. 2025.
- VALDÉS, A.; BURGOS, N.; JIMÉNEZ, A.; GARRIGÓS, M. C. Review: natural pectin polysaccharides as edible coatings. *Coatings, Basel*, v. 5, p. 865–886, 2015.
- VARGHESE, S. A.; PULIKKALPARAMBIL, H.; PROMHUAD, K.; SRISA, A.; LAORENZA, Y.; JARUPAN, L.; NAMPITCH, T.; CHONHENCHOB, V.; HARNKARNSUJARIT, N. Renovação de resíduos agrícolas para embalagens de

alimentos sustentáveis: uma revisão. **Polímeros**, [S.l.], v. 15, p. 648, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/polym15030648>. Acesso em: 30 jul. 2025.

- VASCONEZ, M.; FLORES, S.; CAMPOS, C.; ALVARADO, J.; GERSCHENSON, L. Antimicrobial activity and physical properties of chitosan - tapioca starch based edible films and coatings. **Food Research International**, [s. l.], v. 42, p. 762-769. 2009.
- VILLADIEGO, A. M. D. **Desenvolvimento de um revestimento comestível antimicrobiano à base de amido de inhame com quitosana na conservação de cenoura minimamente processada**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.
- VITAL, A. C. P.; GUERRERO, A.; KEMPINSKI, E. M. B. C.; MONTESCHIO, J. D. E O.; SARY, C.; RAMOS T. R. Consumer profile and acceptability of cooked beef steaks with edible and active coating containing oregano and rosemary essential oils. **Meat Science**. 2018.
- YAGHOUBI, M; AYASEH, A; ALIREZALU, K; NEMATI, Z; PATEIRO, M; LORENZO, J. M. Effect of chitosan coating incorporated with *Artemisia fragrans* essential oil on fresh chicken meat during refrigerated storage. **Polymers**, Basel, v. 13, n. 5, p. 716, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/polym13050716>. Acesso em: 3 Abril. 2025.
- YEDDES, W; RYBAK, K; BETTAIEB, R. I; PIETRZAK, D; ADAMCZAK, L; HAMMAMI, M; AIDI WANNES, W; WITROWA-RAJCHERT, D; SAIDANI TOUNSI, M; FABIANO, T; ANNE, S; NOWACKA, M. Lipid oxidation and barrier properties of the coated freeze-dried chicken meat with gelatin-chitosan film enriched with rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract. **Foods**, Basel, v. 14, p. 1127, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods14071127>. Acesso em: 3 Abril. 2025.
- YI, Le; CHENG, Lifeng; YANG, Qi; SHI, Ke; HAN, Fengbo; LUO, Wei; DUAN, Shengwen. Source, extraction, properties, and multifunctional applications of pectin: a short review. **Polymers**, Basel, v. 16, n. 20, p. 2883, 2024.
- YUAN, M.; MEI, J.; XIE, J. Research progress on polysaccharide composite films and coatings with antioxidant and antibacterial ingredients to extend the shelf life of animal-derived meat. **Coatings**, v. 14, p. 1338, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/coatings14101338>. Acesso em: jul. 2025.
- ZORGETTO-PINHEIRO, V. A.; KUFFA, H. M.; MACHADO, G. T.; GUIMARÃES, R. C. A.; POTT, A.; CAMPOS, R. P.; NASCIMENTO, V. A.; BOGO, D. Biotechnological and socio-environmental potential of *Campomanesia adamantium* (Myrtaceae): an interdisciplinary review. **Brazilian Journal of Biology**, [S. l.], v. 83, e273473, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.273473>. Acesso em: 30 jul. 2025.

CAPÍTULO 2 – EFEITO DO REVESTIMENTO DE PECTINA ASSOCIADO AO EXTRATO DE RESÍDUOS GUAVIRA (*Campomanesia spp.*) SOBRE OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA CARNE DE FRANGO REFRIGERADA

Este capítulo seguiu as normas da revista Meat Science

Ana C. A. Gomes¹, Elis R. G. Moura¹, Micheline F. Castro¹, Isabeli M. Dornas¹,
Caroline B. Dalegrave¹, Elisângela S. Madalozzo², Elisvania F. Santos³, Aylpy R. D.
Santos^{1*}, Dalton M. Oliveira¹

¹Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, MS, Brasil, 79200-000

²Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Naviraí, MS, Brasil, 79950-000

³Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, Brasil, 79070-900

*Autor correspondente: carolgomes_carolina@outlook.com

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da carne de frango refrigerada submetida à aplicação de um revestimento comestível à base de pectina incorporado com extrato de resíduos agroindustriais de guavira (*Campomanesia* spp.). O estudo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, estruturado em esquema fatorial $3 \times 2 \times 3$, contemplando três tratamentos de superfície (controle, revestimento à base de pectina e revestimento de pectina acrescido de 0,05% de extrato de resíduos agroindustriais de guavira), duas condições de acondicionamento (presença ou ausência de filme de PVC) e três períodos de armazenamento sob refrigeração (3, 6 e 9 dias). O arranjo experimental resultou em 18 combinações de tratamentos, com sete unidades experimentais por condição ($n = 7$), totalizando 126 amostras. As avaliações foram realizadas ao longo de nove dias de armazenamento refrigerado, conforme os intervalos previamente estabelecidos. O revestimento contendo extrato de guavira apresentou melhor preservação da qualidade, especialmente quando associado ao filme de PVC, promovendo maior estabilidade do pH, menor perda por purga e maior estabilidade da cor ao longo do armazenamento. A pectina isolada apresentou efeito limitado, enquanto o grupo controle apresentou deterioração mais acelerada. Conclui-se que a associação de revestimentos bioativos e barreiras físicas constitui uma estratégia promissora para prolongar a vida útil e preservar a qualidade da carne de frango refrigerada, com potencial aplicação industrial e valorização de resíduos agroindustriais.

Palavras-chave: Revestimento, embalagem ativa, produto de origem animal, resíduos agroindustriais.

1 - INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa posição de destaque no cenário mundial de proteína animal, sendo considerado um dos maiores produtores e exportadores de carne do mundo. No setor avícola, especificamente, o país lidera as exportações e ocupa o segundo lugar em produção de carne de frango, abastecendo mais de 150 países (ABPA, 2024). Essa elevada produtividade é atribuída ao uso de tecnologias avançadas e manejo eficiente, o que possibilita um ciclo de produção curto e competitivo.

Apesar desses avanços, a carne de frango *in natura*, como outras proteínas de origem animal, apresenta elevada perecibilidade, mesmo sob refrigeração (Ntzimani et al., 2023). Diversos fatores, como temperatura, umidade, tipo de embalagem e manipulação influenciam diretamente sua estabilidade, impactando na qualidade sensorial, valor nutricional, segurança alimentar e nas perdas econômicas ao longo da cadeia produtiva. A ação de agentes físicos, químicos e biológicos aceleram os processos de degradação, promovendo alterações na cor, no odor, na textura e no sabor, muitas vezes tornando o produto impróprio para o consumo (Santos et al., 2019; Katiyo et al., 2020). Esse cenário tem impulsionado a busca por alternativas mais seguras e sustentáveis, entre as quais se destacam as embalagens comestíveis e ativas elaboradas a partir de biopolímeros naturais (Barone; Witzel, 2022; Olvera-Aguirre et al., 2023).

Essas embalagens que podem ser consumidas junto com o alimento vêm ganhando notoriedade na conservação de produtos cárneos, especialmente quando enriquecidas com compostos bioativos de origem natural, como antioxidantes e antimicrobianos (Chacha et al., 2022; Moura-Alves et al., 2023). Materiais como pectina, alginato e gelatina têm se mostrado eficazes na formação de revestimentos, principalmente quando associado a aditivos naturais oriundos de plantas ricas em biocompostos, os quais são capazes de reduzir a oxidação, inibir o crescimento microbiano e preservar as características

sensoriais do alimento por mais tempo (Jamróz; Kopel, 2020; Hashemi et al., 2023; Riguetto et al., 2023).

A guavira (*Campomanesia* spp.), frutífera nativa do Cerrado brasileiro, apresenta elevado potencial bioativo, com destaque para as espécies *C. pubescens*, *C. adamantium* e *C. xanthocarpa*, ricas em fenóis, flavonoides, terpenoides e vitamina C, compostos associados a atividades antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória e fotoprotetora (Silva et al., 2016; Catelan et al., 2019; Arruda; Araújo; Marostica Junior, 2022). Extratos obtidos de diferentes partes da planta demonstram eficácia biológica e baixa toxicidade em modelos experimentais (Boas et al., 2018; Sartoretto, 2020; Coelho et al., 2023). Dessa forma, a guavira tem se consolidado como uma fonte promissora de compostos naturais aplicáveis às indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmetologia (Zorgetto-Pinheiro et al., 2023).

Em vista disso, são escassos os estudos que investigaram o uso de resíduos agroindustriais como fonte de compostos bioativos em formulações de embalagens comestíveis aplicadas à carne de frango. Essa lacuna evidencia a necessidade de pesquisas que aliem inovação tecnológica, segurança alimentar e sustentabilidade.

Assim, este trabalho tem por objetivo desenvolver um revestimento comestível à base de pectina incorporado com extrato de resíduos agroindustriais de guavira, e avaliar sua eficácia na conservação da carne de frango refrigerada, por meio da análise físico-química e microbiológica. Nossa hipótese é que os revestimentos enriquecidos com compostos bioativos provenientes da guavira sejam mais eficazes na preservação da qualidade do produto ao longo do armazenamento, quando comparados às embalagens convencionais de PVC.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local e procedimentos experimentais

O experimento foi conduzido no Laboratório de Avaliação de Carcaça e Qualidade de Carnes da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana (UEMS/UUA), situada na região do Alto Pantanal, no estado brasileiro de Mato Grosso do Sul. Inicialmente, foram realizados testes com o objetivo de padronizar a formulação do revestimento à base de pectina e determinar a concentração ideal do extrato de resíduos agroindustriais de guavira que proporcionasse o efeito mais significativo sobre as parâmetros físicos da carne de frango.

2.2 Produção do extrato do resíduo industrial de guavira

O extrato de resíduos agroindustriais de guavira (*Campomanesia* spp.) foi elaborado pelo Grupo de Pesquisa em Nutrição Experimental (GEPENEX) da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Alimentos e Nutrição (FACFAN) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) de acordo com Loubet Filho et al. (2020). Os extratos foram obtidos através do aparelho Thermo Scientific™ ASE 150, utilizando-se 150 g da amostra do resíduo industrial de guavira, utilizando etanol: água (7:3 v/v) como solvente em um extrator acelerado de solventes, na temperatura de 125 °C. Após, o solvente utilizado foi evaporado até que o filtrado reduza 70% do seu volume. Posteriormente, o material foi liofilizado e armazenado em frasco âmbar a -18 °C até o momento do experimento. O acesso ao patrimônio genético brasileiro encontra-se devidamente registrado junto ao Ministério do Meio Ambiente, sob o número A23EE4B.

2.3 Preparo do revestimento comestível de pectina

A solução do revestimento foi elaborada conforme a metodologia de Carvalho (2021) e Nascimento (2022) com algumas modificações. Para o preparo dos revestimentos, foram utilizados 100 mL de água destilada, 2 g de pectina (baixo teor de metoxilação) e 0,2 mL de cloreto de cálcio. Inicialmente, os componentes foram homogeneizados e, em seguida, a mistura foi mantida sob agitação constante em agitador magnético (SP 162 – SP Labor). O sistema foi aquecido até atingir a temperatura de 70 °C, permanecendo sob agitação por aproximadamente 30 minutos após o alcance dessa temperatura.

Posteriormente, a solução foi submetida à reticulação por meio da adição gradual de 2,5 g de glicerol. Após a conclusão dessa etapa, o sistema foi resfriado até 35 °C e, nos tratamentos que previam a adição de extrato, procedeu-se à incorporação do extrato sob a forma de uma solução previamente preparada na concentração de 0,1 g·mL⁻¹, obtida pela dissolução de 1 g de extrato de resíduos agroindustriais de guavira em 10 mL de água destilada, sob agitação constante, de modo a atingir a concentração final de 0,05% no sistema.

2.4 Preparação das amostras

Utilizaram-se amostras de filé de peito de frango (músculo *Pectoralis major*) do mesmo lote, obtidos em um frigorífico local. Após a remoção manual da gordura superficial, os filés foram cortados e padronizados com dimensões de 3 cm × 3 cm × 2,5 cm e peso médio de aproximadamente 100 g.

As amostras foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 × 2 × 3, sendo considerados três tipos de tratamentos de superfície (controle, revestimento com pectina e revestimento com pectina adicionada de 0,05% de

extrato de resíduos agroindustriais de guavira), duas condições de embalagem (com e sem filme de PVC) e três períodos de armazenamento (3, 6 e 9 dias), totalizando 18 combinações experimentais. Para cada combinação, foram utilizadas sete unidades experimentais (n=7), totalizando 126 unidades experimentais.

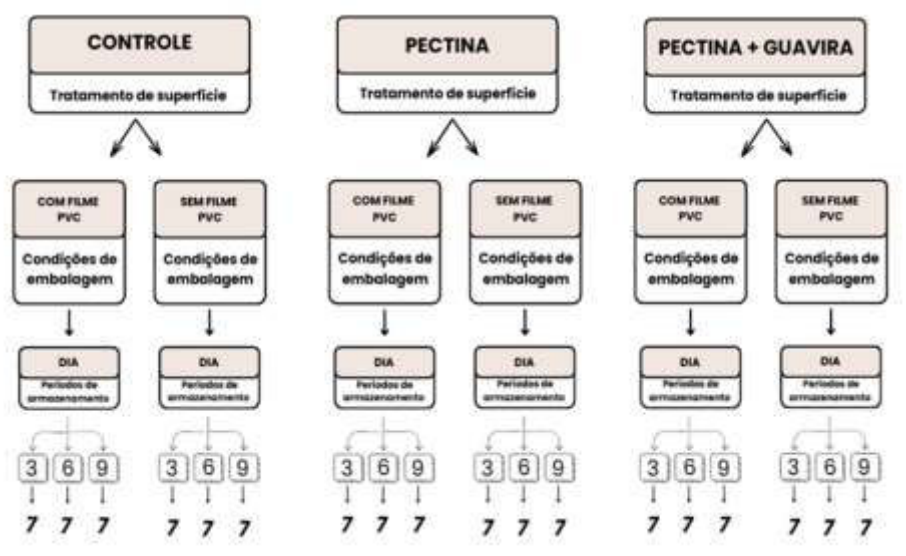


Figura 1. Fluxograma representando o desenho experimental adotado.

2.5 Aplicação do revestimento nas amostras

A aplicação dos revestimentos aos filés foi realizada pelo método de espalhamento (casting), por meio da imersão das amostras na solução filmogênica durante 60 segundos, seguida de drenagem em grelhas de aço inoxidável para a remoção do excesso de material. Após essa etapa, os filés foram mantidos em estufa refrigerada a 4 °C por 5 minutos, com o objetivo de favorecer a adesão e o início do processo de secagem do revestimento. Posteriormente, todos os filés, independentemente do tratamento aplicado, foram acondicionados em bandejas espumadas de isopor; contudo, de acordo com o delineamento experimental, parte das amostras foi recoberta com filme de PVC, enquanto as demais permaneceram sem esse recobrimento. Em seguida, as amostras foram

armazenadas em estufa refrigerada a 4 ± 1 °C por períodos de 3, 6 e 9 dias (Azizkhani; Kavosi; Partovi, 2023; Prakoso; Indiarito; Utama, 2023).

Após os respectivos dias de armazenamento, as amostras foram retiradas das estufas para determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

2.6 Análise de cor

A determinação dos componentes de cor das amostras foi realizada utilizando um colorímetro espectrofotométrico CM-26dg (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japão). O equipamento foi previamente calibrado com uma placa padrão branca, de modo a garantir a precisão das medições. Em seguida, os valores de L^* , a^* , b^* , C^* e h foram medidos na superfície das amostras. As medições atenderam às condições padronizadas de iluminante D65 e ângulo de observação de 10°, conforme recomendado para o observador padrão (Houben et al., 2000).

