

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS  
CURSO SUPERIOR EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

CAMILA DA SILVA VENANCIO

**REVESTIMENTO DE MAMÃO HAVAI (*Carica papaya* L.)  
DESENVOLVIDO COM FILME DE COPRODUTO DA INDÚSTRIA  
PESQUEIRA ADICIONADO DE EXTRATO DE SEMENTE DE  
PITOMBA (*Talisia esculenta* Radlk)**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO  
2021

CAMILA DA SILVA VENANCIO

**REVESTIMENTO DE MAMÃO HAVAÍ (*Carica papaya* L.) DESENVOLVIDO COM  
FILME DE COPRODUTO DA INDÚSTRIA PESQUEIRA ADICIONADO DE  
EXTRATO DE SEMENTE DE PITOMBA (*Talisia esculenta* Radlk)**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2 do Curso Superior de Engenharia em Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Campo Mourão, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Leila Larisa Medeiros Marques

Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. Ma. Maysa Ariane Formigoni

CAMPO MOURÃO  
2021

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

REVESTIMENTO DE MAMÃO HAVAÍ (*Carica papaya* L.) DESENVOLVIDO COM  
FILME DE COPRODUTO DA INDÚSTRIA PESQUEIRA ADICIONADO DE  
EXTRATO DE SEMENTE DE PITOMBA (*Talisia esculenta* Radlk)

CAMILA DA SILVA VENANCIO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 09 de abril de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos e foi avaliado pelos seguintes professores:

---

**Dra. Leila Larisa Medeiros Marques**  
Profa. Orientadora

---

**Dr. Bogdan Demczuk Junior**  
Avaliador 1

---

**Dra. Márcia Regina Ferreira Geraldo Perdoncini**  
Avaliador 2

## AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida e me auxiliaram nessa trajetória. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

O primeiro a ser lembrado nessa prévia de agradecimentos é Deus, o mesmo estive e ainda está comigo em todas as etapas de minha vida, me dá força para continuar a desenvolver meu trabalho e com seu perdão sei que sou capaz de aprimorar-me.

Agradeço a minha querida orientadora Prof<sup>a</sup>. Dra. Leila L. M. Marques, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória desde os primórdios da iniciação científica até hoje. Agradeço pelas broncas, pelo comprometimento e dedicação, pois junto a ela me desenvolvi imensamente e aprendi sobre ter responsabilidade, pontualidade e dedicação em tudo que faço. A mesma me ensinou coisas valiosas as quais não se restringem somente ao âmbito acadêmico, mas sim no âmbito pessoal e profissional, em tudo aquilo que se reflete em como lidar com as pessoas. A ti dedico meus mais sinceros agradecimentos.

Meu coração se enche de alegria e tristeza simultaneamente ao passo que penso em agradecer aos meus avós, sem eles sei que não estaria onde eu estou. Ambos são pessoas simples e não alfabetizadas que me ensinaram lições muito valiosas sobre moral, ética, amor e respeito. Aos mesmos lhes sou grata e tenho muito orgulho em ter avós tão maravilhosos que mesmo sem entender o que eu faço de verdade em meu curso ou o porquê saí de casa com 17 anos para morar sozinha e a mais de 500 km de distância, me apoiaram imensamente, não se esquecendo nenhum dia sequer de me ligar para dizerem que me amam, assim como os amo.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio, incluindo pais, irmãos, tios, sobrinhos e seus cônjuges.

Aos meus colegas de sala por toda essa trajetória de aprendizado, sei que da turma 01/2016 se formarão excelentes profissionais aos quais respeito imensamente. Em especial quero agradecer ao meu colega, amigo, companheiro, irmão e anjo de Luz Lucas, por todos os conselhos, brigas e ensinamentos, o mesmo foi fundamental para que eu seguisse meu caminho corretamente, pois acreditou em mim em todos

os momentos e me ajudou significativamente. Meu amor e admiração por ti não podem ser expressos em poucas palavras, mas garanto-lhes que o mesmo conhece esse amor e essa admiração que o tenho.

Estendo meus agradecimentos aos meus amigos de longa data, como a Thais e Maria Julia, seres iluminados que desde de muito cedo acreditaram que eu seria capaz mesmo frente a todas as dificuldades.

Sinto-me honrada por ter estudado em uma instituição tão poderosa, que me forneceu a cada semestre um conjunto dos melhores professores que eu poderia ter, sendo que cada um deles contribuíram de alguma maneira para meu desenvolvimento profissional e até mesmo pessoal.

Deixo meu carinho e agradecimento às Técnicas de laboratório pela paciência ao longo dos anos de pesquisa e por todo o conhecimento transmitido. Assim como a professora Flávia pela sua paciência, dedicação e comprometimento para comigo, pois a mesma foi responsável por todas as análises estatísticas presente neste trabalho.

Agradeço ao pesquisador Belini pela gentileza em fornecer-me o material necessário para o início do desenvolvimento do meu trabalho de conclusão de curso. Assim como a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pelos recursos disponibilizados, tanto em infraestrutura, quanto financeiro.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa, meu muito obrigada.

## RESUMO

A indústria de alimentos sofre elevadas perdas com a frutas e hortaliças ao longo de toda cadeia produtiva, como por exemplo o mamão, uma fruta de exportação com clima propício para seu desenvolvimento no Brasil. Tais perdas instigam a busca por alternativas como o desenvolvimento de filmes para revestir alimentos e prolongar sua vida de prateleira. O objetivo deste trabalho foi buscar um revestimento otimizado capaz de prolongar a vida de prateleira do mamão que é afetado por doenças pós-colheita causadas pelo *Collectotrichum gloeosporioides* e *Fusarium* spp. Os revestimentos/filmes podem ser produzidos a partir de gelatina de coprodutos da indústria pesqueira, como a pele da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) cujo processamento resulta em mais da metade do peso dos animais como coprodutos. Para a conversão das peles em gelatinas requereu-se a realização de permutações entre três reagentes nas seguintes concentrações: butanol 15%, ácido clorídrico 0,8% e ácido acético 0,8%. Foram feitas análises nesses diferentes tratamentos, a fim de se obter a formulação otimizada, ou seja, com elevada força de gel e baixa concentração lipídica. A gelatina escolhida para elaboração do filme foi a de número 9 elaborada com 25% de butanol e 37,5% de ácido acético (0,8%) e clorídrico (0,8%) a qual continha um teor de 7,76% de umidade, 1,42% de cinzas, 84,93% de proteínas, 0,43% lipídeos, 2,94 de pH e 872,20 bloom de força de gel, gerando um rendimento de aproximadamente 13%. Após a elaboração do filme com essa gelatina otimizada e surfactantes (Tween 80 e o dodecil sulfato de sódio (SDS)), investigou-se as propriedades mecânicas e de barreira. Encontrou-se valores de resistência à tração, módulo de Young e alongação de 3,49 a 38,78 MPa; 1,97 a 14,16 MPa; e 16,40 a 120,49%, respectivamente. Quanto à propriedade de barreira de permeabilidade a vapor de água encontrou-se faixa de baixo valor de 5,90 a 10,12 g.mm.h<sup>-1</sup>.m<sup>2</sup>.kPa<sup>-1</sup>. A espessura variou conforme a adição de surfactante, sendo de 0,10 a 0,25 mm. O tratamento com a menor concentração de surfactante (40%) foi o mais eficiente, pois apresentou as melhores propriedades de barreira e foi o menos espesso, o que o classifica como sendo uma boa opção para revestimento de alimentos. Foi então aplicado esse filme em sistemas com diferentes umidades relativas a fim de se obter uma isoterma de adsorção e o modelo Kühn permitiu o melhor ajuste aos dados experimentais, considerando todos os parâmetros estatísticos e a distribuição aleatória (randomizada) dos resíduos simultaneamente. Investigou-se o efeito da aplicação desse filme, por meio de análises físico-químicas ao longo do amadurecimento da fruta, quando usadas diferentes concentrações de extrato de pitomba. Constatou-se que os parâmetros L, C e h são capazes de expressar as mudanças de cor durante o amadurecimento tanto na casca, quanto na polpa. O teor de sólidos solúveis totais está intimamente relacionado com o amadurecimento da fruta e encontrou-se na faixa de 8,77 a 11,95° Brix onde apenas uma formulação não foi capaz de atender a quantidade mínima de °Brix de mamões maduros, aptos à exportação. O teor de licopeno foi de 12,28 a 25,79 µg licopeno/g de mamão para as análises no dia final. A perda de massa em todos os casos foi inferior a 10%, mas as perdas mais significativas estavam relacionadas com a presença de doenças pós-colheita. Como conclusão, observou-se que concentrações de extrato de pitomba a partir de 10% seriam capazes de reduzir as doenças pós-colheita presentes e retardar o amadurecimento do mamão, sendo atrativo para o mercado externo.

**Palavras-chave:** Revestimento. Pele. Embalagem. Shelf-life. Resíduo.

## ABSTRACT

The food industry suffers high losses with fruits and vegetables throughout the entire production chain, which encourages it to search alternatives such as the development of films to coat food and prolong its shelf life. The objective of this work was to seek an optimized coating capable of prolonging the shelf life of papaya that is affected by post-harvest diseases caused by *Collectotrichum gloeosporioides* and *Fusarium* spp. The coatings / films can be obtained from gelatine from fishing industry's co-products, such as Nile's tilapia's (*Oreochromis niloticus*) skin of the whose processing results in more than half of the animals' weight as co-products. For the conversion of hides into gelatins, it was required to perform permutations between three reagents in the following recommendations: butanol 15%, hydrochloric acid 0.8% and acetic acid 0.8%. Analyzes of the different solutions were carried out in order to obtain the optimized base, that is, with high gel strength and low lipid concentration. The gelatin chosen for making the film was a number 9 made with 25% butanol and 37.5% acetic acid (0.8%) and hydrochloric acid (0.8%) which contained a content of 7.76% humidity, 1.42% ash, 84.93% protein, 0.43% lipids, 2.94 pH and 872.20 bloom of gel strength, generating a yield of approximately 13%. After preparing the film with this optimized gelatin and surfactants (Tween 80 and sodium dodecyl sulfate (SDS)), the mechanical and barrier properties were investigated. Tensile strength, Young's modulus and elongation values were found from 3.49 to 38.78 MPa; 1.97 to 14.16 MPa; and 16.40 to 120.49%, respectively. As for the water vapor permeability barrier property, a low value range of 5.90 to 10.12 g.mm.h<sup>-1</sup>.m<sup>2</sup>.kPa<sup>-1</sup> was found. The thickness varied according to the addition of surfactant, ranging from 0.10 to 0.25 mm. The treatment with the lowest concentration of surfactant (40%) was the most efficient, as it had the best barrier properties and was the least thick, which classifies it as a good option for coating food. This film was then applied to systems with different relative humidity in order to obtain an adsorption isotherm and the Kühn model allowed the best adjustment to the experimental data, considering all the statistical parameters and the random (randomized) distribution of the residues simultaneously. The effect of the application of this film was investigated, through physical-chemical analyzes during the ripening, when different concentrations of pitomba's extract were used. It was found that the parameters L, C and h are capable of expressing color changes during ripening in both the skin and the pulp. The content of total soluble solids is closely related to the ripening of the fruit and was found in the range of 8.77 to 11.95° Brix where only one formulation wasn't able to meet the minimum amount of °Brix of ripe papayas, suitable for export. The lycopene content was 12.28 to 25.79 µg lycopene / g of papaya for the analyzes on the final day. The loss of mass in all cases was less than 10%, but the most significant losses were related to the presence of post-harvest diseases. As a conclusion, it was observed that concentrations of pitomba extract from 10% would be able to reduce the post-harvest diseases present and delay the ripening of the papaya, being attractive to the foreign market.

**Keywords:** Coating. Skin. Packing. Shelf-life. Waste.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ciclo da antracnose causada em frutas pelo fungo <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> .....	23
Figura 2- Mamões Havaí adquiridos em mercado local da cidade de Campo Mourão com antracnose .....	24
Figura 3 - (A) Morfologia do <i>Fusarium</i> spp e (B) Exemplo de mamão com fusariose	25
Figura 4- A) Morfologia de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> e B) Mamões Havaí adquiridos em mercado local da cidade de Campo Mourão com podridão peduncular .....	26
Figura 5- Exemplo de fruta pitomba demonstrando suas partes internas e externas	27
Figura 6- Fluxograma da elaboração de gelatina a partir de pele de Tilápia do Nilo.	30
Figura 7- Fluxograma da elaboração do filme a partir da gelatina de Tilápia do Nilo	34
Figura 8- Fluxograma para determinação do teor de licopeno adaptada .....	41
Figura 9- Superfície de resposta da variável lipídeo para as gelatinas extraídas de material de descarte da indústria pesqueira .....	44
Figura 10- Superfície de resposta da variável de força do gel para as gelatinas extraídas a partir da hidrólise do colágeno provenientes de material de descarte da indústria pesqueira .....	48
Figura 11- Gráfico de desejabilidade para obtenção da composição do tratamento das gelatinas com os teores de lipídeos e força do gel satisfatórios .....	50
Figura 12- Gráfico de desejabilidade para a determinação da composição dos tratamentos empregados na extração de gelatina de tilápia sem exclusão de reagentes .....	51
Figura 13- Gráfico de influência do teor total de surfactante na obtenção de resistência à tração, módulo de Young, alongação e PVA .....	59
Figura 14- Comportamento do teor total de surfactante na obtenção de resistência à tração, módulo de Young, alongação e PVA .....	60
Figura 15- Superfícies de resposta do teor total de surfactante na obtenção de resistência à tração e PVA .....	61
Figura 16- Superfícies de resposta do teor total de surfactante na obtenção do módulo de Young e PVA .....	62
Figura 17- Superfície de resposta do teor total de surfactante na obtenção da alongação e PVA .....	62
Figura 18- Superfície de resposta do teor total de surfactante na obtenção do módulo de Young e da resistência à tração .....	63
Figura 19- Isoterma de adsorção de água para amostra otimizada de filme em um ambiente a 25 °C pelo modelo Kühn .....	64
Figura 20- <i>Collectotrichum gloeosporioides</i> no microscópio luminoso (A) com aumento de 40x (B) com aumento de 100x (C) com aumento de 400x .....	67
Figura 21- <i>Fusarium</i> spp. em microscópio luminoso (A) com aumento de 100x (B) com aumento de 400x (C) com aumento de 1000x .....	67
Figura 22- Testes com filme e extrato para a averiguação da inibição micelial conforme delineamento proposto no item 4.15, Tabela 5 .....	68
Figura 23- Amostras de mamão Havaí no dia inicial (A) e no oitavo dia ou dia final (B) .....	75
Figura 24- (A) Mamões no dia inicial (B) Mamões no dia final .....	77
Figura 25- (A) Parte do diagrama de cromaticidade $a^*$ , $b^*$ (B) Cromo e luminosidade .....	78



Figura 26- Uma das amostras de mamões utilizadas no dia inicial para a realização das primeiras sequências de análises.....	81
Figura 27- Polpas das amostras de mamão Havaí no dia inicial (A) e no oitavo dia ou dia final (B).....	82
Figura 28- Gráfico de perda de massa do mamão sem aplicação do filme e extrato, com aplicação apenas do filme e com aplicação de filme e diferentes concentrações de extrato .....	87
Figura 29- Gráfico de desejabilidade das amostras de mamão frente a diferentes concentrações de extrato de semente de pitomba.....	89

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Composição dos tratamentos para a extração de gelatina de Tilápia do Nilo, com as respectivas frações volumétricas dos reagentes.....	31
Tabela 2- Planejamento simplex-centroide repetido para cada nível da variável de processo .....	34
Tabela 3- Atividade de água de sais a 25 °C.....	36
Tabela 4- Modelos matemáticos para o ajuste de dados de umidade de equilíbrio	37
Tabela 5- Composições das placas de Petri para averiguação da redução visual da quantidade de colônias de cada microrganismo.....	39
Tabela 6- Delineamento proposto para aplicação dos extratos vegetais de pitomba provenientes da casca e semente da fruta em amostras de mamão Havaí adquiridas no comércio local da cidade de Campo Mourão .....	40
Tabela 7- Análises físico-químicas provenientes das gelatinas extraídas a partir da pele de tilápia do Nilo .....	44
Tabela 8- Modelos estatísticos obtidos para propriedades da mistura da gelatina de tilápia do Nilo .....	49
Tabela 9- Tabela de resultados para os filmes elaborados a partir da amostra 9 de gelatina extraída de pele de Tilápia do Nilo.....	53
Tabela 10- Teste de variância para o teor total de surfactante aplicados em filmes desenvolvidos a partir de gelatina obtida por coprodutos de tilápia.....	58
Tabela 11- Parâmetros calculados $R^2$ , P (%) e o erro padrão SE para o ajuste dos dados de umidade de equilíbrio de filme com modelo matemático a 25° C .....	65
Tabela 12- Análises de cor da casca do mamão revestido com extrato de semente de pitomba.....	73
Tabela 13- Análises de cor da polpa do mamão revestido com extrato de semente de pitomba.....	73
Tabela 14- Análises de sólidos solúveis totais e teor de licopeno do mamão revestido com extrato de semente de pitomba .....	74

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVO</b> .....	<b>12</b>
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>13</b>
3.1 TILÁPIA DO NILO (OREOCHROMIS NILOTICUS) .....	13
3.2 RESÍDUOS NA INDÚSTRIA DE PESCADO .....	13
3.3 COLÁGENO .....	14
3.4 GELATINA.....	15
3.5 FILMES .....	16
3.6 PERDA DE ALIMENTOS EM ÂMBITO NACIONAL E EXPORTAÇÃO .....	19
3.7 MAMÃO HAVAÍ (CARICA PAPAYA L., PAWPAW).....	20
3.7.1 CARACTERÍSTICAS E PRODUÇÃO.....	20
3.7.2 DOENÇAS PÓS COLHEITA .....	21
3.7.2.1 Antracnose .....	21
3.7.2.2 Fusariose.....	24
3.7.2.3 Podridão peduncular .....	25
3.8 EXTRATO VEGETAL DE PITOMBA (TALISIA ESCULENTA RADLK).....	26
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>29</b>
4.1 MATÉRIAS-PRIMAS .....	29
4.2 ELABORAÇÃO DA GELATINA DE TILÁPIA.....	29
4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL PARA OBTENÇÃO DA GELATINA A PARTIR DE HIDRÓLISE ÁCIDA DAS PELES DE TILÁPIA DO NILO .....	31
4.4 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS GELATINAS .....	32
4.5 RENDIMENTO .....	32
4.6 PH .....	32
4.7 FORÇA DO GEL OU BLOOM .....	33
4.8 ELABORAÇÃO DO FILME.....	33
4.9 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL PARA OBTENÇÃO DE FILMES COM O USO DE AGENTES TENSOATIVOS .....	34
4.10 PROPRIEDADES MECÂNICAS: RESISTÊNCIA A TRAÇÃO, ELONGAÇÃO E MÓDULO DE YOUNG .....	35
4.11 PROPRIEDADE DE BARREIRA: PERMEABILIDADE A VAPOR DE ÁGUA....	36
4.12 ESPESSURA .....	36
4.13 ISOTERMA DE ADSORÇÃO .....	36
4.14 CULTIVO DE FUNGOS.....	37
4.15 ESCOLHA DO EXTRATO: DETERMINAÇÃO ANTIFÚNGICA DO EXTRATO .....	38
4.16 APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO NO MAMÃO HAVAÍ E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	39
4.17 DETERMINAÇÃO DA COR DA CASCA E POLPA DO MAMÃO HAVAÍ.....	40
4.18 PERDA DE MASSA E SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS.....	41
4.19 ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE LICOPENO EM FRUTAS.....	41
4.20 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	42
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>43</b>
<b>5.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES FEITAS COM A GELATINA</b> .....	<b>43</b>

5.1.1. CINZAS E PROTEÍNAS .....	43
5.1.2. UMIDADE.....	43
5.1.3. LIPÍDEOS.....	43
5.1.4. RENDIMENTO .....	45
5.1.5. PH .....	45
5.1.6. FORÇA DO GEL .....	46
5.1.7. OTIMIZAÇÃO .....	49
<b>5.2 RESULTADO DAS ANÁLISES FEITAS COM OS FILMES .....</b>	<b>52</b>
5.2.1 PROPRIEDADES MECÂNICAS.....	53
5.2.2 PERMEABILIDADE A VAPOR DE ÁGUA.....	55
5.2.3 ESPESSURA .....	57
5.2.4 ISOTERMA DE ADSORÇÃO .....	63
5.2.5 ESCOLHA DO EXTRATO DE PITOMBA: SEMENTE OU CASCA .....	66
<b>5.3 RESULTADOS DAS ANÁLISES FEITAS COM O MAMÃO HAVAI .....</b>	<b>71</b>
5.3.1 COR DA CASCA.....	71
5.3.2 COR DA POLPA .....	81
5.3.3 DOENÇAS PÓS-COLHEITA.....	83
5.3.4 SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS.....	85
5.3.5 TEOR DE LICOPENO .....	86
5.3.6 PERDA DE MASSA.....	87
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>90</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>92</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie de peixe que auxilia na economia brasileira (SUSSEL, 2013). O estado do Paraná é o primeiro colocado no ranking de produção dessa espécie de peixe de água doce, representando juntamente com os estados de São Paulo, Santa Catarina, Minas Gerais e Bahia, 70% de toda produção nacional (DELLOVA *et al.*, 2019).

A operação de filetagem do pescado é responsável pela geração de uma quantidade significativa de resíduos orgânicos como carcaças, vísceras, peles e escamas, fazendo-se necessário que estes sejam reutilizados. Uma alternativa para o aproveitamento dos resíduos seria a conversão dos mesmos em produtos de maior valor agregado, os quais apresentam aplicabilidade na indústria, como a gelatina, por exemplo (HAN *et al.*, 2019).

As gelatinas são advindas da hidrólise ácida ou alcalina do colágeno, proteína presente abundantemente na pele da tilápia. Quando as gelatinas são acrescidas de solvente, plastificantes, surfactantes e ácidos, obtêm-se um filme. Este é uma espécie de cobertura que deve possuir propriedades mecânicas e de barreiras, as quais têm intuito de promover o aumento da qualidade do produto onde serão aplicados, de forma a até mesmo prolongar a vida de prateleira dos mesmos (PAPALIA; LONDERO, 2015). Na indústria de alimentos essas coberturas têm um apelo significativo por serem biodegradáveis e não auxiliarem no aumento de lixo produzido, além de que, podem ser direcionadas a alimentos que apresentem uma baixa *shelf-life*, como ocorre com as frutas e as hortaliças (BESINELA JR *et al.*, 2010).

É de conhecimento público que os produtos hortícolas frescos e as frutas apresentam uma contribuição aos micronutrientes das dietas humanas em todo o mundo, no entanto, eles são altamente perecíveis ao longo da cadeia de valor pós-colheita. A partir da colheita ao consumo, eles estão susceptíveis a perda de peso ao longo do tempo e de compostos voláteis, resultando em diminuição acelerada de qualidade durante o armazenamento, levando a prejuízos financeiros diretos (FULLANA-PERICÀS *et al.*, 2019).

A fruticultura representa uma atividade de crescente importância frente à balança comercial brasileira, todavia a exportação é considerada diminuta em relação à produção, uma vez que a perda pós-colheita seja a principal responsável por esta fatalidade (PINHEIRO; PINHEIRO, 2009). O mamão Havaí (*Carica papaya* L.) é um

exemplo de fruta de elevada produção em território nacional, desempenhando papel importante frente à exportação brasileira e possui um elevado valor agregado tanto em âmbito nacional quanto internacional.

Entretanto, o mamão sofre com doenças pós-colheitas como antracnose e podridão peduncular causadas por um conjunto de fungos, dentre eles destaca-se o *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium* spp., *Phytophthora* e por *Rhizopus*. Ambas as doenças podem levar à total degradação e perda da qualidade da fruta, pois os fungos se instalam no alimento principalmente através de fissuras, causando o apodrecimento dessa região e se espalhando aos arredores (NAFIU *et al.*, 2019).

Portanto, busca-se alternativas para aumentar a vida útil de frutas, promover o aumento da qualidade para conseqüente aumento da exportação, gerando uma melhor economia, fazendo-se então válido a aplicação de filmes com este intuito (HUANG *et al.*, 2019). Existem extratos vegetais obtidos por meio da secagem de uma matriz vegetal extraída com um solvente, os quais podem ser incorporados a estes filmes com intuito de agregar à película protetora alguma característica advinda da fonte onde os mesmos foram extraídos.

Uma possibilidade para escolha do extrato seria uma matriz pouco explorada, mas de conhecimento prévio acerca de seus benefícios, como no caso da Pitomba, uma fruta da região amazônica com atividade antimutagênica e antiproliferativa na polpa contra células tumorosas (DE CASTRO *et al.*, 2018).

## 2 OBJETIVO

Revestir o mamão Havaí (*Carica papaya* L.) com filme obtido de gelatina de pele de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) adicionado de extrato vegetal de pitomba (*Talisia esculenta* Radlk) com atividade antimicrobiana frente a patógenos do mamão e acompanhar sua conservação por meio de análises físico-químicas e microbiológicas.

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aproveitar resíduos da indústria pesqueira para produzir um novo produto com maior valor agregado;
- Desenvolver e caracterizar físico-quimicamente gelatinas elaboradas com matéria-prima de coprodutos da indústria pesqueira, diferente da convencionalmente utilizada pela indústria alimentícia;
- Otimizar o processo de obtenção da gelatina pelos tratamentos de hidrólise em meio ácido do coproduto de tilápia do Nilo a partir de um delineamento estatístico;
- Desenvolver e caracterizar filmes elaborados a partir da gelatina otimizada do item anterior, para de obtenção de uma formulação de filme também otimizado a partir de um delineamento estatístico;
- Averiguar a inibição do crescimento micelial dos fungos patógenos do mamão com aplicação de extratos vegetais de pitomba;
- Adicionar a concentração do extrato com melhor desempenho frente à diminuição da contaminação fúngica, na formulação de filme que apresentar as melhores propriedades mecânicas e de barreira em sua caracterização;
- Realizar revestimento de mamão Havaí com filme adicionado de extrato vegetal de pitomba e analisar sua conservação por meio de análises físico-químicas.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

É de destaque em âmbito nacional a aquicultura apoiada em tilápias, onde o segmento confere ao Brasil o título de quarto maior produtor de produtos e subprodutos da indústria pesqueira apoiado em tilápias (PEIXEBR, 2020). A Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO) das Nações Unidas, mostra que o setor da pesca e aquicultura desempenha um papel importante na segurança alimentar do Brasil (SOUZA FILHO *et al.*, 2017)

Segundo Dellova *et al.* (2019) a tilápia é considerada a espécie que está em primeiro lugar no ranking de peixes de água doce mais produzidos no Brasil pelo anuário de piscicultura brasileira PeixeBR, representada no ano de 2018 por uma produção superior a 400 mil toneladas, sendo esse valor 11,9% a mais do que o registrado no ano anterior. E neste cenário, o Paraná é destaque, pois além de ser caracterizado como maior produtor de pescado no país, também está na liderança se tratando da tilápia, com uma produção anual de 123 mil toneladas, sendo sua produção 56% maior em relação a São Paulo, o segundo colocado.

A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) tem esse nome devido à sua origem. É uma espécie que se sobressai entre os demais peixes, pois, além de apresentar facilidade de adaptação ao clima tropical do país, rápido crescimento e fácil reprodução, a mesma conta com uma carne branca de textura firme. Tem ainda sabor delicado, ausência de odor desagradável e de espinho em forma de Y, fator este último que pode causar desagrado por parte do consumidor (BORDIGNON *et al.*, 2012; GAMBELLI *et al.*, 2019).

Autores como Dilkes-Hoffman *et al.*, (2018), Muyounga, Cole e Doudo (2004) e Souza (2016) dizem que o principal produto da industrialização da tilápia é o filé, mas para a obtenção do mesmo tem-se que levar em consideração o problema de maior importância na cadeia produtiva da pesca: a alta quantidade de resíduos gerados após a filetagem.

#### 3.2 RESÍDUOS NA INDÚSTRIA DE PESCADO

No caso em específico da Tilápia-do-Nilo, os resíduos podem chegar até 70%



do peso bruto do peixe e os mesmos estão distribuídos em cabeça, carcaça, vísceras e pele, ou seja, resíduos orgânicos com alta qualidade nutricional para obtenção de subprodutos, o que justifica o interesse na busca pelo aproveitamento destes resíduos por parte da indústria responsável por este segmento (SOUZA, 2016).

Para Silva *et al.* (2018), o aproveitamento de resíduos na industrialização do pescado é baixo se comparado com os demais setores da indústria cárnea. Justen *et al.*, (2017) afirmam que ocorre primordialmente a transformação de resíduos em farinha de pescado. Souza Filho *et al.* (2017) complementam afirmando que ocorre também a conversão dos mesmos em ração animal ou em fertilizantes e óleos, por conta da elevada quantidade de lipídeos presente na matéria-prima e as vísceras podem ser convertidas em biodiesel.

Existem outros fins para os resíduos gerados por essa indústria. As peles, por exemplo, podem ser utilizadas para obtenção de um colágeno hidrolisado, ou seja, gelatina, produto este de vasta aplicabilidade tanto na indústria de alimentos, quanto na farmacêutica (NUNES, 2014).

### 3.3 COLÁGENO

O colágeno é o precursor da gelatina, uma proteína estrutural que constitui cerca de 30% das proteínas dos vertebrados (MOLINARI, 2014). Sua molécula é formada por três cadeias polipeptídicas  $\alpha$  com mais de mil aminoácidos que, por sua vez, são organizados em forma de tripla-hélice, o que lhe garante a formação de um gel termo reversível, conferindo uma infinidade de aplicações práticas, principalmente em indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica (SOW *et al.*, 2019).

Em sua forma bruta, na forma de fibras ou pó, o colágeno pode ser submetido à reação de hidrólise a quente que leva à produção da gelatina (VÄHÄ-NISSI *et al.*, 2017). O pH do meio onde ocorre a hidrólise do colágeno é capaz de classificar o produto final (HUANG *et al.*, 2019). Quando a gelatina é obtida por meio do processo de extração com hidrólise em meio ácido, a mesma é denominada gelatina do tipo A, e quando obtida em um processo extrativo ocorrendo em meio alcalino é nomeada tipo B (AHMAD *et al.*, 2017).

A escolha pelo pH do meio onde ocorrerá a hidrólise é dependente da matéria-prima. No caso dos suínos, eles apresentam uma reduzida quantidade de ligações

químicas em sua pele já que são abatidos em um tempo de vida relativamente menor se comparado com os bovinos, não permitindo assim o endurecimento do couro e formação de ligações cruzadas, assegurando que o tratamento ácido será capaz de promover a clivagem das diminutas ligações e facilitará a obtenção de gelatina. Em contrapartida os bovinos contam com uma maior quantidade de ligações químicas em suas peles e ossos. É sabido que quanto mais velho o animal é, maior a quantidade de ligações cruzadas, aumentando assim a dificuldade de clivagem das mesmas. Desta forma, faz-se necessário que essa etapa ocorra em meio alcalino (SAFFORD; VIEIRA; POLETTE, 2019).

### 3.4 GELATINA

A gelatina é um produto de médio valor agregado, amplamente usado nas indústrias como estabilizadora, para melhorar a elasticidade e consistência do produto, devido à sua funcionalidade e propriedades tecnológicas, agente de prevenção de sinérese e emulsificante (FERREIRA, 2013). Seu processo produtivo ocorre em três etapas: tratamento da matéria-prima, extração da gelatina e purificação/secagem (KERTON *et al.*, 2015).

A conversão do colágeno em gelatina solúvel, pode ser obtida por meio do aquecimento da proteína em meio ácido ou alcalino. A solubilização térmica do colágeno ocorre devido à clivagem de uma série de ligações covalentes intra e intermoleculares que estão presentes na molécula (MOLINARI, 2014).

Segundo Ahmad *et al.* (2017) e Souza Filho *et al.* (2012) tradicionalmente as possíveis matérias-primas empregadas para obtenção de gelatina são couro, ossos, cascos e tecidos de porcos e vacas. Todavia existem restrições à gelatina de bovino e suíno em países em que predominam religiões como o judaísmo e o islamismo, que proíbem o consumo de qualquer produto relacionado com carne suína, e os hindus que são proibidos de consumir produtos de origem bovina.

Contudo, existe um apelo populacional em relação à carne, de maneira mais abrangente consome-se mais carne vermelha e seus derivados do que a carne branca, essa questão se afirma pela diferença de valor entre as carnes, preferência sensorial e rendimento do produto (BARROS; COELHO; SILVA, 2012).

A carne vermelha a partir de 1980 foi considerada o principal meio de propagação de encefalopatia espongiforme bovina, popularmente conhecida como

“doença da vaca louca” que causa aos consumidores do produto demência, mudança de personalidade e perda de memória. Outra doença relacionada à ingestão de alimento de origem bovina é a brucelose, causada pelo consumo de leite contaminado que pode levar o consumidor a ter febre, anemia e vômito (PUZZI *et al.*, 2008).

Essas informações dão respaldo a afirmação da FAO (2013) a qual diz que os produtos de origem animal, com foco em bovinos, são responsáveis por aproximadamente 70% das novas doenças em humanos a partir de 1940. Sendo assim, a obtenção de gelatinas derivadas do pescado é uma possibilidade do consumo deste produto para os grupos que não podem consumi-la quando proveniente de fontes convencionais.

