



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

ANA CAROLINE PEREIRA DA SILVA

**REVESTIMENTO E FILME BIODEGRADÁVEL DE GELATINA
DE PEIXE E ÓLEO DE AÇAÍ: EFEITO DA APLICAÇÃO NA
QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE TOMATE**

BELÉM - PA
2020

ANA CAROLINE PEREIRA DA SILVA

**REVESTIMENTO E FILME BIODEGRADÁVEL DE GELATINA
DE PEIXE E ÓLEO DE AÇAÍ: EFEITO DA APLICAÇÃO NA
QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE TOMATE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lúcia de Fátima Henriques Lourenço

BELÉM – PA

2021

ANA CAROLINE PEREIRA DA SILVA

**REVESTIMENTO E FILME BIODEGRADÁVEL DE GELATINA
DE PEIXE E ÓLEO DE AÇAÍ: EFEITO DA APLICAÇÃO NA
QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE TOMATE**

Avaliada em: ____/____/____

Conceito: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Lúcia de Fátima Henriques Lourenço
(PPGCTA/ITEC/UFPA – Orientadora)

Prof^a. Dra. Maria Regina Sarkis Peixoto Joele
(IFPA/CAMPUS CASTANHAL – Membro Interno)

Prof. Dr. Eder Augusto Furtado Araújo
(FEA/ITEC/UFPA– Membro Externo)

D.Sc. Rafaella de Andrade Mattietto
(EMBRAPA/ BELÉM – Membro Suplente)

BELÉM – PA

2021

Aos meus pais Ronaldo e Maria, ao meu esposo Amilcar e a minha filha Maria Sophia que são as razões de todo o meu esforço.

Com gratidão dedico.

Tudo tem o seu tempo determinado e há tempo para todo o propósito debaixo dos céus.

Eclesiastes cap.3 vers.1

AGRADECIMENTOS

A Deus toda a minha gratidão pela conclusão de mais uma etapa de grande importância em minha vida, sem o Senhor para me dá forças com certeza não conseguiria, és o meu porto seguro.

A Universidade Federal do Pará e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo suporte recebido durante a realização desta pesquisa.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos.

A Prof^ª Dra. Lúcia de Fátima H. Lourenço por ter sido uma excelente orientadora com quem tenho aprendido muito durante estes anos em que trabalhamos juntas. Sou grata por sua paciência e pela maneira gentil que me tratou durante todo este período, sempre me encorajando a prosseguir nos momentos de adversidades que ocorreram durante esta pesquisa. És uma profissional exemplar.

Aos Membros da banca Prof^ª Dra. Regina Joele e Prof^º Dr. Eder Araújo pelas excelentes contribuições no decorrer deste estudo.

A todos os alunos e amigos do Laboratório de Produtos de Origem Animal (LAPOA-UFPA) pela assistência durante a realização das análises, em especial aos alunos de iniciação científica Fernanda e Marcos. Gostaria de agradecer a Cleidiane Araújo, Jáira Thayse e Eleda Xavier que sempre estiveram dispostas a me ajudar e que são grandes amigas e incentivadoras da minha vida acadêmica.

Aos meus pais Ronaldo e Maria que sempre se esforçaram para que eu pudesse ter uma educação de qualidade e são fonte de inspiração, força e amor. Eu amo vocês!!

Ao meu esposo Amilcar por todo amor e companherismo.

A minha filha amada Maria Sophia que é a razão pela qual eu busco alcançar meus objetivos e crescer profissionalmente. Mamãe te ama minha princesinha!

A Todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa o meu muito obrigada.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos.....	16
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1 Atributos de qualidade de tomates durante a pós-colheita	17
3.2 Revestimentos e Filmes Biodegradáveis	19
3.3 Gelatina	20
3.4 Óleo de Açaí	22
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 MATERIAL	23
4.2 MÉTODOS.....	23
4.2.1 Obtenção e Pré-Tratamento da Matéria Prima.....	23
4.2.2 Extração da Gelatina.....	23
4.2.3 Rendimento	24
4.2.4 Ponto de Fusão.....	24
4.2.5 Força do Gel.....	24
4.2.6 Elaboração de Revestimento e do Filme Biodegradável.....	24
4.2.6.1 Delineamento Composto Central Rotacional 2² para o Revestimento	25
4.2.6.2 Delineamento Composto Central Rotacional 2² para o Filme.....	26
4.2.7 Caracterização do Revestimento.....	26
4.2.7.1 Força do Gel.....	26
4.2.7.2 Caracterização Reológica	26
4.2.8 Caracterização do Filme Composto.....	27
4.2.8.1 Espessura.....	27
4.2.8.2 Cor	27
4.2.8.3 Solubilidade.....	27
4.2.8.4 Permeabilidade ao vapor de água (PVA)	28

4.2.8.5 Propriedades Mecânicas	28
4.3 Aplicação dos Revestimentos Elaborados em Tomates	29
4.3.1 Acompanhamento da Qualidade Pós-colheita dos Tomates.....	30
4.4 Análise Estatística.....	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1 Caracterização Física da Gelatina de Pescada Amarela.....	31
5.2 Definição das Condições Ótimas para obtenção do Revestimento	31
5.2.1 Estimativa dos Efeitos, Significância e Análise de Variância das Respostas Estudadas do Planejamento Fatorial Completo 2 ²	32
5.2.2 Otimização do Revestimento pela função Desejabilidade	35
5.2.3 Comportamento Reológico dos Revestimentos Controle e Otimizado ...	36
5.3 Definição das Condições para Obtenção do Filme Composto.....	38
5.3.1 Estimativa dos efeitos, Significância e Análise de Variância das Respostas Estudadas do Planejamento Fatorial Completo 2 ²	39
5.3.2 Sobreposição dos Gráficos de Contorno e Escolha das Melhores Condições para Elaboração do Filme Composto.....	42
5.4 Caracterização dos Filmes Controle e Filme Composto	43
5.5 Aplicação do Revestimento Biodegradável em Tomates.....	46
5.5.1 Perda de Massa	46
5.5.2 Cor e Aspecto Visual	47
5.5.3 Acidez Titulável e pH	51
5.5.4 Sólidos Solúveis e Índice de Maturação.....	53
5.5.5 Firmeza	55
6. CONCLUSÃO.....	57
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
APÊNDICE A	79

Lista de Figuras

Figura 1. Estrutura dos aminoácidos glicina, prolina e hidroxiprolina.	21
Figura 2. Superfície de resposta e curva de nível para viscosidade em função da concentração de óleo de açaí (AO) e concentração de gelatina (GPA).	34
Figura 3. Superfície de resposta e curva de nível para Força do Gel relacionando concentração de GPA e OA.	35
Figura 4. Gráfico de desejabilidade para as concentrações de GPA e OA utilizadas na obtenção do revestimento.	35
Figura 5. Comportamento das curvas de tensão e taxa de cisalhamento dos revestimentos controle e otimizado.	37
Figura 6. Comportamento da viscosidade e da taxa de cisalhamento dos revestimentos controle e otimizado.	38
Figura 7. Gráfico de contorno para PVA em função da concentração de óleo de açaí (AO) e concentração de gelatina (GPA).	41
Figura 8. Superfície de resposta e curva de nível para resistência á tração em função da concentração de óleo de açaí (AO) e concentração de gelatina (GPA).	42
Figura 9. Sobreposição das curvas de contorno de resistência a tração (cores) e permeabilidade ao vapor de água (linhas) em função da concentração de óleo de açaí (OA) e concentração de gelatina (GPA).	43
Figura 10. Filmes controle (GPA:5,4 %, Plastificante: 18%) e Composto (GPA: 5,4%, Plastificante: 18% e OA: 21,5%).	46
Figura 11. Perda de massa (%) dos tomates controle e com revestimentos (RSO e RO), durante o armazenamento.	47
Figura 12. Luminosidade dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.	48
Figura 13. Parâmetro a* (verde ao vermelho) dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.	49
Figura 14. Aspecto visual dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.	50
Figura 15. Acidez em ácido cítrico dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.	51
Figura 16. pH dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.	52

Figura 17. Sólidos solúveis dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.....	53
Figura 18. Índice de Maturação dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.....	54
Figura 19. Firmeza dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Planejamento Fatorial Completo Composto Central Rotacional (2^2) com valores codificados e reais.....	26
Tabela 2. Resultados experimentais de Viscosidade (V) e Força do Gel (FG) obtidos através do Planejamento Fatorial Completo 2^2 do revestimento.....	32
Tabela 3. Efeitos estimados, erro puro, significância estatística, teste F, R^2 e o modelo proposto para viscosidade e força do gel.....	33
Tabela 4. Parâmetros dos modelos Ostwald de Waele e Herschel-Bulkley para os revestimentos controle e otimizado.....	37
Tabela 5. Resultados experimentais de PVA e RT obtidos através do planejamento fatorial completo 2^2	39
Tabela 6. Efeitos estimados, erro puro, significância estatística, teste F, R^2 e o modelo proposto para permeabilidade ao vapor de água (PVA) e resistência á tração (RT).....	40
Tabela 7. Caracterização das propriedades físico-químicas, mecânicas e cor instrumental dos filmes controle e composto (FOA).....	44
Tabela 8. Perda de massa (%) dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.....	79
Tabela 9. Luminosidade dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.....	79
Tabela 10. Parâmetro a^* dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.....	80
Tabela 11. Acidez dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.....	80
Tabela 12. pH dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.....	81
Tabela 13. Sólidos solúveis dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.....	81
Tabela 14. Índice de Maturação dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.....	82
Tabela 15. Firmeza dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.....	82

RESUMO

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é um fruto climatérico que apresenta vida pós-colheita curta devido às reações bioquímicas que aceleram a maturação e a senescência, afetando sua qualidade. Os filmes biodegradáveis têm sido estudados como alternativa para minimizar as perdas pós-colheita de frutas e prolongar a vida útil destes alimentos. Estes revestimentos quando elaborados com gelatina de peixe apresentam altas permeabilidade ao vapor de água (PVA) e solubilidade devido sua natureza hidrofílica. E a adição de óleos vegetais pode melhorar estas propriedades tecnológicas além de tornar a embalagem ativa atuando como antioxidantes e antimicrobianos. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da adição de óleo de açaí nas propriedades tecnológicas de filmes e revestimentos de gelatina e aplicar o revestimento em tomates para preservar sua qualidade pós-colheita. A gelatina extraída de peles de peixe apresentou rendimento de 18%, força do gel de 244g e ponto de fusão de 28 °C, propriedades tecnológicas importantes para que este biopolímero possa ser utilizado na elaboração de embalagens. Foram realizados dois planejamentos fatoriais 2² para definir as condições otimizadas de obtenção do revestimento e a sobreposição de gráficos para definir as condições de elaboração do filme composto. O revestimento com 5,40% de gelatina, 17,25 % de óleo de açaí e 18,00% de plastificante apresentou as melhores respostas para alta viscosidade e maior força do gel. O filme com 5,40 % de gelatina, 21,50 % de óleo de açaí e 18,00% de plastificante foi o que apresentou as melhores respostas para baixa permeabilidade ao vapor de água e alta resistência a tração. Os valores de PVA obtidos foram $16,83 \times 10^{-8}$ e $12,73 \times 10^{-11}$ g.m⁻¹. s⁻¹. Pa⁻¹ para filme controle (sem óleo) e composto (com óleo), respectivamente. O filme composto apresentou excelentes resultados para as propriedades tecnológicas que são importantes para a aplicação em frutas. O revestimento otimizado foi eficiente para manter as características de qualidade dos tomates, pois reduziu o percentual de perda de massa e obteve maior percentual de acidez em comparação ao controle, comprovando que o revestimento com óleo de açaí foi eficaz para retardar os processos de amadurecimento. Conclui-se que o revestimento de gelatina de peixe e óleo de açaí prolongou a vida útil dos tomates, sendo uma alternativa promissora como embalagem para frutos climatéricos.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, coberturas biodegradáveis, gelatina de peixe, qualidade pós-colheita.

ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicum*) is a climacteric fruit that has a short post-harvest life due to biochemical reactions that accelerate maturation and senescence, affecting its quality. Biodegradable films have been studied as an alternative to minimize postharvest losses of fruits and prolong the shelf life of these foods. These coatings, when made with fish gelatin, have high water vapor permeability (PVA) and solubility due to their hydrophilic nature. And the addition of vegetable oils can improve these technological properties in addition to making the packaging active, acting as antioxidants and antimicrobials. The aim of this study was to evaluate the influence of the addition of açai oil on the technological properties of gelatin films and coatings and to apply the coating on tomatoes to preserve their postharvest quality. Gelatin extracted from fish skins had a yield of 18%, gel strength of 244g and melting point of 28 °C, important technological properties for this biopolymer to be used in the preparation of packaging. Two factorial 2² planning were carried out to define the optimized conditions for obtaining the coating and the superimposition of graphics to define the conditions for the elaboration of the composite film. The coating with 5.40% gelatin, 17.25% açai oil and 18.00% plasticizer showed the best responses for high viscosity and higher gel strength. The film with 5.40% gelatine, 21.50% açai oil and 18.00% plasticizer showed the best responses for low water vapor permeability and high tensile strength. The PVA values obtained were 16.83×10^{-8} and 12.73×10^{-11} g.m⁻¹. s⁻¹. Pa⁻¹ for control film (without oil) and composite (with oil), respectively. The composite film showed excellent results for the technological properties that are important for application to fruit. The optimized coating was efficient to maintain the quality characteristics of the tomatoes, as it reduced the percentage of mass loss and obtained a higher percentage of acidity compared to the control, proving that the coating with açai oil was effective in delaying the ripening processes. It is concluded that the coating of fish gelatin and açai oil extended the shelf life of tomatoes, being a promising alternative as a packaging for climacteric fruits.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, biodegradable coverings, fish gelatin, post-harvest quality.

1 INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é um dos frutos mais consumidos no mundo por ser rico em compostos bioativos como carotenóides, ácido ascórbico, tocoferóis, compostos fenólicos e características como cor, tamanho, firmeza e sabor etc., atributos de qualidade que estimulam a aceitação do consumidor (PINHEIRO et al., 2013).

No entanto, por se tratar de um fruto climatérico o tomate apresenta menor período de vida pós-colheita devido às reações bioquímicas que ocorrem, entre elas a produção de etileno e a alta taxa de respiração que contribuem para acelerar a maturação e senescência, processos que afetam a qualidade (FAGUNDES et al., 2014; NAWAB et al., 2017). Durante o processo de maturação estas reações metabólicas podem influenciar na cor, textura, firmeza, teor de açúcar e ácidos orgânicos responsáveis pelo sabor e aroma do fruto. A deterioração destes atributos são fatores determinantes para a perda de qualidade e senescência das frutas (ZHONG et al., 2013; IQBAL et al., 2017; TANG et al., 2020).

Como alternativa para minimizar as perdas pós-colheita de frutas e hortaliças os filmes ou revestimentos biodegradáveis obtidos de fontes naturais têm sido utilizados como estratégia para prolongar sua vida útil. Estes revestimentos contribuem para modificar a atmosfera agindo como barreira semipermeável contra água e oxigênio, além de possibilitar a adição de compostos antimicrobianos e antioxidantes (CORTEZ-VEGA et al., 2014; PODSHIVALOV et al., 2017).

Biopolímeros como proteínas, polissacarídeos e lipídeos têm sido utilizados na elaboração de filmes e revestimentos comestíveis, dentre estes a gelatina, proteína obtida da pele de peixes, tem se destacado por sua capacidade de formação de filmes, baixo custo, biodegradabilidade e por conferir excelentes propriedades tecnológicas (LECETA et al., 2014; WENG & ZHENG, 2015). A gelatina de peixe tem despertado interesse por ser extraída de peles e ossos que são resíduos da indústria pesqueira, podendo ser valorizados por meio do desenvolvimento de embalagens sustentáveis, além de poder substituir a gelatina bovina (URANGA et al., 2016; NEVES et al., 2019).

No entanto, os revestimentos ou filmes a base de gelatina de peixe possuem alta permeabilidade ao vapor de água (PVA) e solubilidade devido sua natureza hidrofílica, limitando sua aplicação em alimentos com umidade elevada como frutas e hortaliças. Portanto, filmes de gelatina compostos com materiais hidrofóbicos como ácidos graxos,

óleos vegetais, óleos essenciais, alcoóis lipídicos, ceras etc, despertam interesse como revestimento. Pois, estas substâncias reduzem a PVA e a solubilidade devido a interação hidrofóbica entre elas e os compostos hidrofílicos da gelatina, propriedades importantes para obtenção de resultados satisfatórios na aplicação de filmes ou revestimentos em frutas (HOSSEINI et al., 2018; PEREIRA et al., 2020).

Os óleos têm sido amplamente estudados como aditivos naturais em embalagens ativas, pois apresentam benefícios aos alimentos e a saúde humana e suas principais propriedades são antioxidantes, antimicrobianos, antitumorais, inseticidas, antidiabéticos e antiinflamatórios (YEN et al., 2015; BRAHMI et al., 2016; PERIASAMY et al., 2016). Óleos com propriedades antioxidantes ou antimicrobianas podem ser incorporados em filmes e/ou revestimentos tornando a embalagem ativa (AKYUZ et al., 2018; ALBUQUERQUE et al., 2020; AL-TAYYAR et al., 2020).

Dentre estes o óleo de açaí (*Euterpe oleracea*) se destaca por ser rico em compostos bioativos como os flavonóides e fenólicos que conferem ao fruto um alto potencial antioxidante e antimicrobiano. A adição de óleos vegetais com estas propriedades em filmes ou revestimentos pode melhorar as propriedades mecânicas e de barreira contribuindo assim para conservação de alimentos (FILHO et al., 2012, ALMEIDA et al., 2013; CAETANO et al., 2018; SILVA et al., 2019).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência da adição do óleo de açaí (*Euterpe oleracea*) nas propriedades tecnológicas de filmes e revestimentos de gelatina da pele de pescada amarela (*Cynoscion acoupa*) e aplicar o revestimento em tomates para preservar a sua qualidade pós-colheita.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar as características físicas e o rendimento da gelatina extraída da pele de peixe;
- Elaborar o revestimento e o filme biodegradável com a gelatina e óleo de açaí;
- Otimizar o processo de obtenção do revestimento e do filme composto utilizando a metodologia de superfície de resposta;
- Analisar as características reológicas do revestimento otimizado;
- Avaliar as características físicas, mecânicas e de barreira do filme;
- Avaliar o efeito da aplicação do revestimento na qualidade pós-colheita de tomates durante o armazenamento.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Atributos de qualidade de tomates durante a pós-colheita

A produção de frutas e hortaliças minimamente processadas tem aumentado mundialmente, e isto ocorre por que os consumidores preferem alimentos *in natura*, saudáveis, práticos e com nutrientes como vitaminas, antioxidantes, minerais e fibras alimentares que são essenciais para dieta humana (PRAKASH et al., 2018).

O tomate (*Solanum lycopersicum L.*) é um dos alimentos mais consumidos mundialmente, principalmente por suas características comerciais e nutricionais (AZABOU et al., 2016). No Brasil o cultivo de tomate têm se destacado e em 2019 foram produzidos mais de 4,3 milhões de toneladas do fruto em todo o território nacional (IBGE, 2019). Estudos comprovam que o tomate pode ser considerado uma fonte promissora de compostos bioativos na redução de riscos de doenças causadas por danos oxidativos como o câncer. Esta ação se deve aos compostos antioxidantes como carotenóides (licopeno e β -caroteno), ácido ascórbico, flavonóides e tocoferóis presentes em sua composição (STAJCIC et al., 2015).

No entanto, alimentos *in natura* ou minimamente processados apresentam vida útil curta e uma rápida deterioração devido à perda de atributos de qualidade como cor, firmeza, sabor, suculência e perda excessiva de umidade que afetam o prazo de validade destes alimentos e resultam em rejeição pelos consumidores (SIROLI et al., 2015; YOUSUF et al., 2018).

Por ser um fruto climatérico o tomate apresenta uma vida pós-colheita relativamente curta, devido processos físico-químicos, bioquímicos e fisiológicos que afetam sua qualidade. A qualidade comercial depende de características como cor, forma, tamanho, firmeza e prazo de validade. A qualidade sensorial depende de características físicas (textura ou firmeza) e bioquímicas (teores de açúcares, ácidos e compostos voláteis) que determinam o sabor global (BERTIN; GÉRNAD, 2018).

A produção de etileno e as altas taxas de respiração, causam alterações fisiológicas nos atributos de qualidade de frutas tais como mudanças de cor, aparência, firmeza, perda de peso, aumento de sólidos solúveis totais, pH e acidez titulável. Estas reações aceleram o processo de maturação e afetam o sabor e o valor nutricional do fruto resultando em rápida deterioração (FAGUNDES et al., 2014).

As modificações na cor dos tomates durante as etapas de amadurecimento ocorrem devido a degradação da clorofila e síntese de carotenóides que são pigmentos responsáveis pela coloração amarela e vermelha, sendo o licopeno o principal responsável pela cor vermelha em frutos maduros (SANTOS-SÁNCHEZ et al., 2012; KULCZYNSKI et al., 2017). O tomate é a principal fonte de licopeno apresentando em sua composição valores entre 20 e 100 µg/g e muitos estudos relataram que este carotenóide é um antioxidante capaz de reduzir e prevenir doenças cardiovasculares (SOUZA et al., 2018; DIMA et al., 2021; TAN et al., 2021).

Outro fator importante para determinar a qualidade de frutos é a firmeza, a perda deste atributo ocorre de forma natural durante os avanços da maturação e ocasiona a deterioração da qualidade, o aumento de danos mecânicos durante o manuseio, armazenamento e transporte (PARKER & MAALEKUU, 2013). Em frutos climatéricos como o tomate o principal responsável pelo processo de amadurecimento e amolecimento é o etileno, e a sua concentração contribui para a ação das enzimas poligalacturase e a pectinesterase que atuam durante a maturação solubilizando a pectina que é um ácido poligalacturônico presente na paredes celulares de frutas (KAEWKLIN et al., 2018; ARAGÜEZ et al., 2020).

A perda de peso ou de água ocorrem devido as reações de respiração e transpiração e também são responsáveis por alterações na textura de frutas como murchamento durante o amadurecimento (ARAGÜEZ et al., 2020). Estas reações também afetam o sabor pois ocorre aumento no teor de sólidos solúveis, redução do pH e da acidez titulável decorrentes da utilização dos ácidos como substratos nas reações de respiração e conversão em açúcares.

Apesar de todos os avanços na aplicação de tecnologias pós-colheita, o tomate ainda apresenta altas taxas de perdas, sendo necessário o controle dos atributos de qualidade para prolongar a vida útil de tomates mantendo sua qualidade (GUERREIRO et al., 2016; SALTVEIT, 2019; MENDES et al., 2020). Em vista disso, a aplicação de revestimentos biodegradáveis, pode resultar em reduções na perda de massa e na manutenção da qualidade do fruto beneficiando toda a cadeia produtiva do tomate, desde o produtor até o consumidor final (ASSIS et al., 2014).

3.2 Revestimentos e Filmes Biodegradáveis

Na cadeia produtiva de alimentos a embalagem é muito importante e sua principal função é proteger o alimento de fatores ambientais que podem afetar a qualidade (SCHMID, 2013). A utilização de polímeros sintéticos na elaboração de embalagens tem causado sérios problemas ambientais, devido este tipo de material ser resistente a degradação (MUSCAT et al., 2012).

Diante desta problemática, tanto os consumidores como os pesquisadores estão focados em reduzir os problemas ambientais ocasionados pelas embalagens de alimentos sintéticas utilizando materiais biodegradáveis. As embalagens biodegradáveis têm se destacado no setor pois são capazes de manter a qualidade do alimento, estender a vida útil, atrasar a deterioração causada por micro-organismos e possuem propriedades de barreira contra umidade e gases (KUMARI et al., 2017; SUHAG et al., 2020). Existem vários estudos relacionados à utilização de materiais biopoliméricos como matéria-prima para embalagem e preservação de alimentos (PERSIN et al., 2011). Os principais biopolímeros capazes de formar uma matriz contínua, homogênea e coesa são polissacarídeos e proteínas adicionados de materiais como: lipídeos, surfactantes, plastificantes, aditivos e solventes (FAKHOURI et al, 2009; ANDREUCETTI et al, 2011; AHMAD et al, 2012).

O revestimento ou filme biodegradável é uma fina camada utilizada para prolongar a vida útil do alimento que pode ser consumida em conjunto com o produto embalado. Este tipo de embalagem tem apresentado resultados promissores quando aplicados em frutas e vegetais pois agem como barreira à permeabilidade ao vapor de água e trocas gasosas, sendo capazes de retardar reações metabólicas responsáveis pela deterioração destes alimentos (JONGSRI et al., 2016; MARINGGAL et al., 2020). Geralmente o revestimento é formado diretamente sobre a superfície de frutas, vegetais e outros produtos alimentícios enquanto que o filme é formado separadamente e aplicado como embalagem envolvendo a superfície do alimento (AZEREDO, 2012; AGUIRRE-JOYA et al., 2018). A funcionalidade de filmes e revestimentos depende de suas propriedades tecnológicas mecânicas e de barreiras, que por sua vez dependem da composição do filme, do processo de formação e do método de aplicação no produto (AHMAD et al., 2012).