As análises foram conduzidas imediatamente após a retirada das amostras da câmara de refrigeração, sendo realizadas em três pontos distintos da superfície de cada filé, de modo a assegurar a representatividade e a consistência dos dados obtidos.

2.7 pH

Para a determinação do pH das amostras, foi utilizado um pHmetro digital (Mettler, M1120x – Toledo International Inc., Columbus, OH, EUA), o qual foi inserido no centro das amostras. O equipamento foi calibrado previamente com soluções tampão padrão de pH 4,0 e 7,0, garantindo a precisão das medições.

2.8 Perdas por purga

As perdas por purga foram determinadas a partir da relação entre a diferença de peso das amostras antes e após os períodos de armazenamento e o peso inicial, sendo os resultados expressos em porcentagem. O cálculo foi realizado de acordo com a seguinte equação:

O cálculo da perda por gotejamento foi feito segundo a equação:

$$((\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) \div \text{Peso inicial}) \times 100$$

2.9 Perda de peso por cocção (PPC)

As amostras foram colocadas em uma bandeja, embaladas em papel alumínio e cozidas em um forno elétrico a 180°C até atingir 71°C de temperatura interna. Um termômetro digital (KP-8007; KNUP, China) foi usado para monitorar a temperatura. Após a retirada das amostras do forno, foram pesadas novamente em balança semi-analítica. A perda por cocção foi determinada pela diferença de peso antes e depois do cozimento e expresso em porcentagem.

3.0 Força de cisalhamento

A força de cisalhamento foi mensurada nas amostras de carne perpendicularmente a orientação das fibras musculares, utilizando a lâmina de corte em “V”, com carga de 100 kg e velocidade fixa de 3,3 mm/s, acoplada ao analisador de textura Brookfield CTX (AMETEK Brookfield, Middleboro, MA, EUA) foi determinada segundo método Warner-Bratzler Square Shear Force (WBsSF), após avaliação da PPC. De cada filé cozido foram retiradas seis amostras retangulares, que foram cisalhadas transversalmente. A força máxima (kgf) necessária para cisalhar por completo cada amostra foi mensurada

e a média das leituras de cada pedaço de carne foi utilizada nas análises estatísticas. As médias foram expressas em N.

3.1 Análises microbiológicas dos filés

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade de Naviraí, seguindo as diretrizes da *American Public Health Association* (Apha, 2015), fundamentadas no *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. O monitoramento ocorreu em intervalos distintos de armazenamento, nos dias 0 (momento anterior à aplicação dos revestimentos, para a determinação da carga microbiana inicial), e nos dias 3, 6 e 9 de armazenamento.

A amostragem consistiu na homogeneização de 25 g de carne de frango em 225 mL de Água Peptonada Tamponada (0,1%) via homogeneizador tipo *Stomacher* por 120 segundos. A partir desta suspensão, processaram-se diluições decimais seriadas até 10^{-3} . A quantificação e detecção de *Salmonella* spp., *Escherichia coli* e aeróbios mesófilos foram viabilizadas pelo sistema de placas secas prontas para uso (3M™ Petrifilm™), sob as seguintes condições:

- Para *E. coli* (placas de Petrifilm® EC), inoculou-se 1 mL da diluição pertinente sob incubação a 35°C por 24 h, identificando-se colônias azuladas com desprendimento de gás. Para aeróbios mesófilos (Placas de Petrifilm® AC), a incubação ocorreu a $35^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 48h, contabilizando-se todas as colônias vermelhas. Os resultados foram expressos em Unidades Formadoras de Colônias por grama (UFC/g).
- Adotou-se o método qualitativo *Salmonella* (Placa 3M™ Petrifilm™ *Salmonella Express*), iniciando-se pelo pré-enriquecimento a $41,5^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24h, seguido de semeadura e incubação em placa. Colônias presuntivas caracterizadas pela coloração

vermelha, halo amarelo ou produção de gás foram submetidas à confirmação bioquímica via disco reagente específico sob incubação adicional de 4-5 h.

3.2 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos inicialmente à checagem das pressuposições estatísticas (normalidade e homocedasticidade). Após o atendimento dessas pressuposições, foram submetidos à análise de variância, para verificação dos efeitos do revestimento, condição e tempo de armazenamento e suas possíveis interações. Os efeitos foram considerados significativos quando $p < 0,05$. Os efeitos do revestimento e condição foram estudados através de teste de médias, enquanto os efeitos do tempo de armazenamento foram analisados com o auxílio de análise de regressão, testando-se o modelo linear e quadrático. Em caso de interação significativa, as médias dos fatores foram desdobradas de maneira conjunta. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do pacote ExpDes do Software R-Studio.

As análises microbiológicas foram tratadas por meio de estatística descritiva e apresentados como valores observados em função dos diferentes tempos de armazenamento. A interpretação dos resultados foi realizada a partir da comparação com os limites microbiológicos estabelecidos pela legislação vigente, em conformidade com a Resolução da Diretoria Colegiada nº 724/2022 e a Instrução Normativa nº 313/2024 (BRASIL, 2022; BRASIL, 2024).

3 - RESULTADOS

A análise estatística revelou interação entre o revestimento, condição e dias de armazenamento ($p < 0,001$) sobre os parâmetros de pH e PPC dos filés de peito de frango refrigerados (Tabelas 1).

O pH apresentou aumento ao longo do armazenamento; entretanto, para o tratamento GUA na condição sem armazenamento, não houve diferença significativa entre os dias 6 e 9. Na condição SEM PVC nos dias 3 e 6, os filés revestidos com pectina acrescida de extrato de guavira (GUA) apresentaram os valores médios de pH mais baixos (Dia 3: 5,52; Dia 6: 6,07), sendo significativamente inferiores aos demais tratamentos (CON e PEC), os quais, por sua vez, não diferiram entre si. Com 9 dias, o tratamento CON (6,54) resultou nos maiores valores de pH, sendo significativamente superior ao PEC (6,03) e ao GUA (6,13).

Na condição com PVC, no dia 3 de armazenamento, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos CON, PEC e GUA. No dia 6, o tratamento CON apresentou valores de pH significativamente superiores aos tratamentos PEC e GUA, os quais não diferiram entre si.

Na condição com PVC, aos 9 dias de armazenamento, o tratamento CON apresentou o maior valor de pH (6,73), seguido pelo PEC (6,31), enquanto o GUA apresentou o menor pH (5,88), diferindo significativamente dos demais tratamentos.

O tempo de armazenamento exerceu um efeito linear crescente sobre os valores de pH, com incrementos diários variando aproximadamente entre 0,04 e 0,14 unidades de pH, dependendo do tratamento, uma vez que os menores incrementos foram observados nos tratamentos PEC, com e sem PVC, enquanto os maiores incrementos ocorreram nos tratamentos CON, independentemente da condição de armazenamento.

Em relação às perdas de peso por cocção (PPC) (Tabela 1), observaram-se valores significativamente mais elevados de PPC na condição COM PVC em comparação à condição SEM PVC ($P < 0,001$), dependendo do revestimento e do dia de armazenamento. Na condição com PVC, no dia 3, o tratamento CON (27,55%) apresentou os maiores valores de PPC, sendo significativamente superior aos

revestimentos PEC (23,58%) e GUA (22,15%), os quais não diferiram entre si. No sexto dia, observou-se mudança no padrão, com o PEC (17,40%) apresentando perdas significativamente menores que o GUA (21,66%), o qual foi similar ao CON (20,71%). Aos 9 dias de armazenamento, o revestimento GUA (20,15%) resultou em valores de PPC mais elevados em comparação ao CON (14,85%) e ao PEC (15,61%), que não diferiram significativamente entre si.

Na condição sem PVC, observaram-se diferenças significativas entre os revestimentos quanto às perdas de peso por cocção (PPC). Nos dias 3 e 6, o revestimento PEC (21,43% e 15,97%) apresentou os maiores valores de PPC, sendo significativamente superior ao CON (14,27% e 9,31%) e ao GUA (15,00% e 9,42%), os quais não diferiram entre si. Aos 9 dias de armazenamento, constatou-se similaridade entre o PEC (10,48%) e o CON (10,52%), ambos superiores ao GUA (6,27%), que apresentou o menor valor de PPC.

As equações indicam comportamento predominantemente linear e decrescente da perda de peso por cocção ao longo do armazenamento, com reduções diárias variando de aproximadamente 1,3 a 2,1 pontos percentuais, sendo mais acentuadas nos tratamentos CON. O tratamento CON SEM PVC apresentou comportamento quadrático, indicando variação não linear da PPC ao longo do tempo.

Observou-se interação significativa entre revestimento e condição de armazenamento para a purga (%) ($P < 0,05$) (Figura 2). Na condição COM PVC, o revestimento GUA apresentou o menor valor médio de purga (2,42%), diferindo significativamente dos tratamentos CON (7,90%) e PEC (8,13%). Na condição SEM PVC, os menores valores de purga foram registrados nos revestimentos GUA (24,26%) e CON (23,84%), que não diferiram significativamente entre si, enquanto o revestimento PEC (28,67%) apresentou a purga significativamente mais elevada.

A Figura 3 apresenta a evolução da purga em função dos revestimentos ao longo do tempo ($P < 0,05$). Em relação ao tratamento GUA, este apresentou os menores valores de purga ao longo do período de armazenamento; entretanto, no sexto dia de avaliação, não diferiu estatisticamente do tratamento CON, enquanto ambos apresentaram valores inferiores ao PEC. Nos dias 3 e 9, o GUA apresentou valores significativamente menores em comparação aos demais tratamentos. As equações de regressão indicam aumento linear da purga ao longo do armazenamento em todos os tratamentos, sendo que o GUA apresentou a menor taxa de incremento ao longo do tempo, ao passo que o PEC apresentou o aumento mais acentuado, resultando nos maiores valores ao final do período.

A Figura 4 ilustra o efeito da condição de embalagem sobre a purga ao longo do tempo. Em todos os dias de avaliação, a condição sem PVC apresentou valores de purga significativamente superiores à condição COM PVC ($P < 0,05$). As equações indicam aumento linear da purga ao longo do armazenamento em ambas as condições; entretanto, a ausência de PVC resultou em uma taxa de incremento muito mais acentuada da purga ao longo do tempo, enquanto a presença de PVC promoveu apenas um aumento discreto.

O parâmetro Força de Cisalhamento (FC) de filés de peito de frango foi significativamente influenciado pelos efeitos principais do revestimento e da condição de embalagem ($P < 0,05$). No entanto, não foi observada interação significativa entre o tipo de revestimento e o tipo de embalagem, o que permitiu que os efeitos principais fossem analisados e discutidos isoladamente.

Quanto ao efeito individual do revestimento (Figura 5), o tratamento à base de pectina (PEC) apresentou o valor de FC significativamente mais elevado, indicando uma maior resistência ao corte em comparação aos demais tratamentos ($P < 0,05$). Os filés CON e GUA não diferiram significativamente entre si, registrando a menor força necessária para o cisalhamento. Em relação ao efeito individual da embalagem (Figura 6), a condição

SEM PVC apresentou um valor de FC significativamente superior em comparação com a condição COM PVC indicando que a ausência do filme PVC, em média, tendeu a aumentar a resistência do filé ao cisalhamento ($P < 0,05$).

Para a luminosidade (Tabela 2), observou-se interação significativa entre revestimento, condição de embalagem e dias de armazenamento ($P < 0,05$). Na condição sem PVC, verificou-se tendência de redução progressiva da luminosidade ao longo do armazenamento para todos os tratamentos. O grupo CON apresentou a maior variação numérica, com redução de 45,63 no 3º dia para 31,06 no 9º dia, enquanto os revestimentos PEC e GUA apresentaram comportamento semelhante, com redução de 41,23 para 32,48 e de 45,85 para 33,34, respectivamente. Na condição com PVC, os valores de luminosidade foram significativamente mais elevados em comparação à condição sem PVC, com menor variação ao longo do tempo. O tratamento CON apresentou valores estáveis de L^* , enquanto os revestimentos PEC e GUA iniciaram com valores mais elevados no 3º dia e mantiveram maior estabilidade até o final do armazenamento.

As equações de regressão indicam que, na condição COM PVC, a luminosidade (L) apresentou tendência de leve aumento ao longo do tempo de armazenamento, sendo mais acentuado no tratamento GUA, seguido pelo CON. Por outro lado, na ausência de PVC, os coeficientes negativos das equações indicam redução progressiva da luminosidade ao longo do armazenamento, evidenciando escurecimento dos filés, mais pronunciado no tratamento CON seguido de PEC SEM PVC e depois COM PVC.

O parâmetro a^* (tonalidade vermelha) (Figura 7) SEM PVC a ausência do filme resultou nos valores de a^* mais elevados ($P < 0,05$). O tratamento CON (6,45) foi significativamente superior. Os tratamentos GUA (5,76) e PEC (5,54) não diferiram significativamente entre si, mas foram significativamente inferiores ao CON. COM PVC houve uma redução geral e significativa do a^* em comparação com a condição SEM PVC.

O tratamento GUA (2,25) foi significativamente superior a PEC (1,01), mas similar a CON (1,94).

A Figura 8 apresenta o parâmetro de cor a^* foi significativamente influenciado pelo tratamento ao longo do armazenamento ($P < 0,05$). O tratamento GUA apresentou comportamento quadrático, com aumento do a^* até o 6º dia, seguido de leve redução no 9º dia, mantendo valores superiores aos demais tratamentos durante a maior parte do período. O tratamento CON apresentou valores intermediários e relativamente estáveis ao longo do armazenamento, sendo estatisticamente semelhante ao GUA ao final do período. O tratamento PEC apresentou redução progressiva do a^* , resultando nos menores valores ao final do armazenamento ($P < 0,05$).

A Figura 9 observou-se interação significativa entre tratamento e condição de embalagem para o parâmetro de cor b^* ($P < 0,05$). Na condição COM PVC, o tratamento GUA apresentou os maiores valores de b^* (17,63), superiores ao CON (15,33) e ao PEC (14,06), que não diferiram entre si. Na condição SEM PVC, o CON apresentou maior intensidade amarela (14,88), diferindo de PEC (12,42) e GUA (13,64), os quais foram estatisticamente semelhantes.

A Figura 10. O parâmetro b^* diferiu entre os tratamentos ao longo do armazenamento ($P < 0,05$). Nos dias 3 e 9 o tratamento PEC apresentou os menores valores de b^* , diferindo dos demais que não apresentaram diferenças estatísticas. As equações de indicam comportamento linear decrescente do parâmetro b^* ao longo do armazenamento para os tratamentos PEC e CON, sendo a redução mais acentuada no CON.

Ao longo do armazenamento (Figura 11), observaram-se diferenças significativas entre as condições de embalagem em todos os tempos avaliados. No 3º dia, os filés sem PVC apresentaram valores superiores de b^* ; entretanto, a partir do 6º dia, a condição com PVC passou a manter valores significativamente mais elevados, evidenciando maior

estabilidade da coloração amarela até o 9º dia ($P < 0,05$). A equação de regressão evidencia comportamento linear decrescente da tonalidade amarela na ausência de PVC.

O parâmetro chroma (c^*) foi significativamente influenciado pela interação entre tratamento e condição de embalagem ($P < 0,05$) (Figura 12). Na condição COM PVC, o tratamento GUA apresentou os maiores valores de chroma, seguido por CON e PEC, diferindo significativamente entre si. Na ausência de PVC, CON e GUA apresentaram valores semelhantes de chroma, ambos significativamente superiores ao PEC, que apresentou a menor intensidade de cor.