Além disso, também é uma alternativa para diminuição dos danos ambientais causados pelos rejeitos da piscicultura. Tendo em vista o aproveitamento e valorização destes resíduos, viabiliza-se o emprego de subproduto da tilápia como fonte potencial para produção de gelatina nas indústrias e para evitar o aumento no número de doenças relacionadas à carne bovina (AKSUN TÜMERKAN *et al.*, 2019).

Comercialmente as gelatinas são classificadas quanto a sua firmeza expressa em Bloom ou g (grandezas que se equivalem), onde as comumente encontradas apresentam até 300 g. Essa classificação é responsável por agregar valor ao produto a ser vendido e direcionar qual seria a sua aplicação (AKSUN TÜMERKAN *et al.*, 2019).

### **3.5 FILMES**

Outra aplicação para as gelatinas é voltada ao desenvolvimento de filmes (TONGNUANCHAN *et al.*, 2015). Para Vartiainen *et al.* (2017) e Carpiné *et al.* (2015), os filmes ou biofilmes biodegradáveis são coberturas de polímeros naturais os quais podem ser definidos como camadas finas e contínuas de substâncias alimentícias formadas ou depositadas diretamente sobre o alimento podendo atuar no melhoramento das propriedades dos mesmos.

Williamson *et al.* (2018) dizem que usualmente os filmes são desenvolvidos a partir de polímeros naturais. A maior fonte de matéria-prima para seu desenvolvimento são as proteínas advindas de fontes animal ou vegetal, lipídeos e os polissacarídeos. Há ainda filmes desenvolvidos pela combinação de tais compostos a fim de sempre otimizar suas propriedades, fazendo até mesmo o prolongamento da vida útil do

alimento em que são aplicados. Para seu desenvolvimento pode-se utilizar as zeínas do milho (PAPALIA; LONDERO, 2015), o glúten do trigo (NATARAJ *et al.*, 2018), as proteínas do leite e da soja (CARPINÉ *et al.*, 2015), assim como o uso de alginatos e amidos.

Os filmes são utilizados como embalagens e isso os torna promissores aos olhos da indústria que está voltada para este segmento, uma vez com que a mesma esteja à procura de novas alternativas com enfoque em materiais sustentáveis que consigam proporcionar boas propriedades básicas de barreira aos seus alimentos quando acondicionados. Como exemplo de tais propriedades têm-se o retardamento de migração de umidade, gases, óleo ou gordura e de soluto; promoção de uma integridade estrutural adicional aos mesmos; retenção de compostos aromáticos e complementarmente melhoramento das características sensoriais do produto a ser ali acondicionado (VARTIAINEN *et al.*, 2017; WILLIAMSON *et al.*, 2018).

Os filmes são basicamente formados pela dispersão de polímeros em solvente (água, etanol ou ácido orgânico), juntamente com a adição de plastificante (glicerol, sorbitol, triacetina) e agente ajustador de pH da solução filmogênica (ácido acético, hidróxido de sódio) (ARAÚJO *et al.*, 2019).

Eles são formados principalmente por forças coesivas entre as moléculas de polímeros, no caso, das proteínas miofibrilares. A desnaturação ou a incorporação de aditivos (plastificantes e ajustadores de pH) promovem a formação de ligações cruzadas resultam em maior ordenação molecular, e conseqüentemente, maior coesão e rigidez dos filmes (CARPINÉ *et al.*, 2015).

A adição do plastificante aumenta a permeabilidades do gás, do vapor de água e do soluto; entretanto diminui a resistência à tração dos filmes (CARPINÉ *et al.*, 2015). Sorbitol e glicerol são adicionados também aos filmes de modo a reduzir fragilidade, aumentar a tenacidade, força, rasgo e resistência ao impacto e conferir flexibilidade. Tais mudanças ocorrem por meio de interações entre plastificante e polímero e a redução de forças intermoleculares cumulativas ao longo das cadeias poliméricas, levando ao “amolecimento” da estrutura do filme (NAVEEN KUMAR; SURESH KUMAR, 2019).

O interesse por parte da indústria de embalagens foi instigado principalmente pelo apelo ambiental. As preocupações com a poluição ambiental e o esgotamento de recursos fósseis, devido ao amplo uso de plásticos à base de petróleo, levaram a um crescente interesse em polímeros a partir de recursos sustentáveis e biodegradáveis,

que possam competir com a matéria-prima costumeiramente utilizada (ROMANI *et al.*, 2019).

Um fato preocupante foi que em 2018, o mercado global de embalagens atingiu 4 trilhões de reais, dos quais, metade deste valor está relacionada à produção de alimentos e bebidas, assim como suas embalagens, onde a principal matéria-prima das embalagens é o plástico, e para bebidas, o alumínio (MUKAMA *et al.*, 2019).

Existem as isotermas de adsorção as quais podem ser feitas com o uso de filmes. A isoterma de sorção ou adsorção descreve matematicamente o comportamento entre o conteúdo de umidade de equilíbrio e atividade de água de materiais biológicos em condições de temperatura e pressão constantes. As isotermas de sorção são cruciais para conhecer o mecanismo de absorção de água e interações entre os componentes dos alimentos e a água. A obtenção da isoterma é importante para os filmes, pois mede o quanto os filmes são sensíveis à umidade, determinando assim o seu tempo de armazenamento e sua funcionalidade em geral (ARSLAN-TONTUL, 2019).

Além disso, a isoterma é uma ferramenta que oferece informações importantes do teor de umidade de equilíbrio dos filmes poliméricos, indicando o comportamento dos filmes proteicos quanto às propriedades de barreira em diferentes umidades relativas (FERREIRA, 2006). Portanto, ela fornece informações úteis na modelagem do processo e equipamento de secagem, otimização, prevê a vida útil do produto, determina o nível crítico de umidade, submetendo o objeto de estudo em ambientes com diferentes  $a_w$  para posterior seleção do material de embalagem que melhor se adequa às necessidades do objeto de estudo (JENSEN, 2007). Tal premissa permite a análise do comportamento do material de estudo (filme) frente a diferentes ambientes. Para tentar assegurar boas propriedades de barreiras dos filmes faz-se o uso de surfactantes, agentes tensoativos constituídos por moléculas anfifílicas com “cabeça” polar e “cauda” apolar, apresentando propriedade de atividade superficial, resultado da adsorção dos compostos na superfície de líquidos ou na interface entre dois líquidos imiscíveis, diminuindo a tensão superficial. A adição de surfactantes nos filmes tem o objetivo de melhorar as propriedades de barreira como a permeabilidade ao vapor de água, pois promove uma melhor organização das moléculas ao longo do filme (HAYES; SOLAIMAN; ASHBY, 2019)

### 3.6 PERDA DE ALIMENTOS EM ÂMBITO NACIONAL E EXPORTAÇÃO

Alguns alimentos são mais propícios à aplicação desta cobertura, como no caso das frutas, hortaliças, produtos minimamente processados e os demais alimentos perecíveis. Apesar disso, é de conhecimento público que os produtos hortícolas frescos e as frutas apresentam uma contribuição aos micronutrientes das dietas humanas em todo o mundo (FULLANA-PERICÀS *et al.*, 2019).

Das perdas de qualidade mais significativas desses produtos podem-se destacar a degradação e síntese de pigmentos, conversão do amido em açúcares, redução da firmeza, degradação de pectinas e apodrecimento, podendo atingir até 40% de toda a produção brasileira antes de chegar à mesa do consumidor e principalmente as perdas pós-colheita com frutas e hortaliças (LEMOS *et al.*, 2007).

A fruticultura representa uma atividade de crescente importância frente à balança comercial brasileira, todavia a exportação é considerada diminuta em relação à produção (PINHEIRO; PINHEIRO, 2009). O Brasil no ano de 2019 foi considerado o terceiro maior produtor mundial de frutas, com uma exportação de 43 milhões de toneladas anuais, o que representa menos de 3% do volume produzido. No ano de 2017 o país exportou cerca de 878.400 toneladas de frutas (US\$ 946,8 milhões), avanço de 7,8% em relação ao volume registrado em 2016 e crescimento de 19,7% na comparação com 2014 (LOSILLA SOLANO *et al.*, 2019).

Os padrões para exportação de produtos aliados com problemas relacionados à conservação de perecíveis tornam cada vez mais dificultosa a inserção dos produtos nacionais no mercado exterior (LUFU; AMBAW; OPARA, 2019). O mercado exterior é exigente em relação ao produto que será consumido por sua nação. Sendo assim, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, em 2002, tomou a frente na definição de parâmetros, liderando o desenvolvimento de normas referenciais para carnes, frutas e outros produtos agrícolas e pecuários.

A Instrução Normativa Nº 20 de 27 de setembro de 2001 aprova as diretrizes gerais para a produção integrada de frutas (BRASIL, 2001), e a Portaria Nº 144 de 22 de julho de 2019 (BRASIL, 2019) estabelece o Regulamento de Avaliação da Conformidade responsável pela padronização do produto a ser comercializado, que impõe condições mínimas para que ocorra efetivamente a exportação (LOSILLA SOLANO *et al.*, 2019).

Quando o produto está apto para ser comercializado há a emissão da CVLEA (Certidão de Venda Livre para Exportação de Alimentos). Este documento é emitido pela autoridade sanitária competente, requerido voluntariamente, para atender exclusivamente exigências sanitárias de países importadores de alimentos fabricados em território brasileiro regulamentado, conforme RDC Nº 258, de 18 de dezembro de 2018 (BRASIL, 2018). O documento pode vir, quando solicitado, com anexos referentes a laudos laboratoriais que confirmem a inocuidade do produto.

Para comercialização de mamões, melancias e melões com a União Europeia, por exemplo, é necessário que os produtos sejam acompanhados de um Certificado Fitossanitário, o qual será emitido pelo MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento) em observação à Instrução Normativa n. 29, de 25 de julho de 2013 (BRASIL, 2013).

### **3.7 MAMÃO HAVAÍ (*Carica papaya* L., *pawpaw*)**

#### **3.7.1 Características e produção**

O mamão Havaí (*Carica papaya* L., *pawpaw*) ou mamão papaya como é comercialmente conhecido, tem características economicamente interessantes: é uma fruta de potente produção nacional, apresenta um alto valor agregado e pode ser exportada. Segundo a Faostat (2016) o mamão proporcionou ao país o título de segundo maior produtor da fruta por hectare de terra (1.603.351 toneladas anuais) em 2014. Ficando atrás apenas da Índia com sua produção bruta de 5.639.300 toneladas.

É uma fruta vinda da América central e considerada climatérica, ou seja, ocorre a continuação do processo de amadurecimento mesmo após a desvinculação da fruta com a planta de origem devido ao aumento da taxa respiratória e continuação da produção autocatalítica de etileno (NAFIU *et al.*, 2019)

Sua vida de prateleira é limitada, ou seja, o período de armazenamento em que os mamões apresentam alta qualidade e permanecem adequados para consumo, é reduzido (AHLAWAT; KUMAR; GOPINATH, 2019). O atributo mais julgado por parte dos consumidores é a aparência, espera-se sempre que ela seja uniforme, de cor amarelada, com isenção de queimaduras pelo frio e deterioração fúngica (PINTO *et al.*, 2018).

O padrão de qualidade e identidade para mamão para exportação é estabelecido pela Instrução Normativa nº4 de 22 de janeiro de 2010. Esta resolução

estabelece que a qualidade do mamão seja definida em função da coloração da casca, do peso dos frutos e dos limites máximos de tolerância estabelecidos nos anexos II e III desta Instrução Normativa (BRASIL, 2010).

Em questão da cor, o tom amarelado indica amadurecimento e a comercialização ocorre separadamente para cada grupo. Estes grupos são formados por divisão destas frutas com a casca amarelada em proporções de até 15, 25, 50, 75 e 100%. O peso pode variar de 280 g até 2300 g, sendo permitida uma margem de 30% sobre esses limites. Caso o produto não se encaixe, a comercialização é indeferida. Os anexos II e III fornecem a quantidade de defeitos máximos por categoria de produto, dentre esses defeitos pode-se citar: cicatrizes, manchas fisiológicas, manchas pretas, deformação, queimadura, dano profundo, dano mecânico e falta de maturação (BRASIL, 2010).

### 3.7.2 Doenças pós colheita

Sua perda pode chegar a 40% de toda a sua produção nacional devido a doenças pós-colheita como a antracnose e a podridão peduncular causadas por um conjunto de fungos como *Colletotrichum spp.*, *Aspergillus P.*, *Alternaria alternata*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Phytophthora* e *Rhizopus*.

A incidência da antracnose, podridão peduncular e fusariose pode chegar a 91% e os dois principais responsáveis são *Colletotrichum gloeosporioides* e o *Fusarium solani*. Ambas as doenças implicam em perdas econômicas ao país, uma vez que o mamão Havaí é um produto de exportação, e, devido ao padrão de qualidade exigido pelo mercado exterior, há o impedimento da comercialização de produtos em início de processo de deterioração (BARRAGÁN-IGLESIAS; MÉNDEZ-LAGUNAS; RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, 2018).

#### 3.7.2.1 Antracnose

O *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) é uma espécie de fungo pertencente à ordem *Melanconiales* da classe *Coelomycetes*, cuja fase perfeita é classificado com estirpes homotáticas ou heterotáticas de ascomicetos do gênero *Glomerella sp.*, ou seja, quando o mesmo encontra-se em seu estado sexual (telemorfo) ou fase perfeita como é conhecido, dá-se o nome de *Glomerella cingulata* (BRAGA *et al.*, 2019).

O fungo é responsável por danificar frutas que se desenvolvem em regiões de



clima tropical úmido. O mesmo age colonizando os tecidos vegetais, formando acérvulos, conjunto de conidióforos formadores de hifas contendo esporos (conídios), em forma de disco achatado, subepidérmicos, com espinhos ou setas, conidióforos simples e alongados, conídios hialinos (que não tem cor, translúcido) unicelulares, geralmente em forma de bastonete, que permanecem nos acérvulos aderidos por uma massa mucilaginosa de coloração rósea constituída por polissacarídeos, solúveis em água, facilmente visível em superfícies apodrecidas (BAUTISTA-BAÑOS *et al.*, 2013). Apesar destes esporos não serem estruturas de resistência, os micélios do fungo podem permanecer viáveis por longo período de tempo, em sementes, restos culturais, ou em infecções latentes em frutos (BESINELA JR *et al.*, 2010).

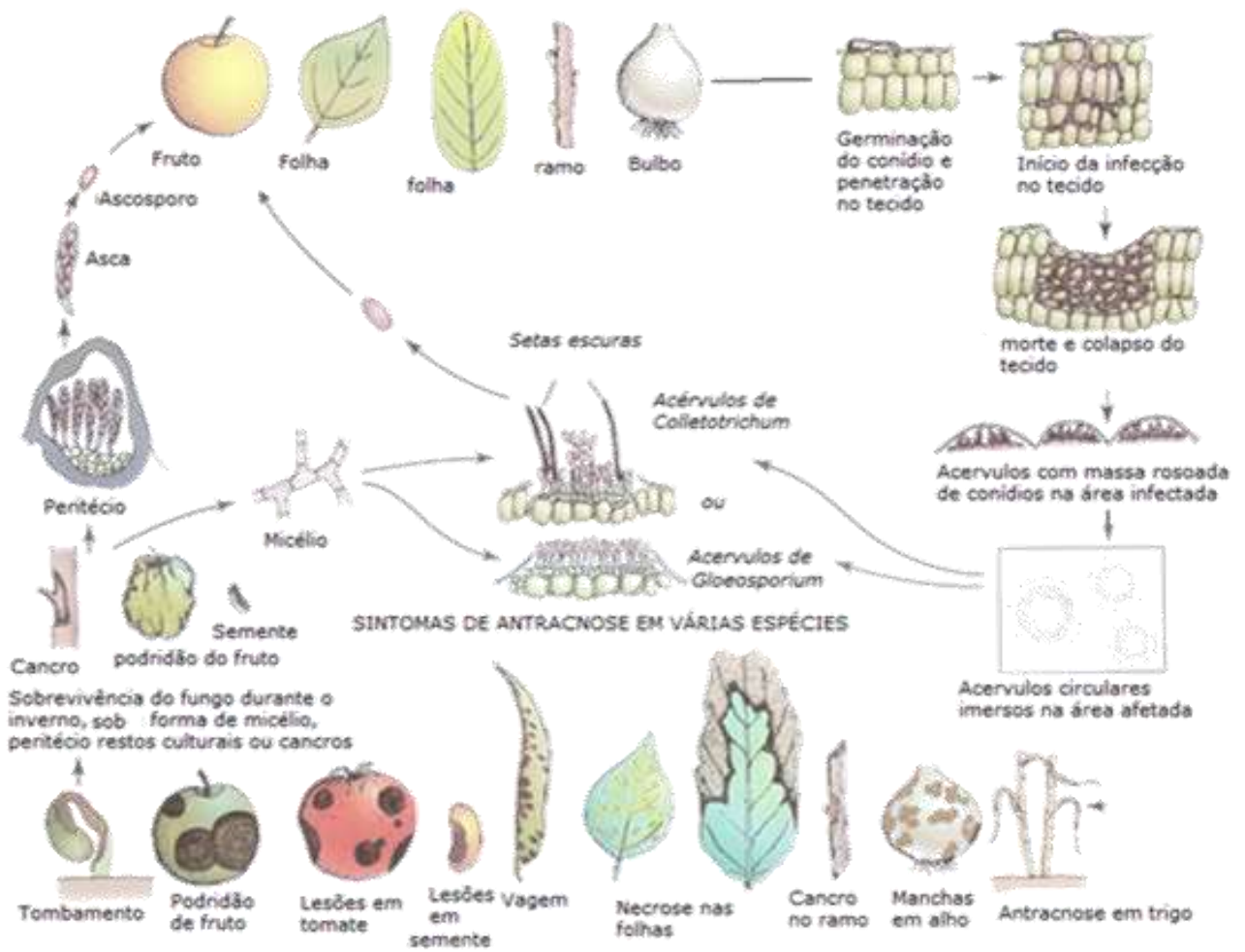
A principal doença causada pelo *Colletotrichum gloeosporioides* é a antracnose, doença de relevância entre os frutos do mamoeiro na maioria das regiões onde o verão é quente e chuvoso, condições estas que favorecem a disseminação e a infecção por fungos (AMARAL *et al.*, 2017). Os frutos atacados tornam-se imprestáveis para a comercialização e o consumo e, mesmo que os sintomas não se evidenciem nas condições de campo, eles podem aparecer na fase de amadurecimento, transporte, embalagem e comercialização (NAFIU *et al.*, 2019).

A manifestação da antracnose ocorre inicialmente no surgimento de manchas pardo-avermelhadas que se estendem por todo o fruto em ambientes de alta umidade relativa do ar (LINS; MELO; OLIVEIRA, 2013). O diâmetro das manchas pode variar de alguns milímetros a vários centímetros, podendo ou não apresentar halo amarelo. Em seguida, pontuações escuras, levemente salientes, formadas pelos acérvulos do fungo, aparecem na casca dos frutos. Neste estágio, a doença pode ser confundida com a podridão amarga, já que a mesma seria uma doença com sintomas similares. Há também o surgimento de manchas na superfície da fruta, as quais aumentam e adentram a fruta, mas não há nenhum desenvolvimento de massa colorida sobre a mancha, assim como demonstra a Figura 1 (DAMASCENO *et al.*, 2019).

Quando em grande quantidade, as manchas podem coalescer; espalham-se pela superfície do fruto como mostra a Figura 2, penetram e aprofundam-se na polpa, ocasionando a podridão mole. A frutificação do fungo concentra-se na parte central da lesão, que toma um aspecto mucilaginoso de coloração rósea, permitindo então a diferenciação entre podridão amarga e antracnose (HERNANDEZ-MONTIEL *et al.*, 2018). Nos pecíolos, formam-se manchas deprimidas escuras onde se desenvolvem

peritécios da forma perfeita do fungo. Os frutos jovens, quando atacados, cessam o seu desenvolvimento, mumificam-se e caem (MARTINS *et al.*, 2019).

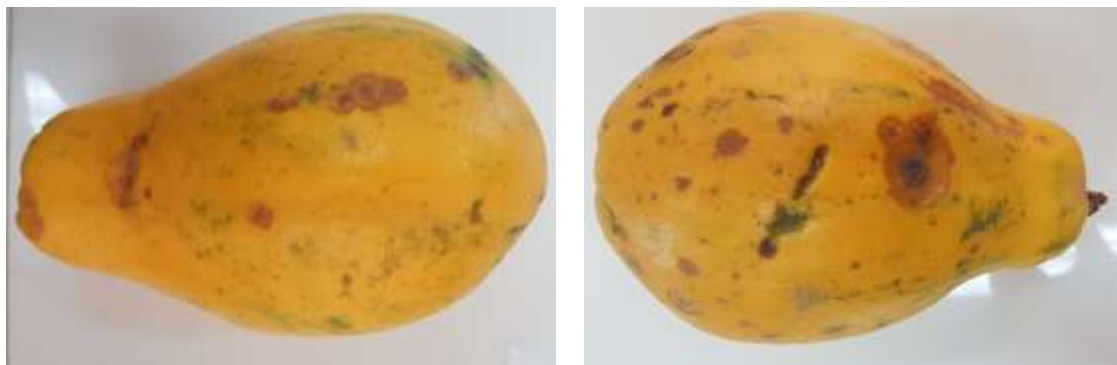
**Figura 1 – Ciclo da antracnose causada em frutas pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides***



Fonte: FERRARI *et al.*, (2015).

A doença pode ocorrer também nas folhas do mamoeiro, onde se inicia com lesões quase imperceptíveis, circulares, isoladas, de bordas irregulares com centro acinzentado ou translúcidas, podendo apresentar ou não pontuações negras que evoluem, coalescem, tornam-se marrons, causando deformações nos tecidos do limbo com o amadurecimento das folhas (BRAGA *et al.*, 2019).

**Figura 2- Mamões Havaí adquiridos em mercado local da cidade de Campo Mourão com antracnose**



Fonte: Do autor

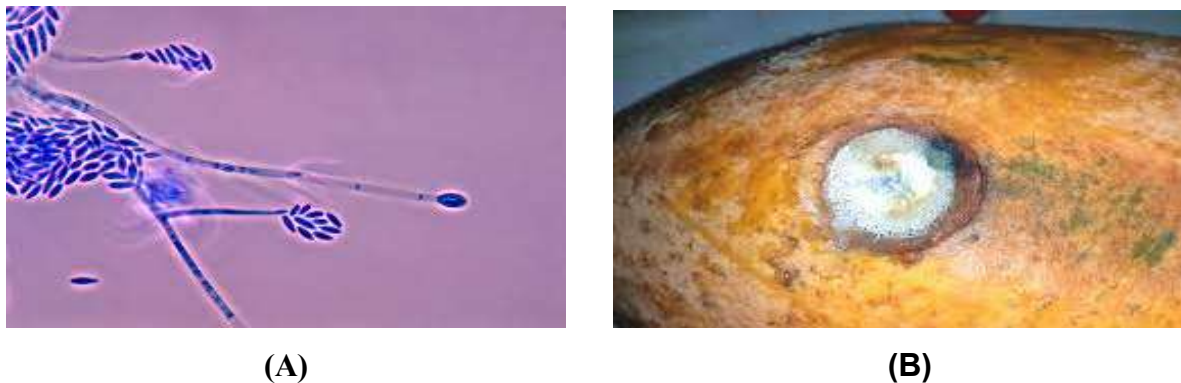
### 3.7.2.2 Fusariose

O gênero *Fusarium*, de acordo com a classificação taxonômica, constitui um estado anamorfo filamentoso da ordem *Hypocreales*, filo *Ascomycota*, que em geral produzem manchas brancas, rentes ao substrato, agrupadas em aglomerados de reprodução com esporos facilmente reconhecíveis ao microscópio pela sua forma de meia-lua ou de canoa (Figura 3A). Este fungo é frequentemente patógeno facultativo, capaz de sobreviver na água e solo alimentando-se de materiais em decomposição, mas que pode infectar plantas e animais, incluindo os humanos (CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2012).

As interações de *Fusarium* spp. e seus hospedeiros podem ser benéficas capazes de estimular o desenvolvimento dos mesmos ou de elevada patogenicidade, causando a morte do hospedeiro. Em árvores frutíferas esse fungo causa fusariose, podendo resultar em perdas elevadas na produção e, em alguns casos, pode inviabilizar completamente a atividade produtiva (CHAVES, 2015).

Para o mamão, esse microrganismo pode contribuir negativamente para o aumento das perdas pós-colheita, sendo o *F. solani*, *F. semitectum*, *F. moniliforme* e *F. equiseti* os principais agentes causais de podridões e doenças no mesmo. Os sintomas se caracterizam pelo desenvolvimento de pequenas lesões, de até 1,5cm, geralmente recoberta por uma massa esbranquiçada correspondente às estruturas vegetativas e reprodutivas do patógeno (Figura 3B). A ocorrência da podridão de *Fusarium* em frutos do mamoeiro é maior quando a colheita é realizada em períodos chuvosos (PIRES; ZILTON; HADDAD, 2012; WALKER *et al.*, 2016).

**Figura 3 - (A) Morfologia do *Fusarium* spp e (B) Exemplo de mamão com fusariose**



Fonte: (PERES *et al.*, 2003)

### 3.7.2.3 Podridão peduncular

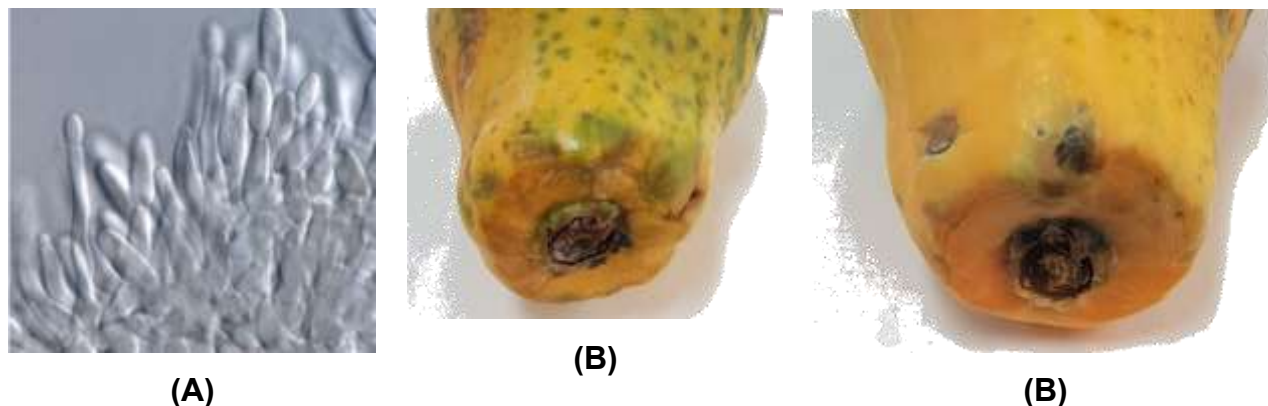
Outra doença causada pelos mesmos agentes etiológicos é a podridão peduncular, porém diferentemente da antracnose, a podridão peduncular trata-se de uma doença em que os sintomas nem sempre são percebidos até a fase avançada de maturação dos frutos. Há a ocorrência da colonização de um complexo fúngico que penetra através de rachaduras no pedúnculo da fruta, cortes ou ferimentos que ocorrem durante a colheita (LINS; MELO; OLIVEIRA, 2013).

No ano de 2003, essa doença foi considerada a mais avassaladora na fase de comercialização dos frutos na Central de Abastecimento de Recife (CEASA), acometendo cerca de 40% dos frutos, ao longo de 6 meses de avaliação. As doenças pós-colheita são originadas no campo, ainda na fase e produção do fruto, e seu inóculo permanece no fruto até as etapas final de pós-colheita (NERY-SILVA *et al.*, 2007).

A podridão peduncular pode ser atribuída aos conídios presentes na região peduncular, esporos formados por mitose e responsáveis pela reprodução assexuada de alguns grupos de fungos (SAFFORD; VIEIRA; POLETTE, 2019). No momento da colheita, os fungos podem penetrar o tecido ferido pela quebra do pedúnculo ou, a partir de doenças com período de incubação variável em função da fenologia do hospedeiro, causando um apodrecimento na parte inferior, como pode ser visto na

Figura 4. O desenvolvimento do patógeno é inibido por condições fisiológicas impostas pelo hospedeiro até o início da maturação do fruto (MARTINS *et al.*, 2019).

**Figura 4- A) Morfologia de *Colletotrichum gloeosporioides* e B) Mamões Havai adquiridos em mercado local da cidade de Campo Mourão com podridão peduncular**



**Fonte:** (A) Hernandez-Montiel *et al.*, (2018) e (B) Do autor

Assim, os conídios no ambiente, sob condição de alta umidade no momento da colheita, além do tempo em que o fruto permanece no campo após a colheita, tornam-se importantes fatores a influenciar na intensidade de podridão peduncular desenvolvendo em superfícies injuriadas (LINS; MELO; OLIVEIRA, 2013).

### 3.8 EXTRATO VEGETAL DE PITOMBA (*Talisia esculenta* Radlk)

A pitomba (*Talisia esculenta* Radlk) é uma fruta membro da família *Sapindaceae*, nativa da região amazônica da América do Sul. A planta é encontrada em área de clima temperado e tropical, e, no Brasil apresentou forte adaptação a região do cerrado no Mato Grosso (RODRIGUES; BRITO; DE OLIVEIRA SILVA, 2018). A fruta tem cerca de 1,5 a 4 cm de diâmetro, sua forma pode ser redonda ou elipsoide. Sob a casca externa, encontra-se a polpa branca, translúcida e agridoce contendo uma ou duas sementes grandes e alongadas, como mostra a Figura 5 (VIBHA; SHABINA, 2019).

**Figura 5- Exemplo de fruta pitomba demonstrando suas partes internas e externas**



**Fonte:** Rodrigues; Brito; De Oliveira Silva (2018)

A região amazônica abrange uma ampla gama de espécies vegetais as quais atraem os pesquisadores por possuírem quantidades significativas de moléculas bioativas, especialmente aquelas com potencial de prevenir doenças oxidativas (DE SOUZA *et al.*, 2016). As frutas dessa região também podem ser consideradas fontes de antioxidantes e compostos fenólicos como as antocianinas, catequinas, flavonoides e ácidos fenólicos (TSAO, 2010).

A pitomba é um exemplo desse tipo de fruta, já que estudos recentes como os de Neri-Numa *et al.*, (2014) apontam a presença de atividades antiproliferativas e antimutagênicas da polpa de pitomba contra câncer, reforçando a ideia de que esse fruto pode ser uma fonte funcional de alimentos. O mesmo estudo mostra que a composição fenólica da pitomba não é bem conhecida e apenas foi relatada a presença dos flavonoides agliconas, quercetina e miricetina no extrato hidrolisado da polpa.

A fruta também é conhecida por apresentar um agradável aroma oriundo de uma combinação de compostos orgânicos voláteis biossintetizados durante o amadurecimento, responsáveis por caracterizar uma fruta ou variedade específica (DE CASTRO *et al.*, 2018). Para caracterizar os mesmos é necessária a aplicação de métodos cromatográficos para a identificação dos compostos voláteis (DE SOUZA *et al.*, 2016; NERI-NUMA *et al.*, 2014).

A pitomba fortalece o sistema imunológico por ser rica em vitamina C, é benéfica na proteção do sistema vascular, e, por ser rica em ferro, colabora na

formação da hemoglobina. Ela ainda contribui para o desenvolvimento dos ossos, auxilia a função glandular, principalmente a suprarrenal, e favorece a cicatrização das feridas. A semente da pitomba é eficaz no tratamento de diarreias graves, e as folhas da planta são ricas em taninos (CONGRESO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS E CONGRESO ARGENTINO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS, 2019).

Os extratos de pitomba podem ser preparados a partir da secagem de polpas, sementes, talos, folhas e cascas desta planta, juntamente com a adição de um solvente pela aplicação de diferentes metodologias de extração. Das tecnologias aplicadas para a extração do extrato vegetal cita-se a maceração, onde há a transferência de massa pelo contato do extrator da matriz; a infusão, onde acontece a aplicação de água fervente; a decocção, com o uso da temperatura; percolação, método de maior aproveitamento, onde há a passagem do líquido extrator através da matriz moída; destilação, operação unitária na qual a matriz entra em contato com água ou álcool e a secagem propriamente dita, que é a remoção do líquido por aquecimento ou evaporação. Todas as tecnologias têm a função de permitir a obtenção da maior quantidade possível de massa contendo substâncias benéficas para futuras aplicações (CONGRESO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS E CONGRESO ARGENTINO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS, 2019)

Atualmente os extratos naturais são usados como antioxidantes pela indústria alimentícia. Devido ao crescente apelo pelo uso de ingredientes naturais em fabricação de produtos, os extratos estão cada vez mais em foco, atuando como uma alternativa para substituição dos antioxidantes sintéticos comumente empregados nesse tipo de indústria. Os antioxidantes naturais provenientes dos extratos naturais, independente da matriz, são uma fonte benéfica aos seres humanos que o consomem, podendo melhorar a estabilidade oxidativa de produtos alimentícios e aumentar a vida útil dos mesmo, o que é desejável, uma vez que os consumidores desejam comprar alimentos com o máximo de características positivas, todavia essa compra geralmente acontece em produtos de baixa vida de prateleira e por isso, essa aplicação de produtos naturais se torna atrativa (DE SOUZA *et al.*, 2016).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 MATÉRIAS-PRIMAS

A pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) foi gentilmente cedida pelo Pesqueiro Belini, localizado no município de Peabiru, Paraná, e armazenada a -4 °C. Os reagentes químicos e equipamentos necessários nas análises foram disponibilizados pelo Departamento Acadêmico de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR Câmpus Campo Mourão.