A aplicação de revestimento em frutas pode ser feita de três formas: por meio de imersão rápida do fruto em uma solução filmogênica (em seguida o alimento é deixado

em repouso até que a água evapore e a película se forme sobre a fruta), por meio de aspersão, cujo processo é semelhante, porém a solução é aspergida sobre o alimento ou utilização de filme (película obtida pelo método *casting*) que envolve o alimento (JUNIOR et al., 2010).

Para aplicação em frutas e alimentos frescos o método de imersão é o mais utilizado, e consiste em mergulhar o alimento em uma solução formadora de revestimento (SENTURK et al., 2018). Este método possui três etapas que são: imersão, deposição e evaporação dos solventes (TRAVASSOLI et al., 2016; SUHAG et al., 2020).

A primeira etapa consiste na imersão do alimento na solução de revestimento em uma velocidade constante, o tempo de contato deve garantir quantidade suficiente de solução para umedecer o alimento e para que ocorra interação completa entre o alimento e a solução de revestimento (VALTÉS et al., 2017). Na segunda etapa o processo de deposição é utilizado para formar camadas finas do revestimento na superfície do alimento. Durante a etapa de evaporação o solvente e o líquido em excesso são evaporados através do processo de secagem que pode ocorrer em temperatura ambiente ou com o auxílio de secador quando o revestimento excedente for drenado (ANDRADE et al., 2012; COSTA et al., 2014).

O uso de filmes ou revestimentos comestíveis representa uma forma alternativa de preservação devido à sua capacidade de reduzir a umidade, a migração de soluto, a respiração e a taxa de transpiração, mantendo a firmeza e geralmente atrasando a senescência (DUAN et al., 2011; TEZOTTO-ULIANA et al., 2014).

3.3 Gelatina

A gelatina é obtida através da hidrólise do colágeno que é uma glicoproteína com pequenas quantidades de galactose e glicose e um importante constituinte de vertebrados e invertebrados. Este processo pode ser ácido ou alcalino e ocorre interrompendo as ligações não covalentes, ocasionando um desarranjo da estrutura da proteína, produzindo um inchaço e ruptura de ligações intra e intermoleculares, causando solubilização do colágeno e a produção de gelatina com maior capacidade de hidratação (MALLMANN, 2010; ALFARO et al., 2014).

Tanto o colágeno como a gelatina possuem mais de 18 aminoácidos, onde glicina (Gly), prolina (Pro) e hidroxiprolina (Hyp) são os mais abundantes e

responsáveis pelas propriedades como ponto de fusão, gelificação e estabilidade estrutural da gelatina.

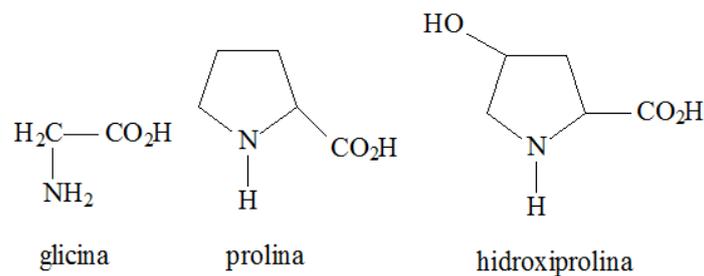


Figura 1. Estrutura dos aminoácidos glicina, prolina e hidroxiprolina.

Quanto menor a concentração de prolina e hidroxiprolina menor ponto de fusão e gelificação que são propriedades importantes para a qualidade da gelatina e de suas propriedades reológicas, e estão relacionadas com a força e elasticidade do gel (CHIOU et al., 2006; NORZIAH et al., 2009; ; HUANG et al., 2017; RAFE; RAZAVI, 2017).

Existem diversos estudos relacionados às propriedades funcionais da gelatina e suas aplicações, dentre estas se destaca a utilização da gelatina como biopolímero para produção de embalagens de alimentos biodegradáveis (VEJDAM et al., 2016). A gelatina é considerada uma opção promissora como matéria-prima para embalagens de alimentos, pois proporciona baixo custo, capacidade de formação de filme, alta disponibilidade e biodegradabilidade (FARRIS et al., 2011). Além disso, a extração da gelatina proveniente da pele do pescado, que é considerada um resíduo da industrialização, transforma um material que poderia ser prejudicial ao meio ambiente em matéria-prima para a elaboração de diversos produtos (BORDIGNON et al., 2012).

A gelatina da pele do peixe apresenta boas propriedades de formação de filme e excelentes propriedades de extensibilidade, no entanto, apresentam valores mais baixos de permeabilidade ao vapor de água (PVA), solubilidade se comparada com filmes preparados com gelatina bovina e suína (SHAKILA et al., 2012; LIU et al., 2012; LIN et al., 2017). A fim de melhorar estas propriedades tecnológicas de filmes e revestimentos, vários estudos com mistura de gelatina e compostos hidrofóbicos como óleos vegetais e essenciais comprovaram que adição destes compostos contribuem para a redução das forças intermoleculares das cadeias protéicas diminuindo sua hidrofobicidade (HASSAN et al., 2018; AL-TAYYAR et al., 2020; SILVA et al., 2021).

3.4 Óleo de Açaí

O açaí (*Euterpe oleracea*) é uma palmeira nativa da Amazônia e usada principalmente para consumo dos seus produtos que são o palmito e o suco extraído dos seus frutos que se destacam pelo alto valor nutricional (NASCIMENTO et al., 2009; FILHO et al., 2012). O fruto do açaizeiro tem uma forma globosa, de 1 a 2 cm de diâmetro, e peso médio de 1,5 g; dependendo do tipo e da maturação, o epicarpo é roxo ou verde, porém seu consumo não ocorre na forma *in natura*, necessitando ser processado (ROGEZ et al., 2011).

Este fruto tem se destacado como uma das novas “superfrutas” e o seu consumo têm aumentado devido aos benefícios a saúde relacionados com sua composição nutricional muito estudada nos últimos anos. Os frutos tem sido muito utilizados no preparo de bebidas energéticas e exportados por todo mundo, com isto esta espécie tem obtido um alto potencial econômico (YAMAGUCHI et al., 2015).

Os benefícios a saúde provenientes do consumo de açaí se devem principalmente aos seus compostos bioativos os flavonóides e fenólicos que conferem ao fruto um alto potencial antioxidante, antimicrobiano e anti-inflamatório (KANG et al., 2010; GARZÓN et al., 2017). Estas mesmas propriedades foram encontradas no óleo extraído do açaí (FAVACHO et al., 2011; FILHO et al., 2012).

Os óleos vegetais podem ser adicionados em filmes e revestimentos biodegradáveis para melhorar suas propriedades mecânicas e de barreira, além de adicionar propriedades antioxidantes ou antimicrobianas que transformando o revestimento em embalagem ativa contribuindo para a conservação do alimento (ALMEIDA et al., 2013; CAETANO et al., 2018). Pires et al. (2013) estudou filmes elaborados com proteína de pescada e óleos de citronela, coentro, estragão e tomilho e concluiu que a adição de óleos reduziu a permeabilidade ao vapor de água dos filmes e atribuiu tal comportamento aos compostos hidrofóbicos e suas interações com a matriz do filme. O mesmo comportamento foi relatado por Kim et al. (2018) no estudo realizado com filme de gelatina de peixe adicionado de óleo de casca de canela.

Segundo Akyuz et al. (2018) as propriedades mecânicas de filmes de quitosana adicionados de diferentes óleos e gorduras vegetais (oliva, milho, girassol, manteiga e óleo animal) foram melhorados devido a fortes interações hidrofóbicas na matriz polimérica. Silva et al. (2018) também relatou melhoria nas propriedades tecnológicas de filmes elaborados com gelatina de pescada amarela e óleo de buriti, incluindo

redução na solubilidade e permeabilidade ao vapor de água. Sendo assim vários estudos têm comprovado que a adição de óleos as matrizes poliméricas têm sido importante para a estrutura final dos filmes, melhorando assim suas propriedades mecânicas e de barreira.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Foram utilizadas peles de pescada amarela (*Cynoscion acoupa*), glicerol (plastificante), óleo de açaí (*Euterpe oleracea*) e goma arábica (surfactante) para elaborar filmes biodegradáveis e revestimentos que foram aplicados em tomates (*Solanum lycopersicum L.*).

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Obtenção e Pré-Tratamento da Matéria Prima

Os resíduos (pele) de pescada amarela (*Cynoscion acoupa*) foram coletados na indústria de pesca Ecomar Ltda, localizada no município de Vigia-Pa. As peles foram embaladas em sacos de polipropileno, armazenadas em caixa isotérmica com gelo em escamas e transportadas para o Laboratório de Produtos de Origem Animal (LAPOA) da Universidade Federal do Pará.

As peles foram higienizadas e cortadas em pedaços de aproximadamente de 4x4 cm, em seguida acondicionadas em embalagens de polietileno à vácuo e congeladas a -26°C, para posterior utilização.

4.2.2 Extração da Gelatina

Foi utilizada a metodologia descrita por Silva et al. (2017), para extrair a gelatina. Inicialmente 40 g de peles foram lavadas em água corrente e imersas em solução de NaCl 0,6 M (1/5 pele/solução) durante 15 min, seguida de imersão em NaOH 0,3 M (1/5 pele/solução) por 15 min e, finalmente em solução de ácido acético 0,02 M (1/5 pele/solução) durante 60 min. Em todas as etapas a imersão ocorreu sob agitação de 85 rpm em incubadora shaker (Cielanb, modelo CE-725B) a 25°C após cada etapa de imersão nessas soluções as peles eram lavadas em água corrente. O material obtido foi colocado em recipiente com 200 mL de água e a mistura foi levada

ao banho-maria (Quimis, 0334M-28) por 9 horas a 60°C. Após o aquecimento o sobrenadante foi coletado por filtragem em tecido faillet. A gelatina obtida foi colocada em bandejas, congelada e liofilizada - 60°C por 48 horas. O produto liofilizado foi embalado á vácuo e armazenado a -26°C até a utilização.

4.2.3 Rendimento

O rendimento total de gelatina foi calculado pela razão entre o peso da gelatina e o peso da pele úmida, seguindo a metodologia proposta por Binsi et al. (2009), sendo o resultado expresso em g de gelatina/100g de pele, conforme mostra a Equação 1.

$$\text{Gelatina (\%)} = \frac{\text{Gelatina em pó (g)}}{\text{Peso úmido da pele fresca (g)}} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

4.2.4 Ponto de Fusão

Foi avaliado de acordo com Choi; Regenstein (2000). Foram preparadas soluções de gelatina a 6,7% e 5 mL, transferidas para tubos de ensaios e colocadas a 60°C por 15 minutos em banho-maria e resfriadas a 10°C por 17 horas. Em seguida, foi adicionada sobre a gelatina cinco gotas de uma mistura de 75% de clorofórmio e 25% de azul de metileno. Posteriormente a gelatina foi colocada em banho a 15°C com aumento de 0,5°C a cada 5 minutos até o gel atingir 30°C. O ponto de fusão foi determinado no momento em que as gotas da mistura começaram a atingir o interior do gel.

4.2.5 Força do Gel

Esta análise baseia-se na força necessária para empurrar o êmbolo do reômetro sobre a superfície da gelatina, segundo o método de Bloom (Choi; Regenstein, 2000). A solução da gelatina foi preparada e mantida em banho-maria a 45°C por 40 minutos e em seguida resfriada a 10°C por 17 horas para então ser levada ao reômetro. A velocidade de penetração do equipamento foi de 1.0 mm|s, e a distância ajustada em 4 mm e a força inicial em 5g.

4.2.6 Elaboração de Revestimento e do Filme Biodegradável

Para a elaboração do revestimento e do filme foram utilizadas as metodologias propostas por Tongnuanchan et al. (2014) e Silva et al. (2018), com algumas modificações em relação á massa de gelatina, óleo e surfactante. Para definir as

concentrações de gelatina e óleo de açaí foi realizado um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) completo 2^2 . Foram elaborados filmes e revestimentos controles sem adição de óleo de açaí.

A gelatina foi dissolvida em 140 mL de água destilada (m|v) e adicionado 18 % de plastificante (glicerol) em relação à concentração de gelatina. A solução foi colocada em banho-maria (TECNAL, TE-057) durante 30 minutos a 60°C, em seguida resfriada a 35°C para a adição do óleo. Antes de ser adicionado á solução, o óleo foi misturado com 60% de surfactante (goma arábica), concentração definida em relação à massa de óleo após ensaios preliminares.