A Figura 13 demonstra a evolução do chroma (c^*) em função dos tratamentos, independentemente da condição de embalagem. Os tratamentos CON e PEC apresentaram redução linear do chroma ao longo do armazenamento, conforme indicado pelas equações, sendo o decréscimo mais acentuado em CON. Nos dias 3 e 9 de armazenamento, o tratamento PEC apresentou os menores valores de chroma (C^*), diferindo significativamente de CON e GUA, que não diferiram entre si ($P < 0,05$).

A Figura 14 evidencia o efeito isolado da embalagem sobre o parâmetro C^* . A condição SEM PVC apresentou comportamento linear decrescente do chroma ao longo do armazenamento ($P < 0,05$), indicando perda progressiva da intensidade de cor. Em contraste, a presença do filme de PVC promoveu maior estabilidade do C^* , com tendência linear crescente ao longo do tempo, associada à melhor manutenção da saturação da cor.

O parâmetro h° (matiz) foi significativamente influenciado pela interação entre revestimento e condição de embalagem ($P < 0,05$), conforme apresentado na Figura 15. Na presença de filme de PVC, observaram-se valores de h° significativamente mais elevados, com destaque para o tratamento PEC, que apresentou maior matiz em comparação ao CON e ao GUA. Em contraste, na ausência de PVC, não houve diferenças significativas entre os tratamentos, os quais apresentaram valores de h° substancialmente menores.

Na figura 16, observa-se que o tempo de armazenamento influenciou a evolução do parâmetro h° , conforme descrito pelas equações. Os tratamentos CON e PEC apresentaram comportamento linear decrescente, indicando redução progressiva da matiz ao longo do armazenamento. Em contraste, o tratamento GUA exibiu ajuste quadrático, caracterizado por queda inicial seguida de estabilização dos valores de h° .

A Figura 17 evidencia o efeito isolado da condição de embalagem sobre o parâmetro h° . A embalagem com PVC manteve valores elevados e estáveis de h° ao longo do armazenamento, sem diferenças significativas entre os dias avaliados. Em contraste, a condição SEM PVC apresentou redução linear acentuada da matiz ao longo do tempo, conforme indicado pela equação de regressão, evidenciando maior instabilidade da cor na ausência do filme. Em todos os períodos avaliados, os valores de h° foram significativamente menores na condição SEM PVC em comparação à COM PVC ($P < 0,05$).

As análises microbiológicas indicaram que todos os tratamentos permaneceram dentro dos parâmetros legais para *Escherichia coli* e ausência de *Salmonella sp.* (RDC nº 724/2022; IN nº 313/2024). As contagens de *E. coli* mantiveram-se abaixo de 10 UFC/g. A contagem padrão de mesófilos aeróbios (Tabela 3) mostrou variações entre tratamentos e condições de embalagem.

No grupo controle COM FILME PVC, observou-se padrão oscilatório: no dia 0, a contagem foi superior a $2,5 \times 10^5$ UFC/g, reduziu-se para $7,0 \times 10^2$ UFC/g no terceiro dia e voltou a ultrapassar o limite superior no sexto e nono dias. No grupo controle sem filme PVC, contagem inicial elevada ($> 2,5 \times 10^5$ UFC/g) manteve-se no 3º dia; a redução expressiva ocorreu apenas no 6º dia ($1,0 \times 10^4$ UFC/g) e continuou no 9º dia ($7,1 \times 10^3$ UFC/g).

O tratamento de pectina COM FILME PVC iniciou com $8,2 \times 10^2$ UFC/g, reduziu para $4,4 \times 10^2$ UFC/g no 3º dia, mas ultrapassou $>2,5 \times 10^5$ UFC/g a partir do 6º dia. No entanto, a pectina SEM FILME PVC iniciou com valores de $8,2 \times 10^2$ UFC/g, aumentou levemente até $7,5 \times 10^2$ no 3º dia e $9,5 \times 10^3$ no 6º dia, ultrapassando o limite apenas no 9º dia.

A associação de pectina e extrato de guavira apresentou resultados na presença de filme PVC de variação de $2,0 \times 10^3$ UFC/g (dia 0) a $4,2 \times 10^3$ UFC/g (dia 6), ultrapassando o limite apenas no 9º dia. SEM FILME PVC, o aumento foi mais precoce, superando o limite já no sexto dia.

4 - DISCUSSÃO

Os resultados evidenciam efeito combinado do tipo de revestimento, da condição de embalagem e do tempo de armazenamento sobre os valores de pH dos filés de frango. Em todos os tratamentos, observou-se aumento gradual do pH ao longo do armazenamento refrigerado, comportamento comumente associado à degradação proteica e à formação de compostos nitrogenados voláteis, como aminas, resultantes da atividade microbiana e enzimática (Barbosa et al., 2023).

Nos primeiros dias de armazenamento, especialmente sob a condição com filme de PVC, não foram observadas diferenças expressivas entre os revestimentos, indicando efeito predominante da embalagem na contenção inicial das alterações químicas. Contudo, com o avanço do período de estocagem, diferenças entre os tratamentos tornaram-se mais evidentes. O tratamento contendo extrato de guavira apresentou maior estabilidade do pH aos 6 e 9 dias, sugerindo que a presença de compostos bioativos pode contribuir para retardar a elevação desse parâmetro em estágios mais avançados do armazenamento, possivelmente pela limitação da atividade microbiana e da formação de

metabólitos alcalinos. Resultados semelhantes foram relatados para filés de frango tratados com compostos naturais bioativos (Lohmann et al., 2021).

Entretanto, a maior resistência à elevação do pH ao longo de todo o armazenamento foi observada no tratamento PEC associado ao filme de PVC (PEC COM PVC), que manteve os menores valores entre os grupos avaliados. Esse comportamento indica que a combinação entre a matriz de pectina e a barreira física do PVC exerceu papel determinante na preservação da estabilidade química da carne, possivelmente por restringir a troca gasosa e a perda de umidade, reduzindo a atividade microbiana superficial. Achados semelhantes têm sido descritos para sistemas de dupla barreira, nos quais o revestimento comestível atua de forma complementar à embalagem na manutenção da qualidade de carnes refrigeradas (Xiong et al., 2020; Dalvandi et al., 2020).

O comportamento observado para a perda por cocção apresentou tendência oposta à purga, caracterizada pela maior retenção de umidade livre durante o armazenamento e subsequente liberação dessa água durante o aquecimento. Esse efeito pode ser atribuído à retenção de água na interface entre a superfície da carne e o filme polimérico, sem efetiva incorporação à matriz proteica. Dessa forma, a umidade retida superficialmente é facilmente exsudada durante o processo de cocção. Estudos anteriores associam esse fenômeno à redistribuição hídrica promovida por embalagens e revestimentos, os quais reduzem a purga, mas não favorecem a estabilização da água na estrutura muscular (Gedarawatte et al., 2020; Gedarawatte et al., 2021).

De modo geral, os resultados indicam que o uso de biofilmes pode contribuir para a preservação da integridade físico-química de produtos cárneos submetidos à cocção. Entretanto, essa eficácia mostrou-se dependente da interação entre o tipo de revestimento, a presença da embalagem e o tempo de armazenamento, evidenciando a necessidade de

um planejamento tecnológico integrado para maximizar os efeitos benéficos do sistema de conservação.

A redução progressiva dos valores de luminosidade (L^*) ao longo do armazenamento refrigerado constitui um indicativo sensível de alterações oxidativas na carne, particularmente relacionadas à oxidação da mioglobina e à degradação das estruturas celulares. Esses processos, intensificados pela exposição ao oxigênio e pelo avanço do tempo, resultam no escurecimento gradual do tecido muscular, conforme amplamente descrito na literatura (Chmiel et al., 2019; Dimitrov et al., 2023).

A regressão linear observada no grupo controle SEM PVC confirma a perda contínua da luminosidade na ausência de barreiras protetoras, enquanto a maior estabilidade dos valores no grupo controle COM PVC evidencia a eficácia da embalagem na limitação da troca gasosa. Estudos prévios demonstram que o PVC atua como uma barreira eficiente à difusão de oxigênio, contribuindo para a preservação da coloração clara da carne durante o armazenamento refrigerado (Merenkova; Zinina, 2024; Douglas et al., 2025).

Nos tratamentos contendo pectina, a presença da embalagem COM PVC foi determinante para a manutenção da luminosidade. Embora a pectina apresente caráter semipermeável, sua utilização isolada mostrou-se insuficiente para conter as alterações oxidativas, especialmente devido à ausência de propriedades antioxidantes intrínsecas, o que reforça a necessidade de associação com barreiras físicas mais eficientes (Souza et al., 2022). Quando combinada ao PVC, observou-se maior estabilidade da cor, evidenciando a importância da ação sinérgica entre matriz polimérica e embalagem no controle da qualidade visual da carne (Ngo et al., 2020).

A incorporação do extrato de guavira à matriz de pectina resultou nos melhores níveis de estabilidade da cor, sobretudo quando associada ao PVC. Esse efeito pode ser

atribuído à presença de compostos fenólicos com reconhecida atividade antioxidante, capazes de neutralizar espécies reativas de oxigênio e retardar a oxidação dos pigmentos musculares (Schneider et al., 2020). O desempenho superior do tratamento GUA COM PVC, evidenciado pelos menores declínios de L^* ao longo do armazenamento, reforça o potencial dessa formulação na preservação da aparência visual da carne.

O comportamento diferencial entre os tratamentos ao longo do tempo confirma que a manutenção da coloração depende da integração entre os componentes do sistema de conservação. Resultados semelhantes foram reportados por Menezes Santos, Da Silva Borges e Beltrão Lessa Constant (2020), que observaram maior estabilidade cromática em hambúrgueres de frango tratados com extratos naturais ricos em compostos antioxidantes, reforçando o papel dessas substâncias na manutenção da qualidade sensorial de produtos cárneos.

Os resultados demonstram que a purga aumentou progressivamente ao longo do armazenamento em todos os tratamentos, conforme indicado pelas regressões lineares, porém com magnitudes distintas entre revestimentos e condições de embalagem. A presença do filme de PVC foi determinante para a redução da exsudação, atuando como barreira física à migração de água e à evaporação superficial, preservando a integridade estrutural e a aparência do produto. Esse efeito está de acordo com Melendez-Pérez et al. (2022), que destacam a importância de materiais de embalagem com propriedades barreira para a manutenção das características físico-químicas da carne durante o armazenamento refrigerado.

Entre os revestimentos, o tratamento contendo extrato de guavira apresentou menor intensidade de purga ao longo do tempo, sugerindo efeito positivo da incorporação de compostos fenólicos à matriz de pectina. Esses compostos bioativos podem contribuir para a preservação das proteínas miofibrilares, reduzindo alterações estruturais associadas

à perda da capacidade de retenção de água, conforme relatado por Muzolf-Panek et al. (2024). Em contraste, o tratamento com pectina isolada apresentou maiores valores de purga, indicando que a ausência de antioxidantes naturais comprometeu a funcionalidade do revestimento em reter umidade. Resultados semelhantes foram descritos por Xiong et al. (2020) e Nascimento et al. (2023), que observaram maior exsudação em filmes comestíveis sem compostos antioxidantes incorporados.

A maior exsudação observada na condição SEM PVC pode comprometer a aceitabilidade do produto, uma vez que está associada à aparência visual desfavorável, à perda de nutrientes hidrossolúveis e à maior suscetibilidade à deterioração. Esse comportamento pode estar relacionado à menor capacidade de retenção de água da carne, influenciada pelo pH e pela maior perda de peso por cocção, além de favorecer a proliferação microbiana ao proporcionar um ambiente úmido e nutricionalmente propício (Teixeira; Meneses, 2022).

No que se refere à força de cisalhamento, o aumento observado no tratamento com pectina isolada pode estar associado à formação de uma camada superficial mais rígida, característica de filmes hidrofílicos à base de pectina, que tende a se intensificar durante a cocção. A estrutura gelificante desse polímero favorece o espessamento superficial e resulta em textura mais firme, conforme descrito por Souza et al. (2022). A ausência de diferenças significativas entre o controle e o tratamento com guavira sugere que o extrato vegetal atenuou esse efeito, possivelmente pela ação antioxidante dos compostos fenólicos, que limitam a oxidação proteica e a formação de ligações cruzadas entre proteínas miofibrilares, preservando a maciez da carne (Xiong et al., 2020; Lohmann et al., 2021).

Quanto à condição de armazenamento, os maiores valores de força de cisalhamento observados nos filés armazenados SEM PVC podem ser explicados pela

maior perda de umidade, que promove enrijecimento da matriz proteica e maior resistência ao corte. A ausência de uma barreira física facilita a desidratação superficial e a concentração de proteínas miofibrilares, modificando a estrutura e a firmeza do tecido muscular (Pettersen et al., 2021; Merenkova; Zinina, 2024).

Em relação ao parâmetro a^* , a ausência de PVC favoreceu valores mais elevados, atribuídos à maior disponibilidade de oxigênio e à formação de oximioglobina (Guerra et al., 2017). Nesse contexto, o tratamento GUA apresentou melhor desempenho em comparação ao controle e à pectina isolada, indicando que o extrato de guavira contribuiu para retardar a oxidação da mioglobina e preservar a coloração vermelha, aspecto relevante em sistemas sem atmosfera modificada (El sheikha et al., 2022; Antonino et al., 2023). Na condição COM PVC, os valores de a^* foram reduzidos, refletindo a limitação da troca gasosa imposta pela embalagem, porém o GUA manteve maior estabilidade ao longo do tempo, reforçando o papel antioxidante dos compostos fenólicos na prevenção da formação de metamioglobina (Bellucci et al., 2022; Singh; Kim; Lee, 2022).

Os efeitos dos revestimentos sobre o parâmetro b^* mostraram forte dependência da condição de embalagem. Na presença do PVC, o tratamento GUA apresentou os maiores valores médios de b^* , possivelmente devido à interação entre compostos fenólicos e componentes da matriz muscular, associada à restrição da oxigenação, que limita a degradação oxidativa dos pigmentos (Palanisamy et al., 2024). Por outro lado, na ausência de PVC, o desempenho do GUA foi inferior ao do controle e semelhante ao da pectina isolada, sugerindo que a exposição ao oxigênio acelerou reações oxidativas e reduziu a estabilidade dos compostos bioativos, conforme descrito por Urbonavičiūtė et al. (2023).

A análise temporal confirma que o controle e a pectina isolada apresentaram degradação progressiva da tonalidade amarela, atribuída ao avanço da oxidação lipídica

e à interação de seus produtos secundários com pigmentos musculares (Reitznerová et al., 2017). Em contraste, o tratamento GUA demonstrou maior estabilidade do parâmetro b^* , indicando ação antioxidante efetiva e possível efeito pigmentante natural, conforme sugerido por Zin et al. (2020).

Para o parâmetro chroma, os maiores valores observados no tratamento GUA associado ao PVC indicam maior vivacidade da cor, resultado da ação combinada da barreira física e da proteção antioxidante dos compostos fenólicos, que reduzem a formação de metamioglobina (Espindola et al., 2016; Coelho et al., 2023; Nikmanesh et al., 2023). Na ausência do PVC, a degradação cromática foi mais rápida em todos os tratamentos, confirmando que a combinação entre revestimento bioativo e embalagem é fundamental para a preservação da qualidade visual da carne (Yoder et al., 2021; Braga et al., 2024).

Em relação ao parâmetro hue, a presença do PVC promoveu maior estabilidade cromática, retardando a conversão dos pigmentos para formas oxidadas. A pectina associada ao PVC apresentou valores mais elevados de hue, possivelmente devido à restrição da difusão de oxigênio (Guo et al., 2024). Na condição SEM PVC, todos os tratamentos apresentaram queda expressiva do hue, evidenciando que a maior exposição ao oxigênio atmosférico favorece a formação de pigmentos escurecidos, como a metamioglobina (Iqbal, 2023). O tratamento GUA apresentou redução mais lenta, atribuída à presença de fenólicos capazes de inibir a oxidação dos pigmentos (Lohmann et al., 2021), enquanto CON e PEC mostraram maior instabilidade (Vital et al., 2021; Al-Ibresam et al., 2023).