Os mamões Havaí foram adquiridos no comércio local da cidade de Campo Mourão e acondicionados a 25 °C. Sua higienização ocorreu pela exposição à luz ultravioleta na cabine de fluxo laminar (Veco Bio Seg) durante o período de 15 min. As pitombas foram adquiridas do mercado municipal das frutas da cidade de Maringá (Ceasa-Maringá) e seus extratos (da casca e semente) foram obtidos e caracterizados com a ajuda da aluna de iniciação científica Caroliny Fernanda Batista da Silva segundo a metodologia apresentada no Congreso Latinoamericano Y Del Caribe De Ciencia Y Tecnología De Alimentos e Congreso Argentino De Ciencia Y Tecnología De Alimentos (2019). As análises nessas matérias-primas foram realizadas em triplicata com exceção do pH e rendimento da gelatina.

Os equipamentos necessários para o desenvolvimento do projeto proposto foram: estufa (Cienlab) 1 porta com circulação de ar, balança semi-analítica (Shimadzu UW620H), chapa de aquecimento (Solab) com agitação magnética, destilador de nitrogênio (Tecnal TE-0363), aparelho extrator de lipídeos tipo Soxhlet (Marconi MA 044/5/50), geladeira (Panasonic 260 L), micro-ondas (Consul 25 L), bloco digestor (Tecnal TE-007MP), mufla (Fornitec), colorímetro (Mini-Scan), moinho de facas (Marconi MA048), pHmetro de líquidos (Micron), texturômetro (TA HD plus) e texturômetro (TA TX/Express Enhanced), micrômetro externo digital (Pantec 1/TCLA), câmara de fluxo laminar (Veco Bio Seg), agitador mecânico (AAKER), colorímetro (Mini Scan), balança analítica (Marte A400), ventilador portátil (Portable fan- Mini) e refratômetro de Abbé (Biobrix).

### 4.2 ELABORAÇÃO DA GELATINA DE TILÁPIA

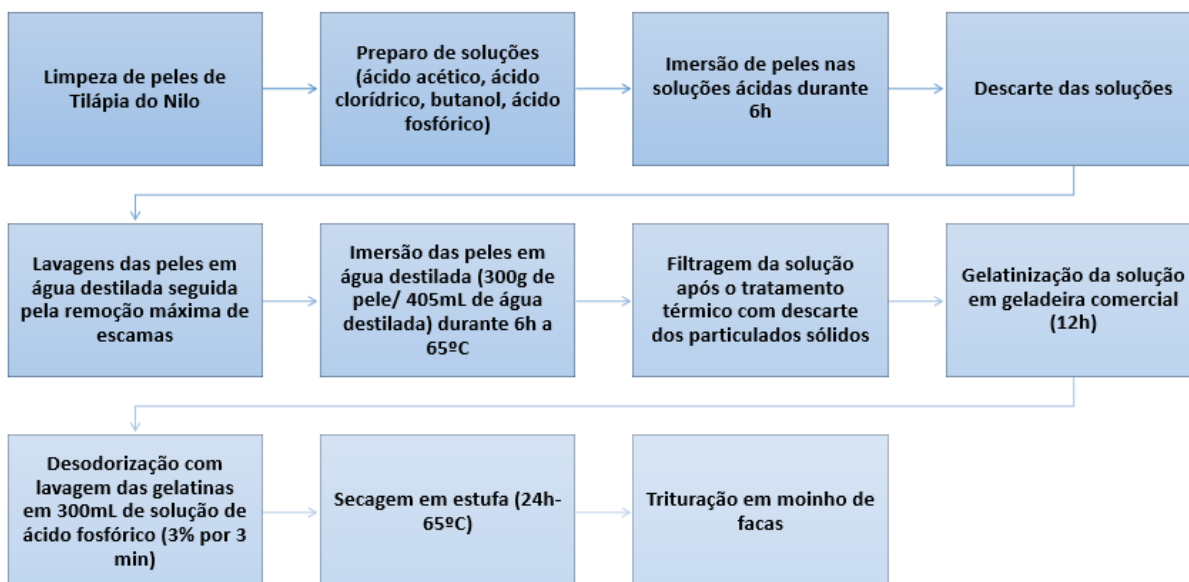
O desenvolvimento das gelatinas a partir da pele da tilápia ocorreu segundo Menezes *et al.* (2019) com modificações no período de gelatinização e secagem.



Resumidamente o procedimento para obtenção das gelatinas pode ser observado na Figura 6 a qual usa de um fluxograma para a descrição da ordem dos procedimentos requeridos até a obtenção do produto final.

Para obtenção da gelatina requereu-se uma etapa de pré-tratamento que consistia na inserção de peles de tilápia previamente higienizadas em soluções. As mesmas poderiam ser ácidas ou alcalinas, mas no caso do estudo em questão foram soluções ácidas, por um período de 6 h. Essas soluções são provenientes de um delineamento estatístico o qual foi realizado, permutando reagentes como o ácido clorídrico a 0,8%, ácido acético de mesma concentração e butanol a 15%.

**Figura 6- Fluxograma da elaboração de gelatina a partir de pele de Tilápia do Nilo**



Fonte: Do autor

Passado esse período, as soluções foram descartadas em recipientes previamente identificados para que não ocorresse o despejo na pia. As peles passaram por uma etapa de lavagem em água destilada, afim de remover a máxima quantidade de escamas possível e os resquícios das soluções, todavia não ocorreu um controle da quantidade de água usada para essa lavagem.

A nova etapa para obtenção as gelatinas, consistia na adição de água destilada em um béquer de 2 L, juntamente com as peles e aplicação de temperatura (65 °C) em um banho termostático por um período de mais 6 h para enfim formar a gelatina.

O próximo passo foi a filtragem desse conteúdo aquecido, com intuito de descartar os componentes sólidos e reter a parte líquida, pois ela precisava ir para geladeira e formar o objeto de estudo (gelatina). Como ocorreu uma adaptação nos períodos de gelatinização em relação ao proposto por Menezes *et al.* (2019), essa etapa teve agora a duração de 12 h em geladeira convencional.

As gelatinas precisavam ser lavadas em solução de ácido fosfórico para sua desodorização como propunham Ramos *et al.* (2016). Para isto, as amostras de gelatinas foram cortadas em cubos e lavadas com 300 mL de uma solução de 3% de ácido fosfórico (Neon 85% P.A.) durante 3 min.

A operação unitária de secagem foi o passo seguinte. A mesma aconteceu durante 24 h. As gelatinas previamente desodorizadas, foram cortadas em cubos e distribuídas em formas de silicone para que pudessem adentrar a estufa de secagem com circulação de ar a 65 °C. A partir desse período de tempo, as amostras encontravam-se secas, necessitando apenas passar por um moinho de facas para que ocorresse a redução do seu tamanho, até atingirem a granulometria de um pó (comumente encontrada em supermercados).

#### **4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL PARA OBTENÇÃO DA GELATINA A PARTIR DE HIDRÓLISE ÁCIDA DAS PELES DE TILÁPIA DO NILO**

Um delineamento experimental simplex centróide contendo três fatores (butanol, ácido clorídrico e ácido acético) com repetição no ponto central, perfazendo um total de 11 ensaios, foi utilizado para obtenção das composições dos tratamentos utilizados com intuito de promover a hidrólise ácida do colágeno e originar a gelatina a partir de coproduto da tilápia, podendo ser visto na Tabela 1.

**Tabela 1 – Composição dos tratamentos para a extração de gelatina de Tilápia do Nilo, com as respectivas frações volumétricas dos reagentes**

Tratamentos	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	CH <sub>3</sub> COOH	HCl
1	0,000	0,000	1,000
2	0,000	1,000	0,000
3	0,500	0,000	0,500
4	0,500	0,500	1,000
5	0,000	0,500	0,500
6	0,250	0,750	0,000
7	0,250	0,000	0,750
8	0,500	0,250	0,250
9	0,250	0,375	0,375
10	0,250	0,375	0,375

11	0,250	0,375	0,375
----	-------	-------	-------

NOTA: C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH: butanol; CH<sub>3</sub>COOH: ácido acético; HCl: ácido clorídrico.

**Fonte:** Do autor

O delineamento aconteceu com soluções dos três reagentes citados anteriormente com diferentes concentrações. O ácido clorídrico (HCl) e o ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH) eram soluções de 0,8% (reagente/água destilada) e o butanol (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH) era de 15% (reagente/água destilada).

A partir das respostas obtidas nesse delineamento para as gelatinas, sugeriu-se a utilização de um modelo para otimização das mesmas, sendo ele o modelo cúbico especial.

#### 4.4 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS GELATINAS

As análises foram feitas segundo Instituto Adolfo Lutz (2008), onde a umidade das amostras foi determinada pelo método gravimétrico, assim como as cinzas. A determinação da umidade ocorreu em estufa durante 6h a 105 °C. Para a determinação de cinzas utilizou-se uma mufla a 550 °C, até a obtenção de cinzas levemente acinzentadas ou brancas.

O teor de lipídeos das amostras de gelatina foi determinado por meio da extração no aparelho extrator tipo Soxhlet, durante o período de 6 h a 90 °C.

Para a análise de proteínas, o método utilizado foi o de micro-Kjeldahl com modificações na solução de NaOH utilizada (40%) devido à capacidade do destilador de nitrogênio disponível.

#### 4.5 RENDIMENTO

A determinação do rendimento foi realizada segundo Souza Filho *et al.* (2017), que consiste na relação entre a massa da gelatina seca e da matéria-prima úmida como mostra a Equação (1).

$$\text{Rendimento} = \left( \frac{\text{Massa da gelatina seca extraída}}{\text{Massa da matéria-prima úmida}} \right) * 100 \quad (1)$$

#### 4.6 pH

A determinação do pH ocorreu com o uso de um pHmetro de líquidos, onde a mensuração do mesmo para as gelatinas ocorreu segundo a metodologia proposta por Molinari (2014) com modificações. Utilizou-se uma solução de 12% (p/v) de gelatina em água destilada para se efetuar a mensuração.

#### **4.7 FORÇA DO GEL OU BLOOM**

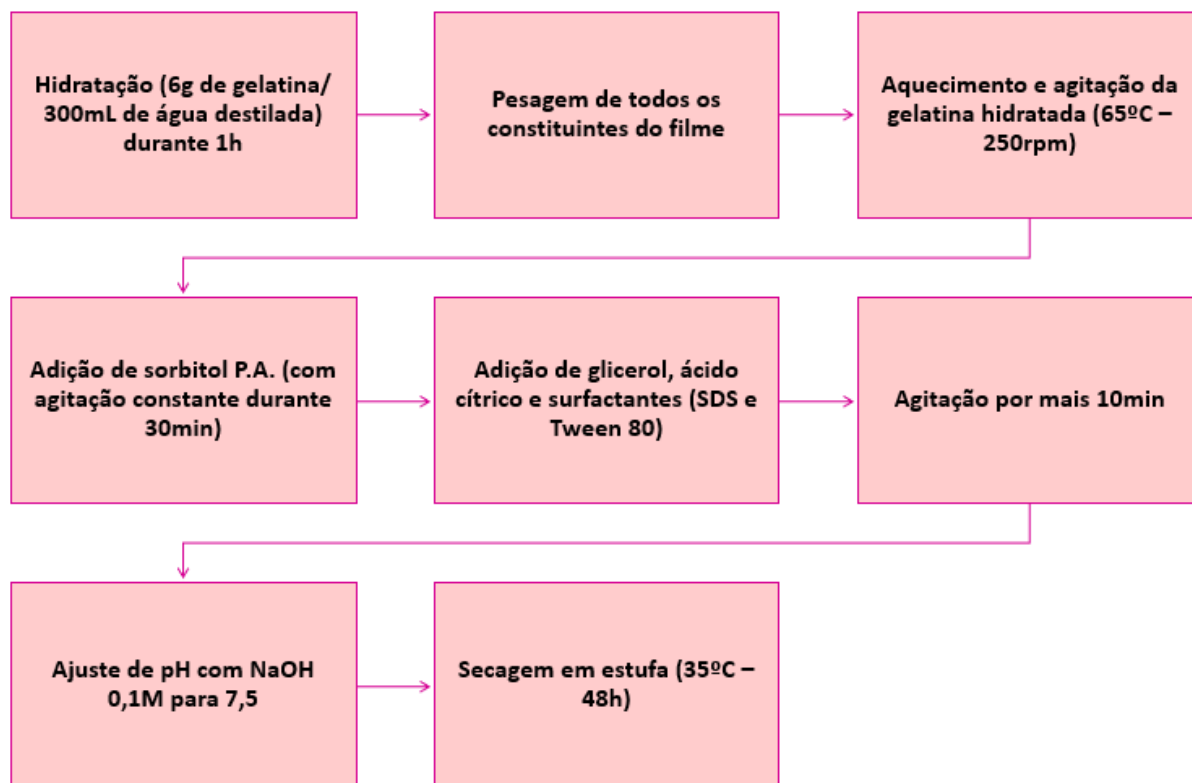
A força de gel foi também determinada a partir de uma solução a 12% (p/v) de gelatina em água destilada a 10 °C, armazenada em geladeira comercial (Panasonic 260L) durante 16 h. Passado esse período, as amostras foram retiradas, uma por vez da geladeira, e inseridas em um texturômetro com probe de 12,7 mm para serem analisadas segundo a metodologia descrita por Ferreira, Gomes e Gozzo (2015).

#### **4.8 ELABORAÇÃO DO FILME**

Para a elaboração do filme seguiu-se a metodologia proposta por Venancio *et al.* (2019) com modificações, no caso, não foi feita adição de pó de fibra de colágeno como os autores sugeriram, pois não era pertinente ao trabalho a sua avaliação.

A Figura 7 apresenta um fluxograma resumido que, de forma representativa, demonstra os passos que se foram seguidos para elaboração do filme com as adaptações pertinentes.

**Figura 7- Fluxograma da elaboração do filme a partir da gelatina de Tilápia do Nilo**



Fonte: Do autor

Em relação à massa de gelatina seca hidratada (6 g), fez-se a adição de 15% (m/m) de sorbitol anidro (Inlab Confiança), glicerina (99,5% P.A. Alphatec), 10% (m/m) de ácido cítrico P.A. (Dinâmica) e surfactantes, no caso, Tween 80 P.A. (Nuclear) e Dodecil Sulfato de Sódio (SDS) P.A. (Isofar), ao invés da adição de pó de fibra de colágeno, como sugere a metodologia de referência.

A solução posteriormente foi resfriada à temperatura ambiente para que ocorresse um ajuste do pH para 7,5 com solução de NaOH 0,1M (Isofar) com consequente secagem em estufa por 48 h a 35 °C.

#### **4.9 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL PARA OBTENÇÃO DE FILMES COM O USO DE AGENTES TENSOATIVOS**

Um delineamento experimental simplex centróide foi proposto. A Tabela 2 apresenta as variáveis e suas codificações.

**Tabela 2- Planejamento simplex-centroide repetido para cada nível da variável de processo**

Tratamentos	Variáveis da mistura	Variáveis do processo
-------------	----------------------	-----------------------

	Variáveis originais	Variáveis Codificadas	Variáveis originais		Variáveis codificadas	
	SDS(%)	Tween 80(%)	$x_1$	$x_2$	Teor de surfactante (%)	$z_1$
1	0	100	0,0	1,0	40	-1
2	50	50	0,5	0,5	40	-1
3	100	0	1,0	0,0	40	-1
4	0	100	0,0	1,0	60	0
5	50	50	0,5	0,5	60	0
6	100	0	1,0	0,0	60	0
7	0	100	0,0	1,0	80	1
8	50	50	0,5	0,5	80	1
9	100	0	1,0	0,0	80	1
10	50	50	0,5	0,5	60	0
11	50	50	0,5	0,5	60	0

NOTA: SDS: Dodecil sulfato de sódio.

Fonte: Do autor

A análise de uma mistura de  $q$  componentes foi feita através de  $2^q - 1$  ensaios que correspondem a cada uma das  $q$  permutações de substâncias simples, ou seja, neste estudo foram variadas as proporções das substâncias SDS e Tween 80 ( $q = 2$ ) na formulação dos filmes. Assim foram necessários  $2^q - 1 = 3$  ensaios distintos.

Deste ponto em diante, foi adotado que as proporções do SDS e Tween 80 foram representadas como  $x_1$  e  $x_2$ , respectivamente. O teor de surfactante (%) adicionado à mistura foi considerado uma variável de processo ( $z_1$ ), sendo que o mesmo não faz parte dos componentes da mistura, mas influencia nas propriedades da mesma. Esta mistura foi avaliada em três níveis (40%, 60% e 80%).

Tendo os resultados para os experimentos propostos no planejamento permite-se obter um polinômio de ordem  $q$ , que modela a superfície de resposta, sendo mostrado na Equação (2), onde  $x = (x_1, x_2)$ .

$$y(x) = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{12} x_1 x_2 \quad (2)$$

#### 4.10 PROPRIEDADES MECÂNICAS: RESISTÊNCIA A TRAÇÃO, ELONGAÇÃO E MÓDULO DE YOUNG

As propriedades mecânicas dos filmes foram determinadas com base nos ensaios de tração conforme a *American Society for Testing and Material*, obtendo-se parâmetros como resistência a tração, módulo de Young e elasticidade. Os corpos de prova utilizados foram cortados em tamanhos de 1x5 cm, acondicionados em

dessecador com umidade relativa (UR) igual a 53% por 72 h e então analisados em um texturômetro Stable Micro Systems (ASTM D 882-02, 2002).

#### 4.11 PROPRIEDADE DE BARREIRA: PERMEABILIDADE A VAPOR DE ÁGUA

A permeabilidade a vapor de água (PVA) dos filmes foi realizada com filmes circulares finos, fazendo-se necessário o uso de cápsulas de vidro de capacidade de 150mL com tampa de plástico vazada e determinada pela Equação (3), onde  $m$ ,  $t$ ,  $\varepsilon$ ,  $\Delta P$  e  $A$  correspondem respectivamente à massa (g), tempo de tratamento (dia), espessura (m), variação de pressão multiplicada pela diferença de umidade relativa do ar (kPa) e área (m<sup>2</sup>) (ASTM E 23-96, 1996).

$$PVA = \frac{m}{t} * \frac{A}{\varepsilon * \Delta P} \quad (3)$$

#### 4.12 ESPESSURA

A análise de espessura foi realizada em cinco repetições, por meio da mensuração dos filmes em cinco pontos diferentes com o uso do micrômetro externo digital de precisão de 0,001 mm (RAMOS *et al.*, 2016).

#### 4.13 ISOTERMA DE ADSORÇÃO

A isoterma de adsorção foi desenvolvida a partir da metodologia proposta por da Silva *et al.* (2018). Com parte dos filmes de uma formulação realizou-se a determinação da umidade e o restante foi acondicionado em sistemas com umidade relativa pré-estabelecida devido à presença de sais com atividade de água conhecida (Tabela 3).

**Tabela 3- Atividade de água de sais a 25 °C**

T(°C)	LiCl	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	BaCl <sub>2</sub>
25	0,1130	0,4316	0,5289	0,903

NOTA: LiCl: cloreto de lítio, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>: carbonato de potássio, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>: Nitrato de magnésio e BaCl<sub>2</sub>: Cloreto de bário.

Fonte: da Silva *et al.* (2018)

Os filmes foram pesados a cada três dias até que atingissem massa constante. Pôde-se então plotar um gráfico de umidade de equilíbrio *versus* atividade de água a partir dos dados adquiridos durante as pesagens.

Foi também realizada uma previsão do comportamento higroscópico do filme com a utilização de modelos matemáticos (Tabela 4) propostos por Rahman e Lewicki

(2019), com intuito de verificar a qualidade do ajuste dos modelos matemáticos. A isoterma e os modelos matemáticos foram feitos apenas com a amostra advinda da formulação otimizada (teor total de surfactante de 40% distribuído de maneira igual entre SDS e Tween 80). Uma regressão não linear foi analisada pelo método de Gauss-Newton, com o *software* Statistica® 12.0 (StatSoft Incorporation, 2007).

Os modelos foram selecionados de acordo com o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), erro percentual (P) [Equação (4)] e erro padrão (SE) [Equação (5)], calculados da seguinte forma:

$$P(\%) = \frac{100}{N} \sum \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \quad (4)$$

$$SE(\%) = \left[ \sum \left( \frac{(Y - \hat{Y})^2}{N - p} \right)^{0,5} \right] \quad (5)$$

Onde  $Y$  e  $\hat{Y}$  são a umidade de equilíbrio experimental e a umidade de equilíbrio calculada pelo modelo, respectivamente;  $N$  é o número de dados experimentais;  $p$  é o número de constantes no modelo. Um modelo é dito aceitável se a taxa  $P$  for inferior a 10%, com alto valor para  $R^2$  e baixas taxas para  $SE$ , conforme sugerido por Rahman e Lewicki (2019).

**Tabela 4- Modelos matemáticos para o ajuste de dados de umidade de equilíbrio**

Modelo	Equação
Kühn (simplificado)	$M_{eq} = (k_1 / \ln a_w) + k_2$
Kühn	$M_{eq} = K(1/a_w)^{-z} - B$
Oswin	$M_{eq} = B^* ((v_1 / (1 - v_1))^C)$
Lewicki	$M_{eq} = A[(1/a_w) - 1]^{B-1}$
Halsey	$M_{eq} = [A / \log(1/a_w)]^{1/B}$
Peleg	$M_{eq} = [(k_1 + a_w^{n_1}) + (k_2 a_w^{n_2})]$
GAB (Guggenheim, Anderson, DeBoer)	$M_{eq} = (x_m C K a_w) / [(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)]$
BET (Brunauer, Emmet, Teller)	$M_{eq} = x_m C a_w / [(1 - a_w)(1 + (C - 1)a_w)]$

NOTA:  $M_{eq}$ , conteúdo de umidade de equilíbrio (g água / g de matéria seca);  $x_m$ , teor de umidade na monocamada (g água / g de matéria seca);  $a_w$ , atividade de água;  $A, B, C, n, K, k_1$  e  $k_2$ , constantes das equações.

Fonte: Rahman; Lewicki (2019)

#### 4.14 CULTIVO DE FUNGOS



Foram utilizadas cepas de *Fusarium* spp. (5290) e *Colletotrichum gloeosporioides* (5177) obtidas da Coleção de Culturas Tropicais da Fundação André Tosello (FAT). Ambas as cepas foram cultivadas em meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA) com período de crescimento/desenvolvimento dos fungos de 8 a 11 dias à temperatura de 25 °C. As placas contendo os fungos isolados foram identificadas com etiquetas e das mesmas se retirou uma colônia ao menos para que fosse preservada em água destilada estéril à temperatura de refrigeração para posterior utilização e preservação das cepas (DIOGO; SARPIERI; PIRES, 2005).

#### **4.15 ESCOLHA DO EXTRATO: DETERMINAÇÃO ANTIFÚNGICA DO EXTRATO**

A escolha do extrato de pitomba foi feita pela definição da concentração que obtivesse a maior redução do número de colônias em relação ao controle em um teste *in vitro*. A contagem de esporos foi realizada com auxílio de uma câmara de Neubauer.

Para a contagem de esporos existem alguns passos anteriores como por exemplo: raspar a placa de petri contendo o fungo com o auxílio de uma alça metálica esterilizada e colocar o conteúdo em um tubo de ensaio de 5 mL contendo água peptona 1%. É imprescindível realizar a diluição desse conteúdo com o uso de outros tubos de ensaio com volume de água peptona 1% conhecido para que depois seja retirado um volume o qual será colocado juntamente com um corante na câmara de Neubauer.

Para a escolha do extrato algumas combinações foram testadas contendo as composições descritas na Tabela 5 para cada um dos microrganismos. O extrato a ser adicionado ao meio não foi submetido a esterilização em autoclave, por filtração ou nenhum outro tipo, apenas as etapas de secagem com rotaevaporador e liofilização. Para que o mesmo fosse adicionado ao meio conforme a Tabela 5, calcula-se a massa a ser adicionada em relação ao volume de filme. Por exemplo: Se fosse determinado que seria adicionado um volume total de 10 mL de filme e extrato, a divisão para uma formulação com 5% de extrato seria colocar 9,5 mL de filme e 0,5 g de extrato. OBS: densidade do extrato era considerado 1 g/mL após testes e arredondamento.

**Tabela 5- Composições das placas de Petri para averiguação da redução visual da quantidade de colônias de cada microrganismo**

Formulação	Composição
F1	Mo + BDA
F2	Mo + BDA + Filme
F3	Mo + BDA + Filme com extrato de casca de pitomba (2,5%)
F4	Mo + BDA + Filme com extrato de semente de pitomba (2,5%)
F5	Mo + BDA + Filme com extrato de casca de pitomba (5%)
F6	Mo + BDA + Filme com extrato de semente de pitomba (5%)
F7	Mo + BDA + Filme com extrato de casca de pitomba (10%)
F8	Mo + BDA + Filme com extrato de semente de pitomba (10%)

NOTA: Mo: microrganismo. O procedimento foi realizado com dois diferentes microrganismos, sendo a primeiro momento utilizado o *Fusarium* spp. e depois *C. gloeosporioides*. BDA: meio de cultura Batata-Dextrose-Ágar.

**Fonte:** Do autor

Inicialmente aplicou-se um inóculo contendo  $1,06 \times 10^4$  esporos de *Fusarium* spp./mL nas formulações da Tabela 5 em um conjunto de placas (houve uma elevada esporulação) e em outro conjunto fez-se a adição de  $1,0 \times 10^4$  esporos de *C. gloeosporioides*/mL (com uma esporulação menor do que o primeiro fungo) em cada placa da combinação. A análise teste foi realizada em triplicata e utilizou-se dois tipos de extratos, um advindo da casca da pitomba e outro da semente, além de duas espécies fúngicas e o filme otimizado.

#### **4.16 APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO NO MAMÃO HAVAI E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL**

A solução filmogênica a 60 °C foi preparada segundo Venancio *et al.* (2019), e a ela foi adicionada até 15% (m/m) de extrato vegetal de pitomba, proveniente da semente da fruta, como mostra o delineamento na Tabela 6. Com auxílio de um agitador ultrassônico ocorreu sua homogeneização do extrato em filme (NUNES *et al.*, 2017). Anterior a aplicação das soluções filmogênicas, as amostras de mamão foram expostas a luz ultravioleta por um período de 15 min para maior padronização das mesmas. Devido a testes que precederam a análise em questão, optou-se por não fazer a lavagem e higienização prévia dos mamões com uso de água devido ao

aceleramento da deterioração da fruta pela presença de água a qual é um meio de propagação microbiana.

**Tabela 6- Delineamento proposto para aplicação dos extratos vegetais de pitomba provenientes da casca e semente da fruta em amostras de mamão Havaí adquiridas no comércio local da cidade de Campo Mourão**

Ensaio	Filme	Concentração de extrato de semente de pitomba
1	Presente	0
2	Presente	5
3	Presente	10
4	Presente	15
Controle	Ausente	0

Fonte: Do autor

Para revestimento do mamão Havaí fez-se um experimento fatorial 2<sup>2</sup> e um controle, com os 5 tratamentos. Foram estudados os efeitos apenas do filme e de filme com 0, 5, 10 e 15% de extrato de semente de pitomba, comparando sempre com uma amostra controle (sem adição de filme e extrato). As soluções foram distribuídas em copos plásticos, cada um contendo 2 mL para aplicação total na fruta, com o uso de um pincel pequeno de silicone.

Para evitar que ocorresse o acúmulo de solução, fez-se uma secagem primária com a exposição das frutas a uma ventilação forçada com o uso de ventilador portátil. E para a minimização da contaminação inicial expôs-se as frutas à luz ultravioleta por um período de 15 min. As frutas foram acondicionadas em uma sala climatizada a 25 °C durante um período de 8 dias com a finalidade de se avaliar o comportamento da mesma

#### **4.17 DETERMINAÇÃO DA COR DA CASCA E POLPA DO MAMÃO HAVAÍ**

Realizaram-se as análises colorimétricas com auxílio de um colorímetro para a determinação da cor da polpa das amostras mamão e da casca. A análise respaldou-se na metodologia de Cömert, Mogol, Gökmen (2020) que ressalta a importância dessa análise, e, Rocha (2009) a qual diz ser necessário determinar a cor em relação a um parâmetro, no caso avaliado variação da cor da polpa e da casca do mamão ao longo do tempo de armazenamento, a fim de confirmar o amadurecimento da fruta.

Foram feitas medidas em três pontos diferentes: no centro e em dois lados opostos da fruta (5 cm próximo ao pedúnculo e ápice). O sistema de cores CIEL a\* b\*

e escalas CIE L \* a \* b \* foram usadas para avaliar a cor onde L \* é a luminosidade (brilho) e varia de 0 a 100, onde 0 = preto e 100 = branco; o parâmetro a \* pode conter valores negativos (-) que representam a cor verde ou valores positivos (+), os quais representam o vermelho. Já o parâmetro b \* pode ser desde o negativo (-), azul, até o positivo (+) amarelo. Tem também o Cromo (C) e ângulo de matiz ou de tonalidade (h °) os quais foram determinado usando os valores a\* e b\* de acordo com as Equações (6) e (7).

$$\text{Croma (C)} = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (6)$$

$$\text{Ângulo de tonalidade (h)} = \tan^{-1} \left\{ \frac{a}{b} \right\} \quad (7)$$

#### 4.18 PERDA DE MASSA E SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS

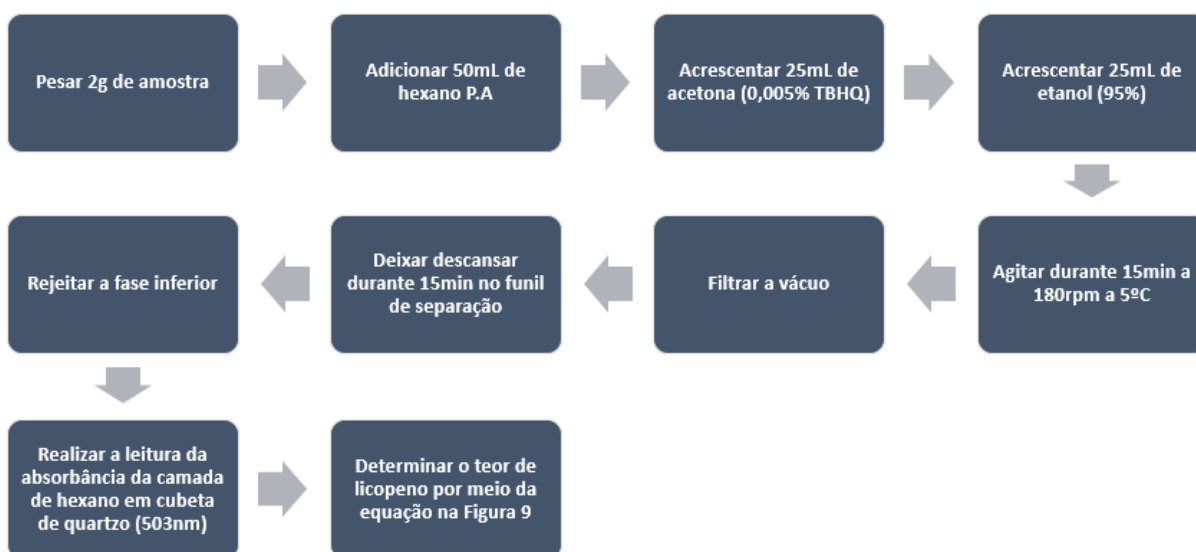
A perda de massa foi determinada com dados coletados a cada dois dias das quinze amostras de mamão Havaí, as quais foram separadas, numeradas e pesadas em balança semi-analítica (BESINELA JR *et al.*, 2010).

As análises de sólidos solúveis totais foram realizadas segundo Instituto Adolfo Lutz (2008), com as amostras de mamão cortadas em cubos e analisadas em um refratômetro de Abbé.

#### 4.19 ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE LICOPENO EM FRUTAS

Para a extração do licopeno, foi aplicada a metodologia de Fish, Perkins-Veazie e Collins (2002) de forma adaptada, conforme a Figura 8. Para realização dos cálculos da quantificação do teor de licopeno utilizou-se a Equação 8.

**Figura 8- Fluxograma para determinação do teor de licopeno adaptada**



Fonte: Do autor

$$\text{Teor de licopeno } \left( \frac{\mu\text{g de licopeno}}{\text{g de amostra}} \right) = \frac{A_{502} \text{ (mol)}}{17,2 \cdot 10^4} * \frac{536,9^{\text{g}}/\text{L}}{1 \text{ (mol)}} * \frac{1 \text{ (L)}}{10^3 \text{ (mL)}} * \frac{50 \text{ (mL)}}{0,002 \text{ (kg)}} * \frac{10^3 \text{ (mg)}}{1 \text{ (g)}} * \frac{1 \text{ (kg)}}{1 \text{ (g)}} * \frac{10^3 \text{ (\mu g)}}{1 \text{ (mg)}} \quad (8)$$

A análise foi realizada em triplicata no primeiro e no último dia de vida útil da fruta, assim como sugerido por Besinela Jr *et al.* (2010), para averiguação de alguma modificação no teor de licopeno ao longo do período de armazenamento, com distintas películas de proteções aplicadas ou não a fruta.