A solução foi homogeneizada a 10.000 rpm durante 5 minutos em homogeneizador Turratec (Tecnal, TE-102), obtendo-se a solução filmogênica utilizada como revestimento dos frutos. Esta solução também foi empregada na formação do filme biodegradável pelo método de *casting*, onde 120 mL de solução foi colocada em suporte de silicone no formato com 22 cm de diâmetro e seco em estufa com circulação de ar (Tecnal, TE-394/3) a 30°C por 18 hs. Após a secagem, os filmes foram armazenados à temperatura ambiente (25°C), até serem analisados.

4.2.6.1 Delineamento Composto Central Rotacional 2^2 para o Revestimento

Foi realizado um planejamento fatorial completo 2^2 , com 11 ensaios sendo: 4 fatoriais (níveis ± 1), 3 no ponto central (níveis no ponto 0) e 4 axiais (níveis $\pm \alpha$) para obter as concentrações de gelatina (GPA) e óleo de açaí (OA), utilizadas na elaboração do revestimento, variáveis independentes (Tabela 1). As variáveis dependentes estudadas foram: viscosidade (V) e força do gel (FG) para obtenção de revestimentos apropriados para aplicação em frutas que possuam alta viscosidade e maior força do gel.

Os valores codificados e os reais utilizados nos planejamentos fatoriais 2^2 para a otimização do revestimento e do filme encontram-se na Tabela 1. A faixa estabelecida para as concentrações mínimas e máximas de gelatina e óleo de açaí foram definidas através de ensaios preliminares.

Tabela 1. Planejamento Fatorial Completo Composto Central Rotacional (2^2) com valores codificados e reais.

Ensaio	Valores Codificados		Valores Reais	
	GPA (%)	AO (%)	GPA (%)	OA (%)
1	-1	-1	3	7
2	-1	1	3	19
3	1	-1	5	7
4	1	1	5	19
5	-1,41	0	2,6	13
6	1,41	0	5,4	13
7	0	-1,41	4	4,5
8	0	1,41	4	21,5
9	0	0	4	13
10	0	0	4	13
11	0	0	4	13

GPA: concentração de gelatina de pescada amarela (%); OA: concentração de óleo de açaí (%).

4.2.6.2 Delineamento Composto Central Rotacional 2^2 para o Filme

Foi realizado um Planejamento Fatorial Completo 2^2 com 11 ensaios sendo: 4 fatoriais (níveis ± 1), 3 no ponto central (níveis no ponto 0) e 4 axiais (níveis $\pm \alpha$) para obter as concentrações de gelatina e óleo de açaí utilizadas na elaboração do filme biodegradável (Tabela 1). As variáveis independentes utilizadas foram gelatina de pescada amarela (GPA) e óleo de açaí (OA) e as variáveis dependentes foram permeabilidade ao vapor de água (PVA) e Resistência á Tração (RT) e os resultados desejados são filmes com baixa PVA e alta resistência á tração.

4.2.7 Caracterização do Revestimento

4.2.7.1 Força do Gel

Para determinar a força do gel foi utilizado o método de Bloom, conforme Choi; Regenstein (2000) e metodologia descrita no item 4.2.5.

4.2.7.2 Caracterização Reológica

A viscosidade aparente dos revestimentos foi determinada de acordo com a metodologia de Bof et al. (2015), utilizando viscosímetro (Haake, VT 550, Alemanha) acoplado ao sistema de configuração de cilindros coaxiais copo CV e cilindros SV1. A viscosidade foi determinada em uma taxa de cisalhamento de 200 s^{-1} e a $28 \text{ }^\circ\text{C}$.

Para o revestimento otimizado o perfil reológico foi realizado através da determinação de curvas de fluxo (tensão de cisalhamento x taxa de corte), com taxa de cisalhamento variando entre 0 e 600 s⁻¹ no intervalo de tempo de 120s. Estas curvas foram modeladas matematicamente pelo fluido de Ostwald de Waele e a Equação 2 e Herschel-Bulkley pela equação 3.

$$\tau = K \cdot \gamma^n \quad \text{Equação 2}$$

$$\tau = \tau_0 + k \cdot \gamma^{n-1} \quad \text{Equação 3}$$

Onde: τ = tensão do cisalhamento (Pa) ; τ_0 = tensão de cisalhamento inicial (Pa); K= coeficiente de consistência; γ = tensão de cisalhamento (s⁻¹); n= índice de comportamento de fl Equação 2

4.2.8 Caracterização do Filme Composto

As análises de caracterização foram realizadas para o filme composto e para o controle (sem adição de óleo de açaí).

4.2.8.1 Espessura

A espessura foi avaliada em micrômetro digital com resolução de 0,001 mm (Insize, modelo IP 54), em seis pontos aleatórios do filme, obedecendo a um afastamento de 60 mm da borda de acordo com Zavareze et al. (2012)

4.2.8.2 Cor

A cor instrumental dos filmes foi determinada em colorímetro Minolta modelo CR 310, previamente calibrado em superfície branca. Foram avaliados os parâmetros de cor L*, a*, b*, C*, h* e a diferença total de cor (ΔE^*) calculada em relação ao filme controle (sem adição de óleo de açaí), conforme a Equação 4.

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \text{Equação 4}$$

4.2.8.3 Solubilidade

Para determinar a solubilidade, os filmes foram recortados em discos de 2 cm de diâmetro e a matéria seca inicial determinada em estufa a 105°C por 24 horas. Após a

primeira pesagem, as amostras foram imersas em recipientes contendo 50 mL de água. O sistema foi agitado em Incubadora Shaker refrigerada (Cielanb, modelo CE-725B) com velocidade de 70 rpm por um período de 24 horas, a 25°C. Após este período, as amostras foram secas em estufa (105°C por 24 horas), para determinar a matéria seca não dissolvida em água (GONTARD et al., 1994). A solubilidade foi calculada pela Equação 5.

$$S (\%) = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100 \quad \text{Equação 5}$$

Onde: m_i = matéria seca inicial, m_f = matéria seca final após a amostra ser solubilizada.

4.2.8.4 Permeabilidade ao vapor de água (PVA)

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) foi determinada conforme o método modificado ASTM D882-95 descrito por Arfat et al. (2014). O filme foi cortado e selado com adesivo de silicone na abertura circular de um recipiente de vidro de 4,5 cm de diâmetro e 7,0 cm de altura contendo 10 g de sílica gel a 0% UR; 0 Pa de pressão de vapor de água a 30°C. Estes recipientes de permeação foram colocados em dessecadores contendo água destilada a 30°C a 99% UR; 4244,9 Pa de pressão de vapor de água a 30°C. Foram pesados após um período de 17 horas. A PVA foi calculada através da Equação 6.

$$PVA = \frac{W \cdot X}{A \cdot t \cdot \Delta P} \quad \text{Equação 6}$$

Onde: PVA: permeabilidade ao vapor de água ($\text{g} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$); W: ganho de peso pelo dessecante (g); X: espessura do filme (m); A: área da superfície do filme exposto (m^2); t: tempo de incubação (s); ΔP : diferença de pressão parcial (Pa). Três corpos de provas serão usados para testes de PVA.

4.2.8.5 Propriedades Mecânicas

A resistência à tração (RT) e porcentagem de alongamento na ruptura (E) dos filmes foram determinadas empregando-se as metodologias ASTM D882-91 (ASTM, 1996) e Zavareze et al. (2012) utilizando uma máquina de ensaio universal (marca EMIC, modelo DL 500). Os filmes foram cortados em pedaços de 100 mm de comprimento e 25 mm de largura. A RT e a E foram calculadas de acordo com as Equações 7 e 8, respectivamente.

$$RT = F_m/A \quad \text{Equação 7}$$

Onde: RT: resistência à tração (MPa); F_m: força máxima no momento da ruptura do filme (N); A: área da secção transversal do filme (m²).

$$E(\%) = \frac{dr - d_{\text{inicial}}}{d_{\text{inicial}}} \times 100 \quad \text{Equação 8}$$

Em que: E: alongação (%); dr: distância no momento da ruptura (cm), que corresponde à diferença entre a distância de separação no momento da ruptura e a distância inicial (5 cm); d_{inicial}: distância inicial de separação (5 cm).

4.3 Aplicação dos Revestimentos Elaborados em Tomates

Os tomates do tipo “Italiano” foram adquiridos na central de abastecimento do Pará (CEASA) e selecionados em função do tamanho, firmeza, ausência de lesões e estágio inicial de maturação (verde) conforme características encontradas em Brasil (1995). Os frutos foram transportados para o laboratório, lavados e higienizados em solução de hipoclorito de sódio (teor de cloro ativo de 2,0 a 2,5 p/p) na concentração de 0,1% durante 15 minutos. Em seguida uma nova lavagem foi realizada para retirada do excesso de cloro residual.

Para a aplicação, os frutos utilizados foram divididos em 3 lotes, cada lote contendo 30 frutos totalizando 90 frutos:

Lote 1-Tomates controle (sem aplicação de revestimento);

Lote 2 - Tomates revestidos com RSO (revestimento de gelatina sem óleo de açaí);

Lote 3 - Tomates revestidos com RO (revestimento otimizado de gelatina e óleo de açaí).

Os frutos foram submersos no revestimento por 3 minutos e em seguida foram colocados em um suporte para drenagem do excesso de solução e após 30 minutos foram submersos novamente na solução para uma segunda camada de revestimento, a fim de garantir um recobrimento uniforme dos frutos. Após a secagem do revestimento (24 horas/ ± 25°C) os frutos foram armazenados em estufa incubadora DBO (Quimis, Q315M) com circulação de ar a 13 °C e umidade relativa em torno de 60 % durante um período de 40 dias, estes frutos foram analisados a cada 4 dias.

4.3.1 Acompanhamento da Qualidade Pós-colheita dos Tomates

Foram realizadas as seguintes análises durante o período de armazenamento dos frutos:

Perda de Massa: obtida pela diferença entre a massa inicial e a pesagem subsequente do fruto no período analisado, sendo expressa em porcentagem (%) em relação ao valor inicial.

Cor Instrumental: foi realizada utilizando colorímetro Minolta modelo CR 310, previamente calibrado em superfície branca. Foram avaliados a Luminosidade (L^*) e o parâmetro a^* , visando identificar as alterações na cor do fruto da cor verde a vermelha durante a maturação.

Aspecto Visual: os frutos foram monitorados através de fotografias obtidas com câmera digital durante o período de estocagem.

pH: utilizando pHmetro segundo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Sólidos Solúveis: realizada em refratômetro de bancada (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

Acidez Titulável: determinada segundo Instituto Adolfo Lutz (2008).

Índice de Maturação: determinado pela relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT), segundo Instituto Adolfo Lutz (2008).

Firmeza: a firmeza (N) dos frutos foi realizada utilizando penetrômetro digital (Lucron, modelo FR-5120), equipado com um êmbolo de 8 mm. Foram realizadas três leituras em cada fruto, conforme a metodologia descrita por Das et al. (2020).

4.4 Análise Estatística

A análise estatística dos resultados foi realizada por meio do programa Statistica versão 7.0 (STATSOFT Inc., 2004) por meio da Análise de Variância (ANOVA). Foi utilizada a metodologia de superfície de resposta para o Planejamento Fatorial Completo 2^2 e a função desejabilidade para estimar as condições ótimas do revestimento. A sobreposição de gráficos foi realizada para definir as melhores condições para a elaboração do filme composto. Os dados da aplicação foram submetidos à Anova e as diferenças entre as médias foram avaliadas pelo Teste de Tukey.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização Física da Gelatina de Pescada Amarela

O rendimento de gelatina da pele de pescada amarela foi de 18 %. Segundo Karin; Bhat (2009) o rendimento varia entre 6 e 19%, depende do tempo e método de extração. O valor obtido neste estudo está próximo ao encontrado por Silva et al. (2017) de 19,7 % para gelatina de pele de filhote (*Brachyplatystoma filamentosum*). Portanto, podemos considerar um bom rendimento, indicando a viabilidade na utilização desta gelatina na elaboração de revestimentos e filmes biodegradáveis, dentre outras aplicações.

A força do gel encontrada neste estudo foi de 244 g e está dentro da faixa desejada para alimentos (50-300g) e próxima a encontrada por Sinthusamran et al. (2017) de 211 g para gelatina extraída da pele de tilápia. A força do gel é uma importante propriedade tecnológica sendo responsável pela qualidade e está diretamente relacionada com a resistência a degradação da gelatina (JONGJAREONRAKA et al., 2010; GOMES et al., 2011).

O ponto de fusão encontrado neste estudo foi de 28°C valor muito próximo ao encontrado por Silva et al. (2017) de 28,2°C em gelatina bovina comercial. Segundo Gómez-Guillén et al. (2011) e Alfaro et al. (2015) a gelatina de peixe em geral apresenta ponto de fusão menor que a extraída de mamíferos e isto se deve ao menor conteúdo dos aminoácidos hidroxiprolina e prolina.