Os resultados microbiológicos indicam que o revestimento de pectina contendo extrato de guavira, especialmente quando associado ao filme de PVC, apresentou maior eficácia no controle do crescimento microbiano. A ação sinérgica entre compostos

fenólicos e a barreira física criou um microambiente desfavorável ao desenvolvimento de microrganismos deteriorantes, em concordância com estudos sobre biopolímeros e substâncias naturais (Kong; Degraeve; Pui, 2022; Azizah et al., 2023; Furlan; Silvestre; Baldasso, 2023; Correia et al., 2023; Boe Amadeu et al., 2024; Bin et al., 2025).

A pectina isolada apresentou efeito restrito aos primeiros dias de armazenamento, como descrito por Bekhit et al. (2018) e Urbonavičiūtė et al. (2023), enquanto o PVC, quando utilizado isoladamente, não garantiu estabilidade microbiológica prolongada (Hanani et al., 2022). Ainda assim, a embalagem contribuiu para a redução da troca gasosa, favorecendo o controle da oxidação e da proliferação de microrganismos aeróbios (Reyes et al., 2022; Nauman et al., 2022). Esses resultados corroboram estudos que apontam filmes ativos de pectina associados a compostos naturais como alternativas sustentáveis e eficazes aos conservantes sintéticos (Akhter et al., 2019; Baghi et al., 2024).

5 - CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o uso de revestimentos comestíveis à base de pectina incorporados com extrato de resíduos agroindustriais de guavira exerce efeito positivo na manutenção da qualidade de filés de peito de frango durante o armazenamento refrigerado, especialmente quando associado à embalagem com filme de PVC.

O tratamento GUA associado ao PVC apresentou maior estabilidade do pH ao longo do armazenamento, indicando maior resistência aos processos de deterioração química e microbiológica. Além disso, esse sistema promoveu menor perda de exsudato, refletindo melhor retenção de umidade e preservação da aparência visual da carne.

Em relação à perda por cocção, observou-se comportamento inverso ao da purga, com maiores perdas térmicas nos tratamentos que apresentaram maior retenção de umidade superficial durante o armazenamento. Esse resultado sugere que a água retida na interface amostra e revestimento não foi efetivamente incorporada à matriz proteica, sendo liberada durante o aquecimento.

A análise da força de cisalhamento indicou que o revestimento de pectina isolada aumentou a resistência ao corte, resultando em textura mais firme. No entanto, a incorporação do extrato de resíduos agroindustriais de guavira atenuou esse efeito, mantendo valores de maciez semelhantes ao controle, o que evidencia o papel modulador dos compostos fenólicos sobre a integridade estrutural da carne.

Quanto aos parâmetros de cor, o tratamento GUA associado ao PVC apresentou maior estabilidade da luminosidade (L^*), melhor manutenção da coloração vermelha (a^*), maior vivacidade cromática (C^*) e menor variação do ângulo de tonalidade (hue) ao longo do armazenamento, indicando efeito antioxidante efetivo na proteção dos pigmentos musculares.

A avaliação microbiológica demonstrou que o revestimento contendo extrato de guavira foi mais eficiente no controle do crescimento de microrganismos mesófilos aeróbios, especialmente quando associado ao PVC, retardando o crescimento microbiano até o sexto dia de armazenamento. Na ausência do PVC, o efeito antimicrobiano foi limitado aos primeiros dias, reforçando que a eficácia do sistema depende da sinergia entre o revestimento bioativo e a barreira física da embalagem.

De forma geral, os resultados indicam que a combinação de revestimentos de pectina enriquecidos com extratos de resíduos de guavira e embalagem com PVC constitui uma estratégia promissora para a preservação da qualidade físico-química,

sensorial e microbiológica da carne de frango refrigerada, com potencial para aplicação tecnológica visando à extensão da vida útil do produto.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKHTER, R.; MASOODI, F. A.; WANI, T. A.; RATHER, S. A. Functional characterization of biopolymer based composite film: incorporation of natural essential oils and antimicrobial agents. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 137, p. 1245–1255, 15 set. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.214>. Acesso em: 2 junho 2025.
- AL-IBRESAM, O. T.; AL-ALI, R. M.; AL-TEMIMI, A. A.; AL-HILIFI, S. A.; DINH, L. N. M.; AGARWAL, V.; YAO, Y. Active packaging from natural ingredients applied to meat: a review. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 1230, n. 1, p. 012184, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1230/1/012184>. Acesso em: 31 maio 2025.
- ANTONINO, C.; DIFONZO, G.; FACCIA, M.; CAPONIO, F. Effect of edible coatings and films enriched with plant extracts and essential oils on the preservation of animal-derived foods. **Journal of Food Science**, v. 89, p. 748–772, 2023.
- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION**. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5a ed. São Paulo: Pharmabooks, 2015.
- ARRUDA, H. S.; ARAÚJO, M.V. L.; MAROSTICA JUNIOR, M. R. Underexploited Brazilian Cerrado fruits as sources of phenolic compounds for diseases management: A review. **Food Chemistry: Molecular Sciences**, [S. l.], v. 5, p. 100148, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2022.100148>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL**. Relatório Anual ABPA 2024. São Paulo: ABPA, 2024. Disponível em: <https://abpa-br.org/abpa-relatorio-anual/>. Acesso em: 02 dezembro de 2024.
- AZIZAH, F.; NURSAKTI, H.; NINGRUM, A.; SUPRIYADI. Development of Edible Composite Film from Fish Gelatin–Pectin Incorporated with Lemongrass Essential Oil and Its Application in Chicken Meat. **Polymers**, v. 15, p. 2075, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/9/2075> . Acesso em: 2 de junho de 2025.
- AZIZKHANI, M.; KAVOSI, S.; PARTOVI, R. Improving the quality of the chicken fillet using chitosan, gelatin, and starch coatings incorporated with bitter orange peel extract during refrigeration. **Food Science & Nutrition**, [S. l.], v. 11, p. 4700–4712, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/fsn3.3432>. Acesso em: 3 março de 2025.
- BAGHI, F.; GHNIMI, S.; AGUSTI, G.; DUMAS, E.; GHARSALLAOUI, A. Desenvolvimento e caracterização de filmes de embalagem antimicrobianos à base de pectina contendo trans-cinamaldeído nanoemulsionado. **Applied Sciences**, v. 14, p. 2256, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app14062256>. Acesso em: 2 junho 2025.

- BARBOSA, A. C. S.; MENDES, P. S.; MATTOS, G.; FUCHS, R. H. B.; MARQUES, L. L. M.; BENETI, S. C.; HECK, S. C.; DROVAL, A. A.; CARDOSO, F. A. R. *Comparative analysis of the use of natural and synthetic antioxidants in chicken meat: an update review*. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, 2023. Disponível em: SciELO. Acesso em: 16 maio 2025.
- BARONE, A.M.; WITZEL, J. A.; Food handling practices and expiration dates: Consumers' perception of smart labels. **Food Control**, [s. l.], v. 133, 2022.
- BEKHIT, M.; MAKRAD, Z.; DELMAS, E.; DELMAS, M.; DUBOIS, P.; GHARSALLAOUI, A. Bioactive films containing alginate-pectin composite microbeads with *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*: physicochemical characterization and antilisterial activity. **International Journal of Molecular Sciences**, [S.l.], v. 19, n. 2, p. 574, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms19020574>. Acesso em: 2 junho 2025.
- BELLUCCI, E. R. B.; BIS-SOUZA, C. V.; DOMÍNGUEZ, R.; BERMÚDEZ, R.; BARRETTO, A. C. de S. Addition of natural extracts with antioxidant function to preserve the quality of meat products. **Biomolecules**, v. 12, p. 1506, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/biom12101506>. Acesso em: 8 maio 2025.
- BIN, M. C.; ASSIS, L. S.; GONÇALVES, D. A.; CARDOSO, C. A. L.; ALONSO, C. P.; MELO, A. M. M. F. de.; VALLADÃO, D. M. de S.; ARGANDOÑA, E. J. S. *Characterization, antioxidant capacity, and application of a microcapsule with essential oil from *Campomanesia adamantium* fruit residue in a cosmetic product*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 49, e021824, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202549021824>. Acesso em: 30 maio 2025.
- BOAS, G. R. V.; SANTOS, A. C. D.; SOUZA, R. I. C.; ARAÚJO, F. H. S.; TRAESEL, G. K.; MARCELINO, J. M.; SILVEIRA, A. P. S.; FARINELLI, B. C. F.; CARDOSO, C. A. L.; LACERDA, R. B.; OESTERREICH, S. A.; Preclinical safety evaluation of the ethanolic extract from guavira fruits (*Campomanesia pubescens* (D.C.) O. Berg) in experimental models of acute and short-term toxicity in rats. **Food and Chemical Toxicology**, [S. l.], v. 118, p. 1–12, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.04.063>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- BRAGA, L. R.; OLIVEIRA, M. G.; PEREZ, L. M.; RANGEL, E. T.; MACHADO, F. Poly (vinyl chloride) films incorporated with antioxidant ZnO-flavonoid nanoparticles: a strategy for food preservation. **Foods**, v. 13, n. 17, p. 2745, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods13172745>. Acesso em: 30 maio 2025.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 313, de 4 de setembro de 2024. Altera a Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022, **que estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 set. 2024. Disponível em: <https://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2024/09/INSTRUCAO-NORMATIVA-No-313-DE-4-DE-SETEMBRO-DE-2024.pdf>. Acesso em: 2 junho 2025.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 724, de 1º de julho de 2022. **Dispõe sobre os padrões microbiológicos dos alimentos e sua aplicação**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 jul. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt->

br/assuntos/noticias-anvisa/2022/regulacao-de-alimentos-consolidacao-de-atos-normativos. Acesso em: 2 junho 2025.

- CARVALHO, M. S. M. **Extração de pectina de casca de melancia: produção de biofilmes e aplicação de pectina cítrica como cobertura comestível na conservação pós-colheita de tomate cereja**. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2021.
- CATELAN, T. B. S.; GAIOLA, L.; DUARTE, B. F.; CARDOSO, C. A. L. Evaluation of the in vitro photoprotective potential of ethanolic extracts of four species of the genus *Campomanesia*. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, [S. l.], 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2019.04.009>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- CHACHA, J.; OFOEDU, C.; XIAO, K. Essential oil-based active polymer-based packaging system: A review of its effect on the antimicrobial, antioxidant, and sensory properties of beef and chicken meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, [S. l.], v. 46, 2022.
- CHMIEL, M.; ROSZKO, M.; ADAMCZAK, L.; FLOROWSKI, T.; PIETRZAK, D. Influence of storage and packaging method on chicken breast meat chemical composition and fat oxidation. *Poultry Science*, v. 98, n. 6, p. 2679-2690, 2019. ISSN 0032-5791. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps/pez029>. Acesso em: 8 out. 2024.
- COELHO, D. V. B. S. de A.; VIEIRA, M. do C.; HEREDIA-ZÁRATE, N. A.; CARNEVALI, T. de O.; CARDOSO, C. A. L.; CARNEVALI, N. H. de S. Organic residues influences the production and antioxidant activity of *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. *Revista Ceres*, v. 70, n. 3, p. 64-71, maio 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-737X202370030007>. Acesso em: 31 maio 2025.
- CORREIA, C. de A. C.; CARDOSO, A. C. F.; BIN, M. C.; ASSIS, L. S.; CARDOSO, C. A. L.; ARGANDOÑA, E. J. S. Teor de fenólicos, flavonoides e atividade antibacteriana em diferentes extratos vegetais e óleo essencial de casca e semente de *Campomanesia adamantium*. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, v. 21, n. 11, p. 23266-23291, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/oelv21n11-253>. Acesso em: 2 junho 2025.
- DALVANDI, FERESHTEH.; ALMASI, HADI.; GHANBARZADEH, BABAK.; HOSSEINI, HEDAYAT.; KARIMIAN KHOSROSHAHI, NADER. Effect of vacuum packaging and edible coating containing black pepper seeds and turmeric extracts on shelf life extension of chicken breast fillets. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, v. 1, p. 69-78, 2020.
- DIMITROV, N.; MITEVA, D.; DIMOV, K.; PETKOV, E.; POPOVA, T. Alterações na cor e oxidação da mioglobina na carne de frango em função de antioxidantes durante o armazenamento. *Comptes Rendus de l'Académie Bulgare des Sciences*, v. 76, n. 12, p. 1942-1950, dez. 2023. Disponível em: <https://www.proceedings.bas.bg/>. Acesso em: 8 out. 2025.
- DOUGLAS, S. L.; GILMORE, N. E.; BARRAZUETA-CORDERO, R. J.; CONTRERAS, X. M.; BALL, J. J.; MULVANEY, D. R.; RODNING, S. P.; SAWYER, J. T. Packaging Alters Fresh Chicken Characteristics and Volatile Profiles During Refrigerated Storage. *Foods*,

v. 14, n. 3284, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods14193284>. Acesso em: 10 out. 2025.

EL SHEIKHA, A. F.; ALLAM, A. Y.; ELOBEID, T.; BASIOUNY, E. A.; ABDELAAL, A. A.; AMAROWICZ, R.; OZ, E.; PROESTOS, C.; KARRAR, E.; OZ, F. **Impact of a Carboxymethyl Cellulose Coating Incorporated with an Ethanolic Propolis Extract on the Quality Criteria of Chicken Breast Meat.** *Antioxidants*, v. 11, n. 1191, 2022.

ESPINDOLA, P. P. T.; ROCHA, P. S.; CAROLLO, C. A.; SCHMITZ, W. O.; PEREIRA, Z. V.; VIEIRA, M. C.; SANTOS, E. L.; SOUZA, K. P. Antioxidant and antihyperlipidemic effects of *Campomanesia adamantium* O. Berg root. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, v. 2016, p. 7910340, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2016/7910340>. Acesso em: 31 maio 2025.

FURLAN, G. R.; SILVESTRE, W. P.; BALDASSO, C. **Pectin-based films with thyme essential oil: production, characterization, antimicrobial activity, and biodegradability.** *Polímeros*, v. 33, n. 3, e20230029, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-1428.20230053V>. Acesso em: 2 junho 2025.

GEDARAWATTE, S. T. G.; RAVENSDALE, J. T.; JOHNS, M. L.; AZIZI, A.; AL-SALAMI, H.; DYKES, G. A.; COOREY, R. Effectiveness of bacterial cellulose in controlling purge accumulation and improving physicochemical, microbiological, and sensorial properties of vacuum-packaged beef. *Journal of Food Science*, v. 85, n. 10, p. 3367–3377, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15469>. Acesso em: 2 out. 2025.

GEDARAWATTE, S. T. G.; RAVENSDALE, J. T.; JOHNS, M. L.; AZIZI, A.; AL-SALAMI, H.; DYKES, G. A.; COOREY, R. Effectiveness of gelatine and chitosan spray coating for extending shelf life of vacuum-packaged beef. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 56, n. 4, p. 2002–2014, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ijfs.14856>. Acesso em: 2 out. 2025.

GUERRA, N.; MACIEL, J. F.; ARAÚJO, J.; CAVALHEIRO, J. M. O. Efeito da embalagem com atmosfera modificada associada ao ácido ascórbico na vida útil de filés de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*). *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 20, e2015045, 2017.

GUO, H.; BAI, J.; JIN, X.; LIU, H.; WU, D.; GAN, R.; GAO, H. **Innovative edible films for food preservation: combining pectin and flavonoids from citrus peels with soy protein isolates.** *LWT*, v. 214, p. 117102, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.117102>. Acesso em: 31 maio 2025.

HANANI, N.Z. A.; REICH, F.; TOLKSDORF, T.; SIEMEN, H.; BANDICK, N. Monitoring the effect of active packaging films with silver-kaolinite using different packaging systems on the quality of beef meat. *Heliyon*, v. 8, n. 10, e11019, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11019>. Acesso em: 2 junho 2025.