A absorbância foi medida em espectrofotômetro a 503 nm e utilizado o coeficiente de absorvidade licopeno em hexano que é  $17,2 \times 10^4 \text{ m}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  e as demais frações são pertinentes as conversões de unidades cabíveis.

## 4.20 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada a partir do teste Tukey com intervalo de 95% de confiança ( $p \leq 0,05$ ). Os resultados da análise de gelatina e também do filme foram analisadas por meio do software Statistica 10.0, pela professora Doutora Flávia Aparecida Reitz Cardoso.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES FEITAS COM A GELATINA

Elaboraram-se as gelatinas submetendo-as ao processo extrativo em meio ácido e após a realização em triplicata das análises de composição centesimal (umidade, cinzas, proteínas e lipídeos) e força do gel, aplicou-se a análise de variância juntamente ao teste de Tukey. As análises de pH e rendimento foram realizadas uma única vez para cada amostra. A Tabela 7 apresenta os resultados das análises. Com os dados apresentados, foi possível verificar que tanto para a análise de cinzas, quanto para a análise de proteínas, não houve diferenças significativas em torno das médias.

#### 5.1.1. Cinzas e proteínas

No caso das cinzas, isso provavelmente ocorreu devido a retirada da maior quantidade possível de escamas durante o procedimento de lavagem das peles, etapa esta que faltou no trabalho de Alfaro e Silva (2010) e por isso os autores encontraram diferença significativa no conteúdo de cinza de suas gelatinas.

A quantidade de cinzas está relacionada com o teor de cálcio, teor mineral da amostra proveniente predominantemente das escamas dos peixes. Deve ser levado em consideração também a idade do animal, pois o teor de calcificação varia, sendo menor para espécies jovens do que para peixes mais adultos. Os valores de teor de cinzas encontrados no presente estudo (de 0,82 a 1,57%) são inferiores ao valor máximo tolerado em gelatinas para aplicação alimentícia, de forma a classificar todas as formulações como aplicáveis na indústria de alimentos (SILVA *et al.*, 2018).

Alguns estudos conseguiram também respeitar esse teor a partir da mesma matéria-prima, como o caso de Souza (2016) que encontrou 2,13% em sua amostra de gelatina extraída de tilápia e Biluca, Marquetti e Alfato (2011) com a porcentagem de 0,49%.

Da mesma forma não houve diferença significativa nos resultados de proteínas obtidas. Sendo assim, as análises de cinzas e proteínas não são relevantes para uma otimização da extração. Os teores proteicos encontrados foram altos, de 76,8 a 84,93%, confirmando que as gelatinas obtidas servem para um aumento na qualidade proteica dos alimentos aos quais é adicionada.

**Tabela 7- Análises físico-químicas provenientes das gelatinas extraídas a partir da pele de tilápia do Nilo**

Substâncias				Análises						
Amostras	Butanol	Ácido clorídrico	Ácido acético	Umidade (%)	Cinzas (%)	Proteínas (%)	Lipídeos (%)	pH	Rendimento (%)	Força do gel (Bloom ou g)
1	0,000	1,000	0,000	4,75 <sup>fg</sup> ±0,11	1,57 <sup>a</sup> ±0,06	84,75 <sup>a</sup> ±1,64	0,47 <sup>a</sup> ±0,01	2,61	12,65	431,90 <sup>e</sup> ±29,99
2	0,000	0,000	1,000	6,26 <sup>be</sup> ±0,06	0,86 <sup>a</sup> ±0,30	83,01 <sup>a</sup> ±2,75	0,46 <sup>a</sup> ±0,02	4,30	10,96	1000,13 <sup>b</sup> ±21,21
3	0,500	0,500	0,000	8,01 <sup>a</sup> ±0,09	0,85 <sup>a</sup> ±0,08	84,20 <sup>a</sup> ±1,17	0,26 <sup>cd</sup> ±0,01	4,50	8,98	223,13 <sup>f</sup> ±6,31
4	0,500	0,000	0,500	5,44 <sup>ef</sup> ±0,13	1,22 <sup>a</sup> ±0,02	83,80 <sup>a</sup> ±1,79	0,28 <sup>cde</sup> ±0,01	4,57	11,55	904,80 <sup>bc</sup> ±25,19
5	0,000	0,500	0,500	4,52 <sup>g</sup> ±0,03	1,16 <sup>a</sup> ±0,48	81,03 <sup>a</sup> ±4,71	0,46 <sup>a</sup> ±0,01	4,36	15,16	1008,10 <sup>b</sup> ±18,98
6	0,250	0,000	0,750	4,85 <sup>fg</sup> ±0,32	1,09 <sup>a</sup> ±0,15	76,80 <sup>a</sup> ±2,77	0,32 <sup>de</sup> ±0,03	4,52	12,89	1356,27 <sup>a</sup> ±39,43
7	0,250	0,750	0,000	5,69 <sup>e</sup> ±0,19	1,65 <sup>a</sup> ±0,33	80,75 <sup>a</sup> ±3,50	0,34 <sup>be</sup> ±0,00	4,51	13,16	582,07 <sup>d</sup> ±4,60
8	0,500	0,250	0,250	6,55 <sup>bd</sup> ±0,26	0,82 <sup>a</sup> ±0,09	79,74 <sup>a</sup> ±0,43	0,23 <sup>c</sup> ±0,01	4,10	10,11	793,17 <sup>c</sup> ±33,59
9	0,250	0,375	0,375	7,76 <sup>ab</sup> ±0,13	1,42 <sup>a</sup> ±0,06	84,93 <sup>a</sup> ±0,07	0,43 <sup>ab</sup> ±0,03	2,93	13,04	872,20 <sup>c</sup> ±18,60
10	0,250	0,375	0,375	7,10 <sup>cd</sup> ±0,13	1,44 <sup>a</sup> ±0,06	84,24 <sup>a</sup> ±0,26	0,41 <sup>ab</sup> ±0,00	2,94	13,20	857,67 <sup>c</sup> ±19,98
11	0,250	0,375	0,375	7,18 <sup>cd</sup> ±0,12	1,36 <sup>a</sup> ±0,01	84,08 <sup>a</sup> ±0,36	0,42 <sup>ab</sup> ±0,01	2,96	13,15	866,13 <sup>c</sup> ±14,62

NOTA: Os valores de butanol, ácido clorídrico e ácido acético apresentados na tabela são referentes às proporções dos mesmos adicionados em cada uma das amostras. \* Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

Fonte: Do autor

Ferreira (2013) encontrou teores de 67,5 a 69,9% de proteínas em gelatinas obtidas a partir de pés de frango utilizando pré-tratamentos semelhantes aos do presente estudo, com exceção do emprego do butanol. Alfaro e Silva (2010) obtiveram valores de proteínas a partir de gelatinas de pele de tilápia de 83,9 a 97,55% e Minura (2016) obteve, a partir da mesma matéria prima, 86,44%.

### **5.1.2. Umidade**

Para a análise de umidade, houve uma variação entre as médias, com um valor mínimo de 4,52% para a amostra 5 (composta por ácido clorídrico e ácido acético de maneira igual) e máximo de 8,01% para a amostra 3 (composta por butanol e ácido clorídrico de maneira igual). Isso aconteceu devido à falta de padronização prévia de água destilada para a lavagem das peles, antes das mesmas serem colocadas em banho termostático, para que ocorresse a hidrólise do colágeno e efetiva formação de gelatina. O conteúdo foi similar aos encontrados por Molinari (2014) e Nunes (2014) em gelatinas de tilápia, de 5,34 a 9,54% e 9% respectivamente, e também parecido com os valores encontrados por Ferreira (2013), em gelatinas elaboradas a partir de pés de frango (9,75%).

### **5.1.3. Lipídeos**

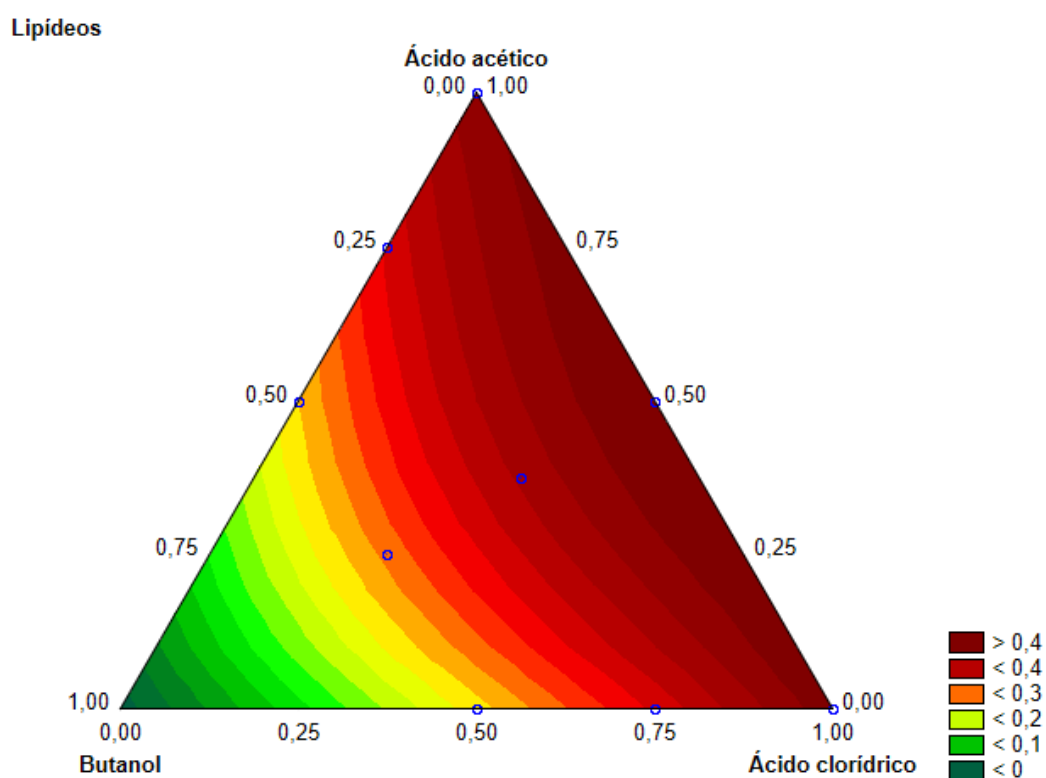
Uma vez que a matéria-prima conta com altos teores de gordura, procuram-se soluções para reduzir o conteúdo do mesmo nas gelatinas. Para isso, neste trabalho foi utilizado o solvente butanol, como proposto por Yan, Qin e Li (2015). O maior teor de lipídeos encontrado foi na amostra na qual a gelatina foi extraída em solução contendo 100% de ácido clorídrico, sendo de 0,47%, que não apresentou diferença significativa com as amostras 2 (100% ácido acético) e 5 (50% de ácido clorídrico e acético).

O menor valor de lipídeos (0,23%) foi da amostra 8 proveniente de uma permutação entre os três reagentes (50% de butanol e 25% de cada ácido). Assim como a análise de umidade, as amostras 9, 10 e 11 não apresentaram diferença significativa. A média da amostra 8 aproxima-se das amostras 3 e 4. As demais diferem significativamente entre si. Outra maneira de se analisar a influência do butanol na redução do teor de lipídeos nas gelatinas de pele de tilápia é por meio do gráfico de superfície de resposta, conforme apresentado na Figura 9.



A Figura 9 leva em consideração exclusivamente a quantidade de gordura nas formulações. Nela é possível verificar que, à medida que a mistura se aproxima de uma composição integralmente feita por butanol, menor é o teor de lipídeos. Todavia essa composição de tratamento não foi testada, pois em trabalhos anteriores como o de Oliveira (2018) comprovou-se que não é possível obter uma gelatina com essa composição já que há uma promoção de hidrólise forçada das cadeias de gelatinas, resultando em cadeias menores do que as necessárias para formação do gel.

**Figura 9- Superfície de resposta da variável lipídeo para as gelatinas extraídas de material de descarte da indústria pesqueira**



Outra observação a partir da Figura 9 é que o teor de lipídeos encontra-se o mais próximo do valor encontrado no Tratamento 8, testado neste trabalho. Esta região encontra-se na parte amarela do gráfico de superfície de resposta com um teor próximo a 0,2% de lipídeos.

A cor vermelha de tonalidade mais escura está na parte do gráfico que representa gelatinas contendo maior quantidade de gordura, no caso as gelatinas feitas 100% de ácido clorídrico e acético e as que contaram com 50 % ácido clorídrico

e acético, que foram os tratamentos 1, 2 e 5, respectivamente. Todas as formulações contaram com um conteúdo lipídico reduzido, mas pela Tabela 7 e na Figura 9 nota-se que as amostras com menores teores de lipídeos foram as que contaram com a máxima proporção de butanol (50%) em seus tratamentos para sua obtenção, no caso as amostras 8, 3 e 4.

#### **5.1.4. Rendimento**

De modo geral, a gelatina extraída de pele de Tilápia do Nilo normalmente resulta em maior rendimento que à extraída de outros peixes (BUENO, 2008). Estes valores podem variar em função da composição centesimal das peles, do conteúdo em colágeno e da quantidade de componentes solúveis presentes nas peles, que, por sua vez, variam com o método de extração empregado e com a idade e espécie do peixe utilizado (FERREIRA; GOMES; GOZZO, 2015). Silva *et al.* (2011) afirmam que o rendimento de extração de gelatina de pescado em geral (6%) é inferior ao da gelatina de mamíferos (19%), mas no presente estudo a margem encontrada se assemelha às gelatinas de mamíferos.

O menor rendimento foi de 8,95% na amostra 3, composta igualmente de butanol e ácido clorídrico. Enquanto que o maior rendimento foi para a amostra 10, com 13,2% e representa um volume de 25% de butanol, 37,5% de ácido clorídrico e 37,5% de ácido acético em seu tratamento. O rendimento poderia ser ainda maior, já que durante a etapa de filtração na elaboração das gelatinas, nem todo conteúdo pôde ser filtrado e recolhido. Parte da gelatina ficou retida no filtro de papel devido à quantidade de escamas, inchaço da pele e viscosidade da solução, o que requereria um período de tempo mais extenso para otimizar o rendimento alcançado.

#### **5.1.5. pH**

Com relação ao pH, o menor valor encontrado foi de 2,61, um pH ácido presente na amostra 1, extraída em solução contendo exclusivamente ácido clorídrico (ácido inorgânico e forte). E o maior valor foi de 4,57, com a amostra 4, composta majoritariamente por álcool, seguida de um ácido orgânico (mais fraco do que um ácido inorgânico).

Para Silva e Silva *et al.* (2018), o pH da solução de gelatina é afetado pelo tratamento químico empregado durante a etapa de extração. Gelatinas extraídas em meio ácido tendem a ter um pH inferior a gelatinas extraídas em meios alcalinos, sem

o controle prévio desse fator. Outros autores, que extraíram gelatina de pescado por meio de tratamentos ácidos, também observaram que o pH de suas gelatinas eram ácidos. Alfaro e Silva (2010) extraíram da pele de tilápia utilizando ácido sulfúrico e obtiveram pH de 4,66. Biluca, Marquetti e Alfaro (2011) extraíram da pele de bagre empregando método ácido (sulfúrico e cítrico) e obtiveram pH de 3,20 destas gelatinas. Como as peles de pescados apresentam um número reduzido de ligações químicas, dispensa-se a necessidade do uso de um pré-tratamento alcalino intenso e longo. Portanto, um tratamento ácido em menor tempo é suficiente para que o colágeno possa ser dissolvido em água quente (COLE, 2012).

#### **5.1.6. Força do gel**

As gelatinas são classificadas em A e B. Gelatinas provenientes de pele de porco, por meio de um tratamento ácido, são designadas do tipo A. Enquanto que as produzidas a partir de couro bovino cru ou ossos, por tratamento alcalino, são do tipo B (SILVA, 2016). O pH pode ser usado para controlar a força do gel, o qual é dependente do ponto isoelétrico. Foi relatado que a gelatina tipo A, tem ponto isoelétrico que pode variar de 6,5 a 9,0 (SEE *et al.*, 2013).

Os valores de pH encontrados neste trabalho estão abaixo da faixa do ponto isoelétrico. Souza Filho *et al.* (2012) reportaram um valor de pH também inferior ao ponto isoelétrico (3,5), para gelatinas processadas por pré-tratamento ácido. Valor este dentro da faixa encontrada no presente estudo. Para Silva (2016), em pHs abaixo do ponto isoelétrico, a gelatina tem carga resultante positiva, sendo assim, quando a mesma é misturada com outros hidrocoloides de carga oposta, o resultado pode ser a neutralização destas cargas ou separação de fases, também chamada de coacervação. Este fato pode limitar seu uso na indústria alimentícia, pois a separação de fase não é atrativa ao consumidor.

Na Tabela 7 têm-se as respostas da análise de força do gel ou bloom. O maior valor de força do gel foi encontrado na amostra 6 (baixo teor de butanol e majoritariamente seu tratamento foi composto por ácido orgânico fraco) e representa valor de 1356,27 g. O menor valor foi da amostra 3, com 223,13 g. As amostras 2 e 5 não tiveram diferenças significativas, assim como as amostras 8, 9, 10 e 11. O valor da força do gel permite sua classificação comercial. Geralmente o encontrado em gelatinas para consumo imediato é de 240g. Recomenda-se o uso de gelatina com alto valor de força de gel para produtos que requerem altos pontos de fusão e

solidificação. Permite-se também sua aplicação quando se deseja um tempo menor de secagem para o produto final, sendo usada em quantidades pequenas (MINURA, 2016).

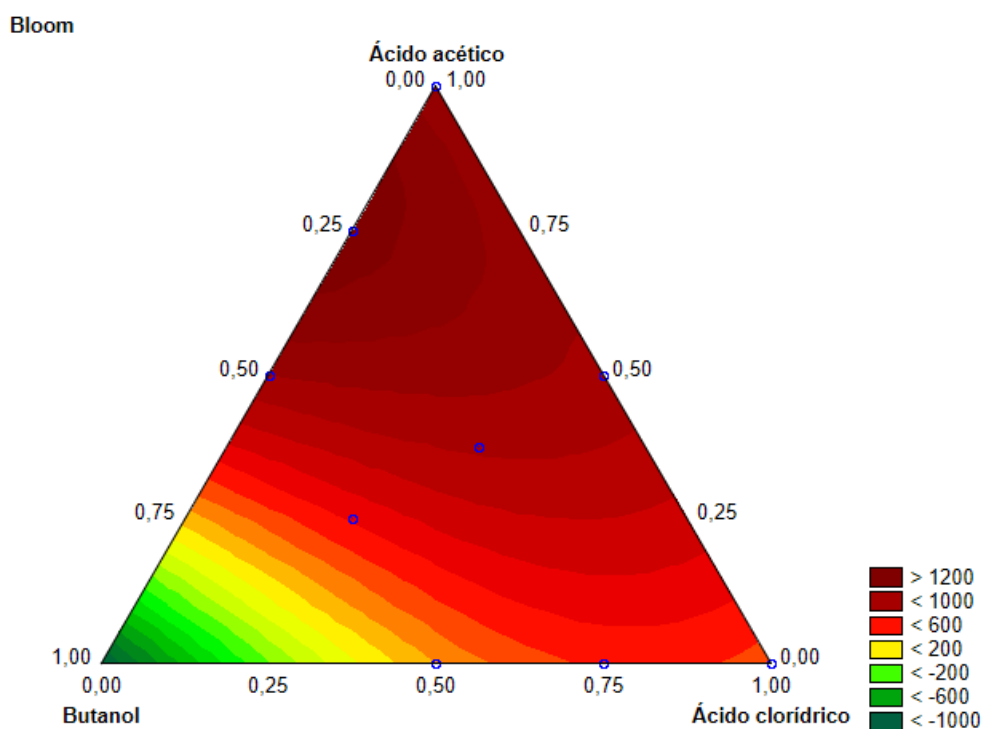
Já as gelatinas com baixo valor de força de gel possibilita uma maior modelagem e correção do produto a ser aplicado, pois demoram mais para secar (XU *et al.*, 2017). As gelatinas de baixo poder de gelificação são empregadas para fabricação de caramelos e balas mastigáveis, com a função de emulsionar as gorduras e ligar a água do produto, conferindo-lhe uma textura macia e menos aderente aos dentes e à embalagem (SILVA, 2010).

O conteúdo de lipídeo é responsável por influenciar a força do gel, essa propriedade reológica de suma importância (BUENO *et al.*, 2011). Esta análise consiste na penetração de 4 mm do *probe* do texturômetro dentro da amostra. Pode-se considerar que amostras com alto teor de lipídeos podem ter valores de força do gel corrompidos, pois a gordura apresenta uma densidade baixa, o suficiente para flotar e naturalmente a mesma se concentra na superfície do recipiente contendo a gelatina utilizada na análise (AHMAD *et al.*, 2017). Neste ensaio, a penetração que o *probe* faz na amostra é pequena, podendo o mesmo apenas atingir a porção lipídica que está na parte superior da amostra, ou seja, está em contato com a parte mais frágil da gelatina. Desta forma, pode acarretar um resultado errôneo, que não é capaz de representar a real força do gel, pois o contato é apenas com a fração lipídica e não com toda a amostra. Sendo assim, as amostras de gelatina obtidas neste estudo provavelmente não contaram com esse tipo de erro devido ao baixo teor de lipídeos.

Para representar graficamente a quantidade de bloom com exclusividade, apresentou-se a Figura 10. Desta forma, é possível verificar que o tratamento 6 (25% butanol e 75% ácido acético) apresenta o maior valor de força de gel (superior a 1200g). Conclui-se ainda que quanto maior o teor de butanol, menor a força do gel.

A formação do gel ocorre devido às pontes de hidrogênio, que fazem com que as moléculas de gelatina agrupem-se em micelas, formando um produto semi-sólido que se liga com água (ALFARO; SILVA, 2010). A estrutura de rede e as propriedades físicas dos géis são dadas pelas condições de extração da gelatina, ou seja, pelas condições do meio e principalmente do seu precursor, o colágeno (KERTON *et al.*, 2015).

**Figura 10- Superfície de resposta da variável de força do gel para as gelatinas extraídas a partir da hidrólise do colágeno provenientes de material de descarte da indústria pesqueira**



Fonte: Do autor

Os fatores que influenciam na rigidez estrutural do colágeno são: os teores de prolina e hidroxiprolina, fazendo referência a sua distribuição sequencial na molécula; as pontes de hidrogênio mútuas no entrelaçamento da super-hélice (união de três cadeias polipeptídicas); o número de reticulação ("crosslinking" natural), que é uma ligação de caráter covalente relacionada às características; e a idade do material biológico que ocorrem na estrutura terciária e quaternária (SAFFORD; VIEIRA; POLETTE, 2019).

O solvente ácido empregado possui capacidade de solubilização dos tecidos com baixo teor de "crosslinking" natural ou reticulação. Ou seja, tecidos que apresentam ineficiência de transformação das ligações entre moléculas lineares em polímeros tridimensionais com alta massa molar. Com o aumento da reticulação, a estrutura se torna mais rígida, limitando deste modo, a extração de colágeno de porções, como pele, e alguns tendões de organismos jovens (AHMAD *et al.*, 2017; ALFARO; SILVA, 2010).

As amostras obtidas por meio do solvente butanol foram submetidas a um tratamento mais agressivo, promovendo uma hidrólise forçada das cadeias da gelatina em tamanhos inferiores as cadeias convencionais denominadas  $\alpha$  (OLIVEIRA, 2018).

### 5.1.7. Otimização

Para as variáveis dependentes um modelo cúbico especial foi ajustado (Equação (9)), onde as variáveis  $x_1$ ,  $x_2$ , e  $x_3$  correspondem, respectivamente, ao butanol, ácido clorídrico e ácido acético.

$$y = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3 \quad (9)$$

Foram propostos modelos matemáticos das variáveis tratadas na Tabela 7 por meio de análise estatística realizada com o software Statistica 10. Os resultados destas análises encontram-se na Tabela 8.

**Tabela 8- Modelos estatísticos obtidos para propriedades da mistura da gelatina de tilápia do Nilo**

Parâmetros	Equação	R <sup>2</sup>	Valor p	Falta de ajuste (p)
Rendimento	$12,85x_2 + 10,82x_3 + 22,87x_1x_2 + 34,46x_1x_3 + 13,03x_2x_3 - 43,60x_1x_2x_3$	0,9701	0,0052	0,0151
Umidade	$4,57x_2 + 6,19x_3$	0,8274	0,1403	0,1002
Cinzas	$1,62x_2 + 0,78x_3 + 6,41x_1x_3$	0,8470	0,1134	0,0233
Proteínas	$94,69x_1 + 84,52x_2 + 82,13x_3$	0,2896	0,9239	0,0087
Lipídeos	$0,47x_2 + 0,44x_3$	0,9167	0,0371	0,0143
Bloom	$448,31x_2 + 1027,52x_3$	0,9249	0,0305	0,0015
Ph	$2,75x_2 + 4,29x_3 - 44,90x_1x_2x_3$	0,8801	0,0731	0,0006

NOTA:  $x_1$ : butanol,  $x_2$ : ácido clorídrico,  $x_3$ : ácido acético.

Fonte: Do autor

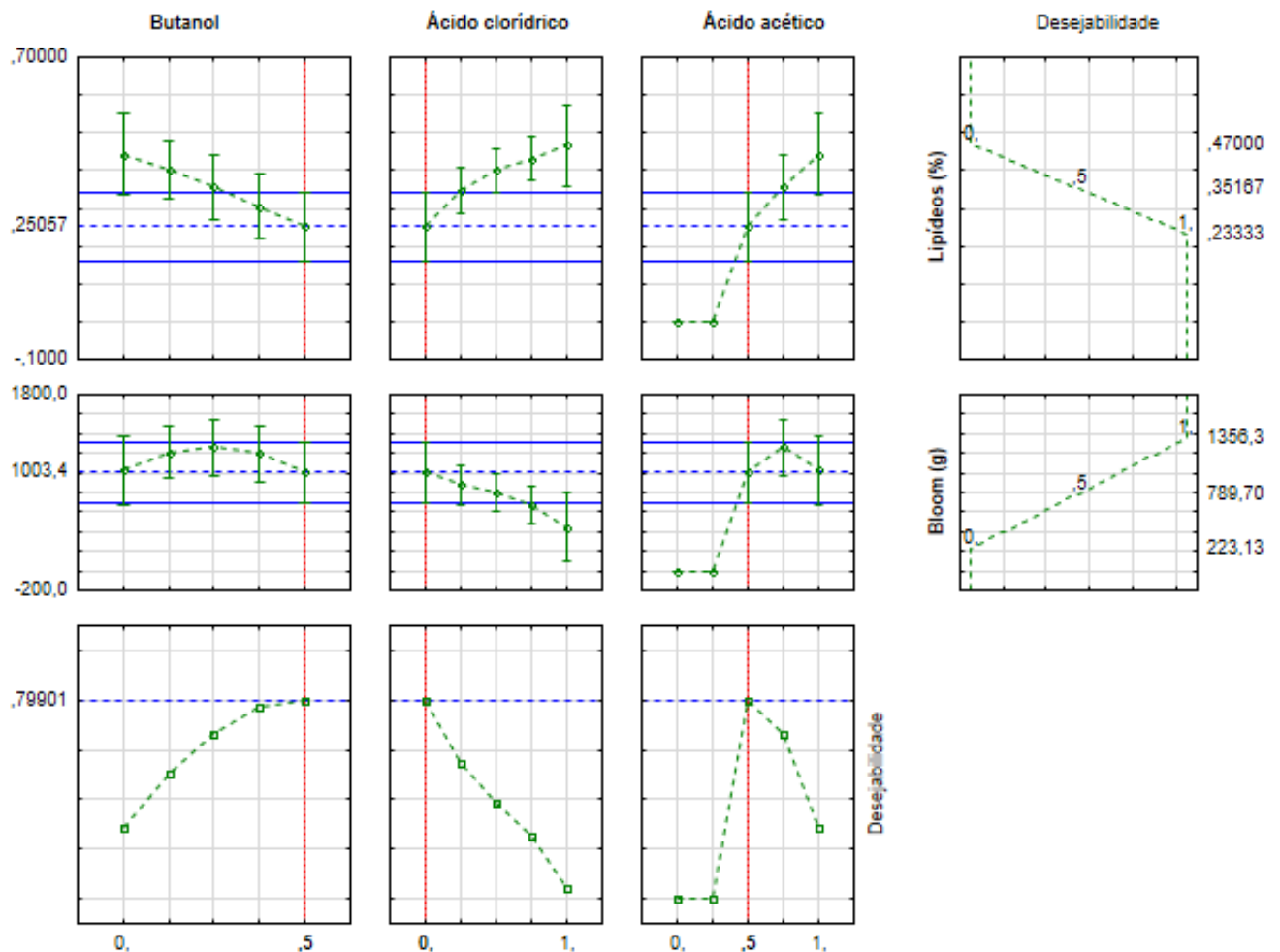
Dos modelos especiais cúbicos, as únicas variáveis independentes que foram significativas em relação ao valor p ( $\leq 0,05$ ) foram rendimento, lipídeos e força do gel. A partir de então é possível realizar um otimização do tratamento das peles de tilápia para obtenção das gelatinas. Foram utilizados apenas os modelos de lipídeos e bloom (força do gel) para a etapa de otimização, pois os mesmos influenciam diretamente na qualidade da gelatina e suas propriedades. O rendimento, embora tenha sido significativo, não foi tão abordado, pois o mesmo não interfere na formação da melhor

gelatina. Desta forma, a gelatina otimizada, será matéria-prima para o desenvolvimento de um filme, etapa esta que se seguiu no presente estudo.

Valores reduzidos de lipídeos na gelatina são vantajosos pois melhoram sua característica estrutural e reduzem a ocorrência de oxidação lipídica durante a sua conservação em futura aplicação. Enquanto uma maior força do gel conferirá uma estrutura tridimensional mais eficaz para formação do filme.

Buscando-se uma composição que pudesse apresentar baixo teor de lipídeos e simultaneamente um bom valor de força do gel, foi aplicada a função desejabilidade (Figura 11). Desta forma, por meio de delineamento estatístico obteve-se a gelatina otimizada.

**Figura 11- Gráfico de desejabilidade para obtenção da composição do tratamento das gelatinas com os teores de lipídeos e força do gel satisfatórios**



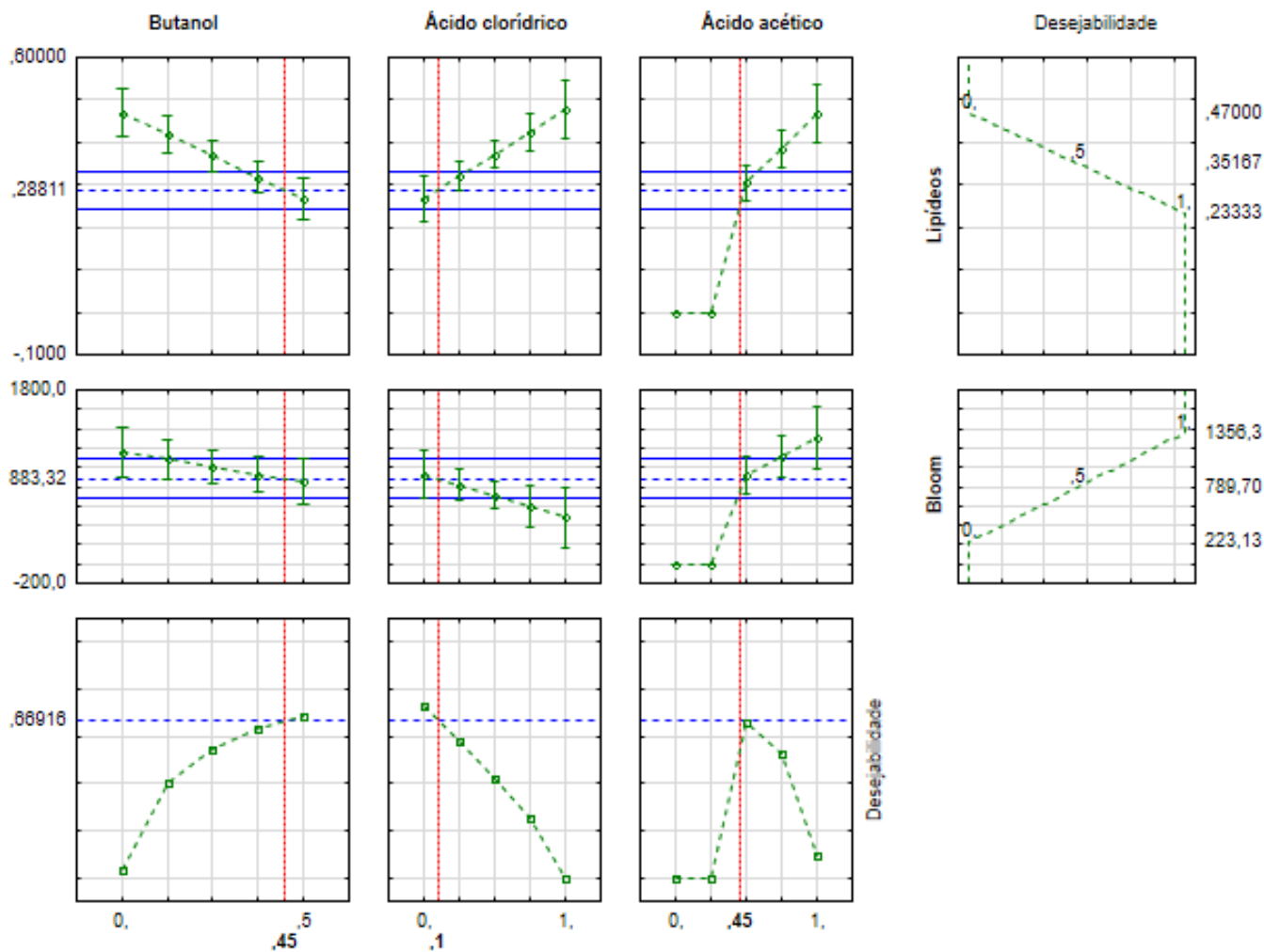
Fonte: Do autor

A partir da Figura 11 é possível verificar que há 79,9% de probabilidade de que a mistura ideal, a qual tenha uma quantidade de lipídeos médio de 0,25% e a força do

gel esteja em torno de 1003,4g, seja uma formulação composta por 50% de butanol e 50% de ácido acético, como no caso do tratamento 4. Entretanto, na Figura 11 fez-se a exclusão de um dos ácidos aplicados nos tratamentos (ácido clorídrico).