5.2 Definição das Condições Ótimas para obtenção do Revestimento

Os valores obtidos experimentalmente nos ensaios para as variáveis dependentes, Viscosidade (V) e Força do Gel (FG) podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados experimentais de Viscosidade (V) e Força do Gel (FG) obtidos através do Planejamento Fatorial Completo 2^2 do revestimento.

Ensaio	Valores Codificados		Valores Reais		Variáveis dependentes	
	GPA	OA	GPA	OA	V	FG
1	-1	-1	3	7	2,9	0,17
2	-1	1	3	19	2,7	0,27
3	1	-1	5	7	4,1	0,61
4	1	1	5	19	4,7	0,85
5	-1,41	0	2,6	13	2,7	0,13
6	1,41	0	5,4	13	6,0	0,99
7	0	-1,41	4	4,5	3,5	0,42
8	0	1,41	4	21,5	3,7	0,43
9	0	0	4	13	3,6	0,72
10	0	0	4	13	4,0	0,78
11	0	0	4	13	3,7	0,70

GPA: concentração de gelatina de pescada amarela (%); OA: concentração de óleo de açaí (%); V: viscosidade aparente (cP); FG: Força do Gel (g).

A Tabela 2 mostra valores experimentais de mínimo e máximo para viscosidade e força do gel variando entre 2,7 e 6,0 (cP), 0,13 e 0,99 (g) referentes aos ensaios 5 e 6, respectivamente.

5.2.1 Estimativa dos Efeitos, Significância e Análise de Variância das Respostas Estudadas do Planejamento Fatorial Completo 2^2 .

Na Tabela 3 observa-se a análise estatística das variáveis viscosidade e força do gel, os resultados foram obtidos através do erro puro. Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação em negrito são significativos com 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

Para a viscosidade a concentração de gelatina GPA (L) foi o único parâmetro com efeito significativo e positivo sobre a resposta, ou seja, com aumento da concentração de gelatina foram obtidas soluções filmogênicas mais viscosas o que pode ser observado na Tabela 3.

De acordo com Lin et al. (2017) esta é uma das propriedades físicas mais importantes relacionadas a gelatina de peixe pois quanto maior a viscosidade maior será a durabilidade e extensibilidade do gel. A viscosidade de soluções filmogênicas são importantes para verificar o comportamento desta solução durante a aplicação pois

segundo Farro et al. (2010) é necessário que além de fluir sobre a superfície depositada esta solução se sustente.

Tabela 3. Efeitos estimados, erro puro, significância estatística, teste F, R² e o modelo proposto para viscosidade e força do gel.

VISCOSIDADE				F-Valor		
Variáveis	Efeito	Erro	P-valor	Regressão F _{CAL}	F. ajuste F _{CAL}	R ²
Média	3,785	0,105	0,001	57,79	5,13*	0,93
GPA (L)	1,993	0,129	0,004			
GPA (Q)	0,390	0,154	0,126			
OA (L)	0,201	0,129	0,259			
OA (Q)	-0,384	0,154	0,130			
GPA X AO	0,325	0,182	0,216			
Modelo $V(\text{cP}) = 3,78 + 0,995\text{GPA}$						
FORÇA DO GEL				F-Valor		
Variáveis	Efeito	Erro	P-valor	Regressão F _{CAL}	F. ajuste F _{CAL}	R ²
Média	0,733	0,024	0,001	51,61	3,28*	0,96
GPA (L)	0,521	0,029	0,003			
GPA (Q)	-0,168	0,035	0,040			
OA (L)	0,071	0,029	0,136			
OA (Q)	-0,334	0,035	0,010			
GPA X AO	0,035	0,041	0,489			
Modelo $\text{FG (g)} = 0,733 + 0,26\text{GPA} - 0,084\text{GPA}^2 - 0,167\text{OA}^2$						
GPA: concentração de gelatina de pescada amarela (%); OA: concentração de óleo de açaí (%); Regressão: F _{TAB} : 5,11 (viscosidade); F _{TAB} : 4,34 (força do gel); Falta de ajuste: F _{TAB} : 19,35 (viscosidade); F _{TAB} : 19,29 (força do gel); *não significativo.						

A análise de variância (ANOVA) foi realizada para viscosidade para verificar a significância da regressão e falta de ajuste com 95% de confiança ($p \leq 0,05$). O valor de R² indica que 93 % da variabilidade nas respostas podem ser explicadas pelo modelo. Segundo Box et al. (1973) para que a regressão seja considerada significativa e preditiva o valor do F calculado deve ser no mínimo de três vezes maior que o F tabelado. Neste estudo esta relação foi 11,3 vezes maior comprovando que o modelo pode ser utilizado para fins preditivos. A falta de ajuste não foi significativa no mesmo nível de confiança.

Os parâmetros que apresentaram efeito significativo sobre a resposta força do gel foram: GPA (L), GPA (Q) e OA (Q), sendo que GPA (L) teve efeito significativo positivo influenciando na resposta, indicando que ao aumentar a concentração de gelatina maior será a força do gel, o que é desejável neste estudo pois esta propriedade garante uma melhor aderência da solução na superfície do alimento. De acordo com Alfaro et al. (2015), a resistência ao gel da gelatina de peixe pode ser afetada por fatores como massa

molar, concentração de solução de gelatina, temperatura e tempo de envelhecimento do gel e pH. O parâmetro OA (Q) apresentou efeito negativo ou seja um aumento na concentração de óleo ocasiona uma força do gel menor.

O valor do R^2 indica que 96 % da variabilidade nas respostas podem ser explicadas pelo modelo. E a regressão foi considerada significativa e preditiva pois o valor do F calculado foi 12 vezes maior comprovando que o modelo pode ser utilizado para fins preditivos.

Através do modelo proposto foram geradas a superfície de resposta e curva de nível para variável viscosidade (Figura 2) e força do gel (Figura 3).

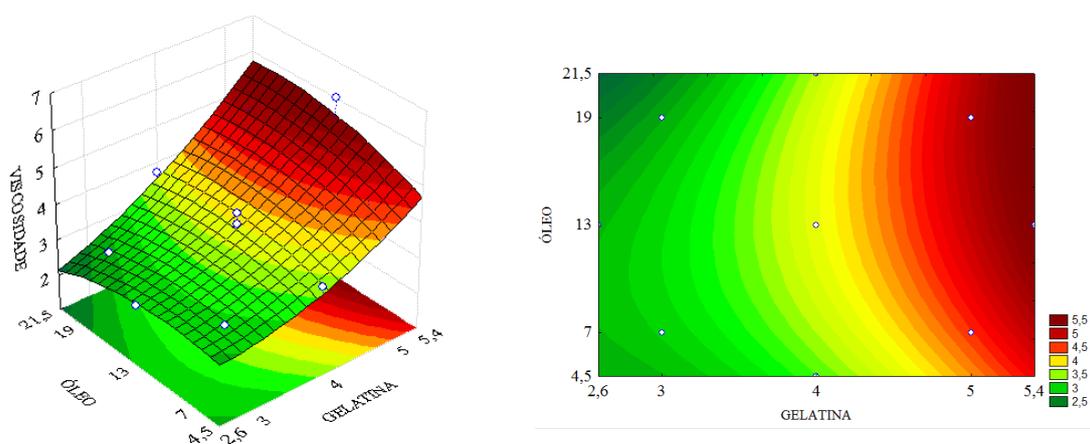


Figura 2. Superfície de resposta e curva de nível para viscosidade em função da concentração de óleo de açaí (AO) e concentração de gelatina (GPA).

Na Figura 2 observa-se que as soluções mais viscosas foram obtidas com o aumento da concentração de gelatina, comprovando sua maior influência sobre a resposta, confirmado anteriormente na análise dos efeitos significativos. Segundo Lin et al. (2017) quanto mais alta a viscosidade mais resistente e extensível será o gel.

Na Figura 3 observa-se que o aumento de concentração de gelatina proporciona aumento da força do gel. Já a variável OA (Q) apresentou efeito significativo negativo, no entanto, as concentrações intermediárias são favoráveis para que o revestimento elaborado apresente boa propriedade de força do gel.

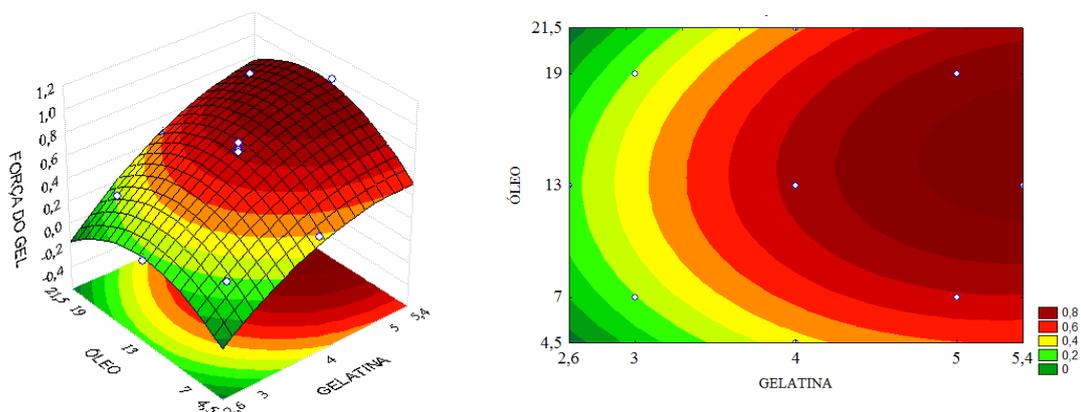


Figura 3. Superfície de resposta e curva de nível para Força do Gel relacionando concentração de GPA e OA.

5.2.2 Otimização do Revestimento pela função Desejabilidade

As estimativas das condições ótimas para a elaboração do revestimento composto por gelatina e óleo de açaí foram obtidas através da função desejabilidade (Figura 4).

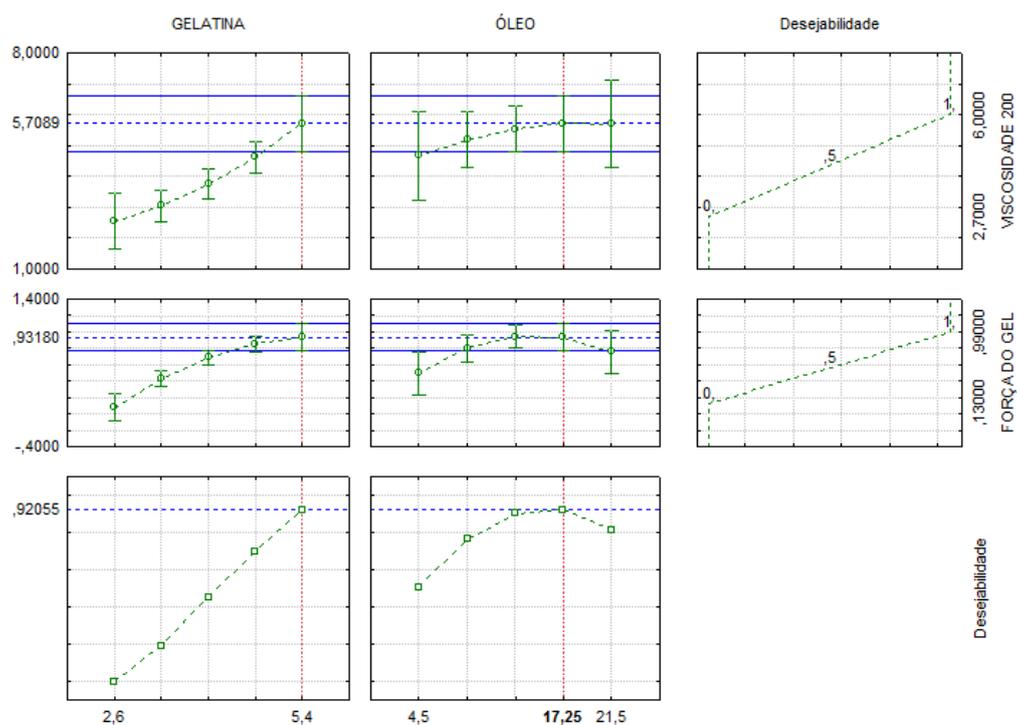


Figura 4. Gráfico de desejabilidade para as concentrações de GPA e OA utilizadas na obtenção do revestimento.

Na Figura 4, a linha azul tracejada refere-se aos valores ótimos para cada resposta individualmente, onde pode-se observar que os valores preditos desejáveis para as respostas Viscosidade e Força do gel, são 5,7 cP e 0,92g, respectivamente. Nos dois gráficos na parte inferior da figura, as linhas tracejadas vermelhas apresentam as concentrações ótimas de gelatina de pescada amarela e óleo de açaí que são 5,4 e 17,25 %, respectivamente, para se obter a condição máxima de desejabilidade (0,92).