HASHEMI, S. M. B.; KAVEH, S.; ABEDI, E.; PHIMOLSIRIPOL, Y. Polysaccharide-based edible films/coatings for the preservation of meat and fish products: emphasis on incorporation of lipid-based nanosystems loaded with bioactive compounds. *Foods*, v. 12, n. 17, p. 3268, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods12173268>. Acesso em: 30 maio 2025.

- Houben, J.H. et al. 2000. Effect of dietary vitamin E supplementation, fat level and packaging on colour stability and lipid oxidation in minced beef. *Meat Sci.* 55, 331– 336. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00161-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00161-8).
- Iqbal, M. Active packaging from natural ingredients applied to meat: a review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 1230, n. 1, p. 012184, 2023. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1230/1/012184>. Acesso em: 31 maio 2025.
- Jamróz, E.; KoPel, P. Polysaccharide and protein films with antimicrobial/antioxidant activity in the food industry: a review. *Polymers*, Basel, v. 12, n. 6, p. 1289, 2020.
- Katiyo, W.; De Kock, H. L.; Coorey, R.; Buys, E. M. *Sensory implications of chicken meat spoilage in relation to microbial and physicochemical characteristics during refrigerated storage. Food Packaging and Shelf Life*, [S. l.], v. 26, p. 100602, 2020.
- Kong, I.; Degraeve, P.; Pui, L. P. Polysaccharide-based edible films incorporated with essential oil nanoemulsions: physico-chemical, mechanical properties and its application in food preservation—A review. *Foods*, v. 11, n. 4, p. 555, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods11040555>. Acesso em: 2 junho 2025.
- Lohmann, M. L.; EYNG, C.; NUNES, R. V.; ARGANDONA, E. J. S.; CORREIA, C. A. C.; Köhler, T. L.; Costa, A. P. G. C. Effects of guavira fruit (*Campomanesia adamantium*) peel extract on performance and meat quality of broilers. *South African Journal of Animal Science*, v. 51, n. 1, 2021. ISSN 0375-1589 (print), ISSN 2221-4062 (online). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v51i1.2>. Acesso em: 2 jun. 2025.
- Loubet Filho, P. S.; Santos, T. G.; Reis, V. H. de O. T.; Santee, C. M.; Costa, M. P. da; Cândido, C. J.; Filiú, W. F. de O.; Portugal, L. C.; Santos, E. F. dos. *Campomanesia sp. flour attenuates non-alcoholic fatty liver disease on rats fed with a hypercaloric diet. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v. 104, n. 5, p. 1575–1582, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/JPN.13361>. Acesso em: 2 jun. 2024.
- Melendez-Pérez, R.; Rodríguez-Hernández, Y.; Arjona-Román, J. L.; Méndez-Albores, A.; Coria-Hernández, J. Frost Formation in Frozen Meat Packaged with Two Plastic Films (LDPE and PVC). *Processes*, v. 10, n. 2415, 2022. DOI: 10.3390/pr10112415. Acesso em: 15 maio 2025.
- Merenkova, S.; Zinina, O. Effect of bioactive packaging materials based on sodium alginate and protein hydrolysates on the quality and safety of refrigerated chicken meat. *Polymers*, v. 16, n. 3430, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/polym16233430>. Acesso em: Acesso em: 8 out. 2025.
- Menezes Santos, Jideane.; Da Silva Borges, Ângela.; Beltrão Lessa Constant, Patrícia. Estabilidade oxidativa em hambúrguer de frango adicionado de antioxidantes extraídos da polpa e semente da romã (*Punica granatum*, L.). *Scientia Plena*, v. 16, n. 10, 2020. DOI: 10.14808/sci.plena.2020.101502. Disponível em: <https://www.scienciaplena.org.br/sp/article/view/5764>. Acesso em: 19 fev. 2025.

- MOURA-ALVES, M.; ESTEVES, A.; CIRÍACO, M.; SILVA, J. A.; SARAIVA, C. Antimicrobial and antioxidant edible films and coatings in the shelf-life improvement of chicken meat. *Foods*, v. 12, n. 12, p. 2308, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods12122308>. Acesso em: 8 maio 2025.
- MUZOLF-PANEK, M.; ZAWORSKA-ZAKRZEWSKA, A.; CZECH, A.; LISIAK, D.; KASPROWICZ-POTOCKA, M. Estado antioxidante e características de qualidade da carne afetados pela suplementação alimentar de suínos em fase de terminação com fenólicos naturais. *Antioxidants*, v. 13, n. 1362, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox13111362>. Acesso em: 7 nov. 2025.
- NASCIMENTO, C. P. F. **Revestimentos de pectina adicionados de extrato hidroalcoólico de folhas de goiabeira (*Psidium guajava* L.): caracterização e aplicação em carne bovina fresca.** 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.
- NASCIMENTO, C. P. F.; LOPES, M. V. A.; BESSA, J.M. R.; ANDRADE, A. P. C.; OLIVEIRA, L. S.; EÇA, K. S. Effect of pectin coating incorporated with guava leaf extract (*Psidium guajava* L.) on the stability of fresh beef steak. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 59, p. 2068–2078, 2024.
- NAUMAN, K.; JASPAL, M. H.; ASGHAR, B.; MANZOOR, A.; AKHTAR, K. H.; ALI, U.; ALI, S.; NASIR, J.; SOHAIB, M.; BADAR, I. H. *Effect of Different Packaging Atmosphere on Microbiological Shelf Life, Physicochemical Attributes, and Sensory Characteristics of Chilled Poultry Fillets.* **Food Science of Animal Resources**, v. 42, n. 1, p. 153-174, 2022. Disponível em: Europe PMC. Acesso em: 16 maio 2025.
- NGO, T. M. P.; NGUYEN, T. H.; DANG, T. M. Q.; TRAN, T. X.; RACHTANAPUN, P. Characteristics and antimicrobial properties of active edible films based on pectin and nanochitosan. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 21, n. 6, p. 2224, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms21062224>. Acesso em: 14 out. 2025.
- NIKMANESH, A.; BAGHAEI, H.; MOHAMMADI NAFCHI, A. Development and characterization of antioxidant and antibacterial films based on potato starch incorporating *Viola odorata* extract to improve the oxidative and microbiological quality of chicken fillets during refrigerated storage. *Foods*, v. 12, n. 15, p. 2955, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods12152955>. Acesso em: 30 maio 2025.
- NTZIMANI, A.; KALAMARAS, A.; TSIRONI, T.; TAOUKIS, P. Shelf life extension of chicken cuts packed under modified atmospheres and edible antimicrobial coatings. *Applied Sciences, Basel*, v. 13, n. 6, p. 4025, 2023.
- OLVERA-AGUIRRE, G.; PIÑEIRO-VÁZQUEZ, Á. T.; SANGINÉS-GARCÍA, J. R.; SÁNCHEZ ZÁRATE, A.; OCHOA-FLORES, A. A.; SEGURA-CAMPOS, M. R.; VARGAS-BELLO-PÉREZ, E.; CHAY-CANUL, A. J. Using plant-based compounds as preservatives for meat products: A review. *Heliyon*, [S. l.], v. 9, n. 6, p. e17071, 2023.
- PALANISAMY, S.; SINGH, A.; ZHANG, B.; ZHAO, Q.; BENJAKUL, S. Effects of different phenolic compounds on the redox state of myoglobin and prevention of discoloration, lipid and protein oxidation of refrigerated longtail tuna (*Thunnus tonggol*) slices. **Foods**,

v. 13, n. 8, p. 1238, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods13081238>. Acesso em: 25 maio 2025.

- PETTERSEN, M. K.; NILSEN-NYGAARD, J.; HANSEN, A. Å.; CARLEHÖG, M.; LILAND, K. H. Effect of liquid absorbent pads and packaging parameters on drip loss and quality of chicken breast fillets. *Foods*, v. 10, n. 6, p. 1340, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods10061340>. Acesso em: 7 out. 2025.
- PRAKOSO, F. A. H.; INDIARTO, Rossi.; UTAMA, G.L. Edible film casting techniques and materials and their utilization for meat-based product packaging. *Polymers*, Basel, v. 15, p. 2800, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/polym15132800>. Acesso em: 3 março de 2025.
- REITZNEROVÁ, A.; ŠULEKOVÁ, M.; NAGY, J.; MARCINČÁK, S.; SEMJON, B.; ČERTÍK, M.; KLEMPOVÁ, T. Lipid peroxidation process in meat and meat products: a comparison study of malondialdehyde determination between modified 2-thiobarbituric acid spectrophotometric method and reverse-phase high-performance liquid chromatography. *Molecules*, v. 22, n. 11, p. 1988, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules22111988>. Acesso em: 26 maio 2025.
- REYES, TM; WAGONER, MP; ZORN, VE; COURSEN, MM; WILBORN, BS; BONNER, T.; BRANDEBOURG, TD; RODNING, SP; SAWYER, JT. A embalagem a vácuo pode prolongar as características de cor de bifes frescos durante condições simuladas de exposição. *Foods* 2022 , 11 , 520. <https://doi.org/10.3390/foods11040520>. Acesso em: 7 out. 2025.
- RIGUETO, C. V. T.; ROSSETO, M.; LOSS, R. A.; SANTOS, R.; NEILA, S. P. dos; DETTMER, A.; PIZZUTTI, I. R. Gelatin-based polymeric films for applications in food packaging: an overview of advances, challenges, and perspectives. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 53, n. 2, e20210679, 2023.
- SANTOS, S. P.; ANGIOLETTI, B. L.; HOFFMANN, T. G.; BERTOLI, S. L.; SOUZA, C.K. Efeito da embalagem, temperatura e método de cocção nas propriedades físicas e químicas da carne de frango. *Brazilian Journal of Food Research*, Campo Mourão, v. 10, n. 4, p. 48–61, out./dez. 2019.
- SARTORETTO, R. D. R. Atividade antioxidante e compostos bioativos em folhas e cascas do caule de diferentes genótipos de guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg). 2020. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Pinhalzinho, 2020. Disponível em: <https://www.udesc.br>. Acesso em: 30 jul. 2025
- SCHNEIDER, V. S.; BARKA, J. M.; WINNISCHOFER, S. M. B.; SANTOS, E. F.; IACOMINI, M.; CORDEIRO, L. M. C. Dietary fibres from guavira pomace, a co-product from fruit pulp industry: Characterization and cellular antioxidant activity. *Food Research International*, v. 132, p. 109065, 2020. Disponível em: ScienceDirect. Acesso em: 12 maio 2025.

- SILVA, É. R. S.; SALMAZZO, G. R.; ARRIGO, J. S.; OLIVEIRA, R. J.; KASSUYA, C. A. L.; CARDOSO, C. A. L.; Anti-inflammatory evaluation and toxicological analysis of *Campomanesia xanthocarpa* Berg. *Inflammation*, [S. 1.], 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10753-016-0378-3>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- SINGH, A. K.; KIM, J. Y.; LEE, Y. S. Phenolic compounds in active packaging and edible films/coatings: natural bioactive molecules and novel packaging ingredients. *Molecules*, v. 27, n. 21, p. 7513, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules27217513>. Acesso em: 24 maio 2025.
- SOUZA, V. G. L.; MELLO, I. P.; KHALID, O.; PIRES, J. R. A.; RODRIGUES, C.; ALVES, M. M.; SANTOS, C.; FERNANDO, A. L.; COELHO, I. Strategies to improve the barrier and mechanical properties of pectin films for food packaging: comparing nanocomposites with bilayers. *Coatings*, Basel, v. 12, n. 2, art. 108, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/coatings12020108>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- TEIXEIRA, P.; MENESES, R. Marination as a Hurdle to Microbial Pathogens and Spoilers in Poultry Meat Products: A Brief Review. *Applied Sciences*, v. 12, n. 11774, 2022.
- URBONAVICIŪTĖ, G.; DYGLĖ, G.; ČERNAUSKAS, D.; ŠIPAILIENĖ, A.; VENSKUTONIS, P. R.; LESKAUSKAITĖ, D. Alginate/pectin film containing extracts isolated from cranberry pomace and grape seeds for the preservation of herring. *Foods*, v. 12, n. 8, p. 1678, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods12081678>. Acesso em: 25 maio 2025.
- VITAL, A. C.; GUERRERO, A.; GUARNIDO, P.; CORDEIRO, I.; OLLETA, J.L.; BLASCO, M.; NUNES, I.; MAGGI, F.; CAMPO, M.M. Effect of active-edible coating and essential oils on lamb patties oxidation during display. *Foods*, v. 10, n. 2, p. 263, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods10020263>. Acesso em: 31 maio 2025.
- XIONG, Y.; LI, S.; WARNER, R. D.; FANG, Z. Effect of oregano essential oil and resveratrol nanoemulsion loaded pectin edible coating on the preservation of pork loin in modified atmosphere packaging. *Food Control*, v. 114, p. 107226, 2020. ISSN 0956-7135. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107226>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- YODER, L.; VANOVERBEKE, D.L.; RAMANATHAN, R.; MAFI, G.G. Effects of rosemary and green tea antioxidants on ground beef patties in traditional and modified atmosphere packaging. *Meat and Muscle Biology*, v. 5, n. 1, p. 1–12, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.22175/mmb.11697>. Acesso em: 31 maio 2025.
- ZIN, M. M.; ANUCHA, C. B.; BÁNVÖLGYI, S. Recovery of phytochemicals via electromagnetic irradiation (microwave-assisted extraction): betalain and phenolic compounds in perspective. *Foods*, v. 9, n. 7, p. 918, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods9070918>. Acesso em: 28 maio 2025.
- ZORGETTO-PINHEIRO, V. A.; KUFFA, H. M.; MACHADO, G. T.; GUIMARÃES, R. C. A.; POTT, A.; CAMPOS, R. P.; NASCIMENTO, V. A.; BOGO, D. Biotechnological and socio-environmental potential of *Campomanesia adamantium* (Myrtaceae): an interdisciplinary review. *Brazilian Journal of Biology*, [S. 1.], v. 83, e273473, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.273473>. Acesso em: 30 jul. 2025.

CAPÍTULO 3 – NOTA TÉCNICA: REVESTIMENTO DE PECTINA COM EXTRATO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DE GUAVIRA: CIÊNCIA APLICADA À CONSERVAÇÃO DA CARNE DE FRANGO

Este capítulo apresenta uma nota técnica, elaborada com o objetivo de traduzir os resultados da pesquisa para a aplicação prática no campo. A redação seguiu integralmente as orientações editoriais da revista do Conselho Federal de Medicina Veterinária (CFMV).

* Autor correspondente: Email: carolgomes_carolina@outlook.com

Ana Carolina Alves Gomes¹, Aylpy R. D. Santos¹, Dalton Mendes de Oliveira¹, Elis Regina Garcia de Moura¹, Micheline Feitosa de Castro, Isabeli Mantovani Dornas¹, Caroline de Brito Dalegrave¹, Elisângela Serenato Madalozzo², Elisvania Freitas dos Santos³

¹Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, MS, Brasil, 79200-000

²Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Naviraí, MS, Brasil, 79950-000

³Universidade de Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, Brasil, 79070-900.

Tecnologia biopolimérica aplicada à segurança alimentar: conservação da carne de frango com revestimento de pectina e extrato de resíduos agroindustriais de guavira

A conservação da carne de frango refrigerada ultrapassa a dimensão estritamente logística da distribuição, configurando-se como um requisito fundamental de segurança alimentar e como um eixo estratégico para a inovação na agroindústria. A matriz cárnea, caracterizada por elevada umidade e abundância de nutrientes, apresenta vulnerabilidade intrínseca a processos degradativos, que se manifestam pelo crescimento microbiano e pela intensificação da oxidação lipídica e proteica. O filme de cloreto de polivinila (PVC), embora amplamente empregado na cadeia de comercialização, exibe elevada permeabilidade a gases. Tal propriedade, longe de mitigar a deterioração, contribui para sua aceleração ao permitir o influxo de oxigênio, favorecendo a proliferação de microbiota aeróbia deterioradora e promovendo fenômenos de descoloração e rancificação lipídica. É nesse intervalo crítico,

entre a necessidade de estabilidade e a insuficiência das soluções convencionais, que a ciência aplicada encontra seu campo de intervenção.