A Figura 12 apresenta um segundo gráfico de desejabilidade sem a exclusão de nenhum dos reagentes. Desta forma, ressaltando-se qual seria a composição do tratamento ideal contendo os três reagentes previamente estabelecidos, pensando em manter um baixo teor de lipídeos e uma alta força do gel. O teor de lipídeos foi de aproximadamente 0,29% e o segundo parâmetro foi similar ao encontrado nos tratamentos 4, 9, 10 e 11, sendo de 883,32g com uma probabilidade de quase 67%. Nesse segundo caso houve a redução da probabilidade de obtenção desses teores devido a inserção do terceiro reagente no tratamento.

**Figura 12- Gráfico de desejabilidade para a determinação da composição dos tratamentos empregados na extração de gelatina de tilápia sem exclusão de reagentes**



Fonte: Do autor



Comparando as composições obtidas pelos gráficos de desejabilidade (Figuras 11 e 12) e as obtidas experimentalmente, conforme o delineamento proposto, tanto a amostra 4 quanto a 9 (sendo a 10 e a 11 a repetição da amostra 9) poderiam ser escolhidas para o desenvolvimento dos filmes. Estas formulações contaram com um teor baixo de lipídeos. As amostras 4 e 9 não apresentaram diferença significativa quanto à força do gel, mas optou-se pela utilização da amostra 9 para elaboração do filme.

## 5.2 RESULTADO DAS ANÁLISES FEITAS COM OS FILMES

A partir da amostra de gelatina 9 elaborou-se os filmes proteicos. Sabe-se que as proteínas animais, como as miofibrilares provenientes de pescado são promissoras quanto a formação de filmes devido à sua capacidade de formarem finas películas levemente transparentes, com excelentes propriedades de barreira à luz UV, em comparação com o filme comercial de cloreto de polivinila, por exemplo (BENBETTAÏEB *et al.*, 2016).

Na formação do filme foi utilizado diferentes quantidades de surfactantes que possibilitaram a obtenção das respostas pertinentes as análises propostas (Tabela 8). Os teores máximos de surfactante utilizados foram determinados com base na massa de gelatina seca (6g), utilizada nas formulações propostas por Venancio *et al.* (2019) e com testes prévios. Desta forma, os teores de surfactantes utilizados foram de 40, 60 e 80%, valores estes que representam uma massa total de 2,4; 3,6 e 4,8g.

Comparando as respostas da Tabela 7 e o delineamento proposto na Tabela 2 é possível observar que somente os tratamentos que contaram com a mistura dos dois tipos de surfactantes foram os quais se apresentaram adequados para as posteriores análises, ou seja, formaram um filme classificável quanto a sua metodologia (“casting”), sendo uma película de fácil manuseio. Segundo Davanço, Tanada-Palmu e Grosso (2007) a adição demasiada de SDS gera filmes com baixas propriedades mecânicas, o que os caracteriza como quebradiços, não permitindo sua aplicação em uma superfície ou corte para análise.

O mesmo conjunto de autores, assim como Oliveira *et al.* (2012) afirmam que o Tween 80 é um agente tensoativo hidrofóbico, e que sua adição em soluções filmogênicas gera películas de proteção oleosas e conseqüentemente amolecidas, incapazes de serem cortadas e analisadas. Da mesma forma aconteceu com as

formulações do presente estudo, as quais contaram exclusivamente com a adição deste surfactante.

Justifica-se o uso de surfactantes, pois, eles são exemplos de substâncias auxiliares que permitem o melhoramento de alguma propriedade específica do filme (SWAROOP; SHUKLA, 2018), como no caso deste estudo, que foram capazes de melhorar a estabilidade em emulsões.

**Tabela 9- Tabela de resultados para os filmes elaborados a partir da amostra 9 de gelatina extraída de pele de Tilápia do Nilo**

Tratamento	Teor total de surfactante	Substâncias					Análises		
		SDS	Tween 80	pH	Resistência à tração (MPa)	Módulo de Young (MPa)	Elongação (%)	PVA (g.mm.h <sup>-1</sup> .m <sup>2</sup> .kPa <sup>-1</sup> )	Espessura (mm)
2	40	0,5	0,5	7,51 <sup>a</sup> ±0,01	38,78 <sup>a</sup> ±4,61	14,16 <sup>a</sup> ±1,92	120,49 <sup>a</sup> ±12,89	5,90 <sup>c</sup> ±1,81	0,10 <sup>b</sup> ±0,04
5	60	0,5	0,5	7,49 <sup>a</sup> ±0,03	27,52 <sup>a</sup> ±1,99	3,07 <sup>b</sup> ±1,03	47,26 <sup>b</sup> ±2,01	9,97 <sup>ab</sup> ±0,88	0,25 <sup>a</sup> ±0,03
8	80	0,5	0,5	7,50 <sup>a</sup> ±0,00	3,49 <sup>b</sup> ±0,52	3,33 <sup>b</sup> ±0,33	16,40 <sup>c</sup> ±0,78	10,89 <sup>a</sup> ±0,24	0,25 <sup>a</sup> ±0,01
10	60	0,5	0,5	7,49 <sup>a</sup> ±0,02	27,45 <sup>a</sup> ±1,81	1,97 <sup>b</sup> ±0,30	44,38 <sup>b</sup> ±2,86	10,12 <sup>ab</sup> ±0,44	0,21 <sup>a</sup> ±0,02
11	60	0,5	0,5	7,50 <sup>a</sup> ±0,01	27,65 <sup>a</sup> ±1,72	2,05 <sup>b</sup> ±0,30	42,22 <sup>b</sup> ±0,65	10,12 <sup>ab</sup> ±0,94	0,23 <sup>a</sup> ±0,02

\* Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

Fonte: Do autor

A cada filme desenvolvido espera-se que possua propriedades satisfatórias. Desta forma, podem-se citar as propriedades mecânicas e as propriedades de barreira seletiva contra transmissão de gases e umidade, as quais auxiliam na caracterização deste produto. Contudo, seus valores de interesse dependem do alimento onde o filme será aplicado para que as propriedades da película protetora não interfiram no aspecto sensorial do alimento, trazendo firmeza, umidade ou maciez indesejada (NAVEEN KUMAR; SURESH KUMAR, 2019).

### 5.2.1 Propriedades mecânicas

A resistência à tração, módulo de Young e alongação são exemplos de propriedades mecânicas apresentadas por um filme (BENBETTAÏEB *et al.*, 2016). A resistência à tração é a máxima tensão suportada pelo filme até o momento de sua ruptura quando tracionado. A alongação é considerada como sendo a medida de

maleabilidade do filme ou sua capacidade de se deformar ao longo do processo, antes de se romper. Já o módulo de Young (MY) é a razão entre a tensão aplicada e a deformação elástica do material (ARAÚJO *et al.*, 2019).

Segundo a Tabela 9, para a resistência à tração foram encontrados valores de 3,49 a 38,78MPa para filmes com 80 e 40% de surfactantes adicionados na formulação, respectivamente. Não houve diferença significativa entre os filmes de 40 e 60% de surfactante nessa análise.

Estudos similares como o de Liang *et al.* (2017) reportaram valores de 26,37 a 35,87MPa para filmes feitos a partir de gelatina comestível proveniente da pele do esturjão. Como a matéria-prima é similar (pescado) os valores não são tão discrepantes. Contudo, cada tipo de peixe permite a obtenção de uma gelatina com diferentes propriedades, as quais influenciam os filmes por elas formados.

Nota-se que o aumento da concentração de surfactante é inversamente proporcional à resistência à tração. Tal premissa foi também constatada por Ferreira (2006), o qual afirma que frente a adição de compostos hidrofóbicos há a redução das interações intermoleculares, entre as cadeias adjacentes na solução filmogênica, o que de fato tornam os filmes enfraquecidos.

Os valores obtidos para a alongação foram de 16,40 a 120,49% para filmes elaborados com 80 e 40% de surfactantes. Pode ser constatado ainda que cada adição distinta de surfactante proporcionou a obtenção de valores de alongação, os quais diferem-se significativamente entre si. Pereira (2015) reportou uma alongação similar ao do presente estudo, de 11 a 199,60% para filmes biodegradáveis com proteínas miofibrilares, a partir de subprodutos de pescada amarela (*Cynoscion acoupa*). Este autor não fez o uso de surfactante, mas fez a variação das concentrações de proteínas, de plastificantes, temperatura, tempo de secagem do filme e quantidade de solução filmogênica.

O maior valor por ela reportado foi com a concentração máxima de proteína miofibrilar e o menor foi proveniente de soluções filmogênicas secas em temperatura superior a 50 °C. De acordo com a autora Pereira (2015), no caso de filmes de proteína, as condições de secagem devem interferir nas propriedades finais do material. Isso ocorre porque as estruturas de proteínas podem ser modificadas em função dos parâmetros de processamento, como consequência da desnaturação proteica.

Para o módulo de Young encontrou-se de 1,97 a 14,16MPa para filmes com 80 e 40% de surfactante, respectivamente. Observa-se que não houve diferença significativa entre filmes acrescidos de 60 ou 80% de agentes tensoativos. Autores como Liang *et al.* (2017) dispensam tal análise pelo fato de a considerarem apenas uma extensão das demais propriedades mecânicas (resistência à tração e alongação), uma vez que seja calculado a partir da inclinação inicial (região de deformação elástica) da curva obtida no gráfico tensão-deformação obtida pelo ensaio mecânico.

Em termos práticos, o módulo de Young (MY) ou módulo de elasticidade age como um indicador da rigidez do material, sendo que, quanto maior o módulo, mais rígido é o material. Da Cruz *et al.* (2018) trabalharam com pastilhas e filmes elaborados com gelatina de tilápia do Nilo, ambos acrescidos de nanocristais de celulose. Os autores alegaram valores de 0,28 a 3,43 MPa, notando que quanto maior a adição de nanocristais de celulose menor o valor do MY. Afirmam que devido à rigidez dos nanocristais, bem como as interações dos mesmos com os constituintes do filme e da pastilha, há uma redução no efeito plastificante (glicerol), componente estes que os autores dizem ser um dos responsáveis pelo MY.

Ferreira (2012) notou, com relação à adição de surfactantes nos filmes, que seu aumento induz a redução significativa ( $p \leq 0,05$ ) das propriedades mecânicas. Seu efeito foi observado em um experimento onde se realizou a adição de 40% de SDS em filmes de isolado proteico. Consequentemente, houve a queda das propriedades de tensão dos filmes em relação a um filme sem a adição deste componente. Anteriormente, Davanço, Tanada-Palmu e Grosso (2007) chegaram à mesma conclusão. Os autores Davanço, Tanada-Palmu e Grosso (2007) ainda explicam que essa redução nas propriedades mecânicas dos filmes com a adição de surfactantes está relacionada com a formação de estruturas mais fracas devido à falta de interações hidrofóbicas nas proximidades das cadeias moleculares de proteína, favorecendo interações hidrofóbicas SDS-proteína

### **5.2.2 Permeabilidade a vapor de água**

A permeabilidade a vapor de água (PVA) dos filmes é um exemplo de uma propriedade de barreira. Ela é representada pelo ganho de massa do sistema perante a absorção de umidade. Os parâmetros como umidade relativa do ambiente de acondicionamento, temperatura e pressão devem ser considerados, já que a alteração

da massa do sistema será proveniente da passagem de umidade através do filme (FULLANA-PERICÀS *et al.*, 2019).

Para matrizes como as frutas e hortaliças, em que se deseja permitir que as trocas de gases como oxigênio, gás carbônico e etileno, é importante ter ressalvas quanto à desidratação durante a estocagem e a penetração de solutos durante a desidratação osmótica, ou seja, requer-se uma diminuta permeabilidade a vapor de água (SWAROOP; SHUKLA, 2018). Pinheiro *et al.* (2010) verificaram que o Tween 80 pode influenciar a PVA levando a um aumento da passagem de vapor de água através do filme.

Encontraram-se na Tabela 9 valores de PVA entre 5,90 a 10,89  $\text{g.m}^2.\text{h}^{-1}.\text{mm}^{-1}.\text{kPa}^{-1}$ . Maiores valores foram atribuídos às formulações filmogênicas que contaram com a máxima adição de surfactantes (80%), confirmando a proposição de Brandelero, Yamashita e Grossmann (2010) e Pinheiro *et al.* (2010), os quais afirmam que o Tween 80 é responsável pelo aumento da permeabilidade a vapor de água em filmes.

Os autores Brandelero, Yamashita e Grossmann (2010) alegam que há uma correlação entre PVA e a razão surfactante/hidrocoloide. A PVA aumenta quando essa razão é insuficiente para superar o efeito do aumento da capacidade de absorção de água. Este fato acontece quando há muito mais surfactante na formulação do que hidrocoloide, de forma com que haja um aumento na permeabilidade a vapor de água.

Isto ocorre devido à presença de uma região polar do surfactante. No caso de excesso de surfactante, os filmes podem se tornar mais permeáveis à água devido ao aumento no volume livre entre as cadeias adjacentes hidrocoloides (gelatina), favorecendo a permeação do vapor de água. Este comportamento pode explicar a PVA observada em filmes com diferentes conteúdos de surfactantes.

Em estudos como os de Chen, Kuo e Lai (2010), os quais estudaram a barreira hídrica e propriedades físicas de filmes obtidos a partir de goma de amido e o impacto da adição de surfactantes, nota-se a presença de valores próximos aos aqui retratados. Estes autores encontraram de 1,11 a 11,32  $\text{g.m}^2.\text{h}^{-1}.\text{mm}^{-1}.\text{kPa}^{-1}$ , sendo que o maior valor foi para filmes com uma monocamada de goma de amido, ou seja, onde havia uma maior razão de surfactante/hidrocoloide e o menor valor foi obtido de uma bicamada de filme (menor razão).

Não obstante, as preocupações quanto à garantia de qualidade ao produto final onde o filme será aplicado não se restringem às ressalvas citadas (propriedades

mecânicas e permeabilidade). A atenção deve estar voltada também para outras propriedades, por exemplo, a espessura e o pH, opacidade e cor, dependendo da sua aplicação. É a harmonização de tais propriedades que caracterizam a matriz filmogênica como efetiva para sua possível aplicação (GONZÁLEZ *et al.*, 2019).

### 5.2.3 Espessura

Filmes com uma menor concentração de Tween 80 e SDS (40%) diferiram significativamente de filmes com 60 e 80% dos mesmos, mas entre 60 e 80% não houve diferença significativa da espessura. A variação dos filmes foi entre 0,10 a 0,25 mm, valores estes que podem variar muito dependendo da forma, volume a ser seco, tempo de secagem, quantidade de material usado em cada formulação (plastificante, surfactante, gelatina, água) e principalmente dos pontos de medições. As formulações filmogênicas secas tendem a tornarem-se não uniformes devido aos fatores anteriormente citados e pelo nivelamento da estufa onde ocorreu a secagem.

O ajuste pH das soluções filmogênicas se faz necessário para que ocorra a promoção do afastamento do potencial hidrogeniônico (pH) com o ponto isoelétrico (pHI) das proteínas miofibrilares (em torno de 3,0), favorecendo uma diminuição da solubilidade do filme frente à uma matriz hidrofílica (SILVA E SILVA *et al.*, 2018).

Todas as formulações contaram em sua composição com 15% de cada plastificante (sorbitol e glicerol) em relação à massa de gelatina seca, e todos os valores de pH foram ajustados para em torno de 7,5.

Com base nesses dados, pôde-se verificar que todos os filmes aptos para análise, ou seja, os que foram capazes de formar um filme classificável como *casting* foram os que contaram com 50% de SDS e 50% de Tween 80, para valores variados do teor total de surfactante. Entretanto foi nítido que os melhores valores encontrados para propriedades mecânicas e de barreira foram obtidos por meio do tratamento composto pelo menor teor total dos mesmos. Assim, aplicou-se a função desejabilidade para corroborar esses resultados e provar que o tratamento realizado com 40% de teor total de surfactante, 50% de SDS e 50% de Tween 80 seria a mistura ideal para a obtenção do filme derivado de gelatina de coproduto de tilápia do Nilo.

Sendo assim foi aplicado um teste de variância. Mas é válido ressaltar que neste caso, que há uma função onde se deseja obter respostas para ensaios que envolvam apenas a variável do processo (teor total de surfactante) não há graus de

liberdade suficientes para o ajuste do modelo (Tabela 10). Ou seja, não é possível obter funções de desejabilidade que relacionam tanto as variáveis de processo como as da mistura. Isto ocorreu pois nas variáveis de mistura foi apenas possível encontrar respostas (valores para as propriedades mecânicas e de barreira) para as formulações que se enquadraram como *casting* e isso ocorria quando a composição percentual de cada surfactante era sempre a mesma (uma mistura contendo 50% de SDS e 50% Tween 80, dentro de cada variável de processo), não apresentando variação nesse teor. Logo, não foi possível encontrar correlação entre as diferentes variáveis de processo com as variáveis de mistura, pois as variáveis da mistura eram constantes.

**Tabela 10-** Teste de variância para o teor total de surfactante aplicados em filmes desenvolvidos a partir de gelatina obtida por coprodutos de tilápia

Variáveis	pH	Resistência à tração (MPa)	Módulo de Young (MPa)	Elongação (%)	PVA (g.mm.m <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup> .kPa <sup>-1</sup> )	Espessura (mm)
R <sup>2</sup>	0,1205	0,9138	0,9085	0,9425	0,6045	0,6468
R <sup>2</sup> Ajustado	-0,0261	0,8994	0,8932	0,9329	0,5386	0,5879
Soma dos quadrados sequenciais (SS)	0	2016,15	322,94	18293,59	47,36	0,04
Graus de Liberdade	2	2	2	2	2	2
Quadrados médios sequenciais (MQ)	0	1008,075	161,468	9146,795	23,68	0,022
F	0,8221	63,5851	59,601	98,4698	9,1703	10,988
p	0,4629	0	0,000001	0	0,0038	0,0019

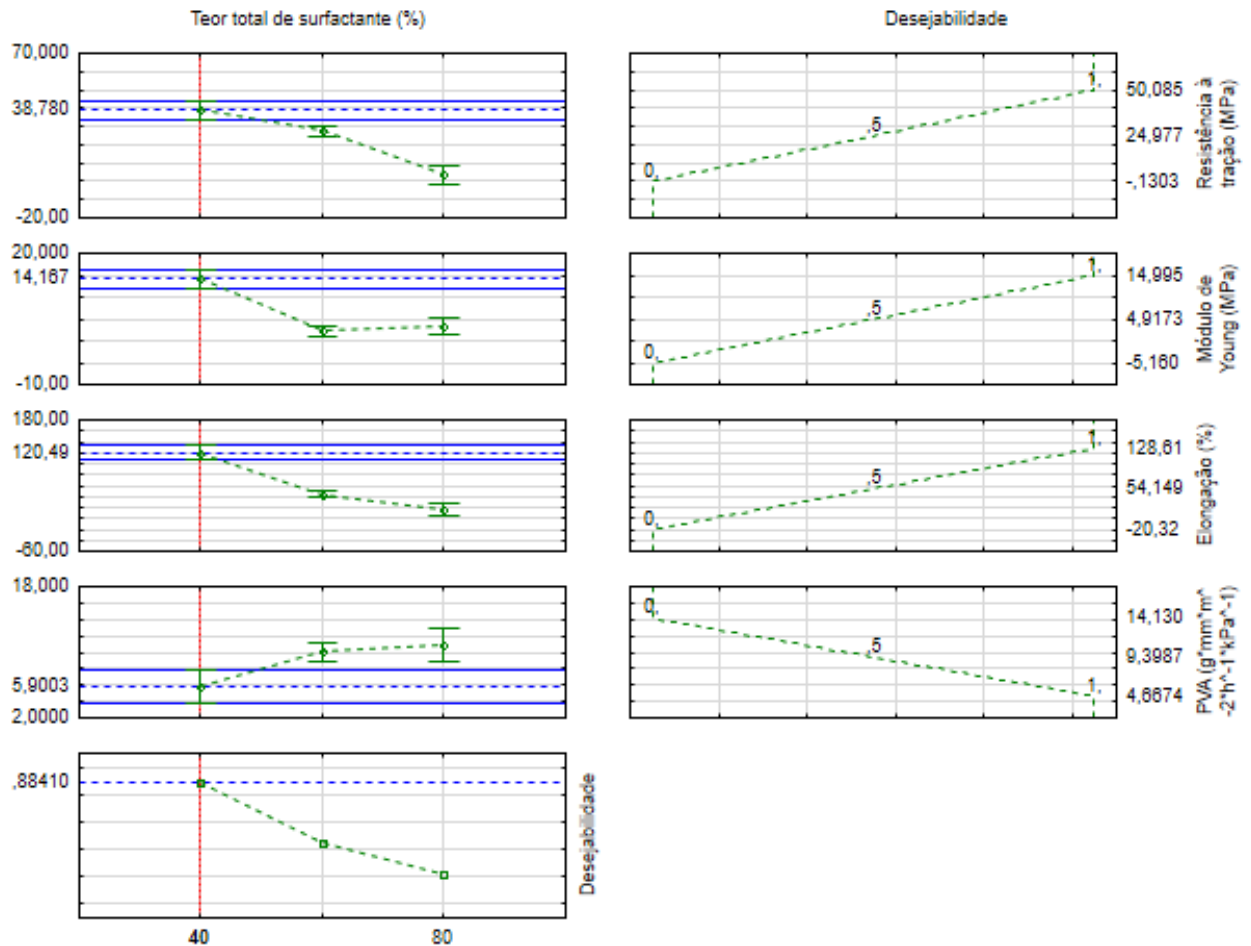
Fonte: Do autor

Na Tabela 10 também foi possível verificar que apenas a variável pH não foi significativa, uma vez que não apresentou  $p \leq 0,05$ . As demais variáveis apresentaram um bom ajuste, principalmente as variáveis resistência à tração, módulo de Young e alongação, as que compunham as propriedades mecânicas.

A Figura 13 traz a informação de que a formulação ideal, com uma probabilidade de 88,410% teria teor total de surfactante de 40%. O que faz com que se tenha uma resistência à tração de 38,780MPa, um módulo de Young de

14,167MPa, uma elongação de 120,49% e uma permeabilidade ao vapor de água de 5,9003 g.mm/m<sup>2</sup>.h.kPa.

**Figura 13- Gráfico de influência do teor total de surfactante na obtenção de resistência à tração, módulo de Young, elongação e PVA**

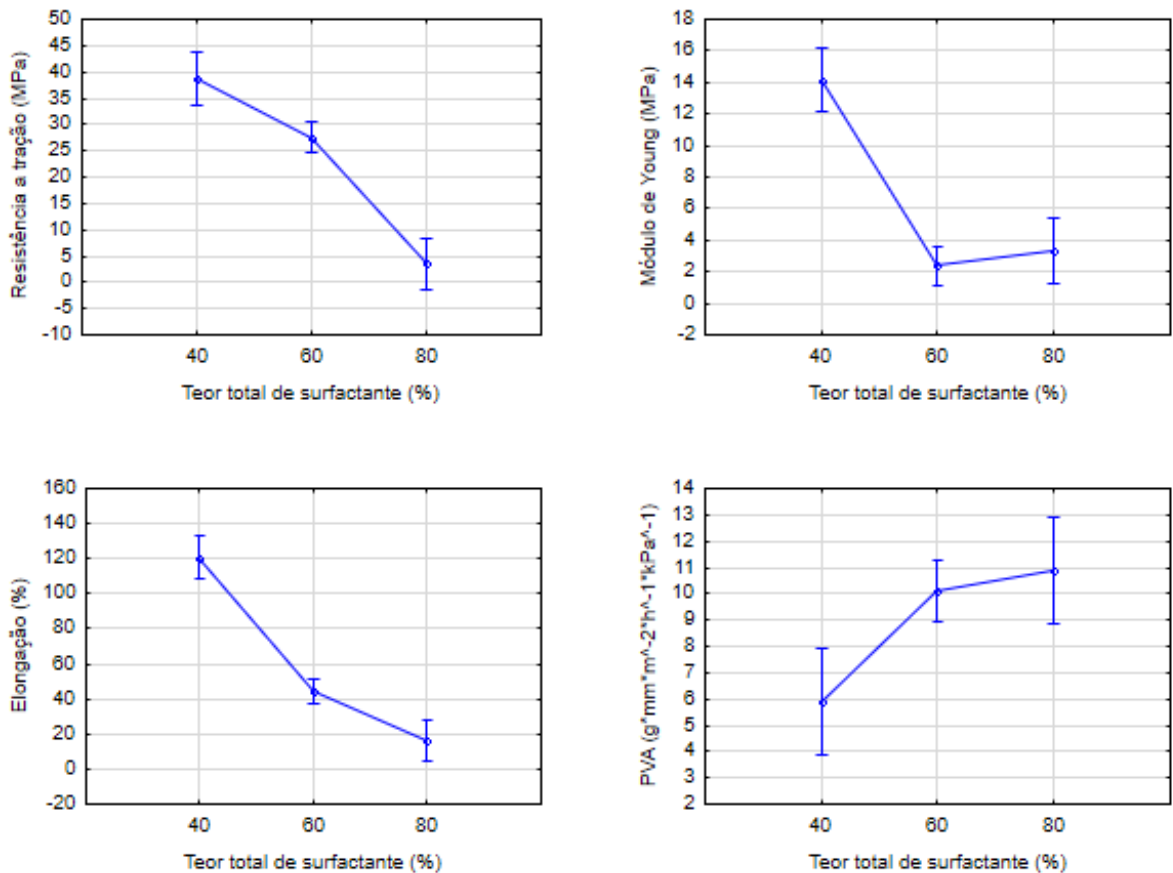


Fonte: Do autor

A Figura 14 apresenta o comportamento do teor do surfactante em relação às quatro variáveis envolvidas na função desejabilidade. A influência do teor total de surfactante fez com que houvesse um aumento de 100% na elongação, quando se passou de 80% para 40% na sua proporção, e uma diminuição de 5 g.mm/m<sup>2</sup>.h.kPa na permeabilidade ao vapor de água nas mesmas condições. Com relação ao módulo de Young, o teor de 80% provocou um discreto aumento (0,9711 MPa) em relação ao teor total de surfactante de 60%. Para a resistência à tração, o teor de 40% provocou um aumento de 35,293 MPa em relação ao teor de 80%.



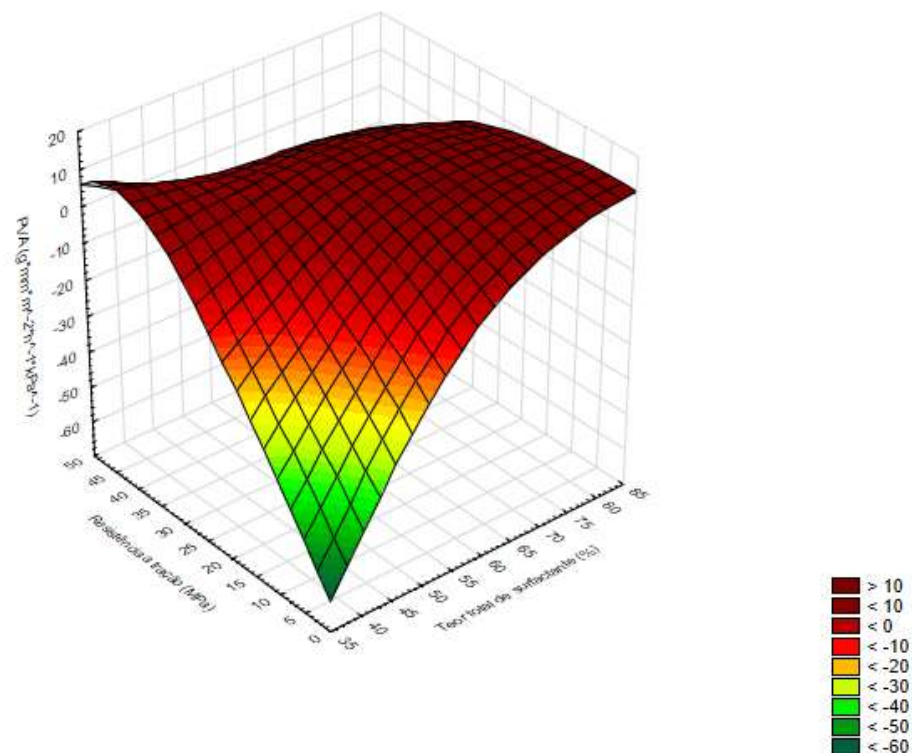
**Figura 14- Comportamento do teor total de surfactante na obtenção de resistência à tração, módulo e Young, alongação e PVA**



Fonte: Do autor

Nas superfícies de resposta apresentadas nas Figuras 15, 16, 17 e 18 verificam-se relações entre o teor de surfactante e as propriedades do filme, sejam elas mecânicas ou de barreira. Na Figura 15 é visto que conforme se aumenta o valor do teor de surfactante, ocorre um aumento na PVA e uma diminuição da resistência à tração. Uma continuação dessa observação é vista nas Figuras 16 e 17, onde as mesmas trazem outros parâmetros das propriedades mecânicas que também vão diminuindo com a elevação do teor de surfactante. Nota-se comportamento contrário na PVA a qual aumenta sob as mesmas condições, descaracterizando o filme como promissor (quando se usa elevadas quantidades de surfactante), pois o aumento de PVA indica uma passagem excessiva de água a qual poderá alterar a umidade da formulação, tornando-a amolecida.