5.2.3 Comportamento Reológico dos Revestimentos Controle e Otimizado

O comportamento reológico dos revestimentos controle e otimizado, relacionando tensão e taxa de cisalhamento (curvas de fluxo), viscosidade e taxa de cisalhamento encontram-se nas Figuras 5 e 6, respectivamente. As análises reológicas do controle e otimizado foram ajustadas satisfatoriamente pelos modelos de Ostwald de Waele e Herschel- Bulkley e a Tabela 4 mostra os parâmetros analisados (τ_0 , K , n , R^2). Os valores do índice de comportamento ($n \neq 1$) indicam que os revestimentos controle e otimizado apresentaram características de fluidos não newtonianos (Weiss et al., 2013). Os valores de $n > 1$ mostram que os revestimentos são denominados como dilatantes para os dois modelos utilizados neste estudo.

A avaliação do perfil reológico é essencial para identificar as características da solução formadora do revestimento, obter condições favoráveis para o aumento da escala de processo e para a aplicação em alimentos. Vários estudos têm relatado que a concentração do biopolímero na solução formadora do revestimento tem influência na reologia. Altas concentrações aumentam a viscosidade e dificultam o manuseio e aplicação e soluções com baixas concentrações ocasionam revestimentos muito diluídos impedindo a formação e aplicação. Estas mudanças reológicas estão diretamente relacionadas com alterações na resistência e estabilidade estrutural do revestimento (Bof et al., 2015; Erben et al., 2019; Bertolo et al., 2020; Rodrigues et al., 2020).

Tabela 4. Parâmetros dos modelos Ostwald de Waele e Herschel-Bulkley para os revestimentos controle e otimizado.

Ostwald de Waele		
Parâmetros dos modelos	Revestimento Controle	Revestimento Otimizado
K	0,031±0,002 ^a	0,012±0,002 ^b
n	1,142±0,018 ^b	1,277±0,030 ^a
R ²	0,984±0,002 ^a	0,985±0,001 ^a
Herschel-Bulkley		
τ_0	0,853±0,194 ^a	1,040±0,101 ^a
K	0,021±0,003 ^a	0,006±0,001 ^b
n	1,163±0,036 ^b	1,369±0,035 ^a
R ²	0,995±0,002 ^a	0,996±0,002 ^a
Viscosidade	0,053±0,01 ^b	0,066±0,02 ^a

K: índice de consistência; n: índice de comportamento do fluido; τ_0 : tensão de cisalhamento inicial (Pa); R²: coeficiente de determinação; viscosidade (200 s⁻¹). Letras iguais em colunas diferentes não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($p \leq 0,05$).

Na Figura 5 observa-se que a tensão de cisalhamento aumentou com o incremento da taxa de cisalhamento para os revestimentos controle e otimizado, demonstrando o comportamento não newtoniano.

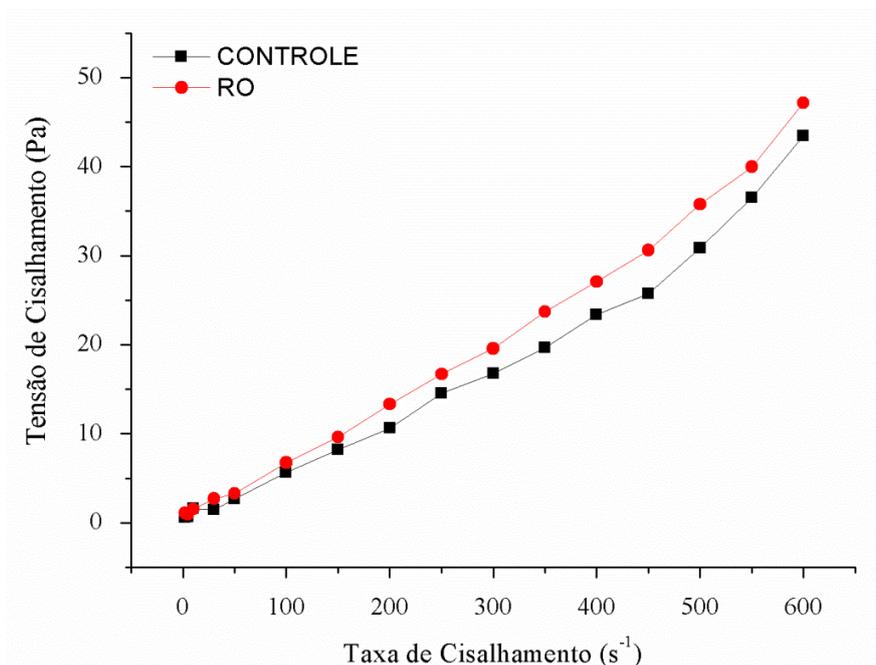


Figura 5. Comportamento das curvas de tensão e taxa de cisalhamento dos revestimentos controle e otimizado.

No entanto, na Figura 6 ocorreu uma redução da viscosidade dos revestimentos em baixas taxas de cisalhamento demonstrando tendência um comportamento pseudoplástico. Para taxas superiores (50-600 s⁻¹) a viscosidade foi maior de acordo com o aumento das taxas de cisalhamento, apresentando comportamento dilatante. Este

mesmo comportamento foi encontrado por Pereira et al. (2020) que estudou revestimentos com proteínas miofibrilares e compostos hidrofóbicos. Segundo Weiss et al. (2013) este comportamento de fluido dilatante ocorre devido a interação das ligações entre a gelatina e o óleo resultando em uma rede reestruturada. O revestimento otimizado apresentou maior viscosidade do que o controle, com diferença ($p \leq 0,05$). De acordo com Lian et al. (2020) as alterações no comportamento de revestimentos com óleo se deve ao alinhamento das moléculas, tamanho das partículas do óleo e interações que ocorrem entre as matrizes constituintes dos revestimentos. Os revestimentos controle e otimizado apresentaram viscosidades adequadas para a aplicação em frutas.

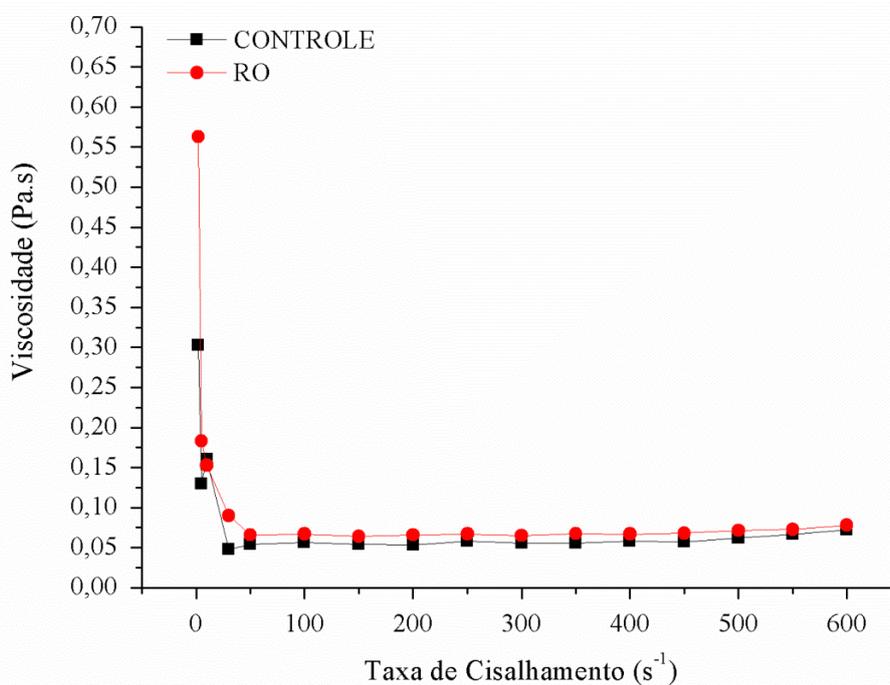


Figura 6. Comportamento da viscosidade e da taxa de cisalhamento dos revestimentos controle e otimizado.

5.3 Definição das Condições para Obtenção do Filme Composto

Os valores obtidos experimentalmente nos ensaios para as variáveis dependentes, permeabilidade ao vapor de água (PVA) e resistência à tração (RT) podem ser visualizados na Tabela 5.

Tabela 5. Resultados experimentais de PVA e RT obtidos através do planejamento fatorial completo 2².

Ensaio	Valores Codificados		Valores Reais		Variáveis dependentes	
	GPA	OA	GPA	OA	PVA	RT
1	-1	-1	3	7	6,993	2,52
2	-1	1	3	19	5,773	1,13
3	1	-1	5	7	7,147	0,67
4	1	1	5	19	5,110	3,25
5	-1,41	0	2,6	13	5,987	2,34
6	1,41	0	5,4	13	6,930	2,05
7	0	-1,41	4	4,5	8,006	0,62
8	0	1,41	4	21,5	4,490	1,08
9	0	0	4	13	6,883	2,69
10	0	0	4	13	6,866	2,24
11	0	0	4	13	6,933	2,79

GPA: concentração de gelatina de pescada amarela (%); OA: concentração de óleo de açaí (%); PVA: permeabilidade ao vapor de água ($\times 10^{-11}$ g.m. m⁻². s⁻¹. Pa⁻¹); RT: resistência á tração (MPa).

A Tabela 5 mostra os valores experimentais mínimos e máximos para permeabilidade ao vapor de água e resistência á tração variando entre 4,490 e 8,006 ($\times 10^{-11}$ g.m. m⁻². s⁻¹. Pa⁻¹), correspondentes aos ensaios 8 e 7 e de 0,62 e 3,25 (MPa), referentes aos ensaios 7 e 4, respectivamente.

5.3.1 Estimativa dos efeitos, Significância e Análise de Variância das Respostas Estudadas do Planejamento Fatorial Completo 2².

Na Tabela 6 observa-se a análise estatística das variáveis permeabilidade ao vapor de água (PVA) e resistência á tração (RT), os resultados foram obtidos através do erro puro. Os efeitos dos fatores lineares, quadráticos e da interação em negrito são significativos com 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

Tabela 6. Efeitos estimados, erro puro, significância estatística, teste F, R^2 e o modelo proposto para permeabilidade ao vapor de água (PVA) e resistência á tração (RT).

PVA				F-Valor		R^2
Variáveis	Efeito	Erro	P-valor	Regressão F _{CAL}	F. ajuste F _{CAL}	
Média	6,894	0,020	0,000	2,91	224,15	0,92
GPA (L)	0,205	0,024	0,014			
GPA (Q)	-0,485	0,029	0,003			
OA (L)	-2,059	0,024	0,000			
OA (Q)	-0,697	0,029	0,001			
GPA x OA	-0,408	0,034	0,007			

RT				F-Valor		R^2
Variáveis	Efeito	Erro	P-valor	Regressão F _{CAL}	F. ajuste F _{CAL}	
Média	2,571	0,169	0,004	28,63	1,65*	0,93
GPA (L)	-0,034	0,207	0,882			
GPA (Q)	-0,189	0,247	0,523			
OA (L)	0,461	0,207	0,156			
OA (Q)	-1,542	0,247	0,024			
GPA x OA	1,985	0,292	0,021			

Modelo RT (MPa) = 2,571 - 0,771 OA² + 0,992 GPA X OA

GPA: concentração de gelatina de pescada amarela (%); OA: concentração de óleo de açaí (%); Regressão: F_{TAB}: 19,37 (PVA); F_{TAB}: 4,46 (RT); Falta de ajuste: F_{TAB}: 19,16 (PVA); F_{TAB}: 3,58 (RT); *não significativo.

Todas as variáveis estudadas para PVA (Tabela 6) apresentaram efeitos significativos. A GPA (L) apresentou efeito significativo positivo, no entanto, para a GPA (Q) e GPA x OA os efeitos foram negativos, indicando que a faixa de concentração de gelatina avaliada na pesquisa favorece a redução da PVA dos filmes. Este comportamento pode ser confirmado na Figura 7.

A concentração de óleo OA (L) apresentou maior influência na resposta com efeito significativo negativo, demonstrando que ao aumentar a concentração deste parâmetro ocorre diminuição na PVA, o que é desejável neste estudo. Os dados experimentais da Tabela 5 comprovam esta tendência, e isto ocorre devido principalmente aos compostos hidrofóbicos presentes no óleo que diminuem a absorção de água do revestimento biodegradável. Comportamento semelhante ocorreu nos estudos de Benavides et al. (2012) e Caetano et al. (2018) quando adicionaram óleos aos revestimentos.