Nesse contexto, o laboratório universitário torna-se um polo de desenvolvimento tecnológico voltado à formulação de materiais funcionais capazes de estender a vida útil dos alimentos. A pesquisa em questão concebeu um revestimento comestível funcional, estruturado como uma matriz biopolimérica avançada destinada ao controle dos mecanismos de degradação. A pectina, um polissacarídeo naturalmente disponíveis, foi selecionada como componente estrutural em virtude de sua aptidão para formar filmes coesos, biodegradáveis e compatíveis com aplicações alimentares. O elemento distintivo da proposta reside em sua biofuncionalização por meio da incorporação de extrato de resíduos agroindustriais de guavira (*Campomanesia spp.*).

Rico em compostos fenólicos com elevada capacidade antioxidante, esse extrato representa não apenas a valorização biotecnológica de um recurso nativo do Cerrado, mas também a materialização de princípios de economia circular. A matriz pectínica enriquecida estabelece um sistema de dupla barreira em ação sinérgica: uma barreira física, que limita a troca gasosa e a formação de exsudato; e uma barreira química, capaz de neutralizar radicais livres e exercer pressão seletiva sobre microrganismos deterioradores. A constatação de que a associação entre o revestimento e o filme de PVC potencializa a estabilidade microbiológica e mantém atributos cromáticos por um período prolongado evidencia a relevância prática da solução desenvolvida.

A transferência desse conhecimento para o ambiente industrial oferece aos profissionais das áreas de Medicina Veterinária e Zootecnia uma ferramenta tecnicamente consolidada para o aprimoramento do manejo da qualidade. Ao elevar os padrões de conservação, a tecnologia contribui para a entrega de um produto mais seguro, amplia a eficiência dos processos e incorpora princípios de sustentabilidade à cadeia produtiva da carne de frango.

O que foi feito?

Este estudo desenvolveu e avaliou um revestimento comestível à base de pectina enriquecido com extrato de resíduos agroindustriais de guavira (*Campomanesia spp.*), uma fruta do Cerrado rica em compostos fenólicos.

Filés de peito de frango *in natura* foram submetidos a três tratamentos de superfície (controle – CON; revestimento de pectina – PEC; e pectina com extrato de guavira – GUA) e armazenados com ou sem filme de PVC, sob refrigeração (4 ± 1 °C) por até nove dias. Foram realizadas análises físico-químicas (pH, cor, perda por purga, perda por cocção e força de cisalhamento) e microbiológicas para avaliar a eficácia dos revestimentos ao longo do tempo.

O que os resultados revelam?

O revestimento com extrato de guavira (GUA) demonstrou um efeito conservante superior, especialmente quando associado ao filme de PVC.

- **Retardamento da Deterioração:** A formulação GUA manteve os menores valores de pH ao longo do armazenamento, sugerindo que os compostos bioativos ajudaram a retardar a degradação proteica e limitar o crescimento microbiano.
- **Melhor Aparência e Estabilidade:** O tratamento GUA promoveu uma maior retenção de umidade (menores perdas por purga), o que se traduz em melhor aparência visual e maior estabilidade da carne. A elevada exsudação (purga) observada na condição sem PVC compromete a aceitabilidade do produto por estar relacionada à aparência desfavorável e à proliferação microbiana.
- **Preservação da Cor:** O revestimento GUA preservou melhor os parâmetros de cor, sendo esse efeito mais notável na presença do PVC, o que é atribuído à ação antioxidante dos compostos fenólicos da guavira.
- **Maciez:** A associação GUA e PVC ajudou a manter a maciez da carne (força de cisalhamento).
- **Controle Microbiológico:** A análise microbiológica de mesófilos aeróbios indicou que o tratamento GUA com PVC inibiu o crescimento microbiano por mais tempo, mantendo as contagens dentro dos limites legais até o 6º dia de armazenamento.

Na prática: A eficácia do extrato de guavira depende da sinergia com uma barreira física. O filme de PVC, ao reduzir a troca gasosa (oxigênio), protege os compostos antioxidantes do extrato de guavira, potencializando a

conservação e garantindo a qualidade da carne refrigerada por mais dias do que os métodos convencionais.

Do laboratório para o campo: como aplicar?

Profissionais da Medicina Veterinária e Zootecnia podem recomendar este protocolo em frigoríficos e unidades de processamento:

✓ **Formulação do Revestimento:** Utilizar o revestimento comestível à base de pectina enriquecida com o extrato de resíduos agroindustriais de guavira (GUA).

✓ **Aplicação do Revestimento:** Aplicar o revestimento por imersão sobre os filés de peito de frango *in natura* antes do acondicionamento.

✓ **Embalagem Final:** Acondicionar o produto revestido em bandejas e envolvê-lo com filme de PVC.

✓ **Armazenamento:** Manter o produto sob refrigeração (4 ± 1 °C), com a expectativa de estender a vida útil e a qualidade sensorial por até seis dias ou mais, dependendo da concentração do bioativo.

Essa prática valoriza resíduos agroindustriais, fortalece a economia circular e oferece ao mercado um produto mais seguro e durável.

Conclusão aplicada

A utilização do revestimento de pectina com extrato de guavira representa uma alternativa tecnológica sustentável para a indústria de carnes. Esta associação de biopolímero e bioativo natural atua como um sistema de conservação, minimizando a deterioração e prolongando a estabilidade microbiológica e as características de qualidade da carne de frango refrigerada.

Mesmo na ausência de filme plástico (SEM PVC), o revestimento GUA demonstrou eficácia na manutenção da maciez (FC similar ao Controle) e na preservação da cor a*(vermelho), transformando um resíduo do Cerrado em um conservante funcional.

A combinação do revestimento com a embalagem de PVC otimiza o resultado, oferecendo uma barreira dupla que maximiza a estabilidade da cor e a retenção de água (purga) ao longo do período de armazenamento, sendo uma estratégia de prolongamento de prateleira robusta.

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesta pesquisa evidenciam que a aplicação de revestimentos comestíveis à base de pectina, especialmente quando enriquecidos com extrato de resíduos agroindustriais de guavira e associados ao uso de embalagem em filme de policloreto de vinila (PVC), influencia de forma relevante a estabilidade físico-química e microbiológica de filés de peito de frango armazenados sob refrigeração. De maneira geral, observou-se que a qualidade da carne ao longo do armazenamento resulta da interação entre o tipo de revestimento aplicado, a condição de embalagem e o tempo de estocagem, reforçando a importância de abordagens integradas no desenvolvimento de tecnologias de conservação de carnes frescas.

A incorporação do extrato à matriz de pectina conferiu funcionalidade adicional ao revestimento, refletida principalmente na maior estabilidade do pH, na redução da perda de exsudato e na melhor preservação dos atributos de cor, sobretudo quando associada ao uso do filme de PVC. Esses efeitos indicam que os compostos bioativos presentes no extrato atuam de forma complementar à barreira física da embalagem, contribuindo para o retardo de processos degradativos durante o armazenamento refrigerado.

No âmbito microbiológico, o revestimento enriquecido com extrato de resíduos agroindustriais de guavira apresentou maior capacidade de retardar o crescimento de microrganismos mesófilos aeróbios, especialmente quando associado ao PVC, mantendo as contagens dentro dos limites estabelecidos pela legislação ao longo do período experimental. A ausência de *Salmonella spp.* e os resultados satisfatórios para *Escherichia coli* em todos os tratamentos confirmam a adequação higiênico-sanitária das amostras avaliadas.

De forma geral, os achados desta dissertação indicam que a pectina constitui uma matriz polimérica adequada para a incorporação de compostos bioativos naturais, possibilitando o desenvolvimento de revestimentos comestíveis funcionais e compatíveis com superfícies cárneas. O uso de extrato de resíduos agroindustriais de guavira destaca-se como alternativa promissora, ao agregar valor a um subproduto agroindustrial e alinhar-se a princípios de sustentabilidade e economia circular.

Embora os resultados obtidos sejam consistentes, estudos adicionais são recomendados para aprofundar a compreensão das interações entre a matriz

polimérica e os compostos bioativos, bem como para avaliar o desempenho do revestimento em períodos de armazenamento mais prolongados, sob diferentes condições de embalagem, de concentrações do extrato ou em outros produtos cárneos. Ainda assim, os dados apresentados reforçam o potencial do uso combinado de revestimentos bioativos e embalagens convencionais como estratégia tecnológica para a conservação da carne de frango refrigerada.

7 - LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros físicos de filés de frango em função do revestimento, condição e dias de armazenamento.

Revestimento ¹	Condição ²	Dias de armazenamento			R	C	D	P value			
		3	6	9				R*C	R*D	C*D	R*C*D
pH											
CON	Sem ³	5,87a	6,08a	6,54aB							
	Com ⁴	5,88	6,15a	6,73aA							
PEC	Sem ⁵	5,77a	5,77a	6,03bB	<0,001	0,052	<0,001	<0,001	<0,001	0,091	<0,001
	Com ⁶	5,86	5,90b	6,31bA							
GUA	Sem	5,52bB	6,07bA	6,13bA							
	Com ⁷	5,76A	5,80bB	5,88cB							
Purga, %											
CON	Sem	13,80	23,44	34,28							
	Com	7,12	6,78	9,81							
PEC	Sem	16,60	27,27	42,12	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,035	<0,001	0,092
	Com	6,47	7,89	9,96							
GUA	Sem	12,36	26,75	33,69							
	Com	2,44	1,73	3,08							
Perda de peso por cocção, %											
CON	Sem ⁸	14,27bB	9,31bB	10,52aB							
	Com ⁹	27,55aA	20,71aA	14,85bA							
PEC	Sem ¹⁰	21,43a	15,97a	10,48aB	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	0,010	0,690	<0,001
	Com ¹¹	23,58b	17,40b	15,61bA							
GUA	Sem ¹²	15,00bB	9,42bB	6,27bB							
	Com	22,15bA	21,66aA	20,15aA							
Força de cisalhamento, N											
CON	Sem	11,88	9,00	9,87							
	Com	8,80	9,06	6,39							
PEC	Sem	15,15	13,87	13,05	<0,001	0,005	0,089	0,058	0,912	0,216	0,339
	Com	10,82	9,06	10,74							
GUA	Sem	12,00	8,85	6,67							
	Com	8,52	10,21	9,42							

R, efeito do revestimento; C, efeito da condição de armazenamento; D, dia de armazenamento; R*C, efeito de interação entre revestimento e condição de armazenamento; R*D, efeito de interação entre o revestimento e o dia de armazenamento; C*D, efeito condição de armazenamento e dias de armazenamentos e R*C*D, efeito de interação entre revestimento, condição de armazenamento e dias de armazenamentos. Letras minúsculas representam diferenças significativas entre os revestimentos dentro de cada condição e dia de armazenamento. Letras maiúsculas representam diferenças significativas entre as condições dentro de cada revestimento e dia de armazenamento. ³y = 0,1105x + 5,5014, R² = 0,9581; ⁴y = 0,1417x + 5,4033, R² = 0,9575; ⁵y = 0,0436x + 5,5981, R² = 0,7704; ⁶y = 0,075x + 5,5786, R² = 0,8067; ⁷y = 0,1014x + 5,3038, R² = 0,8299; ⁸y = 0,3432x² - 4,7441x + 25,4158, R² = 0,9980; ⁹y = -2,1162x + 33,7344, R² = 0,9979; ¹⁰y = -1,8241x + 26,9052, R² = 0,9999; ¹¹y = -1,3275x + 26,8289, R² = 0,9076; ¹²y = -1,4558x + 18,9651, R² = 0,97

Tabela 2 - Parâmetros de cor de filés de frango em função do revestimento, condição e dias de armazenamento.

Revestimento ¹	Condição ²	Dias de armazenamento			R	C	D	<i>P</i> valor			
		3	6	9				R*C	R*D	C*D	R*C*D
Luminosidade											
CON	Sem ³	45,63aB	35,91B	31,06B							
	Com ⁴	57,91A	53,03bA	54,83bA							
PEC	Sem ⁵	41,23bB	35,64B	32,48B	0,003	<0,001	<0,001	0,006	0,319	<0,001	<0,001
	Com ⁶	61,11A	57,07aA	53,55bA							
GUA	Sem	45,85aB	34,02B	33,34B							
	Com ⁷	59,03A	60,09aA	57,72aA							
a*											
CON	Sem	6,01	6,10	7,24							
	Com	1,89	1,99	1,95							
PEC	Sem	5,44	6,64	4,84	<0,001	<0,001	<0,001	0,026	0,003	0,601	0,066
	Com	0,73	1,06	1,25							
GUA	Sem	4,45	6,60	6,22							
	Com	1,43	2,86	2,46							
b*											
CON	Sem	19,23	13,93	11,48							
	Com	15,75	14,86	15,37							
PEC	Sem	16,67	12,61	7,99	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,042	<0,001	0,239
	Com	11,67	15,78	14,64							
GUA	Sem	17,87	12,30	10,84							
	Com	16,13	18,38	18,37							
Chroma											
CON	Sem	20,18	15,18	13,60							
	Com	16,43	16,45	15,56							
PEC	Sem	17,64	14,18	9,95	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	0,015	<0,001	0,114
	Com	11,83	15,81	14,84							
GUA	Sem	18,44	13,94	13,06							
	Com	16,23	18,61	19,03							
Ângulo de tonalidade											
CON	Sem	72,61	65,75	57,13							
	Com	83,75	83,07	82,55							
PEC	Sem	71,69	62,82	58,47	0,248	<0,001	<0,001	0,006	0,046	<0,001	0,537
	Com	87,59	86,82	85,30							
GUA	Sem	76,91	61,28	59,55							
	Com	85,28	81,40	82,78							

R, efeito do revestimento; C, efeito da condição de armazenamento; D, dia de armazenamento; R*C, efeito de interação entre revestimento e condição de armazenamento; R*D, efeito de interação entre o revestimento e o dia de armazenamento; C*D, efeito condição de armazenamento e dias de armazenamentos e R*C*D, efeito de interação entre revestimento, condição de armazenamento e dias de armazenamentos. Letras

minúsculas representam diferenças significativas entre os revestimentos dentro de cada condição e dia de armazenamento. Letras maiúsculas representam diferenças significativas entre as condições dentro de cada revestimento e dia de armazenamento. $^3y = -2,4887x + 52,1210$, $R^2 = 0,9652$; $^4y = 0,3707x^2 - 4,9629x + 69,4652$, $R^2 = 1$; $^5y = -1,4584x + 45,2014$, $R^2 = 0,9749$; $^6y = -1,2602x + 64,8067$, $R^2 = 0,9984$; $^7y = 0,6192x^2 - 9,5148x + 68,8167$, $R^2 = 1$; $^8y = -0,1470x^2 + 1,6096x - 1,5243$, $R^2 = 1$; $^9y = 0,1175x^2 - 1,4629x + 6,2571$, $R^2 = 1$; $^{10}y = 0,0760x^2 - 1,0745x + 4,6286$, $R^2 = 1$

Tabela 3 - Resultados microbiológicos obtidos para as amostras de peito de frango e seus respectivos tratamentos.