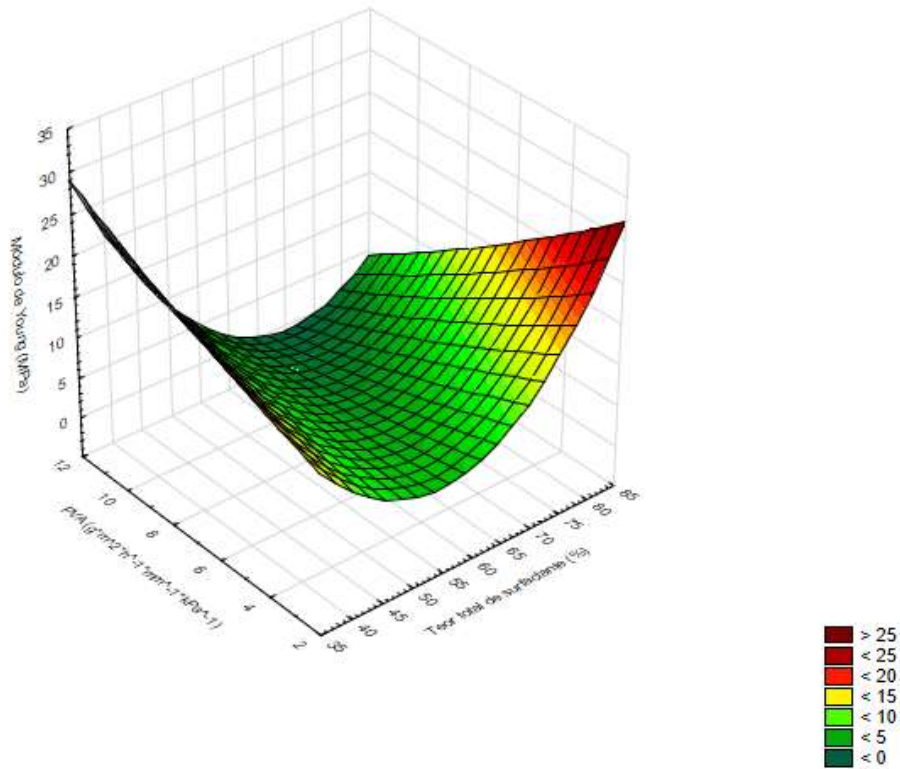
**Figura 15- Superfícies de resposta do teor total de surfactante na obtenção de resistência à tração e PVA**



Fonte: Do autor

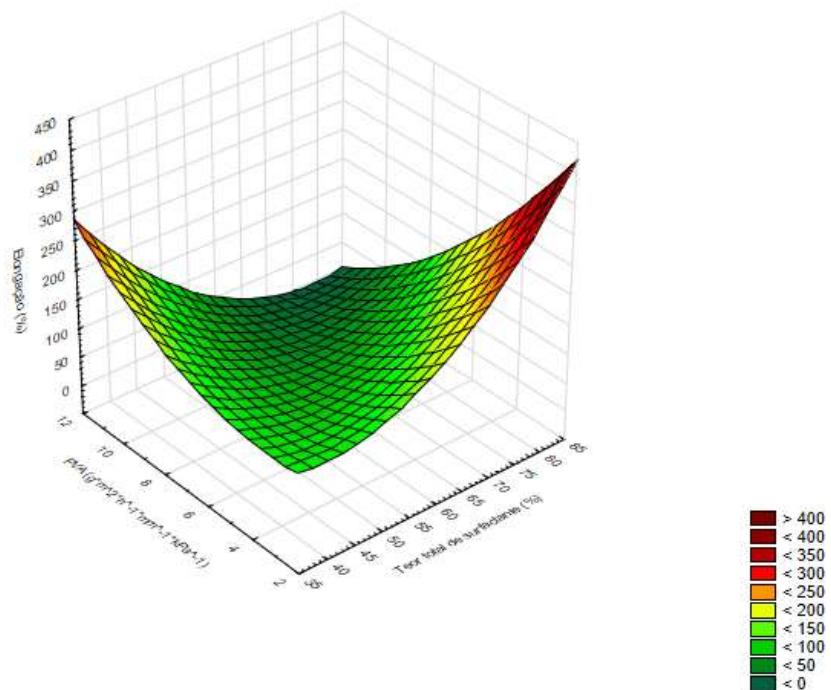
A Figura 18 não fez a correlação de uma propriedade mecânica e uma barreira, mas sim, ambas pertencentes à primeira categoria, evidenciando que conforme há a redução de surfactante há uma elevação das propriedades mecânicas. Essa afirmação é bem vista, uma vez que se desejem formulações resistentes à manipulação, ou seja, que apresente altos valores dessas propriedades, todavia é preciso um consenso entre resistência e permeabilidade, pois não serão válidas formulações com altos valores de resistência mecânica, entretanto extremamente úmidas ou amolecidas. Mas, como ambas as respostas foram satisfatórias, fica evidente que o aumento do teor de surfactante acima de 40% não é interessante, uma vez que a propriedade de barreira obtida nesses filmes não seria melhor que a filmes acrescidos de 40%, não sendo, portanto, economicamente atrativo o gasto com este componente.

**Figura 16- Superfícies de resposta do teor total de surfactante na obtenção do módulo de Young e PVA**



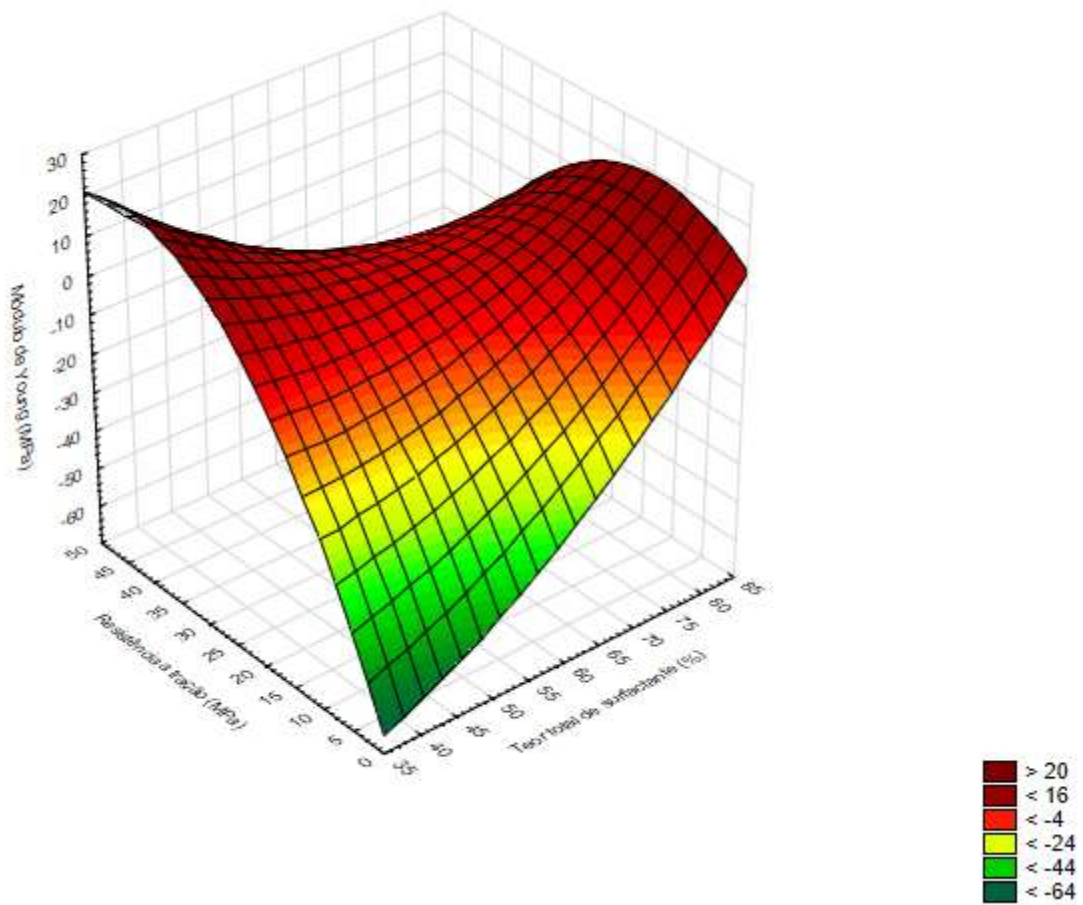
Fonte: Do autor

**Figura 17- Superfície de resposta do teor total de surfactante na obtenção da elongação e PVA**



Fonte: Do autor

**Figura 18- Superfície de resposta do teor total de surfactante na obtenção do módulo de Young e da resistência à tração**



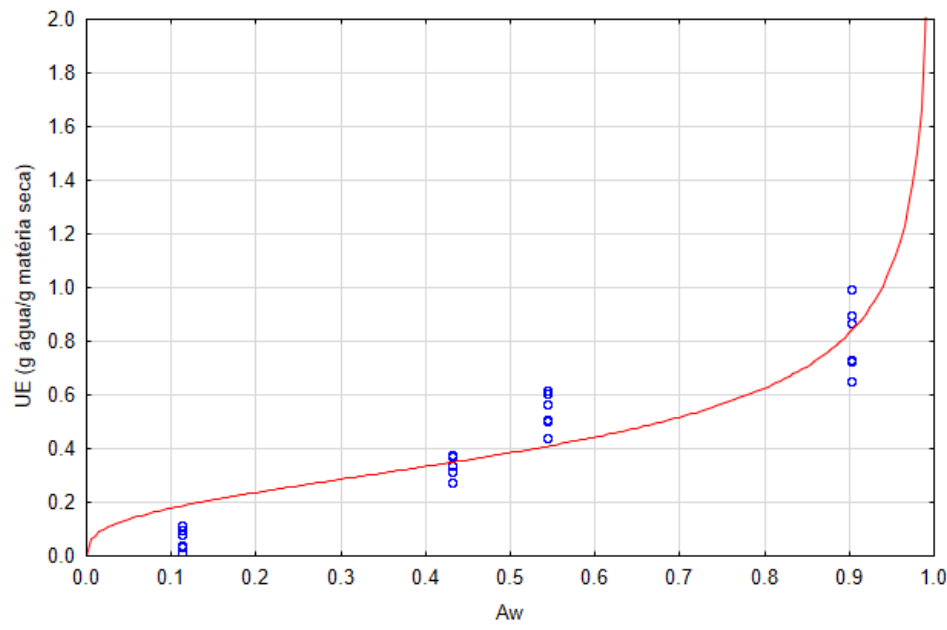
Fonte: Do autor

#### 5.2.4 Isoterma de adsorção

A previsão do modelo matemático que melhor representa a isoterma é mostrada na Figura 19. Conseguiu-se essa representação com o uso do filme apenas na formulação otimizada (teor total de surfactante de 40% distribuído de maneira igual entre SDS e Tween 80).

Como resultado obteve-se uma isoterma de adsorção com uma curva polinomial de terceira ordem a qual foi ajustada com os dados experimentais para mostrar o comportamento do filme frente às atividades de água, submetido a 25 °C. A variação da UE foi mais baixa no intervalo de atividade de água de 0,1 a 0,6 do que nos demais intervalos, sendo a UE de 0,2 a 0,45g de água/g de matéria seca, evidenciando que dentro dessa faixa de atividade de água não houve uma elevada absorção de água.

**Figura 19- Isoterma de adsorção de água para amostra otimizada de filme em um ambiente a 25 °C pelo modelo Kühn**



**Fonte:** Do autor

Observou-se durante o experimento, que filmes submetidos a sistemas com umidade relativa superior a 75% tiveram sua composição comprometida a partir do décimo segundo dia de análise, limitando a vida útil dos filmes nesse período de tempo e interrompendo a análise. A partir de observação visual, as amostras começaram a tornar-se amolecidas e aparentemente incapazes de permitirem uma correta manipulação caso estivessem aderidas em algum alimento. Tal comportamento evidenciou que as amostras não suportaram mais do que 12 dias em um ambiente com umidade relativa igual ou superior a 75% na temperatura de 25 °C. Pelo gráfico da Figura 19, nota-se que variação de UE a partir dessa umidade relativa (75%) torna-se cada vez maior à medida que a se aproxima de 100%, mostrando uma maior capacidade da matriz de absorver água na temperatura de 25 °C, nessas condições.

As amostras submetidas à umidade relativa inferior a 33% durante esse período de tempo aparentaram estarem secas, sendo incapazes de se aderirem a uma superfície alimentar, contribuindo com uma nova limitação de aplicação da película.

A Tabela 11 apresenta os parâmetros obtidos dos diferentes modelos, para ajustar os dados de umidade de equilíbrio à temperatura de 25° C. Os modelos apresentaram ajustes satisfatórios ( $P < 0,1$ ) como no caso dos modelos de Kühn, Lewicki, Peleg e GAB. Entretanto, os modelos de Kühn simplificado, Oswin, Hasley e BET apresentaram erros percentuais insatisfatórios ( $P > 0,1$ ).

Os valores de ajuste ( $R^2$ ) variaram entre 0,8222 e 0,9597 para os modelos de Kühn simplificado e Kühn respectivamente, sendo o segundo citado o mais próximo a 1 (valor máximo e desejado) e o erro padrão SE encontrou-se entre 0,089 e 0,1681, para o mesmo conjunto de modelos.

Existem dois tipos de distribuição de resíduos, a sistemática e a randomizada. Diz-se que a distribuição de resíduos sistemática é uma distribuição tendenciosa, pois os resíduos encontram-se aglomerados em um gráfico de valores preditos por valores de resíduos, enquanto uma distribuição randomizada é aquela onde os pontos deste mesmo gráfico estão dispersos, tomando conta de toda a superfície gráfica, oferecendo uma maior confiabilidade aos dados (BOQUET; CHIRIFE; IGLÉSIAS, 1978).

**Tabela 11- Parâmetros calculados  $R^2$ , P (%) e o erro padrão SE para o ajuste dos dados de umidade de equilíbrio de filme com modelo matemático a 25° C**

Modelo	Parâmetros	$R^2$	P	SE (%)	Distribuição dos resíduos
Kühn (simplificado)	$k_1 = -0,06$ $k_2 = 0,24$	0,8222	0,1797	0,1681	Sistemática
Kühn	$K = 0,99$ $z = -0,90$ $w = 0,08$	0,9597	0,0369	0,0849	Randomizada
Oswin	$B=0,38$ $C = 0,35$	0,9112	0,1203	0,1213	Sistemática
Lewicki	$A = 0,38$ $B = 0,65$	0,9112	0,0446	0,1213	Randomizada
Halsey	$A = 0,07$ $B = 2,30$	0,8835	0,1458	0,1383	Randomizada
Peleg	$k_1 = 0,46$ $n_1 = 1,07$ $k_2 = 0,46$ $n_2 = 1,07$	0,9577	0,0511	0,0891	Sistemática
GAB	$x_m = 10,78$ $C = 1,07$ $K = 0,07$	0,9569	0,0567	0,0878	Randomizada
BET	$x_m = 14,85$ $C = 23,55$ $n = 0,003$	0,9104	0,1311	0,1250	Sistemática

Fonte: Do autor

O melhor ajuste aos dados experimentais foi obtido pelo modelo Kühn, considerando todos os parâmetros estatísticos e a distribuição aleatória (randomizada) dos resíduos simultaneamente.

Para Chen, Kuo e Lai (2009) a representação da isoterma de maneira não linear (curva polinomial de terceiro grau) ocorreu possivelmente devido ao inchaço da matriz que resultou em diferentes mudanças estruturais nos filmes. Verificou-se que a absorção de água de filmes de polissacarídeos diminuía com o aumento do conteúdo de surfactante, pois os surfactantes caráter hidrofóbico, o que pode reduzir a capacidade de absorção água.

Villalobos, Hernández-Muñoz e Chiralt (2006) afirmam que à medida que a razão entre hidrocoloide/surfactante aumenta, há uma elevação na capacidade de absorção de água simultaneamente, ou seja, quando o conteúdo de hidrocoloide é maior que o uso de surfactantes, há um aumento na absorção de água, pois uma maior aplicação do surfactante possível é o que limitaria a absorção de água. Por outro lado, para uma relação de hidrocoloide/surfactante constante, a capacidade de absorção de água diminuiu de acordo com o aumento do Equilíbrio hidrófilo lipofílico (HLB), apesar do aumento do caráter hidrofílico do surfactante mistura.

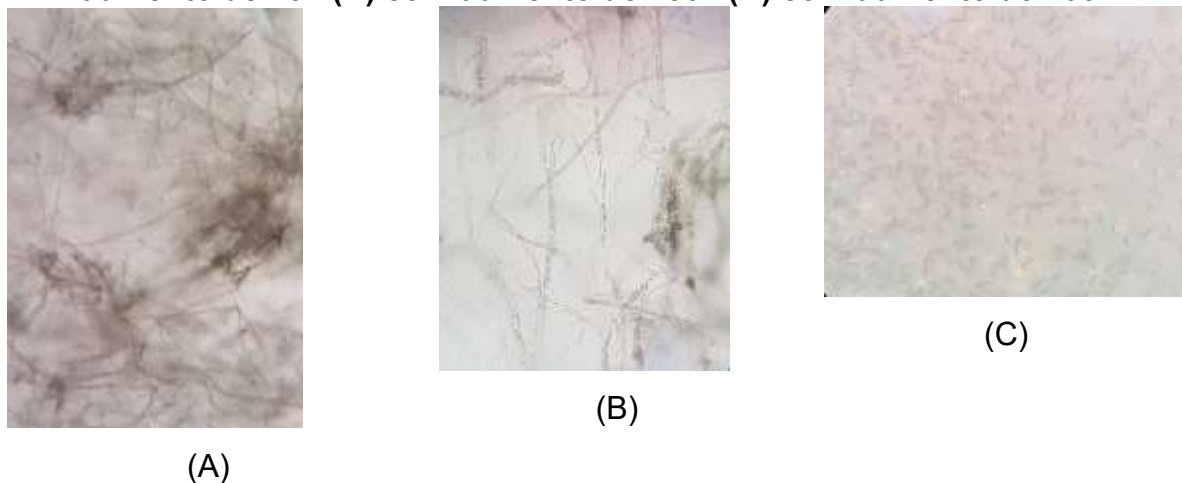
Trabalhos como os de Hazaveh, Mohammadi Nafchi e Abbaspour (2015) estudaram o efeito dos açúcares nas isotermas de absorção de umidade de filmes de gelatina de peixe de água fria, mostrando que esse conteúdo também pode afetar no comportamento de uma isoterma. Os autores observaram que quanto maior o teor de açúcar, maior será a capacidade de absorção de água em filmes. Isso acontece devido a uma reação de reticulação, onde a presença de açúcar na formulação, como no caso do sorbitol faz com que a capacidade de absorção de água aumente devido à formação de uma rede forte e densa. Esta rede é responsável pela retenção de mais água em comparação com os filmes que dispensam o uso de açúcares e utilizam apenas plastificantes à base de ftalatos.

### **5.2.5 Escolha do extrato de pitomba: semente ou casca**

Obtendo-se a formulação do filme otimizada (contendo 40% de agentes tensoativos, combinação esta que proporciona elevados valores de propriedades mecânicas e um valor de permeabilidade a vapor de água), alguns testes foram feitos

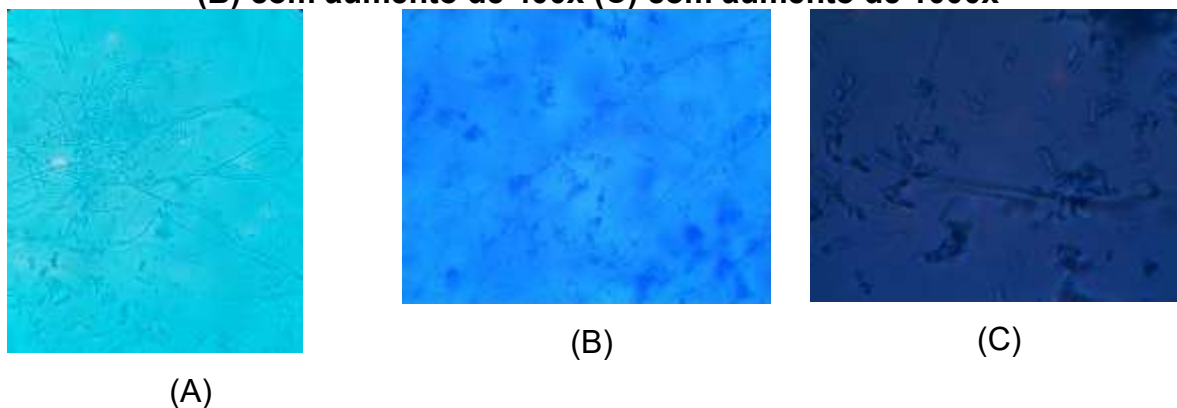
em triplicata com intuito de realizar a determinação da melhor concentração do extrato com atividade antimicrobiana a ser utilizado nessa formulação filmogênica. Nas análises, alíquotas de cerca de  $1,0 \times 10^4$  esporos de *Fusarium spp.* foram inoculadas em meio de cultura BDA sem acidificação juntamente com os extratos conforme o delineamento proposto na Tabela 6 e em outro conjunto de placas, alíquotas de cerca de  $1,0 \times 10^4$  esporos *C. gloeosporioides* foram inoculadas a fim de averiguar a diminuição do número de colônias. As Figuras 20 e 21 trazem imagens obtidas no microscópio do laboratório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no câmpus de Campo Mourão desses dois fungos. A alíquota usada para a visualização no microscópio foi retirada no inóculo de esporos, o qual foi posteriormente aplicado nas placas de teste e a Figura 22 traz os resultados dos testes.

**Figura 20- *Collectotrichum gloeosporioides* no microscópio luminoso (A) com aumento de 40x (B) com aumento de 100x (C) com aumento de 400x**



Fonte: Do autor

**Figura 21- *Fusarium spp.* em microscópio luminoso (A) com aumento de 100x (B) com aumento de 400x (C) com aumento de 1000x**



Fonte: Do autor



**Figura 22- Testes com filme e extrato para a averiguação da inibição micelial conforme delineamento proposto no item 4.15, Tabela 5**

***Fusarium spp* + BDA**



***C. gloeosporioides* + BDA**



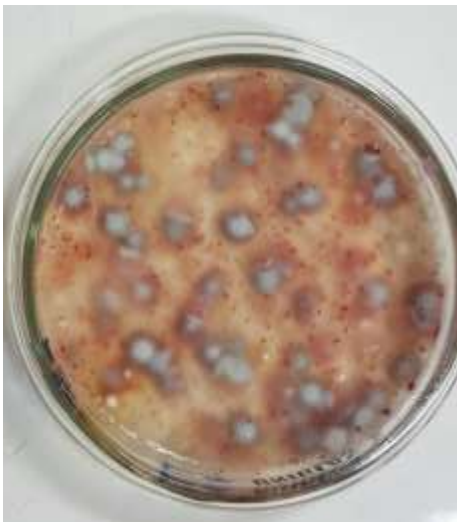
***Fusarium spp* + BDA + filme**



***C. gloeosporioides* + BDA + filme**



***Fusarium spp* + BDA + filme + ECP (2,5%)**



***C. gloeosporioides* + BDA + filme+ ECP (2,5%)**



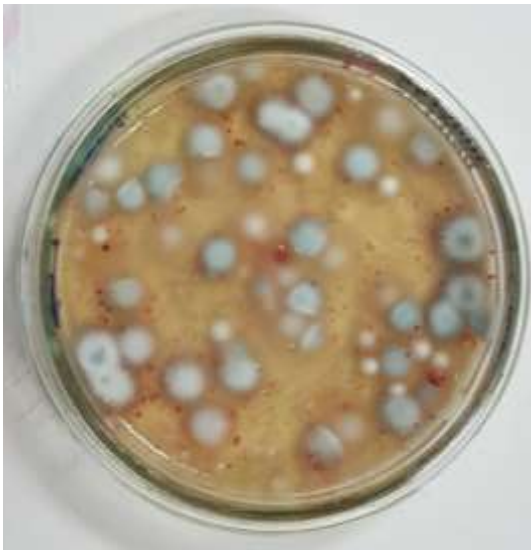
***Fusarium* spp + BDA + filme + ESP (2,5%)**



***C. gloeosporioides* + BDA + filme+ ESP (2,5%)**



***Fusarium* spp + BDA + filme + ECP (5%)**



***C. gloeosporioides* + BDA + filme+ ECP (5%)**



***Fusarium* spp + BDA + filme + ESP (5%)**



***C. gloeosporioides* + BDA + filme+ ESP (5%)**



***Fusarium* spp + BDA + filme + ECP (10%)*****C. gloeosporioides* + BDA + filme+ ECP (10%)*****Fusarium* spp + BDA + filme + ESP (10%)*****C. gloeosporioides* + BDA + filme+ ESP (10%)**

NOTA: BDA: Meio de cultura àgar-batata-dextrose, ECP: Extrato de casca de pitomba, ESP: Extrato de semente de pitomba.

**Fonte:** Do autor

Nota-se que houve contaminação de algumas placas de teste devido às condições de manipulação, pois nestas se desenvolveram colônias que não eram características dos fungos de estudos. Entretanto, ainda foi possível a averiguação de quais foram as melhores condições de teste. O extrato casca de pitomba mostrou-se mais suscetível à contaminação do que o extrato de semente. Todavia sugere-se um estudo mais aprofundado com este extrato para confirmação. Ambos extratos começaram a ser visualmente efetivos em concentrações a partir de 5% e quanto maior sua quantidade adicionada, melhores os resultados (quando não houve presença de contaminação externa).

As melhores respostas obtidas foram as com extrato de semente de pitomba

em concentrações a partir de 5%, mas esta é uma afirmação preliminar pois o estudo/teste ocorreu *in vitro*, podendo ser diferente quando aplicado na fruta, mas serviu de base para a escolha de qual extrato poderia ser escolhido.

Outro fator importante a ser levado em consideração é a solubilidade. Notou-se que nas placas em concentrações de 10% de extrato (m/m) não foi efetiva a homogeneização, ou seja, parte do extrato não conseguiu se solubilizar no filme, formando um corpo de fundo, sendo assim, ficou claro a necessidade de um agitador para auxiliar nessa etapa e uma averiguação de qual a concentração máxima possível mesmo com a ajuda do agitador.

### **5.3 RESULTADOS DAS ANÁLISES FEITAS COM O MAMÃO HAVAI**

A cor da casca foi um critério seletivo para a escolha das frutas as quais dariam sequência as análises. Utilizou-se da Instrução Normativa nº 04 de 22 de janeiro de 2010 a qual classifica a cor da superfície da fruta em 5 subgrupos. No caso, adotou-se o subgrupo 1 (fruto amadurecendo, mudando de cor, primeiros sinais amarelos não cobrem mais do que 15% da casca) (BRASIL, 2010).

Fez-se o revestimento das frutas adquiridas em comércio local com o filme otimizado e o extrato de semente de pitomba com concentração de 0 a 15% (Massa de extrato/volume de filme) para que pudesse ser analisado o comportamento das mesmas ao longo do período de armazenamento a condição de 25 °C por meio das análises de cor da casca e da polpa, perda de massa, sólidos solúveis totais e concentração de licopeno. As respostas das análises (exceto da perda de massa) podem ser vistas nas Tabelas 12, 13 e 14, onde foram colocadas as análises do dia inicial e do dia final de acordo com seus respectivos tratamentos.

#### **5.3.1 Cor da casca**

A cor da casca está intimamente relacionada com a cor da polpa, pois espera-se que haja uma concordância entre ambas, ou seja, para uma cor de casca mais voltada para o verde, espera-se uma polpa mais clara, mais distante de um laranja vibrante, enquanto para uma casca mais tomada pela coloração amarela, busca-se uma polpa de cor laranja devido ao estágio de maturação avançado.

**Tabela 12- Análises de cor da casca do mamão revestido com extrato de semente de pitomba**

Parâmetros de cor	Tempo	Concentração do extrato de semente de pitomba (%)				
		0	5	10	15	Controle
Luminosidade [L]	Inicial	45,47 <sup>aB</sup> ±2,09	43,60 <sup>aB</sup> ±1,43	43,73 <sup>aB</sup> ±1,28	41,98 <sup>aB</sup> ±0,92	45,31 <sup>aB</sup> ±2,75
	Final	72,55 <sup>aA</sup> ±1,01	62,82 <sup>bA</sup> ±2,53	70,48 <sup>aA</sup> ±0,61	62,35 <sup>bA</sup> ±4,45	67,14 <sup>aA</sup> ±3,50
Croma [c]	Inicial	57,50 <sup>aB</sup> ±1,77	53,41 <sup>aA</sup> ±1,20	55,82 <sup>aB</sup> ±1,75	56,64 <sup>aA</sup> ±0,68	55,00 <sup>aA</sup> ±2,03
	Final	70,57 <sup>aA</sup> ±0,37	54,56 <sup>bcA</sup> ±2,12	66,87 <sup>abA</sup> ±2,42	49,13 <sup>cA</sup> ±1,20	53,23 <sup>bcA</sup> ±8,86
Ângulo de tonalidade [h] (°)	Inicial	-10,43 <sup>aB</sup> ±0,70	-15,90 <sup>bB</sup> ±0,65	-15,86 <sup>bB</sup> ±1,86	-15,79 <sup>abB</sup> ±1,09	-14,75 <sup>abB</sup> ±0,86
	Final	14,82 <sup>bA</sup> ±1,01	11,79 <sup>bA</sup> ±4,28	12,73 <sup>bA</sup> ±1,81	-4,82 <sup>cA</sup> ±1,63	18,89 <sup>aA</sup> ±2,04

NOTA: \* Médias na mesma linha, seguidas por letras distintas minúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% e representam a evolução em relação à concentração do extrato de semente de pitomba.

\*\* Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas maiúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% e representam a evolução do parâmetro de cor em relação ao tempo inicial e ao tempo final em que o mamão ficou recoberto com o filme contendo extrato de semente de pitomba.

Fonte: Do autor

**Tabela 13- Análises de cor da polpa do mamão revestido com extrato de semente de pitomba**

Parâmetros de cor	Tempo	Concentração do extrato de semente de pitomba (%)				
		0	5	10	15	Controle
Luminosidade [L]	Inicial	56,84 <sup>aA</sup> ±2,33	56,62 <sup>aB</sup> ±1,51	57,93 <sup>aA</sup> ±0,95	59,29 <sup>aB</sup> ±0,54	56,85 <sup>aA</sup> ±0,57
	Final	53,83 <sup>cA</sup> ±1,38	61,74 <sup>abA</sup> ±0,76	59,73 <sup>bcA</sup> ±1,49	68,21 <sup>aA</sup> ±2,17	57,47 <sup>bcA</sup> ±1,24
Croma [c]	Inicial	51,46 <sup>aA</sup> ±1,19	50,24 <sup>aA</sup> ±0,67	53,36 <sup>aA</sup> ±0,98	50,74 <sup>aA</sup> ±0,86	51,92 <sup>aA</sup> ±1,60
	Final	47,38 <sup>aA</sup> ±3,24	46,77 <sup>aA</sup> ±2,42	48,94 <sup>aB</sup> ±0,68	48,02 <sup>aB</sup> ±0,15	43,23 <sup>aB</sup> ±6,11
Ângulo de tonalidade [h] (°)	Inicial	37,84 <sup>aA</sup> ±1,85	38,92 <sup>aA</sup> ±0,83	37,56 <sup>aA</sup> ±0,42	38,04 <sup>aA</sup> ±0,54	38,52 <sup>aA</sup> ±0,82
	Final	39,63 <sup>aA</sup> ±2,21	30,42 <sup>bB</sup> ±1,67	33,83 <sup>bB</sup> ±1,08	18,45 <sup>cB</sup> ±3,01	39,97 <sup>aA</sup> ±2,03

NOTA: \* Médias na mesma linha, seguidas por letras distintas minúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% e representam a evolução em relação à concentração do extrato de semente de pitomba.

\*\* Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas maiúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% e representam a evolução do parâmetro de cor em relação ao tempo inicial e ao tempo final em que o mamão ficou recoberto com o filme contendo extrato de semente de pitomba.

Fonte: Do autor

**Tabela 14- Análises de sólidos solúveis totais e teor de licopeno do mamão revestido com extrato de semente de pitomba**

Variáveis	Tempo	Concentração do extrato de semente de pitomba (%)				
		0	5	10	15	Controle
Sólidos solúveis totais (°Brix)	Inicial	5,20 <sup>cb</sup> ±0,15	6,03 <sup>abB</sup> ±0,15	6,43 <sup>ab</sup> ±0,12	5,37 <sup>bcB</sup> ±0,12	5,55 <sup>bcB</sup> ±0,25
	Final	11,73 <sup>aA</sup> ±0,09	11,00 <sup>bA</sup> ±0,06	11,77 <sup>aA</sup> ±0,09	8,77 <sup>cA</sup> ±0,12	11,95 <sup>aA</sup> ±0,05
Teor de licopeno (µg licopeno/g de mamão)	Inicial	10,87 <sup>bB</sup> ±0,57	10,82 <sup>bB</sup> ±0,71	11,47 <sup>bB</sup> ±0,47	11,52 <sup>bA</sup> ±0,33	12,53 <sup>aB</sup> ±0,04
	Final	17,43 <sup>bcA</sup> ±1,13	18,86 <sup>bA</sup> ±1,33	21,04 <sup>abA</sup> ±1,29	12,28 <sup>cA</sup> ±0,78	25,79 <sup>aA</sup> ±1,13

NOTA: \* Médias na mesma linha, seguidas por letras distintas minúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% e representam a evolução em relação à concentração do extrato de semente de pitomba.

\*\* Médias na mesma coluna, seguidas por letras distintas maiúsculas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% e representam a evolução dos sólidos totais e licopeno em relação ao tempo inicial e ao tempo final em que o mamão ficou recoberto com o filme contendo extrato de semente de pitomba.

Fonte: Do autor

A Figuras 23 mostra a cor das cascas em cada um dos ensaios (com diferentes concentrações descritas nas legendas das figuras), tanto no dia inicial quanto no dia final.

**Figura 23- Amostras de mamão Havaí no dia inicial (A) e no oitavo dia ou dia final (B)**



**A1**



**B1**



**A2**



**B2**



**A3**



**B3**

**A4****B4****A5****B5**

NOTA: A1: Amostras de mamão Havaí do Ensaio 1 (aplicação de filme sem extrato de semente de pitomba) no dia inicial. B1: Amostras de mamão Havaí do Ensaio 1 (aplicação de filme sem extrato de semente de pitomba) no 8º dia. A2: Amostras de mamão Havaí do Ensaio 2 (aplicação de filme com extrato de semente de pitomba 5%) no dia inicial. B2: Amostras de mamão Havaí do Ensaio 2 (aplicação de filme com extrato de semente de pitomba 5%) no 8º dia. A3: Amostras de mamão Havaí: Ensaio 3 (aplicação de filme com extrato de semente de pitomba 10%) no dia inicial. B3: Amostras de mamão Havaí: Ensaio 3 (aplicação de filme com extrato de semente de pitomba 10%) no 8º dia. A4: Amostras de mamão Havaí: Ensaio 4 (aplicação de filme com extrato de semente de pitomba 15%) no dia inicial. B4: Amostras de mamão Havaí: Ensaio 4 (aplicação de filme com extrato de semente de pitomba 15%) no 8º dia. A5: Amostras de mamão Havaí: Controle (aplicação de filme exclusivamente, sem extrato) no dia inicial. B5: Amostras de mamão Havaí: Controle (aplicação de filme exclusivamente, sem extrato) no 8º dia.

**Fonte:** Do autor

A Figura 24 é um comparativo entre os mamões no dia zero e no dia 8, onde os 4 diferentes ensaios e o controle estão dispostos da mesma maneira em ambas as figuras.