Na análise de variância (ANOVA) para PVA verifica-se a significância da regressão e falta de ajuste com 95% de confiança ($p \leq 0,05$). O valor do R^2 indica que 92 % da variabilidade nas respostas podem ser explicadas pelo modelo. No entanto, não foi possível gerar um modelo matemático para a variável permeabilidade ao vapor de

água devido a falta de ajuste ser significativa, portanto foi gerado um gráfico da curva de tendência (Figura 7) para demonstrar o comportamento do estudo.

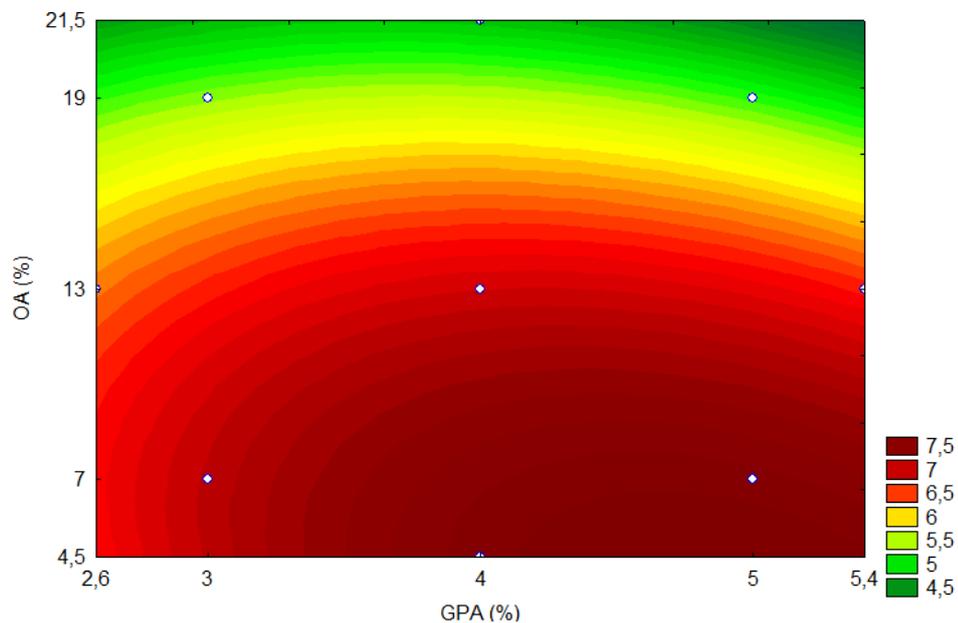


Figura 7. Gráfico da curva de tendência para PVA em função da concentração de óleo de açaí (OA) e concentração de gelatina (GPA).

Os parâmetros que apresentaram efeito estimado significativo para resistência à tração foram a concentração de óleo de açaí (OAQ) e a interação entre a gelatina e o óleo (GPA x OA), com maior influência sobre a resposta (Tabela 6).

O parâmetro (OA) mostrou-se significativo com efeito negativo, ou seja, ao aumentar a concentração de óleo de açaí ocorre diminuição na resistência à tração do filme. O mesmo ocorreu no estudo de Valenzuela et al. (2013) quando adicionaram óleo de girassol no filme de quitosana, este comportamento foi justificado devido a heterogeneidade dos compostos hidrofóbicos adicionados a matriz biopolimérica. Já a interação entre gelatina e óleo de açaí (GPA X OA) apresentou efeito significativo positivo, ou seja, o aumento na concentração simultânea destes parâmetros provoca maior resistência à tração, desejável para este estudo.

O valor de R^2 (0,93) indica que 93 % da variabilidade nas respostas podem ser explicadas pelo modelo. A regressão foi significativa e útil para fins preditivos, pois segundo Box et al. (1973) a relação entre F_{cal}/F_{tab} deve ser superior a 3 e a relação encontrada neste estudo foi de 6,4. A falta de ajuste não foi significativa pois o F calculado foi menor que o F tabelado. Por meio do modelo proposto foi gerada a superfície de resposta e curva de nível para a variável resistência a tração (Figura 8).

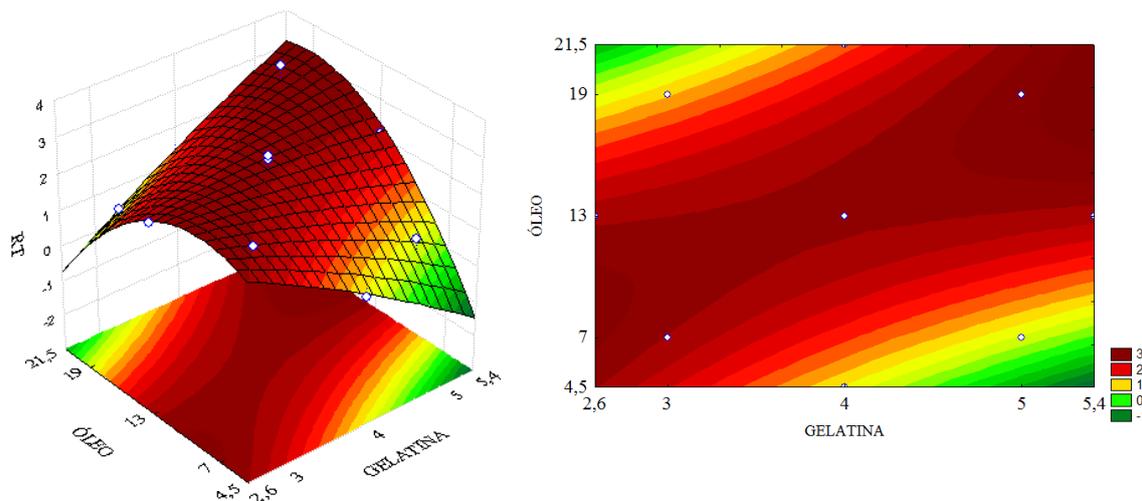


Figura 8. Superfície de resposta e curva de nível para resistência á tração em função da concentração de óleo de açaí (AO) e concentração de gelatina (GPA).

No estudo realizado por Adilah;Hanani (2016) com filmes de gelatina de peixe e óleo de *Morinda citrifolia* foi observado que a adição de compostos hidrofóbicos reduz a resistência à tração, este comportamento não foi observado na presente pesquisa. Segundo Martucci et al. (2015) isto ocorre, porque a composição do óleo interage com a matriz proteica influenciando nas propriedades mecânicas dos filmes. No entanto, foi possível verificar também que a interação GPA x OA influenciou de forma significativa positiva sobre resistência a tração, demonstrando que o óleo de açaí combinado com a gelatina favorece o aumento desta propriedade mecânica.

5.3.2 Sobreposição dos Gráficos de Contorno e Escolha das Melhores Condições para Elaboração do Filme Composto

Os gráficos de contorno da PVA e RT foram sobrepostos para serem analisados simultaneamente com o intuito de definir as melhores condições para a elaboração do filme com óleo de açaí. A Figura 9 apresenta a sobreposição realizada, sendo considerada para o estudo uma região branca localizada na parte superior da figura, por apresentar as melhores condições para as respostas permeabilidade ao vapor de água (PVA) e resistência á tração (RT).

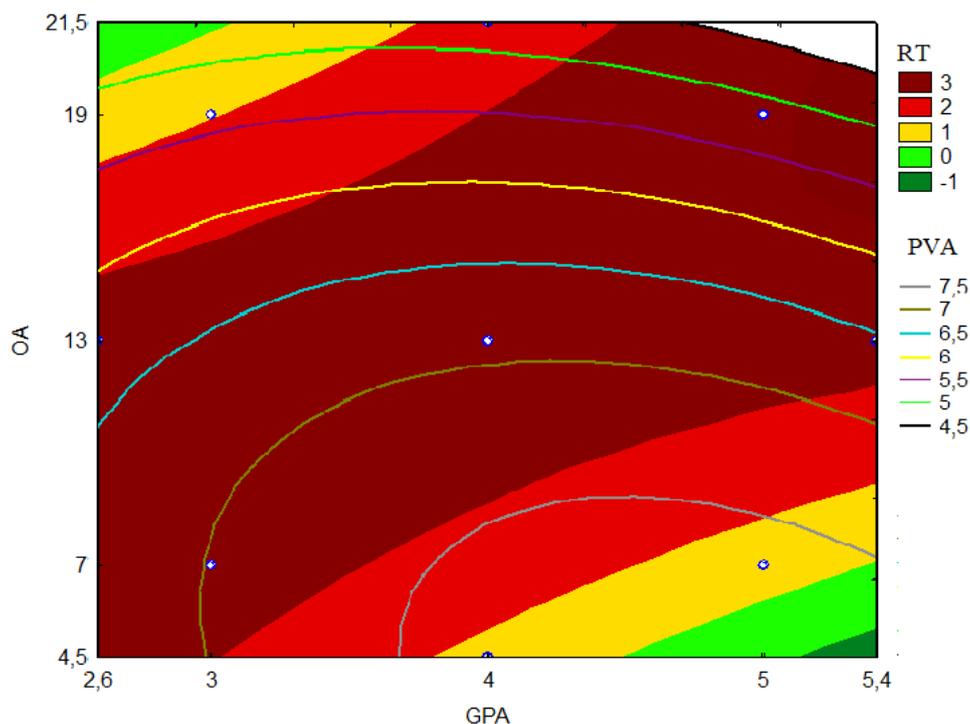


Figura 9. Sobreposição das curvas de contorno de resistência a tração (cores) e permeabilidade ao vapor de água (linhas) em função da concentração de óleo de açaí (OA) e concentração de gelatina (GPA)

A faixa selecionada (região branca) com maior resistência a tração e menor permeabilidade ao vapor de água variou entre 5 a 5,4 % de gelatina e 21,5 % de óleo de açaí. Optou-se em utilizar a seguinte condição para obter maior RT e menor PVA: 5,4 % de gelatina e 21,5% de óleo de açaí, que corresponde aos pontos axiais ($+\alpha$).

5.4 Caracterização dos Filmes Controle e Filme Composto

Os resultados obtidos para a caracterização dos filmes controle e filme composto (FOA) podem ser visualizados na Tabela 7.

Tabela 7. Caracterização das propriedades físico-químicas, mecânicas e cor instrumental dos filmes controle e composto (FOA)

Determinações	Resultados	
	Controle ^A	FOA ^B
Espessura (mm)	0,143±0,004 ^b	0,237±0,001 ^a
PVA (g.m⁻¹. s⁻¹. Pa⁻¹)	1,683 x10 ⁻⁷ ±2,96 ^{-12a}	12,732 x10 ⁻¹¹ ±2,13 ^{-12b}
Solubilidade (%)	36,3± 0,665 ^a	29,5± 0,623 ^b
Parâmetros de Cor		
L* (Luminosidade)	90,70 ± 0,003 ^a	80,90 ± 0, 205 ^b
a* (verde-vermelho)	0, 43 ± 0,001 ^a	-1,29 ± 0,081 ^b
b* (azul-amarelo)	4,12 ± 0, 325 ^b	20,60 ± 0, 007 ^a
C* (Croma)	4,14 ± 0,320 ^b	20,50 ± 0,08 ^a
H* (Ângulo de tonalidade)	82,98 ± 0,379 ^b	90,30 ± 0,09 ^a
ΔE* (diferença total de cor)	3,83 ± 0, 211 ^b	18,35 ± 0,292 ^a

A: 5,4% de GPA, 18% de plastificante; B: 5,4 % de GPA, 21,5% de OA e 18% de plastificante. Letras iguais em colunas diferentes não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância (p ≤ 0,05).

A adição do óleo de açaí contribuiu para o aumento da espessura do filme composto (FOA) devido ao aumento de sólidos na solução filmogênica. Este mesmo comportamento foi observado por Pereda et al. (2012) que estudou filmes biodegradáveis de quitosana e azeite de oliva e encontrou valores de espessura entre 0,070 a 0,090 mm. Vários estudos têm relatado que as mudanças na estrutura dos filmes se deve pela adição de óleos, pois os componentes químicos do óleo interagem com os componentes hidrofílicos do biopolímero restringindo a interação das cadeias de gelatina e dificultam a formação de estruturas compactas ocasionando diferenças na espessura dos filmes (Atarés et al., 2016; Tognuanchan et al., 2014; Shahbazi, 2017; Silva et al., 2018).