Tratamento controle com filme PVC			
Armazenamento (dias)	Contagem padrão em placas (mesófilos aeróbios) (UFC/g)	<i>Salmonella sp.</i>	<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)
0	$>2,5 \times 10^5$	Ausência em 25 g	<10
3	$7,0 \times 10^2$	Ausência em 25 g	<10
6	$>2,5 \times 10^5$	Ausência em 25 g	<10
9	$>2,5 \times 10^5$	Ausência em 25 g	<10
Padrão segundo RDC 724/2022 e IN 313/2024			
	Contagem padrão em placas (mesófilos aeróbios) (UFC/g)	<i>Salmonella sp.</i>	<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)
	Não há padrão	Ausência em 25g	5×10^2
Tratamento controle sem filme PVC			
Armazenamento (dias)	Contagem padrão em placas (mesófilos aeróbios) (UFC/g)	<i>Salmonella sp.</i>	<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)
0	$>2,5 \times 10^5$	Ausência em 25 g	<10
3	$>2,5 \times 10^5$	Ausência em 25 g	<10
6	$1,0 \times 10^4$	Ausência em 25 g	<10
9	$7,1 \times 10^3$	Ausência em 25 g	<10
Padrão segundo RDC 724/2022 e IN 313/2024			
	Contagem padrão em placas (mesófilos aeróbios) (UFC/g)	<i>Salmonella sp.</i>	<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)
	Não há padrão	Ausência em 25g	5×10^2
Tratamento pectina com filme PVC			
Armazenamento (dias)	Contagem padrão em placas (mesófilos aeróbios) (UFC/g)	<i>Salmonella sp.</i>	<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)
0	$8,2 \times 10^2$	Ausência em 25 g	<10
3	$4,4 \times 10^2$	Ausência em 25 g	<10
6	$>2,5 \times 10^5$	Ausência em 25 g	<10

9	$>2,5 \times 10^5$	Ausência em 25 g	<10
Padrão segundo RDC 724/2022 e IN 313/2024			
	Contagem padrão em placas (mesófilos aeróbios) (UFC/g)	<i>Salmonella sp.</i>	<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)
	Não há padrão	Ausência em 25g	5×10^2
Tratamento pectina sem filme PVC			
Armazenamento (dias)	Contagem padrão em placas (mesófilos aeróbios) (UFC/g)	<i>Salmonella sp.</i>	<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)
0	$8,2 \times 10^2$	Ausência em 25 g	<10
3	$7,5 \times 10^2$	Ausência em 25 g	<10
6	$9,5 \times 10^3$	Ausência em 25 g	<10
9	$>2,5 \times 10^5$	Ausência em 25 g	<10
Padrão segundo RDC 724/2022 e IN 313/2024			
	Contagem padrão em placas (mesófilos aeróbios) (UFC/g)	<i>Salmonella sp.</i>	<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)
	Não há padrão	Ausência em 25g	5×10^2
Tratamento pectina + guavira com filme PVC			
Armazenamento (dias)	Contagem padrão em placas (mesófilos aeróbios) (UFC/g)	<i>Salmonella sp.</i>	<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)
0	$2,0 \times 10^3$	Ausência em 25 g	<10
3	$4,1 \times 10^3$	Ausência em 25 g	<10
6	$4,2 \times 10^3$	Ausência em 25 g	<10
9	$>2,5 \times 10^5$	Ausência em 25 g	<10
Padrão segundo RDC 724/2022 e IN 313/2024			
	Contagem padrão em placas (mesófilos aeróbios) (UFC/g)	<i>Salmonella sp.</i>	<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)
	Não há padrão	Ausência em 25g	5×10^2
Tratamento pectina + guavira sem filme PVC			

Armazenamento (dias)	Contagem padrão em placas (mesófilos aeróbios) (UFC/g)	<i>Salmonella sp.</i>	<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)
0	2,0 x 10 ³	Ausência em 25 g	<10
3	6,0 x 10 ³	Ausência em 25 g	<10
6	>2,5 x 10 ⁵	Ausência em 25 g	<10
9	>2,5 x 10 ⁵	Ausência em 25 g	<10
Padrão segundo RDC 724/2022 e IN 313/2024			
	Contagem padrão em placas (mesófilos aeróbios) (UFC/g)	<i>Salmonella sp.</i>	<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)
	Não há padrão	Ausência em 25g	5x10 ²

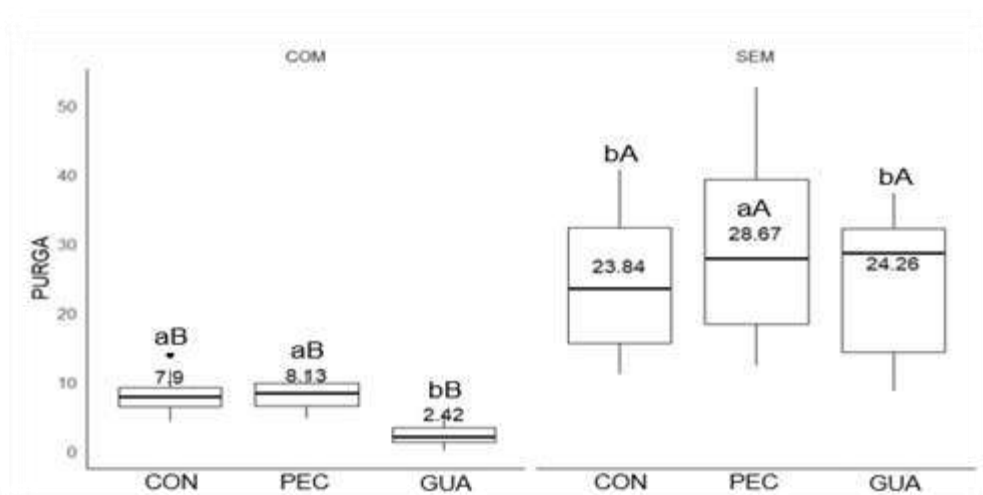


Figura 2. Valores médios de purga (%) em filés de peito de frango submetidos a diferentes condições de armazenamento: COM = Com filme PVC; SEM = Filme PVC; COM= Controle; PEC = Revestimento de pectina; GUA = Revestimento de pectina com extrato de guavira. Médias dentro de cada painel seguidas por letras minúsculas diferentes diferem significativamente entre si (teste de Tukey, $P < 0,05$). Médias entre os painéis seguidas por letras maiúsculas diferentes também diferem significativamente ($P < 0,05$).

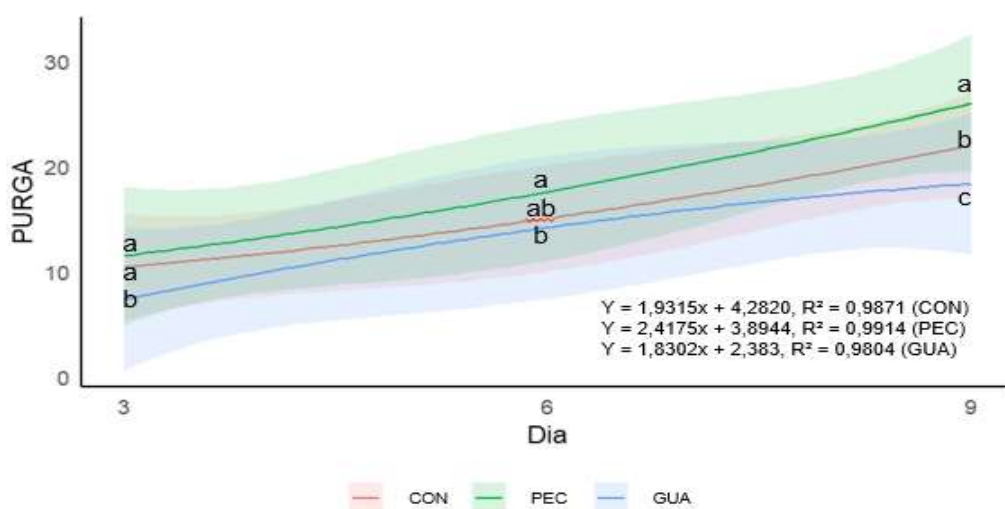


Figura 3. Evolução da purga (%) em filés de peito de frango armazenados sob refrigeração por 3, 6 e 9 dias, submetidos a diferentes tratamentos com revestimentos comestíveis. CON= Controle; PEC = Revestimento de pectina; GUA = Revestimento de pectina com extrato. As linhas no gráfico representam a evolução da purga para cada condição ao longo do tempo, com suas respectivas equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2). As áreas sombreadas correspondem ao intervalo de confiança. ^{a-c}Representam diferenças significativamente entre si (teste de Tukey, $P < 0,05$).

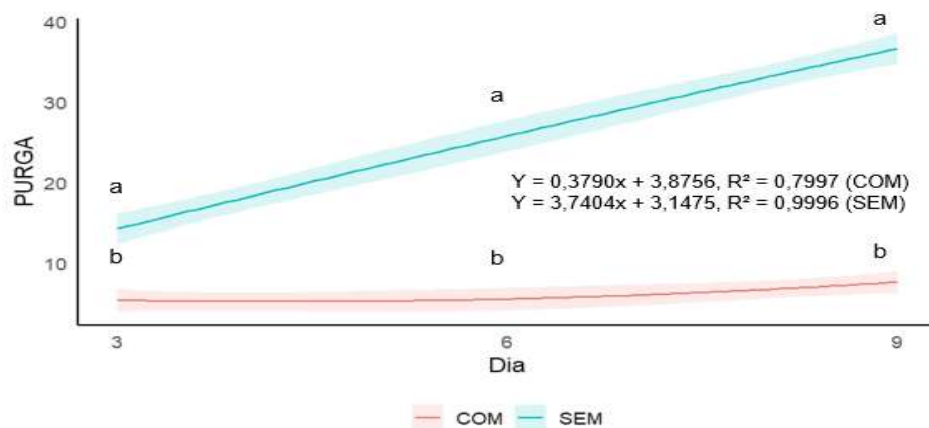


Figura 4. Efeito da presença ou ausência de filme de PVC sobre a purga (%) em filés de peito de frango revestidos, durante armazenamento refrigerado por 3, 6 e 9 dias. COM = Com filme PVC; SEM = Sem Filme PVC; CON= Controle; PEC = Revestimento de pectina; GUA = Revestimento de pectina com extrato. As linhas no gráfico representam a evolução da purga para cada condição ao longo do tempo, com suas respectivas equações de regressão e coeficientes de determinação (R²). ^{a-b}Representam diferenças significativamente entre si (teste de Tukey, P<0,05).

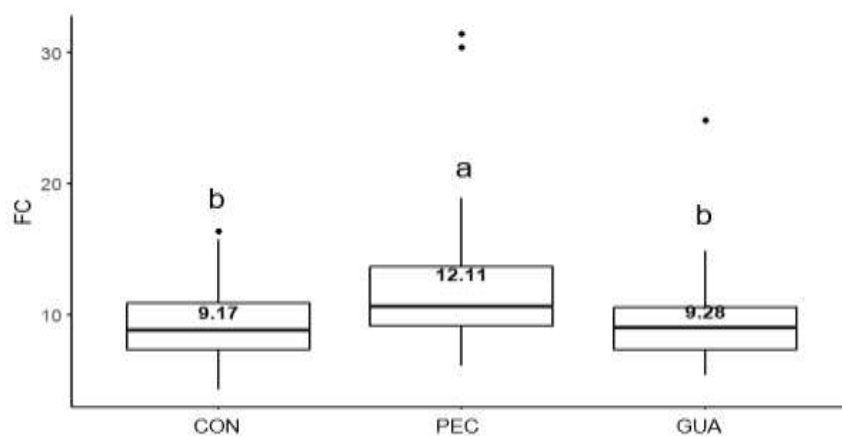


Figura 5. Valores médios da força de cisalhamento (N) de filés de peito de frango submetidos a diferentes tipos de revestimento comestível: CON= Controle; PEC = Revestimento de pectina; GUA = Revestimento de pectina com extrato. ^{a-b}Representam diferenças significativamente entre si (teste de Tukey, P<0,05).

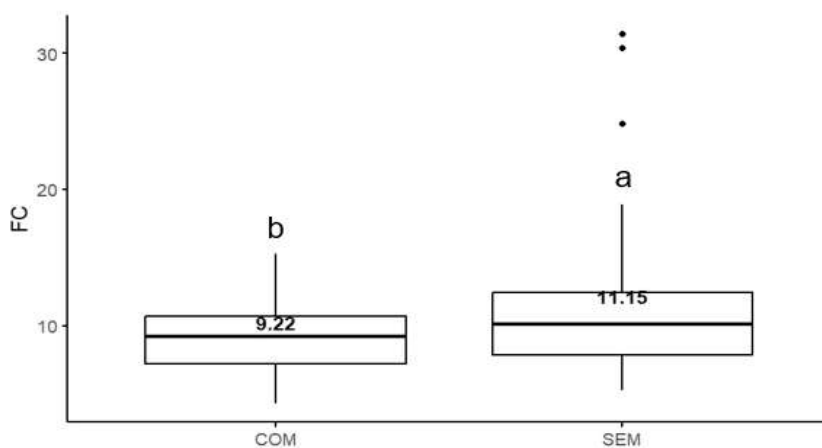


Figura 6. Valores médios da força de cisalhamento (N) de filés de peito de frango armazenados com e sem filme PVC. FC = Força de cisalhamento; COM = Com filme PVC; SEM = Filme PVC. ^{a-b}Representam diferenças significativamente entre si (teste de Tukey, $P < 0,05$).

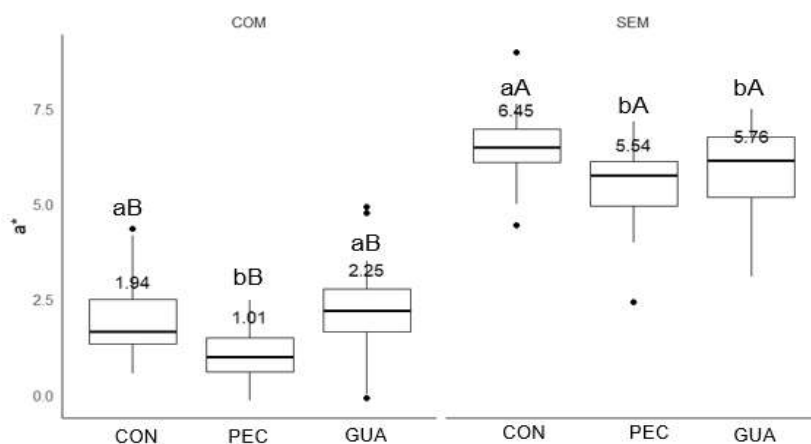


Figura 7. Valores médios do parâmetro de cor a^* (vermelho) em filés de peito de frango armazenados sob refrigeração, submetidos a três tratamentos de revestimento comestível. COM = Com filme PVC; SEM = Filme PVC; COM = Controle; PEC = Revestimento de pectina; GUA = Revestimento de pectina com extrato de guavira. Médias dentro de cada painel seguidas por letras minúsculas diferentes diferem significativamente entre si (teste de Tukey, $P < 0,05$). Médias entre os painéis seguidas por letras maiúsculas diferentes também diferem significativamente ($P < 0,05$).

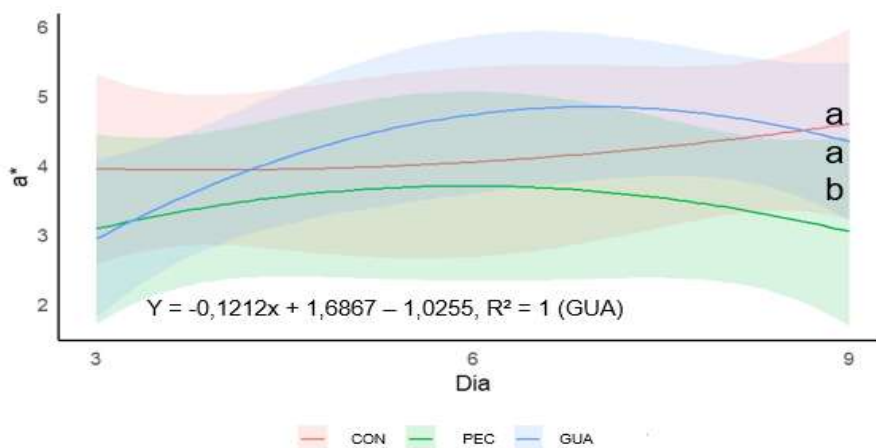


Figura 8. Evolução do parâmetro de cor a* (vermelho) em filés de peito de frango submetidos aos tratamentos: CON= Controle; PEC = Revestimento de pectina; GUA = Revestimento de pectina com extrato, durante o armazenamento refrigerado por 3, 6 e 9 dias. As linhas no gráfico representam a evolução do valor de a* para cada condição ao longo do tempo, com suas respectivas equações de regressão e coeficientes de determinação (R²). As áreas sombreadas correspondem ao intervalo de confiança. ^{a-c}Representam diferenças significativamente entre si (teste de Tukey, P<0,05).