**Figura 24- (A) Mamões no dia inicial (B) Mamões no dia final**



NOTA: ENSAIO 1: corresponde as amostras as quais foram revestidas apenas com filme, sem a adição de extrato de semente de pitomba. ENSAIO 2: amostras que foram revestidas com filme adicionado de 5% de extrato de semente de pitomba. ENSAIO 3: amostras que foram revestidas com filme adicionado de 10% de extrato de semente de pitomba. ENSAIO 4: amostras que foram revestidas com filme adicionado de 15% de extrato de semente de pitomba. CONTROLE: amostras as quais não foram revestidas (sem filme e sem extrato)

**Fonte:** Do autor

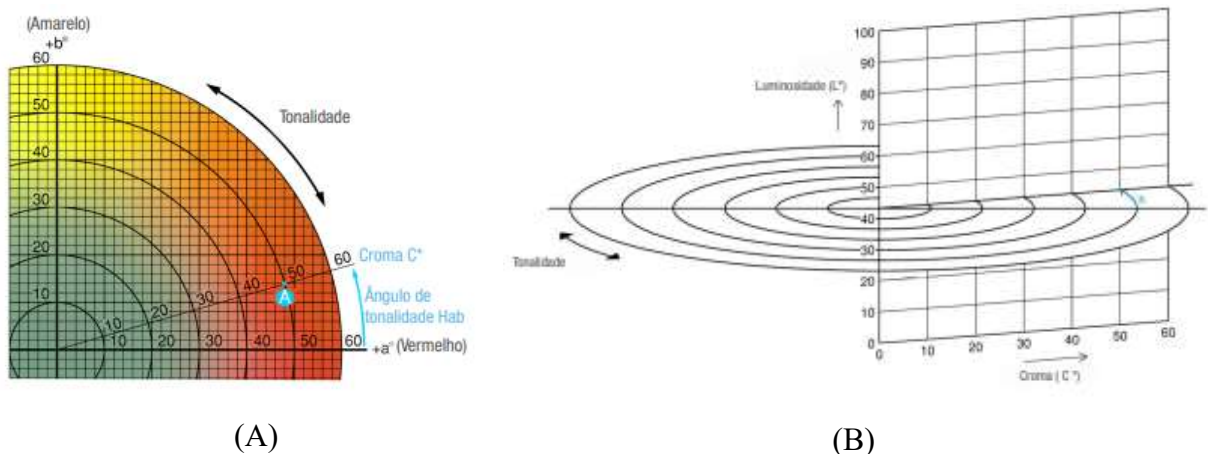
Foi feita uma tentativa de padronização da cor da casca inicial para evitar possíveis interferências e todas as amostras escolhidas inicialmente não estavam visualmente contaminadas. Foi examinado o pedúnculo, ápice e toda extensão da fruta para assegurar o estudo. O dia final foi escolhido por meio da análise visual na qual sugeriria-se o início do estado de decomposição de uma ou mais amostras. Lembrando que essa quantidade de dias já havia sido estipulada e apenas confirmou-se a teoria de Besinela Jr *et al.* (2010), autores estes que sugeriram 8 dias de vida útil para mamões em média.

No presente estudo escolheu-se o sistema de cores da CIEL C h, o qual requer os parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  para que se possa C e h por meio das equações 6 e 7 já apresentadas. Os parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  não são mostrados nas tabelas que seguem neste arquivo, mas foram aplicados nas equações, por isso sua discussão torna-se pertinente.

O espaço de cores  $L^* C h$ , utiliza o mesmo diagrama que o espaço de cores  $L^* a^* b^*$ , porém utiliza coordenadas cilíndricas ao invés de coordenadas retangulares. Nesse espaço de cores, o  $L^*$  indica luminosidade, e é o mesmo  $L^*$  do espaço de cores  $L^* a^* b^*$ , o C indica o “croma” e o h é um ângulo de tonalidade. O valor de croma C é

0 no centro e aumenta conforme a distância deste. O ângulo de tonalidade  $h$  inicia-se no eixo  $+a^*$  e é dado em graus; 0 seria  $+a^*$  (vermelho), 90 seria  $+b^*$  (amarelo), 180 seria  $-a^*$  (verde) e 270 seria  $-b^*$  (azul), onde a Figura 25 mostra um pouco mais sobre esse sistema de cores (RODRIGUES; CUNHA; HUBINGER, 2003).

**Figura 25- (A) Parte do diagrama de cromaticidade  $a^*$ ,  $b^*$  (B) Cromo e luminosidade**



Fonte: Cömert, Mogol e Gökmen (2020)

No caso, encontrou-se valores negativos de  $a^*$  nas análises iniciais em todos os ensaios, fato este que mostra que as frutas eram majoritariamente verdes. Além disso, os valores em grande parte dos ensaios tornaram-se positivos para esse parâmetro nas análises finais, mostrando a mudança gradual da cor da casca da fruta de verde para um tom mais avermelhado, até se tornar amarelado durante o amadurecimento (ROCHA, 2009).

Ocorreu um aumento de  $b^*$  após o período de 8 dias, confirmando a ocorrência de cor amarela, característica de amadurecimento na maioria dos casos, exceto no ensaio o qual contou com a concentração máxima de extrato de semente de pitomba (15%).

Como o parâmetro  $b^*$  sempre foi maior que o  $a^*$ , na determinação do croma notou-se pela Tabela 12 a presença de valores positivos em ambos os estágios (inicial e final) por uma questão matemática. O croma é definido como sendo o nível de saturação da cor, ele é responsável por indicar a pureza da mesma, onde quanto mais

saturado, mais próximo ao vermelho estará a cor (CÔMERT; MOGOL; GÖKMEN, 2020).

Conforme a Tabela 12 o parâmetro L não apresentou diferença significativa entre as diferentes concentrações de extrato no tempo inicial, mas nas análises finais notou-se que as frutas que continham 5 e 15% de extrato foram as que apresentaram os menores valores. Houve uma evolução significativa do parâmetro L de cor em relação ao tempo inicial para o tempo final em todos os ensaios, onde a luminosidade aumentou ao longo do tempo.

Assim como o parâmetro L, o parâmetro C não apresentou diferença significativa entre as diferentes concentrações de extrato no tempo inicial, somente no tempo final. No caso, segundo os dados, tanto as amostras com 5 e 15% de extrato e a controle não apresentaram diferença significativa entre si em relação a esse parâmetro na análise final e foram as amostras com os menores valores de croma, indicando que seriam as com o menor grau de maturação.

Ao longo do tempo (início e fim) não houve diferença significativa do parâmetro C para essas três amostras. Visualmente havia diferença nítida, mas pode ter ocorrido algumas falhas na medição, pois os pontos foram escolhidos no início das análises e isso pode ter causado essa similaridade nos dados e a presença excessiva de manchas de cor marrom na amostra controle (sem filme e sem extrato) pode ter alterado esses resultados. Mas, de forma visual a amostra com 15% de extrato era a mais imatura.

Já o ângulo de tonalidade mostra a tonalidade propriamente dita. Ele permite uma diferenciação precisa entre maturidade fisiológica, maturidade para consumo e sobre frutas maduras. Mamões que apresentaram coloração verde, tem menos saturação de cor devido à opacidade presente neles e isso indica que estão em estágios iniciais de maturação e sua representação numérica é caracterizada por valores negativos (AHN; LEE, 2008).

No início o mesmo apresentou diferença significativa entre as diferentes concentrações, tanto no tempo inicial quanto no final. E ao longo do tempo também houve uma evolução desse parâmetro, porém aqui fica evidente que a amostra com 15% de extrato apresentou menor grau de maturação pois foi a única que, passado o período de 8 dias, ainda apresentou valor negativo de ângulo de tonalidade, tendenciando para o verde.

Ali *et al.* (2011) concluíram que o revestimento de mamões com quitosana por exemplo promove menor aumento do ângulo de tonalidade e da cromaticidade ao longo do armazenamento, ou seja, menor desenvolvimento da coloração, indicando uma demora de amadurecimento.

O revestimento usado provavelmente alterou a atmosfera em torno dos frutos, o que interferiu nas propriedades de permeabilidade às trocas gasosas e ao vapor d'água, sendo que a perda de massa está diretamente relacionada à taxa de respiração e transpiração do fruto, ou seja, o uso do revestimento forma sobre o fruto, uma camada fina superficial, a qual interfere diretamente sobre os mecanismos respiratórios e difusivos dos frutos (TAHIR *et al.*, 2020).

Além do mais, o uso de revestimentos é capaz de atrasar mudanças no pH e acidez titulável e efetivamente retardar a maturação e senescência; isso ocorre devido à semipermeabilidade do filme formado sobre a superfície do fruto, a qual modifica a atmosfera e a concentração interna de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, retardando o amadurecimento (SAPELLI; FARIA; BOTELHO, 2020). Ali *et al.* (2011) alegam que o revestimento reduz a respiração dos frutos pelo preenchimento parcial dos estômatos e lenticelas, e sendo assim, os frutos produzem menores quantidades de etileno, o que retarda o amadurecimento.

No Congresso Latinoamericano Y Del Caribe De Ciencia Y Tecnología De Alimentos E Congreso Argentino De Ciencia Y Tecnología De Alimentos (2019) a caracterização do extrato de semente de pitomba, o mesmo usado no presente estudo, e por meio de cromatografia gasosa acoplado à espectrometria de massa identificaram compostos como o Ácido Pirogálico, Catequina, Epicatequina e Naringenina e Luteolina os quais atuam como antioxidantes, assim como o 2,3-Dihidro-3,5- dihidroxi-6-metil(4h)-piran-4-ona, composto este de capacidade antioxidante. Portanto, além do potencial antimicrobiano discutido neste trabalho, este extrato possui potencial antioxidante.

Pontes (2019) em seu trabalho de avaliação do “Efeito de revestimento a base de xiloglucano enriquecido com extrato antioxidante do subproduto do caju sobre o amadurecimento de goiabas” notou que um revestimento contendo antioxidante é capaz de retardar o amadurecimento de frutas, pois os antioxidantes podem agir retardando ou prevenindo a oxidação do substrato envolvido nos processos oxidativos impedindo a formação de radicais livres que, por sua vez, é o principal causador da degradação de moléculas biológicas/orgânicas.

### 5.3.2 Cor da polpa

As análises iniciais foram realizadas com três mamões os quais estão presentes na Figura 26, mas todos eram com o mesmo aspecto dos demais, ou seja, apresentavam a casca toda esverdeada. Desses três mamões foram realizadas análises de cor, sólidos solúveis totais e teor de licopeno. Para os demais dias utilizaram outros mamões os quais além das análises citadas foram também utilizados para determinação da perda de massa.

**Figura 26- Uma das amostras de mamões utilizadas no dia inicial para a realização das primeiras sequências de análises**



Fonte: Do autor

A Figura 27 apresenta as polpas dos mamões no oitavo e juntamente com a Tabela 13 é possível obter alguns resultados. Conforme a Tabela 13 o parâmetro L não apresentou diferença significativa entre as diferentes concentrações de extrato no tempo inicial, mas nas análises finais notou-se que as frutas que continham 15% de extrato foram as que apresentaram o maior valor desse parâmetro. Houve uma evolução significativa do parâmetro L de cor em relação ao tempo inicial para o tempo final em que o mamão ficou recoberto com o filme contendo 5 e 15% de extrato de semente de pitomba.

Assim como o parâmetro L, o parâmetro C não apresentou diferença significativa entre as diferentes concentrações de extrato no tempo inicial, mas nesse caso, o mesmo aconteceu no tempo final. Em relação ao tempo, as amostras do ensaio controle, com 10 e 15% de extrato foram as que diferiram significativamente nesse parâmetro quando comparados seus valores nos tempos inicial e final.

**Figura 27- Polpas das amostras de mamão Havaí no dia inicial (A) e no oitavo dia ou dia final (B)**



**B1**



**B2**



**B3**



**B4**



**B5**

NOTA: B1: Amostras de mamão Havaí do Ensaio 1 (aplicação de filme sem extrato de semente de pitomba) no 8º dia. B2: Amostras de mamão Havaí do Ensaio 2 (aplicação de filme com extrato de semente de pitomba 5%) no 8º dia. B3: Amostras de mamão Havaí: Ensaio 3 (aplicação de filme com extrato de semente de pitomba 10%) no 8º dia. B4: Amostras de mamão Havaí: Ensaio 4 (aplicação de filme com extrato de semente de pitomba 15%) no 8º dia. B5: Amostras de mamão Havaí: Controle (aplicação de filme exclusivamente, sem extrato) no 8º dia.

**Fonte:** Do autor

Seguindo o exemplo dos demais parâmetro de cor, o h não sofreu alteração significativa entre si no instante inicial em relação a concentração de extrato. Nas mensurações finais a mesma observação não é válida. O h da amostra com 15% de extrato foi significativamente diferente das demais, sendo um valor mais baixo o qual retrata também a falta de amadurecimento, conciliando assim com os parâmetros de cores observados e mensurados na análise de cor da casca.

### 5.3.3 Doenças pós-colheita

Vários estudos têm comprovado o efeito de extratos e óleos essenciais de plantas na capacidade de controlar fitopatógenos, tanto por sua atividade antimicrobiana direta quanto indireta, o que possibilita uma alternativa à redução do uso de fungicidas no controle de podridões pós-colheita (BRAGA *et al.*, 2019).

As doenças pós colheita que mais acometem frutos como o mamão Havaí são podridão peduncular, podridão seca ou negra, antracnose, fusariose e seus microrganismos causadores são fungos como: *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium* spp., *Phoma caricae-papayae*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Phomopsis caricae-papayae*, *Rhizopus stolonifer*, *Phytophthora palmivora* e *Pestalotia* sp.

No presente estudo as doenças investigadas foram a antracnose, fusariose e a podridão peduncular pois são as doenças pós-colheita mais causadas pelos fungos investigados: *Colletotrichum gloeosporioides* e *Fusarium* spp.

Segundo o conjunto de Figuras de 23, 24 e 27 notou-se por meio das três amostras cortadas pertinentes ao ensaio 1 (filme sem adição de extrato) que todas apresentaram podridão negra e peduncular. Apenas uma unidade contou com a antracnose em seu estágio mais avançado, responsável por amolecer a matriz alimentícia e esta mesma fruta apresentou também a forma mais branda da mesma doença, caracterizada por um conjunto de manchas de cor chocolate. Todas as frutas estavam aparentemente maduras.

No conjunto de amostras do ensaio 2 (filme com 2,5% de extrato) uma unidade portava fusariose em nível menos avançado, apenas com o início da formação de pontos de cor branca e textura cotonosa, todavia estava repleta de manchas chocolates características de antracnose. Uma outra unidade desse conjunto portava antracnose mais desenvolvida, duas amostras contaram com a podridão negra e uma com a podridão peduncular. Vale ressaltar que 2/3 das amostras aparentavam

estarem maduras o suficiente para consumo e 1/3 requereu um curto período para terminar seu amadurecimento.

Para as amostras do ensaio 3 (filme com adição de 10% de extrato) duas unidades tinham uma diminuta quantidade de manchas chocolates em suas superfícies, onde em apenas um dos casos uma dessas manchas causou o amolecimento da superfície da fruta, porém esse amolecimento estava em fase inicial. Havia uma unidade com podridão peduncular e duas com podridão negra. Cerca de 2/3 das frutas estavam maduras.

Amostras provenientes do ensaio 4 (valor máximo de extrato aplicado) encontravam-se com coloração mais tendenciada para o verde, ou seja, visualmente os frutos estavam imaturos. Não havia sinal de fusariose, assim como de antracnose ou podridão peduncular. Infelizmente não foi possível afirmar o mesmo frente a podridão negra. Como as frutas estavam imaturas, a podridão negra não havia se desenvolvido muito, todavia é de conhecimento prévio que caso o estudo se estendesse, esse tipo de doença se desenvolveria simultaneamente ao amadurecimento.

O conjunto controle foi tomado pela antracnose em todas as suas unidades, assim como pela podridão negra, peduncular e estava com início de fusariose. As amostras eram visualmente inaptas para o consumo, pois além de estarem repletas de manchas, amolecidas e escuras, apresentavam irregularidades na superfície devido ao amolecimento e um odor muito característico de frutas em senescência.

A podridão peduncular presente em todos os conjuntos de amostras não era o objeto de estudo e sua presença pode ser justificada pelo microrganismo causador, pois ele não é nenhum dos dois investigados no estudo. A podridão negra é causada principalmente pelo *Phoma caricae-papayae*. Existem estudos como os de Casemiro *et al.*, (2019) que sugerem a aplicação de produtos originados a partir de alho, canela, própolis e gengibre para o controle de doenças causadas por fungos.

Concentração de extrato de semente de pitomba a partir de 10% mostrou-se boa opção para o combate a doenças pós colheita como antracnose, fusariose e podridão peduncular, mas sugere-se uma combinação entre extratos para que o combate também seja efetivo frente a podridão negra.



### 5.3.4 Sólidos solúveis totais

Verificou-se que a faixa de valores médios dos sólidos solúveis totais das amostras de mamão Havaí foi de 5,20 a 6,43° Brix para a fruta quando imatura e de 8,77 a 11,95° Brix. Este segundo conjunto de valores estava quase todo dentro da faixa definida pelo Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), que estabelece valores entre 10-14° Brix de sólidos solúveis totais, exceto o conjunto que contou com a adição de 15% de extrato de pitomba. Contudo, todos os grupos apresentaram diferença significativa em relação a esse parâmetro quando levado em consideração o tempo de análise, ou seja, ao longo dos oito dias foi perceptível o aumento do teor de sólidos solúveis totais. Constata-se também que o valor obtido no estágio final foi similar ao encontrado por Barragán-Iglesias, Méndez-Lagunas e Rodríguez-Ramírez (2018) em seu estudo de Índices de amadurecimento e mudanças físico-químicas do mamão (*Carica papaya* L.), durante o amadurecimento da fruta na árvore.

Nesse caso, segundo a Tabela 14 os mamões controle, com aplicação apenas de filme, e o grupo com filme e extrato em uma concentração de 10% não apresentaram diferença significativa e mostraram os maiores valores, todos eles acima de 11,7° Brix. Esses mamões seriam considerados os mais doces e os quais possivelmente mais agradariam o consumidor caso apenas esse aspecto fosse considerado. Como os mamões controle e os com apenas filme estavam com a superfície toda deteriorada, apenas o mamão com cobertura contendo 10% de extrato poderia ser uma opção viável a ser aceita pelos consumidores (SILVA; SPINELLI, 2019).

Os sólidos solúveis contidos em um alimento são a representação do total de sólidos dissolvidos em água, onde o principal representante seria os açúcares, mas também pode-se incluir sais, proteínas e ácidos por exemplo. Segundo Rodrigues; Brito e Silva (2018) sólidos solúveis podem ser usados como índice de maturação, já que existe uma relação diretamente proporcional entre a formação de ácido ascórbico e dos sólidos solúveis totais, ou seja, ocorre aumento no teor de vitamina C conforme a maturação do fruto.

As alterações durante o amadurecimento do mamão podem ser facilmente identificadas devido à evidentes mudanças na coloração, aroma, sabor e textura destes frutos, que correspondem às principais transformações bioquímicas de

interesse comercial, as quais ocorrem com os pigmentos, compostos voláteis, ácidos orgânicos e carboidratos desses frutos (BARRAGÁN-IGLESIAS; MÉNDEZ-LAGUNAS; RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, 2018; FAGUNDES; YAMANISHI, 2001).

Após a colheita, a maioria das mudanças bioquímicas que ocorrem no mamão quantitativamente envolve carboidratos, conforme já considerado. De acordo com Nunes *et al.* (2017) as alterações no metabolismo de carboidratos em frutos podem estar relacionadas às alterações nas taxas de evolução dos gases ou aos diferentes quocientes respiratórios, durante o desenvolvimento do climatério. Já a mudança na coloração deve-se à destruição da clorofila no tecido epidérmico e ao aparecimento dos pigmentos carotenoides na polpa do fruto.

### **5.3.5 Teor de licopeno**

Para a determinação do teor de licopeno o comprimento de onda utilizado foi o de 503nm. Embora esse comprimento não seja o pico de absorbância de maior magnitude no hexano (solvente utilizado para leitura), o mesmo foi utilizado para minimizar a interferência de outros carotenoides (FISH; PERKINS-VEAZIE; COLLINS, 2002).

Na análise de concentração de licopeno ao longo do período de armazenamento houve um aumento desse teor de 10,82-12,53 a 12,28-25,79  $\mu\text{g}$  licopeno/g de mamão, com exceção da amostra com 15% de extrato em que esse aumento não foi significativo.

A incorporação deste pigmento em alimentos objetiva principalmente a coloração e a conferência de características funcionais. Entretanto, devido ao elevado número de duplas ligações conjugadas, o licopeno é susceptível à isomerização e oxidação durante o processamento e estocagem. Sendo assim, acredita-se que caso a análise se estendesse, o teor de licopeno tenderia a diminuir devido a oxidação.

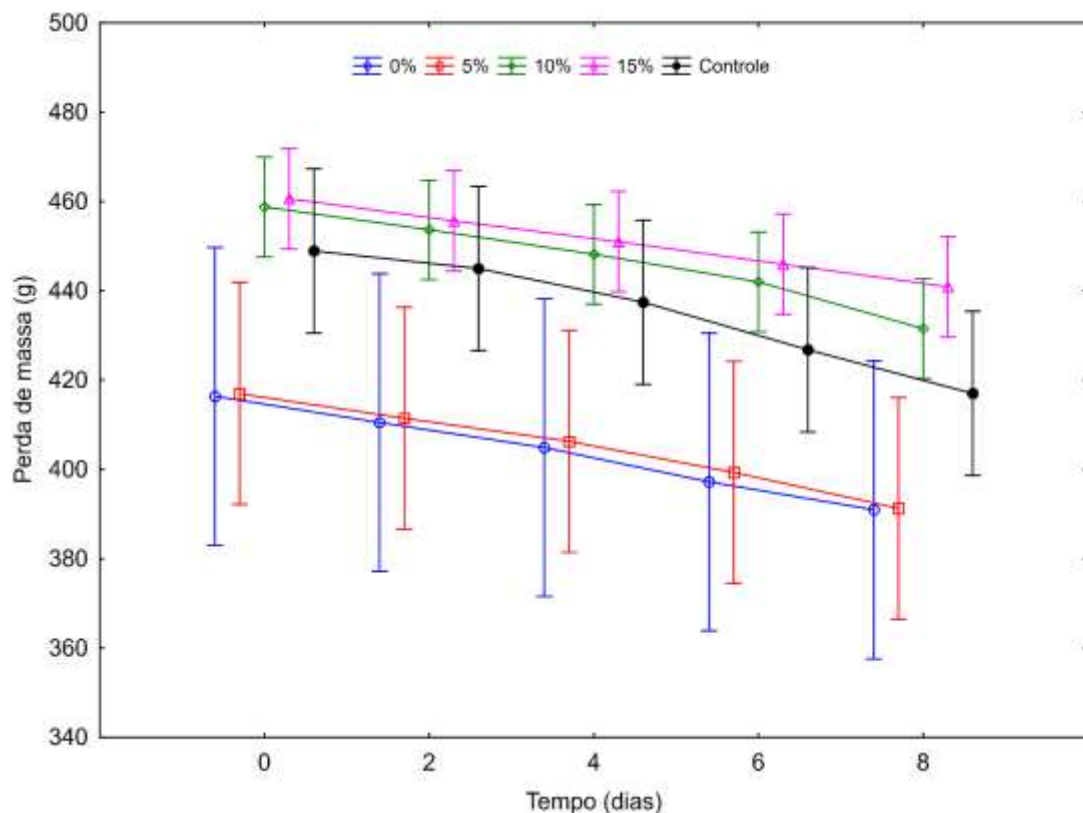
Trabalhos como os de Besinela Jr *et al.* (2010) mostram um decréscimo desse teor ao longo do período de armazenamento e o explica alegando que a redução do teor de licopeno está relacionada principalmente à sua oxidação pelo oxigênio. Desta forma, é provável que nenhum dos processos de revestimento pelos autores aplicadas serviram como barreira à passagem do oxigênio, sendo por eles o valor encontrado de 23,8  $\mu\text{g}$  licopeno/g de mamão.

A quantidade de licopeno nas frutas e vegetais varia de acordo com a estação do ano, estágio de maturação, variedade, efeito climático e geográfico, local de plantio, manejo pós-colheita e do armazenamento; em geral, quanto mais avermelhado for o alimento, maior será sua concentração de licopeno. As maiores concentrações de licopeno estão, em geral, nas cascas dos alimentos fontes, quando comparadas à polpa dos mesmos frutos, sendo sua maior concentração em alimentos produzidos em regiões de climas quentes.

### 5.3.6 Perda de massa

O período de armazenamento das frutas foi de 8 dias, pois a partir do oitavo dia, iniciou-se o processo de decomposição de um dos grupos das mesmas. A perda de massa pode ser vista no gráfico da Figura 28.

**Figura 28- Gráfico de perda de massa do mamão sem aplicação do filme e extrato, com aplicação apenas do filme e com aplicação de filme e diferentes concentrações de extrato**



Fonte: Do autor

A curva com a concentração de extrato de 15% aparentou estar com a menor variação de massa, o que é um ponto positivo pois levando em consideração que os

frutos são comercializados na maioria das vezes por peso, as perdas de massa em pós colheita assumindo altos valores afetam a comercialização e a geração de lucros.

As amostras com 10% de extrato estavam até o sexto dia com uma perda de massa mais acentuada, porém a partir desse ponto a perda começou a ser mais significativa, enquanto que, a amostra controle, amostras apenas com filme e as com filme e 5% de extrato apresentaram uma considerável perda em todo processo.

Em questão de valores, o percentual da perda de massa no período das análises foi de 4,28 a 7,79%, sendo a ordem crescente de perda de massa: amostras contendo 15% de extrato (4,28%), amostras contendo 10% de extrato (5,95%), amostras contendo 5% de extrato (6,11%), amostra com 0% de extrato (6,16%) e controle (7,79%).

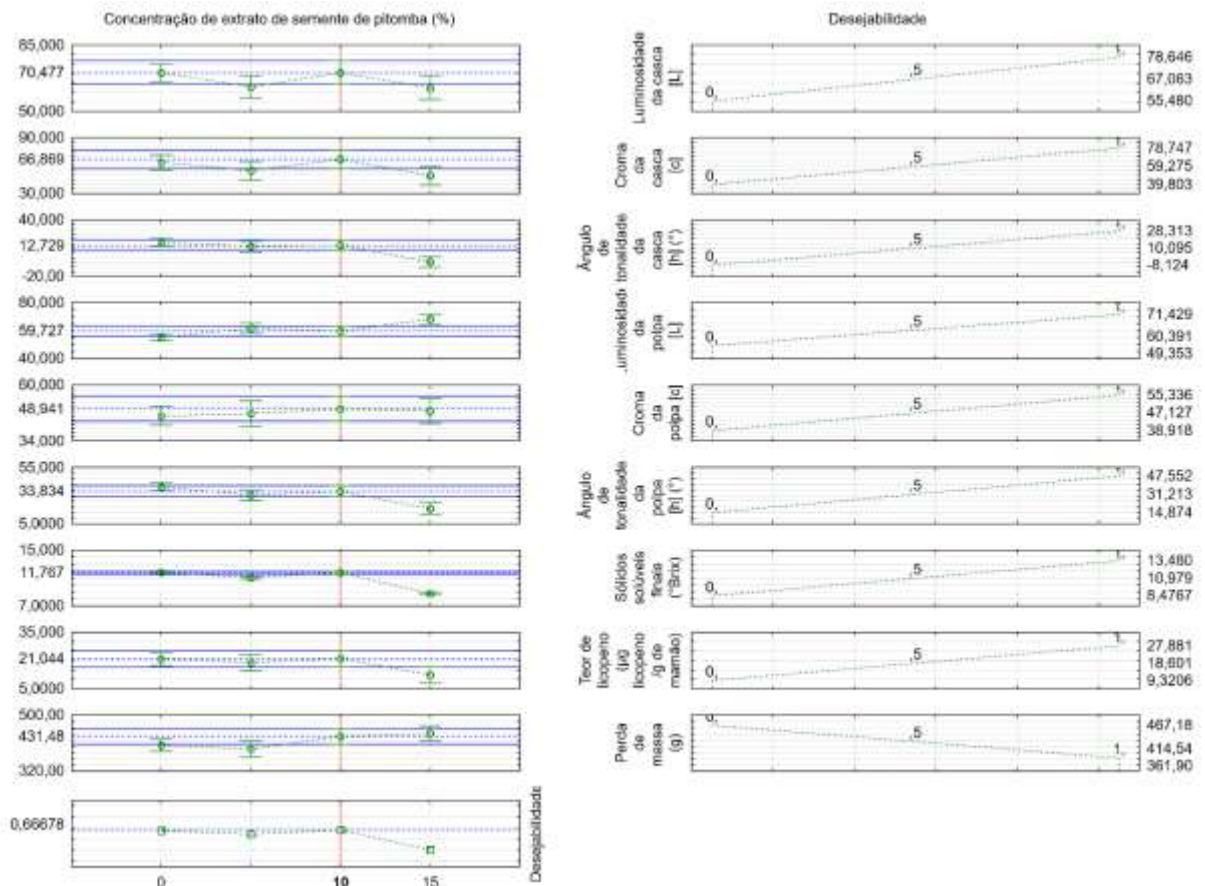
A migração da água do fruto para o ambiente é o maior fator de perda de massa durante o armazenamento. Alguns autores incentivam a aplicação de películas de revestimento em alimentos para promover a diminuição da perda e massa, como Fakhouri *et al.* (2015) que concluíram que o uso de filmes comestíveis formulados com amido de milho + gelatina + plastificante reduziu a perda de massa em uvas cv. Red Crimson durante o armazenamento. Similarmente, Hurley *et al.* (2013) verificaram que o revestimento de morangos com fécula de mandioca reduziu a perda de massa durante o armazenamento refrigerado. Revestimentos formulados com fécula, amidos ou gelatinas reduzem a migração de água, as trocas gasosas, a respiração e a taxa de reações oxidativas, e suprimem desordens fisiológicas (SAPELLI; FARIA; BOTELHO, 2020).

De tal forma elaborou-se um gráfico de desejabilidade o qual mostrou que a melhor formulação a ser aplicada nas amostras de mamão seria contendo filme e 10% extrato para que haja uma otimização da combinação de variáveis, sendo elas luminosidade, croma, ângulo de tonalidade para casca e polpa, sólidos solúveis totais, teor de licopeno e perda de massa. Esta última otimização mostra que com uma garantia de cerca de 67% que com a aplicação dessa concentração de extrato há o objetivo de aumentar a maioria dos parâmetros, exceto a perda de massa.

A probabilidade de 67% encontrada de que a aplicação da concentração de 10% de extrato seria capaz de fornecer os melhores parâmetros foi relativamente alta se levado em consideração que a mesma requereu a combinação de todos os fatores envolvidos. No primeiro momento esperava-se que a melhor formulação obtida seria a com um teor de extrato mais próximo a 15%, porém é mais vantajoso que esse teor

seja o menor possível por uma questão de viabilidade econômica e disponibilidade, tendo em vista o rendimento do extrato. Segundo Congresso Latinoamericano Y Del Caribe De Ciencia Y Tecnología De Alimentos E Congreso Argentino De Ciencia Y Tecnología De Alimentos (2019) o extrato de pitomba tem rendimento de 20 a 30%, se levado em consideração que o mesmo é desenvolvido à base de semente. Seria necessária uma coleta elevada desse subproduto da fruta para o desenvolvimento de extrato com intuito de aplicação em escala industrial. O gráfico de desejabilidade pode ser visto na Figura 29.

**Figura 29- Gráfico de desejabilidade das amostras de mamão frente a diferentes concentrações de extrato de semente de pitomba**



Fonte: Do autor

## 6 CONCLUSÃO

Conclui-se que para o desenvolvimento deste trabalho foi requerido a realização da otimização da combinação dos reagentes para obtenção da gelatina. Posteriormente a mesma foi aplicada no desenvolvimento do filme. Este por sua vez, quando otimizado, foi combinado com extrato de semente de pitomba para que pudesse servir de revestimento para mamões adquiridos em comércio local.

Para a gelatina a conclusão foi de que o melhor tratamento foi o de número 9 (tratamento 9). Este tratamento obteve respostas que concordaram com os valores obtidos no gráfico de desejabilidade. Ou seja, altos valores de força de gel e baixo teor de lipídio. Embora não diferisse significativamente ao tratamento 4, escolheu-se o tratamento 9 por uma questão de recursos na universidade e a opção de usar substâncias mais fracas. Já que o tratamento 9 requereu uma menor quantidade de butanol para sua obtenção. A partir desta gelatina deu-se sequência para obtenção de uma formulação filmogênica contendo surfactantes (Tween 80 e SDS). A formulação com 40% de surfactantes totais (em relação a massa de gelatina seca) apresentou uma boa influência na obtenção de valores elevados de resistência à tração, módulo de Young, alongação e baixos valores de PVA. Essas características em um filme o tornam uma boa opção para ser usado com revestimento na indústria alimentícia.

Escolhida a formulação filmogênica, ela foi seca e usada para a realização de uma isoterma de adsorção. Para essa análise notou-se que o melhor ajuste aos dados experimentais foi obtido pelo modelo Kühn. Isso aconteceu considerando todos os parâmetros estatísticos e a distribuição aleatória (randomizada) dos resíduos simultaneamente.

Quando foi realizada a adição de extrato vegetal de semente de pitomba nos filmes notou-se que a melhor concentração seria de 10% (m/m). A partir dessa concentração, os parâmetros de cor, teor de licopeno e sólidos solúveis totais poderiam ser obtidos de forma otimizada com uma confiança de cerca de 67% segundo o gráfico de desejabilidade.

Sugere-se que a aplicação demasiada de extrato é responsável pelo retardo do amadurecimento de frutas devido a presença de antioxidantes. Fato este que pôde ser comprovado nas amostras contendo 15% de extrato as quais apresentavam os parâmetros de cor com indicativos de frutas imaturas. Porém quanto maior for essa

aplicação, melhor serão os resultados em relação a inibição do desenvolvimento de doenças fúngicas causadas por microrganismos como o *Fusarium* spp e o *Collectotrichum gloeosporioides*. Quanto a podridão negra causada pelo *Phoma caricae-papayae* sugere-se o uso conjunto no filme, de extrato de semente de pitomba com ingredientes naturais como alho, canela e gengibre em sua forma *in natura* ou como óleos e extratos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHLAWAT, J.; KUMAR, V.; GOPINATH, P. *Carica papaya* loaded poly (vinyl alcohol)-gelatin nanofibrous scaffold for potential application *In: wound dressing. Materials Science and Engineering: C*, v. 103, n. 1, p. 1–9, out. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0928493117345678>. Acesso em: 06 ago. 2020.
- AHMAD, T.; ISMAIL, A.; AHMAD, S. A.; KHALIL, K. A.; KUMAR, Y. KAZEEM, D.; SAZILI, A. Q. Recent advances on the role of process variables affecting gelatin yield and characteristics with special reference to enzymatic extraction: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 63, p. 85–96, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X16303447>. Acesso em: 08 out. 2019.
- AKSUN TÜMERKAN, E. T.; CANSU, .; BORAN, G.; REGENSTEIN, J. M.; OZOGUL, F. Physiochemical and functional properties of gelatin obtained from tuna, frog and chicken skins. **Food Chemistry**, v. 287, n. October 2018, p. 273–279, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030881461930411X>. Acesso: 22 mar. 2020.
- ALFARO, A. DE T.; SILVA, E. F. DA. Propriedades reológicas da gelatina obtida de pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, n. 4, p. 555–561, 2010. Disponível em: [http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0073-98552010000400017&lng=pt&nrm=iss&tlng=pt](http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0073-98552010000400017&lng=pt&nrm=iss&tlng=pt). Acesso em: 04 ago. 2019.
- AMARAL, D. D.; MONTEIRO, A. L. R.; SILVA, E. I.; LINS, S. R. O.; OLIVEIRA, S. M. A. Frequency of quiescent fungi and post-harvest alternative management of stem end rot *In: papaya. Revista Caatinga*, v. 30, p. 786–793, 2017. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-21252017000300786](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21252017000300786). Acesso em: 07 mar. 2019.
- ARAÚJO, G. R. DE S.; VIANA, N. B.; GÓMEZ, F. PONTES, B.; FRASES, S. The mechanical properties of microbial surfaces and biofilms. **The Cell Surface**, v. 5, n. 8, p. 100–108, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468233019300064>. Acesso em: 02 fev. 2020.
- ASTM D 882-02. American Society for Testing and Materials. **Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting**, v. 14, p. 1–10, 2002. Disponível em: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D882-02.htm>. Acesso em: 02 fev. 2019.
- ASTM E 23-96. American Society for Testing and Materials. **Standard Test Method For Saturated Water Permeability Of Granular Drainage Media [Falling-Head Method] For Vegetative (Green) Roof Systems**, v. 14, p. 1–3, 1996. Disponível em: <https://webstore.ansi.org/standards/astm/astme239605>. Acesso em: 02 fev.



2019.

BARRAGÁN-IGLESIAS, J.; MÉNDEZ-LAGUNAS, L. L.; RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, J. Ripeness indexes and physicochemical changes of papaya (*Carica papaya* L. cv. *Maradol*) during ripening on-tree. **Scientia Horticulturae**, v. 236, p. 272–278, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423817307240>. Acesso em: 09 jun. 2019.

BARROS, G. S. DE; COELHO, M. J. N.; SILVA, J. A. DA. **Saúde Pública - Representações sociais do consumo de carne em Belo Horizonte**. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/physis/2012.v22n1/365-383/pt/>. Acesso em: 19 jan. 2020.

BAUTISTA-BAÑOS, S.; SIVAKUMAR, D. BELLO-PÉREZ, A.; VILLANUEVA-ACRE, R.; HERNÁNDEZ-LOPES, M. A review of the management alternatives for controlling fungi on papaya fruit during the postharvest supply chain. **Crop Protection**, v. 49, p. 8–20, 1 jul. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219413000471>. Acesso: 28 ago. 2020.

BESINELA JÚNIOR, E.; MONARIM, M. M. S.; CAMARGO, M.; MAHL, C. R. A.; SIMÕES, M. R.; SILVA, C. F. Efeito de biopolímeros no revestimento de mamão (*Carica papaya* L) minimamente processado. **Revista Varia Scientia Agrárias**, v. 1, n. 1, p. 131–142, 2010. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/variascientiaagraria/article/view/2655>. Acesso em: 02 fev. 2020.

BILUCA, F. C.; MARQUETTI, C.; ALFARO, A. T. Produção de gelatina de pele e ossos de bagre. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 5, p. 418–426, ago. 2011. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta/article/view/947>. Acesso em: 26 mai. 2019.

BOQUET, R.; CHIRIFE, J.; IGLÉSIAS, H. A. Equations for fitting water sorption isotherms of foods: II. Evaluation of various two-parameter models. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 13, n. 4, p. 319–327, 1978. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.1978.tb00809.x>. Acesso em: 04 abr. 2019.

BORDIGNON, A. C.; FRANCO, M. L. R. S.; GASPARINO, E.; YAJIMA, E. M.; VESCO, A. P. D.; VISENTAINER, J. V.; MIKCHA, J. M. G. Aproveitamento de peles de tilápia-do-nilo congeladas e salgadas para extração de gelatina em processo batelada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 473–478, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbz/v41n3/01.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2019.

BRAGA, S. DOS P.; LUNDGREN, G. A.; MACEDO, S. A.; TAVARES, J. .F.; VIEIRA, W. A. S. ; CÂMARA, M. P. S.; SOUZA, E. L. Application of coatings formed by chitosan and *Mentha* essential oils to control anthracnose caused by *C. gloesporioides* and *C. brevisporum* In: papaya (*Carica papaya* L.) fruit. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 139, n. 1, p. 631–639, out. 2019.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813019349116>. Acesso em: 24 abr. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa nº 20 de 27 de setembro de 2001**, 2001. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=730995312>. Acesso em: 19 abr. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa nº 04 de 22 de janeiro de 2010**, 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/normativos-cgqv/pocs/instrucao-normativa-no-4-de-22-de-janeiro-de-2010-mamao.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa nº 29 de 25 de julho de 2013**, 2013. Disponível em: [http://www.infoconsult.com.br/legislacao/instrucao\\_normativa\\_mapa/2013/in\\_mapa\\_29\\_2013.htm](http://www.infoconsult.com.br/legislacao/instrucao_normativa_mapa/2013/in_mapa_29_2013.htm). Acesso em: 19 abr. 2019.

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada (RDC). **RDC nº 258, de 18 de dezembro de 2018**, 2018. Disponível em: [http://www.lex.com.br/legis\\_27745092\\_RESOLUCAO\\_RDC\\_N\\_258\\_DE\\_18\\_DE\\_DE\\_ZEMBRO\\_DE\\_2018.aspx](http://www.lex.com.br/legis_27745092_RESOLUCAO_RDC_N_258_DE_18_DE_DE_ZEMBRO_DE_2018.aspx). Acesso em: 19 abr. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (DISPOA). **Portaria Nº 144, de 22 de julho de 2019**, 2019. Disponível em: <https://alimentusconsultoria.com.br/portaria-no-174-de-27-de-agosto-de-2019-mapa/>. Acesso em: 19 abr. 2019.

CARPINÉ, D.; SLOBODZIAN, S. M. B.; DAGOSTIN, J. L. A.; BERTAN, L. C.; MAFRA, M. R. **Desenvolvimento e caracterização de biofilme emulsionado produzido a partir de proteína isolada de soja e gordura de coco**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, fev. 2015. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/desenvolvimento-e-caracterizacao-de-biofilme-emulsionado-produzido-a-partir-de-protena-isolada-de-soja-e-gordura-de-coco-17091>. Acesso em: 26 jun. 2019.

CHAVES, A. L. DA S. **Análise microbiológica de isolados de *Fusarium* spp. em um hospital de oncologia do Rio de Janeiro, Brasil**. Rio de Janeiro : [s.n.]. Disponível em: [https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/25117/2/alessandra\\_chaves\\_ini\\_mest\\_2015.pdf](https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/25117/2/alessandra_chaves_ini_mest_2015.pdf). Acesso em: 14 out. 2019.

CHEN, C. H.; KUO, W. S.; LAI, L. S. Effect of surfactants on water barrier and physical properties of tapioca starch/decolorized hsian-tsoo leaf gum films. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 3, p. 714–721, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X08001379>. Acesso em: 16 fev. 2019.

CÖMERT, E. D.; MOGOL, B. A.; GÖKMEN, V. Relationship between color and antioxidant capacity of fruits and vegetables. **Current Research In: Food Science**, v. 2, n. 7, p. 1–10, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665927119300097?via%3Dihub>. Acesso em: 22 mar. 2020.

CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 22, 2012, Bento Gonçalves. **Anais eletrônicos de Fusariose em frutas**. Bento Gonçalves, 2012. Disponível em: <https://docplayer.com.br/63944794-Fusariose-em-frutiferas.html>. Acesso em: 07 set. 2020.

CONGRESO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS E CONGRESO ARGENTINO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS, 21, 17, 2019. **Anais eletrônicos de Caracterização e potencial antioxidante dos extratos de casca , polpa e semente de pitomba (*Talisia esculenta* )**. Buenos Aires, Cytal - Alaccta, 2019. Disponível em: <https://alimentos.org.ar/wp-content/uploads/2020/09/CYTAL2019-Libro-de-trabajos-completos-I-ISBN.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2020.

DA SILVA, M. V.; OLIVEIRA, F.S.; JÚNIOR, B. D.; HAMINIUK, C. W. I.; VISENTAINER, J. V. Hygroscopic equilibrium of microencapsulated extract of passion fruit seed and its effect on the antioxidant capacity. **Journal of Food Process Engineering**, v. 41, n. 1, p. 125–137, fev. 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jfpe.12597>. Acesso em: 15 ago. 2019.

DAMASCENO, C. L.; DUARTE, E. A. A.; BRITO, L.; SANTOS, P. R.; OLIVEIRA, T. A. S.; JESUS, F. N.; OLVIERA, L. M.; GÓES-NETO, A.; SOARES, A. C. F. Postharvest biocontrol of anthracnose *In: bananas by endophytic and soil rhizosphere bacteria associated with sisal (*Agave sisalana*) In: Brazil. **Biological Control**, v. 137, p. 104-116, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049964419303512>. Acesso em: 25 ago. 2019.*

DAVANÇO, T.; TANADA-PALMU, P.; GROSSO, C. Filmes compostos de gelatina, triacetina, ácido esteárico ou capríco: Efeito do pH e da adição de surfactantes sobre a funcionalidade dos filmes. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 408–416, 2007. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612007000200034](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612007000200034). Acesso em: 26 mar. 2020.

DE CASTRO, D. S.; MOREIRA, I. S.; SILVA, L. M. M.; LIMA, J. P.; SILVA, W. P.; GOMES, J. P.; FIGUEIRÊDO, R. M.F. Isolation and characterization of starch from pitomba endocarp. **Food Research International**, v. 124, n. 2, p. 181–187, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996918304782>. Acesso em: 02 fev. 2020.

DELLOVA, D.; FRANÇA, D.; DONATI, G.; CEZÁRIO, G.; MARINI, H.; RELA, J. V.; LINO, J.; PRIEBSCH, K.; ALBUQUERQUE, L.; OLIVEIRA, M.; VIEIRA, R. Psicultura Brasileira: uma atividade de constante expansão. **Anuário PeixeBR da**

**Piscicultura**, p. 1–149, 2019. Disponível em:

<https://www.peixebr.com.br/Anuario2019/AnuarioPeixeBR2019.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2019.

DILKES-HOFFMAN, L. S.; LANE, J. L.; GRANT, T.; PRATT, S.; LANT, P. A.; LAYCOCK, B. Environmental impact of biodegradable food packaging when considering food waste. **Journal of Cleaner Production**, v. 180, p. 325–334, 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618301914>. Acesso em: 17 mai. 2019.

DIOGO, H. C.; SARPIERI, A.; PIRES, M. C. Preservação de fungos em água destilada \* Fungi preservation *In*: distilled water. **An Bras Dermatology**. v. 4, p. 591-597, 2005. Disponível em: [https://www.scielo.br/pdf/abd/v80n6/en\\_v80n06a04.pdf](https://www.scielo.br/pdf/abd/v80n6/en_v80n06a04.pdf). Acesso em: 20 jun. 2019.

FAOSTAT. FAO Analytical Food Composition and statistical database. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, v. 1, n. 25, p. 3–29, 2016.

Disponível em: <http://www.fao.org/3/y4705e/y4705e08.htm>. Acesso em: 22 mar. 2020.

FERRARI, J. T.; DOMINGUES, R. J.; TÖFOLI, J. G.; NOGUEIRA, E. M. C.

**Antracnose associada às fruteiras**. Disponível em:

[http://www.infobibos.com/Artigos/2011\\_4/Antracnose/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2011_4/Antracnose/Index.htm). Acesso em: 20 jan. 2020.

FERREIRA, M. C. M.; GOMES, A. F.; GOZZO, A. M. Extração e caracterização de gelatina a partir de subprodutos de Tilápia do Nilo. **XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, v. 2, n. 3, p. 1786–1792, 2015. Disponível em:

<https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/extrao-e-caracterizacao-de-gelatina-a-partir-de-subprodutos-de-tilpia-do-nilo-sarotherodon-niloticus-19897>. Acesso em: 14 jun. 2019.

FERREIRA, M. F. **Extração E Caracterização De Gelatina Proveniente De Subprodutos Do Frango : Pés**. [s.l.] Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão-PR, 2013. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa/article/download/4933/pdf>. Acesso em: 14 jun. 2019.

FISH, W. W.; PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J. K. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 15, n. 3, p. 309–317, 2002. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889157502910690>. Acesso em: 06 jan. 2021.

FULLANA-PERICÀS, M.; CONESA, M. À.; AOU-OUAD, H.; RIBAS-CARBÓ, M.; GALMÉS, J. Tomato landraces as a source to minimize yield losses and improve fruit quality under water deficit conditions. **Agricultural Water Management**, v. 223, n. January, p. 105–112, 2019. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377419300514>. Acesso

em: 06. jna. 2021.

GAMBELLI, D.; VAIRO, D.; SOLFANELLI, F.; ZANOLI, R. Economic performance of organic aquaculture: a systematic review. **Marine Policy**, n. May, p. 103–109, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308597X18306468>. Acesso em: 23 mai. 2019.

GERALD KARP. **Biologia celular e molecular: conceitos e experimentos**. 3. ed. [s.l.] Elsevier Science, v. 9. 2005.

GONZÁLEZ, A.; GASTELÚ, G.; BARRERA, G. N.; RIBOTTA, P. D.; IGARZABAL, C. I. A. Preparation and characterization of soy protein films reinforced with cellulose nanofibers obtained from soybean by-products. **Food Hydrocolloids**, v. 89, n. November 2018, p. 758–764, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X18314206>. Acesso em: 13 abr. 2019.

HAN, S.L.; WANG, J.; ZHANG, Y. X.; QIAO, F.; CHEN, L. Q.; ZHANG, M. L.; DU, Z. Y. Inhibited autophagy impairs systemic nutrient metabolism *In: Nile's tilapia. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*, v. 236, p. 110–121, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31279932/>. Acesso em: 05 mai. 2019.

HAYES, D. G.; SOLAIMAN, D. K. Y.; ASHBY, R. D. Apply of surfactant on food companys: Front Matter. *In: HAYES, D. G.; SOLAIMAN, D. K. Y.; ASHBY, R. D. (Eds.). Biobased Surfactants*. 2. ed. [s.l.] AOCS Press, 2019. p. 152–186. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/328065896\\_Surfactants\\_Basics\\_and\\_Versatility\\_in\\_Food\\_Industries](https://www.researchgate.net/publication/328065896_Surfactants_Basics_and_Versatility_in_Food_Industries). Acesso em: 05 mai. 2019.

HAZAVEH, P.; MOHAMMADI NAFCHI, A.; ABBASPOUR, H. The effects of sugars on moisture sorption isotherm and functional properties of cold water fish gelatin films. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 79, p. 370–376, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813015003347>. Acesso em: 09 jan. 2020.

HERNANDEZ-MONTIEL, L. G.; GUTIERREZ-PEREZ, E. D.; MURILLO-AMADOR, B.; VERO, S.; CHIQUITO-CONTRERAS, R. G.; RINCON-ENRIQUEZ, G. Mechanisms employed by *Debaryomyces hansenii* *In: biological control of anthracnose disease on papaya fruit. Postharvest Biology and Technology*, v. 139, p. 31–37, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521417308335>. Acesso em: 12 ago. 2019.

HUANG, T.; TU, Z. C.; SHANGGUAN, X.; SHA, X.; WANG, H.; ZHANG, L.; BANSAL, N. Fish gelatin modifications: a comprehensive review. **Trends In: Food Science and Technology**, v. 86, n. 2, p. 260–269, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224417307483>. Acesso

em: 04 mar. 2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-químicos para análise de alimentos**. 1ª Ed. Dig ed. São Paulo: (NIT/IAL), Núcleo de Informação e Tecnologia, 2008.

Disponível em:

[http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016\\_3\\_19/analisedealimentosial\\_2008.pdf](http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf). Acesso em: 01 fev. 2019.

JUSTEN, A. P.; SOUZA, M. L.; MONETIRO, J. G.; MIKCHA, J. M. G.; GASPARINO, E.; DELBEM, A. B.; CARVALHO, M. R. B.; DEL VESCO, A. P. Preparation of extruded snacks with flavored flour obtained from the carcasses of Nile tilapia: physicochemical, sensory, and microbiological analysis. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 26, n. 3, p. 258–266, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/169426>. Acesso em: 16 mar. 2019.

KERTON, F. M.; LIU, Y.; MURPHY, J. N.; HAWBOLDT, K. Renewable resources from the oceans: adding value to the by-products of the aquaculture and fishing industries. **IEEE**, v. 2, n. 14, p. 1–3, 2015. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7002983>. Acesso em: 22 mar. 2019.

LEMO, O. L.; REBOUÇAS, T. N. H.; JOSÉ, A. R. S.; VILA, M. T. R.; SILVA, K. S. Utilização de biofilme comestível na conservação, de pimentão “*Magali R*” em duas condições de armazenamento. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 693–699, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052007000400020>. Acesso em: 27 nov. 2019.

LINS, S. R. DE O.; MELO, A. P. DE; OLIVEIRA, S. M. A. DE. Podridão peduncular em manga: patogenicidade, agressividade e caracterização de isolados pela análise isoenzimática. **Summa Phytopathologica**, v. 39, p. 263–270, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052013000400006>. Acesso em: 13 ago. 2020.

LOSILLA SOLANO, L. V.; BRÜMMER, B.; ENGLER, A.; OTTER, V. Effects of intra- and inter-regional geographic diversification and product diversification on export performance: evidence from the Chilean fresh fruit export sector. **Food Policy**, v. 86, p. 101–117, 1 jul. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306919218308170>. Acesso em: 29 out. 2020.

LUFU, R.; AMBAW, A.; OPARA, U. L. The contribution of transpiration and respiration processes *in*: the mass loss of pomegranate fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 157, n. March, p. 110982, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521419302285>. Acesso em: 25 set. 2020.

MARTINS, S. J.; FARIA, A. F.; PEDROSO, M. P.; CUNHA, M. G.; ROCHA, M. R.; MEDEIROS, F. H. V. Microbial volatiles organic compounds control anthracnose (*Colletotrichum lin demuthianum*) at common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Biological Control**, v. 131, p. 36–42, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049964418306534>. Acesso em: 25 set. 2020.

MOLINARI, M. C. **Extração e caracterização de gelatina a partir de subprodutos de tilápia**. [s.l.] Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão-PR, 2014. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6591>. Acesso em: 26 abr. 2019.

MUKAMA, M.; ANBAW, A.; BERRY, T. M.; OPARA, U. L. Analysing the dynamics of quality loss during precooling and ambient storage of pomegranate fruit. **Journal of Food Engineering**, v. 245, n. Oct. 2018, p. 166–173, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877418304552>. Acesso em: 25 abr. 2020.

MUYONGA, J. H.; COLE, C. G. B.; DUODU, K. G. Characterisation of acid soluble collagen from skins of young and adult Nile perch (*Lates niloticus*). **Food Chemistry**, v. 85, n. 1, p. 81–89, 1 mar. 2004. Disponível em : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814603003364?via%3Dihub>. Acesso em: 26 abr. 2019.

NAFIU, A. B.; OLUWAFUYI, A. M. A.; HALEEMAT, A.; OLALEKAN, I. S.; RAHMAN, M. Papaya (*Carica papaya* L., *Pawpaw*). **Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements**, v. 16, p. 335–359, 2019. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128124918000485?via%3Dihub>. Acesso em: 14 mar. 2020.

NATARAJ, D.; SAKKARA, S.; HN, M.; REDDY, N. Properties and applications of citric acid crosslinked banana fibre-wheat gluten films. **Industrial Crops and Products**, v. 124, p. 265–272, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669018306745>. Acesso em: 08 dez. 2019.

NAVEEN KUMAR, G.; SURESH KUMAR, C. Effect of the mechanical properties on polymer hybrid nanocomposites reinforced on epoxy. **Materials Today: Proceedings**, v. 2, n. 4, p. 258–264, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785319323466>. Acesso em: 04 jan. 2020.

NUNES, Y. L. **Preparação e caracterização de bioblendas poliméricas a partir de gelatina bovina e de tilápia com amido de milho**. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Norte- RN, 2014. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/12848/1/DesenvolvimentoBioblendasPolim%C3%A9ricas\\_Nunes\\_2014.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/12848/1/DesenvolvimentoBioblendasPolim%C3%A9ricas_Nunes_2014.pdf). Acesso em: 01 mar. 2019.

OLIVEIRA, T. A. DE; SANTOS, F. K.G.; LEITE, R. H. L.; AROUCHA, E. M. M.; NOBRE, D. Biofilmes de gelatina: efeito da adição de surfactante e ácidos graxos de óleo de coco na permeabilidade ao vapor de água. **Revista Verde Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 76–80, 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/264274458\\_Biofilmes\\_de\\_gelatina\\_Efeito\\_da\\_adicao\\_de\\_surfactante\\_e\\_acidos\\_graxos\\_de\\_oleo\\_de\\_coco\\_na\\_permeabilidade\\_ao\\_vapor\\_de\\_agua](https://www.researchgate.net/publication/264274458_Biofilmes_de_gelatina_Efeito_da_adicao_de_surfactante_e_acidos_graxos_de_oleo_de_coco_na_permeabilidade_ao_vapor_de_agua). Acesso em: 25 ago. 2019.

OLIVEIRA, W. P. **Otimização do pré-tratamento da extração de gelatina obtida**

**de coprodutos da tilápia do Nilo.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão-PR. 2018. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11307/1/gelatinacoprodutostilapia.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2019.

PAPALIA, Í. DA S.; LONDERO, P. M. G. Extração de zeína e sua aplicação na conservação dos alimentos. **Ciência Rural**, v. 45, n. 3, p. 552–559, mar. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131649>. Acesso em: 07 mai. 2019.

PERES, Â. P.; SILVA-MANN, R.; VIEIRA, M. G. C. G.; MACHADO, J. C. Variabilidade morfocultural e genética de fungos associados a podridão peduncular do mamão. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 5, p. 1053–1062, out. 2003. Disponível em : [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542003000500012](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542003000500012). Acesso em: 29 abr. 2020.

PINHEIRO, F. A.; PINHEIRO, A. V. DE B. S. Processos de Certificação para Exportação de Frutas Frescas Brasileiras. **XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão**, v. 2, n. 19, p. 1–14, 2009. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009\\_TN\\_STP\\_092\\_624\\_14067.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STP_092_624_14067.pdf). Acesso em: 15 mar. 2019.

PINTO, E. P.; TAVARES, W. S.; MATOS, R. S.; FERREIR, A. M.; MENEZES, R. P.; COSTA, M. E. H. M. C.; SOUZA, T. M.; ZAMORA, R. R. M. Influence of low and high glycerol concentrations on wettability and flexibility of chitosan biofilms. **Quimica Nova**, v. 41, n. 10, p. 1109–1116, 2018. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422018001001109](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422018001001109). Acesso em: 29 out. 2019.

PUZZI, M. B.; XAVIER, A.; LIFTFALLA, F.; POLIZER, K. A.; ZAPPA, V. Encefalopatia espongiforme bovina. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária é uma publicação semestral da Faculdade de Medicina**, v. 1, n. 10, p. 14, 2008. Disponível em: [http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/SFX6h2ndXVlzywV\\_2013-5-29-10-22-3.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/SFX6h2ndXVlzywV_2013-5-29-10-22-3.pdf). Acesso em: 06 jan. 2020.

RAHMAN, M. S.; LEWICKI, P. P. **Food Properties Handbook Data and Models of Water Activity . I : Solutions and Liquid Foods Publication details Liquid Foods from : Food Properties Handbook CRC Press Data and Models of Water Activity . I : Solutions and Liquid Foods.** 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1201/9781420003093>. Acesso em: 03 mai. 2019.

RAMOS, W. R. S.; VIEIRA, L. L.; SILVA, O. L. L.; LOURENÇO, L. F. H.; JOELE, M. R. S. P. Efeito da adição dos surfactantes em biofilmes compostos de ácido esteárico e proteínas de peixe. **Revista Higiene Alimentar**, v. 30, n. 262, p. 127–130, 2016. Disponível em: <http://higienealimentar.com.br/hig2017/>. Acesso em: 02 nov. 2019.

ROCHA, G. O. **Obtencao e caracterizao de films biodegradáveis a partir de**



**misturas de amido de amndioca e extrato protéico de soja.** [s.l.] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédia-RJ., 2009. Disponível em: <https://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-128206/obtencao-e-caracterizacao-de-filmes-biodegradaveis-a-partir-de-misturas-de-amido-de-mandioca-e-extrato-proteico-de-soja>. Acesso em: 15 ago. 2019.

RODRIGUES, S.; BRITO, E. S. DE; DE OLIVEIRA SILVA, E. Fruits. *In*: ABRAVANEL, S. (Ed.). **Exotic Fruits**. 2. ed. Fortaleza-CE: Elsevier, 2018. p. 351–354. Disponível em: <https://pt.scribd.com/book/368583396/Exotic-Fruits-Reference-Guide>. Acesso em: 14 dez 2020.

ROMANI, V. P.; OLSEN, B.; COLLARES, M.; OLIVEIRA, J. R. M.; PRENTICE, C.; MARTINS, V. G. Plasma technology as a tool to decrease the sensitivity to water of fish protein films for food packaging. **Food Hydrocolloids**, v. 94, n.3, p. 210–216, Nov, 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/331785352\\_Plasma\\_technology\\_as\\_a\\_tool\\_to\\_decrease\\_the\\_sensitivity\\_to\\_water\\_of\\_fish\\_protein\\_films\\_for\\_food\\_packaging](https://www.researchgate.net/publication/331785352_Plasma_technology_as_a_tool_to_decrease_the_sensitivity_to_water_of_fish_protein_films_for_food_packaging). 07 jan. 2020.

SAFFORD, T. G.; VIEIRA, P. F.; POLETTE, M. Scientific engagement and the development of marine aquaculture *In*: Santa Catarina, southern Brazil. **Ocean and Coastal Management**, v. 178, n. May, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569118310123>. Acesso em: 28 jun. 2019.

SILVA, G. C. DE O. DA; SILVA, S.; CARVALHO, J. W.; GUEDES, S.; LOSS, R. A. Obtenção e caracterização físico-química e microbiológica da gelatina de resíduos de matrinxã (*Brycon amazonicus*) e tambaqui (*Colossoma macroponum*). **Acta of Fishing and Aquatic Resources**, v. 6, p. 74–84, 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/325648255\\_Physicochemical\\_and\\_microbiological\\_characterization\\_of\\_gelatin\\_from\\_matrinxa\\_Brycon\\_amazonicus\\_and\\_tamb aqui\\_Colossoma\\_macroponum\\_residues](https://www.researchgate.net/publication/325648255_Physicochemical_and_microbiological_characterization_of_gelatin_from_matrinxa_Brycon_amazonicus_and_tamb aqui_Colossoma_macroponum_residues). Acesso em: 19 mai. 2019.

SOUZA FILHO, M. DE S. M. DE; MALO, E. F.; RIBEIRO, H. L.; FEITOSA, J. P. A.; SOUZA, J. P. A.; AZEREDO, H. M. C. Obtenção e caracterização de gelatina de pele de tilápia-do-Nilo em escala piloto. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 144, p. 1–19, 2017. Disponível em: <https://docplayer.com.br/114509652-Boletim-de-pesquisa-e-desenvolvimento-144.html>. Acesso em: 05 mar. 2019.

SOUZA FILHO, M. DE S. M.; NUNES, Y. L.; ROSA, M. F.; ITO, F. N.; FURTADO, A. A. L.; RODRIGUES, M. L. L.; MELO, E. F. Obtenção e caracterização de gelatina de pele de tilápia. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 64, p. 1–22, 2012. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/951849>. Acesso em: 05 mar. 2019.

SOUZA, M. C. C. **Elaboração de filmes biodegradáveis a partir da extração de gelatina da pele de tilápia do Nilo**. Universidade tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão-PR, 2016. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6701>. Acesso em: 14 mai. 2019.

SOW, L. C.; TOH, N. Z. Y.; WONG, C. W.; YANG, H. Combination of sodium alginate with tilapia fish gelatin for improved texture properties and nanostructure modification. **Food Hydrocolloids**, v. 94, n. March, p. 459–467, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X18318162>. Acesso em: 05 mai. 2019.

SUSSEL, F. R. **Tilapicultura no Brasil e entraves na produção**. Disponível em: <https://www.pesca.sp.gov.br/TilapiculturaEntraves2013.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2019.

TONGNUANCHAN, P.; BENJAKUL, S.; PRODPRAN, T.; PISUCHPEN, S.; OSAKO, K. Mechanical thermal and heat sealing proprieties of fish skin gelatin film containing palm oil and basil essential oil with differen surfactants. **Food Hydrocolloids**, v. 3, n. 2015, p. 93–107, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X15301727>. Acesso em: 06 abr. 2019.

VÄHÄ-NISSI, M.; KOIVULA, H. M.; RALSANEN, H. M.; VARTIAINEN, J.; RAGNI, P.; KENTTA, E.; MALM, T. HARLIN, A.; MINIKKINEN, H.; KALJUNEN, T. Cellulose nanofibrils *In*: biobased multilayer films for food packaging. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 134, n. 19, p. 2–9, 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/app.44830>. Acesso em: 02 fev. 2020.

VARTIAINEN, J.; LAINE, C.; WILLBERG-KEYRILAINEN, P.; OHRA-AHO, T. Biobased mineral-oil barrier-coated food-packaging films. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 134, n. 9, p. 1–7, 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/app.44586>. Acesso em: 02 fev. 2020.

VENANCIO, C. DA S.; MENEZES, B. S. N.; SOUZA, P. S.; REITZ, F. A.; MARQUES, L. L. M. Caracterização de filmes com adição de fibras desenvolvidos a partir de coproduto da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *In*: **Higiene Alimentar**. v. 33p. 3571–3574. Disponível em: <http://higienealimentar.com.br/hig2019/>. Acesso em: 03 jul. 2019.

VILLALOBOS, R.; HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; CHIRALT, A. Effect of surfactants on water sorption and barrier properties of hydroxypropyl methylcellulose films. **Food Hydrocolloids**, v. 20, n. 4, p. 502–509, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X0500072X>. Acesso em: 04 abr. 2019.

WALKER, C.; MACIEL, C. G.; MILANESI, P. M.; MUNIZ, M. F. B.; MEZZOMO, R.; POLLET, C. S. Caracterização morfológica, molecular e patogenicidade de *Fusarium acuminatum* e *Fusarium verticillioides* : a cordia americana. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 463–473, 1 abr. 2016. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-50982016000200463](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-50982016000200463). Acesso em: 17 set. 2020.

WILLIAMSON, K.; PAO, S.; DORMEDY, E.; PHILLIPS, T.; LI, L. Microbial evaluation of automated sorting systems *on* stone fruit packinghouses during peach packing. **International Journal of Food Microbiology**, v. 285, n. jan, p. 98–102, 2018.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160518304094>. Acesso em: 30 de ago. 2020.