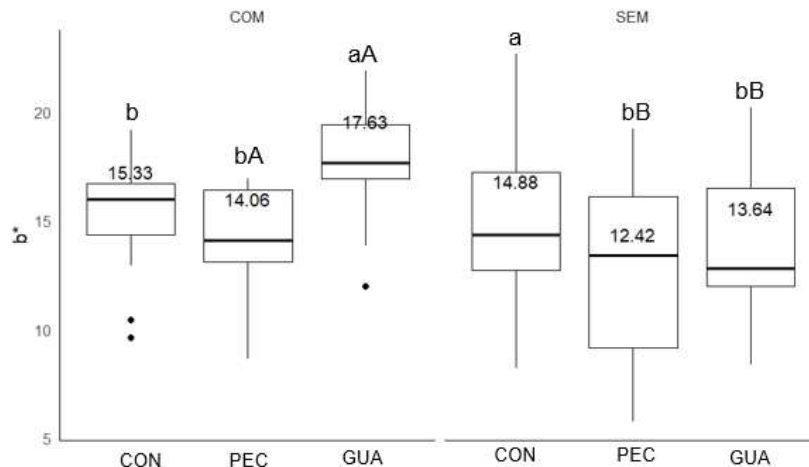


Figura 9. Valores do parâmetro de cor b* (tonalidade amarela) de filés de peito de frango submetidos a diferentes tratamentos: COM = Com filme PVC; SEM = Filme PVC; COM= Controle; PEC = Revestimento de pectina; GUA = Revestimento de pectina com extrato de guavira. Médias dentro de cada painel seguidas por letras minúsculas diferentes diferem significativamente entre si (teste de Tukey, P<0,05). Médias entre os painéis seguidas por letras maiúsculas diferentes também diferem significativamente (P<0,05).

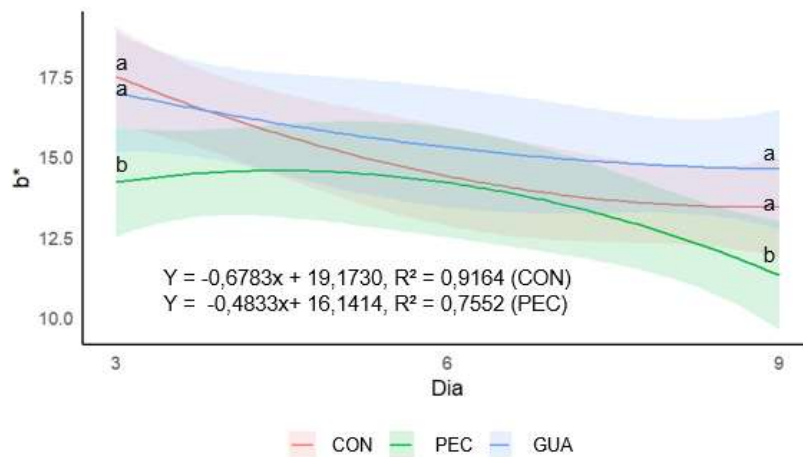


Figura 10. Tendência do parâmetro de cor b* (intensidade do amarelo) de filés de peito de frango submetidos aos tratamentos: CON= Controle; PEC = Revestimento de pectina; GUA = Revestimento de pectina com extrato, durante o armazenamento refrigerado por 3, 6 e 9 dias. As linhas no gráfico representam a evolução do valor de b* para cada condição ao longo do tempo, com suas respectivas equações de regressão e coeficientes de determinação (R²). As áreas sombreadas correspondem ao intervalo de confiança. ^{a-c}Representam diferenças significativamente entre si (teste de Tukey, P<0,05).

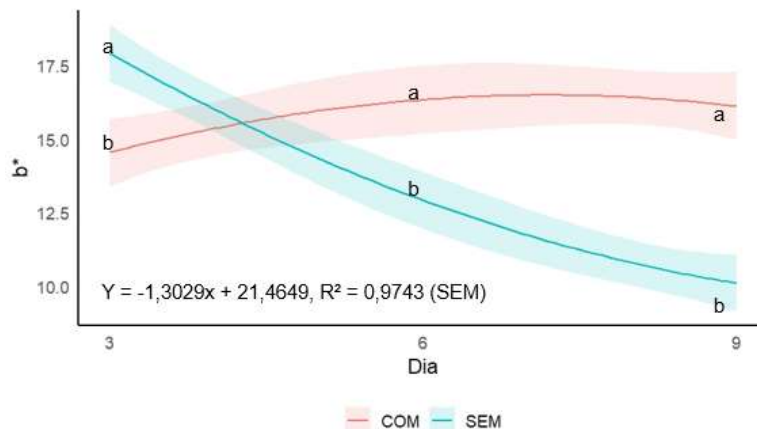


Figura 11. Comportamento do parâmetro de cor b* (intensidade do amarelo) em filés de peito de frango revestidos, durante armazenamento refrigerado por 3, 6 e 9 dias. COM = Com filme PVC; SEM = Sem Filme PVC; CON= Controle; PEC = Revestimento de pectina; GUA = Revestimento de pectina com extrato. As linhas no gráfico representam a evolução do valor de b* para cada condição ao longo do tempo, com suas respectivas equações de regressão e coeficientes de determinação (R²). ^{a-b}Representam diferenças significativamente entre si (teste de Tukey, P<0,05).

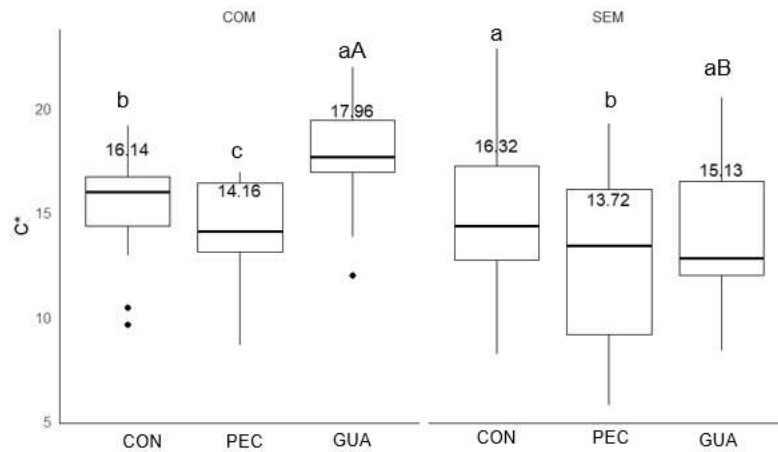


Figura 12. Valores médios do parâmetro de cor c^* (croma) em filés de peito de frango submetidos as condições: COM = Com filme PVC; SEM = Filme PVC; COM= Controle; PEC = Revestimento de pectina; GUA = Revestimento de pectina com extrato de guavira. Médias dentro de cada painel seguidas por letras minúsculas diferentes diferem significativamente entre si (teste de Tukey, $P < 0,05$). Médias entre os painéis seguidas por letras maiúsculas diferentes também diferem significativamente ($P < 0,05$).

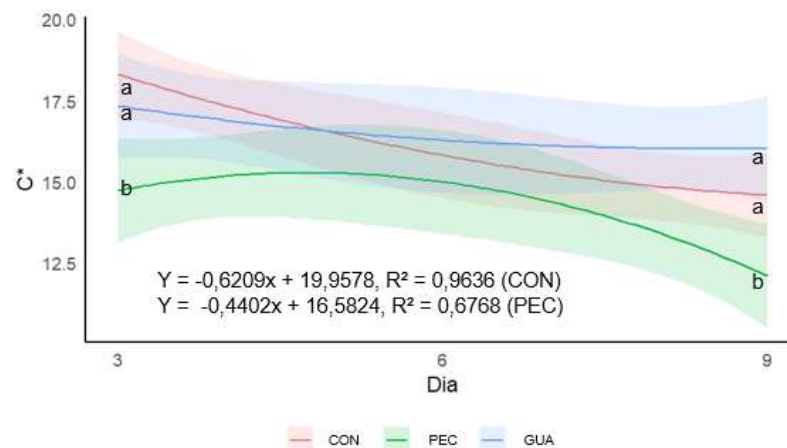


Figura 13. Evolução do parâmetro de cor c^* (croma) em filés de peito de frango submetidos as três condições de superfície: CON= Controle; PEC = Revestimento de pectina; GUA = Revestimento de pectina com extrato. As linhas no gráfico representam a evolução do valor de c^* (croma) para cada condição ao longo do tempo, com suas respectivas equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2). ^{a-b}Representam diferenças significativamente entre si (teste de Tukey, $P < 0,05$).

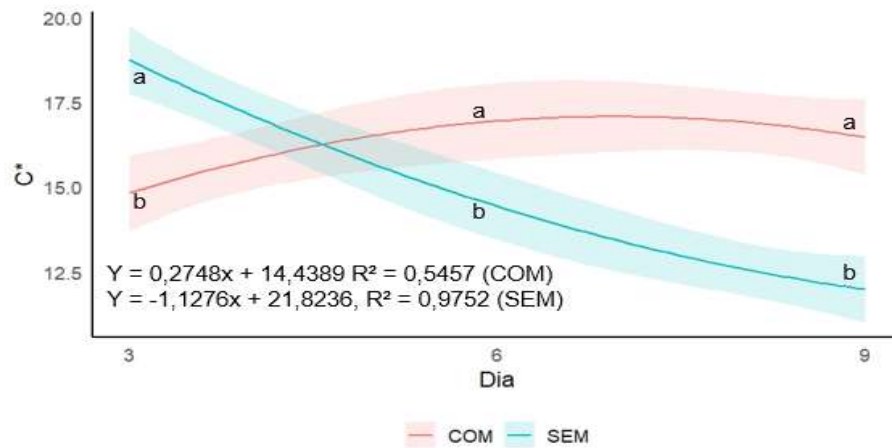


Figura 14. Variação do parâmetro de cor c* (croma) em filés de peito de frango armazenados sob as condições com PVC e sem PVC, durante o armazenamento refrigerado nos dias 3, 6 e 9. COM = Com filme PVC; SEM = Sem Filme PVC; As linhas no gráfico representam a evolução do valor de c* (croma) para cada condição ao longo do tempo, com suas respectivas equações de regressão e coeficientes de determinação (R²). ^{a-b}Representam diferenças significativamente entre si (teste de Tukey, P<0,05).

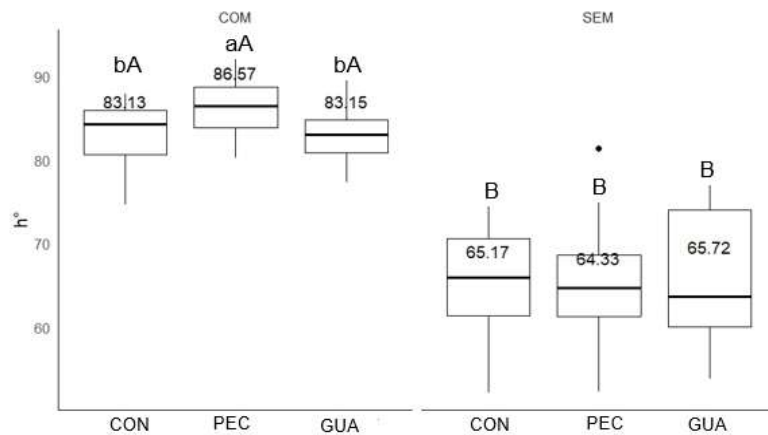


Figura 15. Valores médios do parâmetro de cor h° (matiz) em filés de peito de frango submetidos as condições: COM = Com filme PVC; SEM = Sem Filme PVC; COM= Controle; PEC = Revestimento de pectina; GUA = Revestimento de pectina com extrato de guavira. Médias dentro de cada painel seguidas por letras minúsculas diferentes diferem significativamente entre si (teste de Tukey, P<0,05). Médias entre os painéis seguidas por letras maiúsculas diferentes também diferem significativamente (P<0,05).

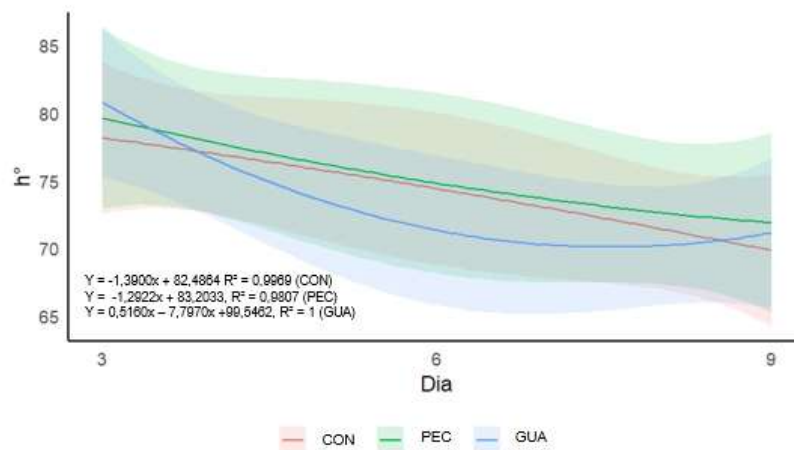


Figura 16. Regressões dos valores médios de h° (matiz) em filés de peito de frango submetidos as três condições de superfície: CON= Controle; PEC = Revestimento de pectina; GUA = Revestimento de pectina com extrato. As linhas no gráfico representam a evolução do valor de h° (matiz) para cada condição ao longo do tempo, com suas respectivas equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2). ^{a-b}Representam diferenças significativamente entre si (teste de Tukey, $P < 0,05$).

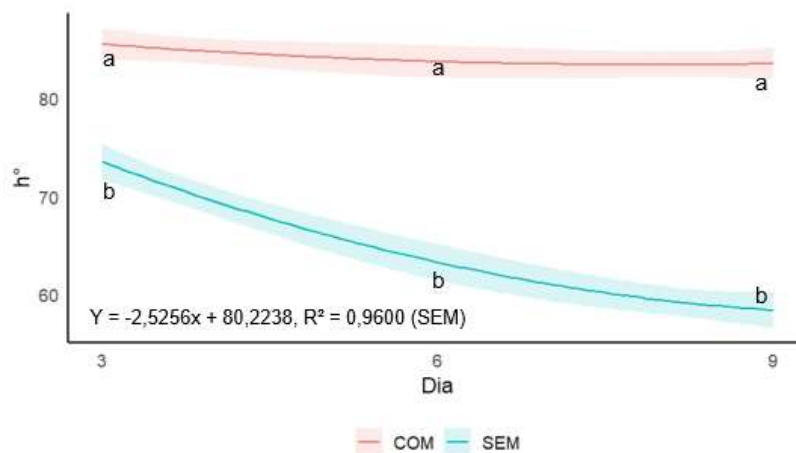


Figura 17: Influência da condição de armazenamento de filés de peito de frango sobre o parâmetro (h°) ao longo dos dias de armazenamento refrigerado, sob as condições com PVC e sem PVC, durante o armazenamento refrigerado nos dias 3, 6 e 9. COM = Com filme PVC; SEM = Sem Filme PVC. As linhas no gráfico representam a evolução do valor de h° (matiz) para cada condição ao longo do tempo, com suas respectivas equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2). ^{a-b}Representam diferenças significativamente entre si (teste de Tukey, $P < 0,05$).

APÊNDICE A – APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO DE PECTINA INCORPORADO COM EXTRATO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DE GUAJIRA NAS AMOSTRAS DE CARNE DE FRANGO