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) é uma das propriedades mais importantes estudadas em filmes biodegradáveis, e está relacionada com a capacidade de retardar a perda de umidade ou absorção de água do alimento embalado. Segundo Kim et al. (2018) a adição de compostos que possuem alta barreira a água em embalagens é fundamental para preservar o alimento da umidade. O filme composto elaborado com o óleo de açaí apresentou menor permeabilidade em relação ao filme controle elaborado somente com gelatina de peixe, constatando que a adição do óleo contribuiu para melhorar esta propriedade. O mesmo comportamento foi encontrado Silva et al. (2018) ao adicionar óleo de buriti em filme de gelatina de peixe. Vários estudos têm comprovado que a adição de compostos hidrofóbicos em filmes são capazes de melhorar a permeabilidade, pois a interação destes compostos limitam a

disponibilidade de grupos de hidrogênio para fazer ligações com os compostos hidrofílicos, reduzindo a afinidade do filme com a água (Abdollahi et al., 2012; Vieira et al., 2018; Pereira et al., 2020; Yeddes et al., 2020).

A solubilidade em água é uma propriedade importante e está relacionada com a degradação do filme aplicado sobre o alimento. A adição de óleo de açaí contribuiu para reduzir a solubilidade do filme composto em água, segundo Pires et al. (2011) e Teixeira et al. (2014) as interações entre os compostos hidrofóbicos do óleo com os hidrofílicos da gelatina são responsáveis pela diminuição da solubilidade, devido diferentes rearranjos na matriz proteica. O FOA apresentou menor solubilidade em relação ao filme controle e se manteve íntegro após 24 horas de solubilização, enquanto que o filme controle se fragmentou na solução. Cerqueira et al. (2012) e Akyuz et al. (2018) também obtiveram reduções de solubilidade quando adicionaram óleo de milho, óleos vegetais e outras gorduras animais em filmes de quitosana.

Alexandre et al. (2016) encontrou valores entre 37 a 42% de solubilidade para filme de gelatina adicionado de óleo de gengibre, resultados superiores aos encontrados nesta pesquisa. Silva et al. (2018) também encontrou percentuais menores de solubilidade (20%) quando adicionou óleo de buriti ao filme de gelatina, pois segundo Hoque et al. (2011) e Yao et al. (2017) filmes elaborados apenas com gelatina apresentam maior solubilidade devido a presença de aminoácidos hidrofílicos.

De acordo com os resultados o filme controle apresentou maior luminosidade (90,7) que o filme composto (80,9) devido a adição do óleo de açaí, no entanto visualmente ambos eram claros. O filme (FOA) apresentou cor levemente amarela/esverdeada confirmado pelos parâmetros a^* (-1,29) e b^* (20,6). Os valores dos ângulos de tonalidade mostraram que os filmes controle e composto apresentaram tendência à cor amarela, sendo mais acentuada no filme composto pela adição do óleo.

O filme composto apresentou maior diferença de cor (18,3), segundo Pires et al. (2011) e Atarés et al. (2016) o efeito da adição de óleos na cor depende muito da sua origem, neste estudo o óleo possui cor verde o que contribuiu para pequenas diferenças na coloração como pode ser observado na Figura 10.

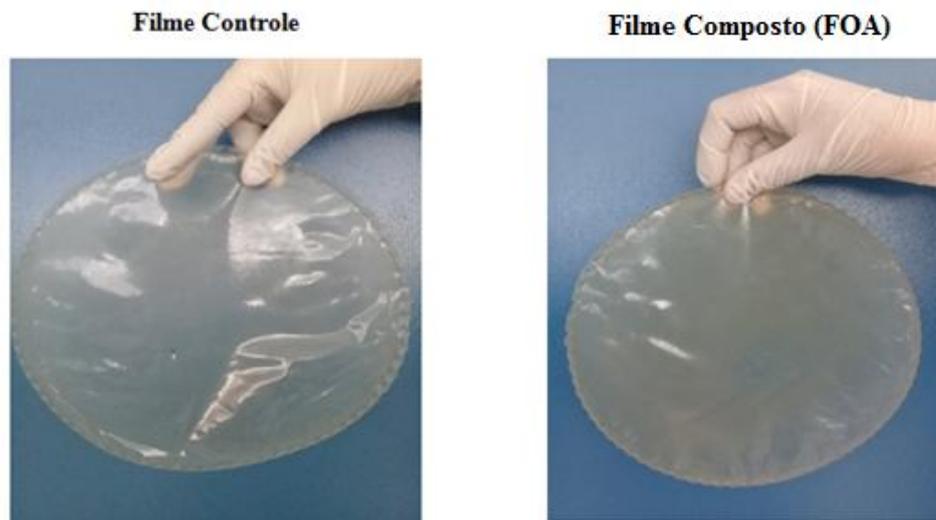


Figura 10. Filmes controle (GPA:5,4 %, Plastificante: 18%) e Composto (GPA: 5,4%, Plastificante: 18% e OA: 21,5%).

5.5 Aplicação do Revestimento Biodegradável em Tomates

5.5.1 Perda de Massa

A perda de massa é um dos atributos mais importante na pós-colheita e deve ser avaliada durante o período de armazenamento, devido a relação direta com a perda de qualidade de frutas. Segundo Bovi et al. (2018) as degradações ocorrem de forma natural durante a maturação devido aos processos fisiológicos de respiração, transpiração e outros mecanismos que envolvem gás etileno, perda de compostos aromáticos e voláteis.

A perda de massa dos tomates controle e dos com revestimento RSO (gelatina sem óleo) e RO (gelatina com óleo) foram registradas durante 40 dias de armazenamento (Figura 11). Os tomates controle e RSO apresentaram o maior percentual de perda de massa comparado aos tomates com revestimentos RO. Os frutos controle e os com revestimento sem óleo de açaí (RSO) não apresentaram diferença ($p \leq 0,05$) entre si, já os frutos que foram revestidos com a solução otimizada que continha óleo de açaí na formulação (RO) apresentaram o menor percentual de perda de massa e diferença ($p \leq 0,05$) em relação aos demais tratamentos (Tabela 8 -Apêndice A).

Isto pode ter ocorrido devido a natureza hidrofílica da gelatina de peixe (alta PVA) o que contribui para o aumento da velocidade dos processos de respiração e transpiração dos frutos. E de acordo com Chen et al. (2019) estas reações são as

principais responsáveis pela perda de massa em frutos. Segundo Paniagua et al. (2014) e Hosseini e Gómez-Guillén (2018) revestimentos de gelatina de peixe possuem limitações para aplicações como revestimentos devido a alta permeabilidade e baixa barreira a água responsáveis pela degradação da textura, reações químicas e enzimáticas em frutas, sendo necessário a adição de compostos hidrofóbicos para melhorar estas propriedades e prolongar sua vida útil.

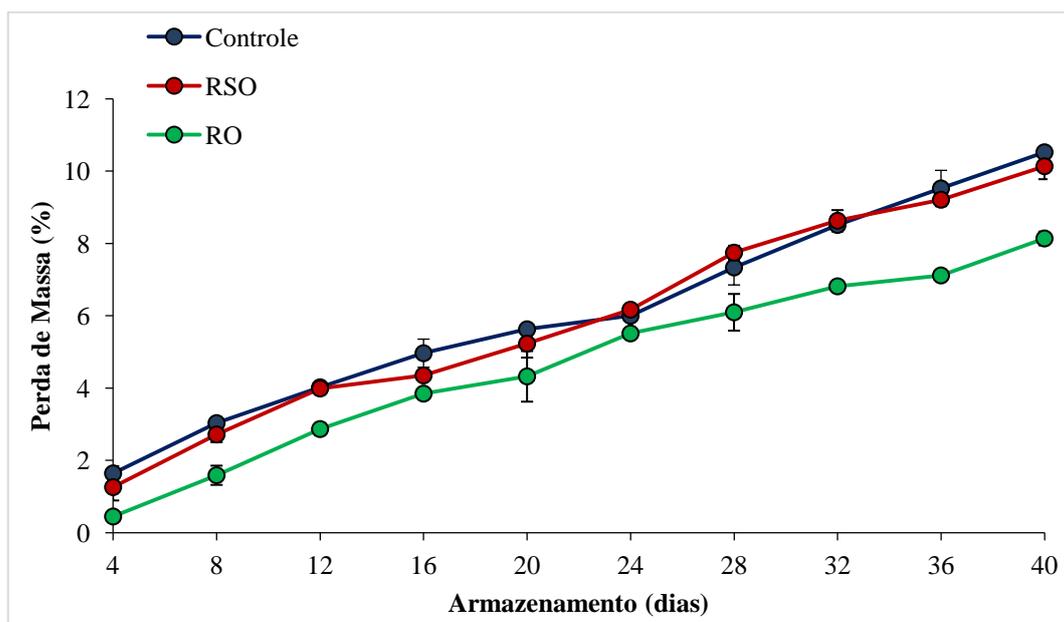


Figura 11. Perda de massa (%) dos tomates controle e com revestimentos (RSO e RO), durante o armazenamento..

De acordo com Silva et al. (2019) o óleo de açaí é rico em ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados, dentre estes se destacam o ácido oléico, linoléico e o ácido palmítico. A interação destes compostos com os hidrofílicos presentes na gelatina ajudaram na redução de perda de massa dos frutos com revestimento otimizado pois atuaram no controle dos fatores intrínsecos da fruta (Ding e Lee, 2019; Oliveira et al., 2018).

5.5.2 Cor e Aspecto Visual

O monitoramento da cor e do aspecto visual dos frutos durante o armazenamento é essencial, pois é um fator determinante para a aceitabilidade dos consumidores e parâmetro decisivo para aquisição de alimentos *in natura* (Bhat et al., 2013; Martínez-Ortiz et al., 2019). A Figura 12 apresenta o comportamento da luminosidade (L^*) dos

frutos controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento. A luminosidade dos frutos foi crescente até o oitavo dia de armazenamento em todos os tratamentos, em seguida houve redução dos valores deste parâmetro até o final do estudo. Segundo Mannozi et al. (2017) a redução da luminosidade se deve por modificações nas propriedades de reflexão da superfície dos frutos.

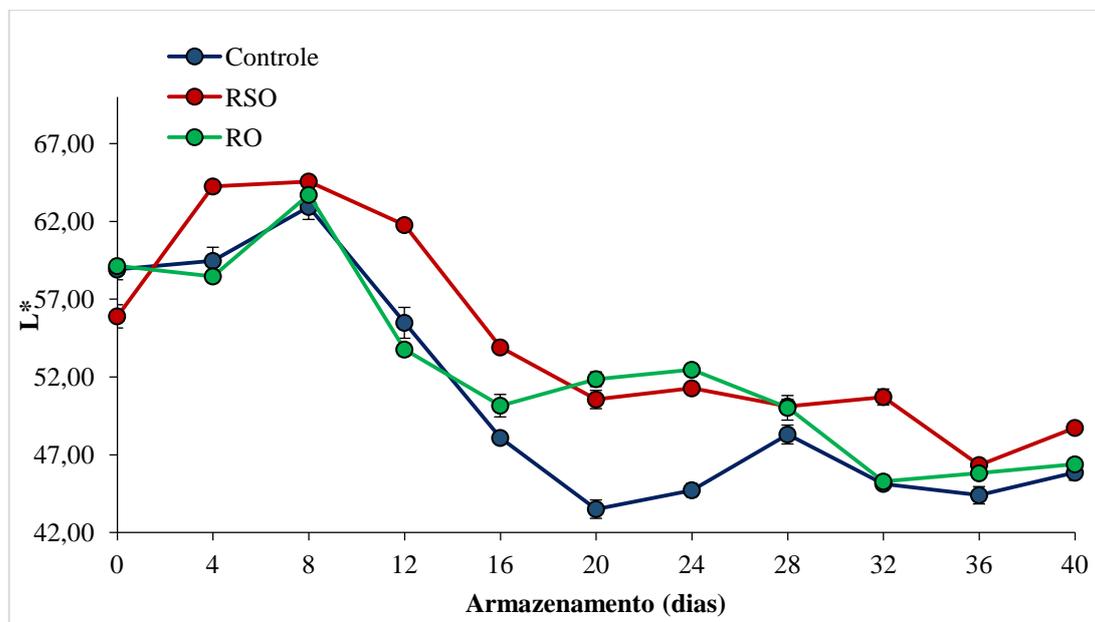


Figura 12. Luminosidade dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.

Ao final da aplicação (40 dias) os frutos com tratamento RSO apresentaram maior luminosidade em relação aos frutos controle e os revestidos com RO, sendo diferentes ($p \leq 0,05$) como mostra a Tabela 9 (Apêndice A). Nos tomates revestidos com RO a adição do óleo de açaí que possui coloração esverdeada pode ter contribuído para a opacidade nos frutos e com isto reduziu a luminosidade.

A Figura 13 mostra a alteração de cor durante o amadurecimento dos tomates, do verde (valores negativos a^*) ao vermelho (valores positivos a^*). Foi observado que até o oitavo dia os tomates que possuíam revestimento mantiveram a coloração verde enquanto que os controle já apresentavam pontos de vermelhidão. Segundo Das et al. (2013) a redução no teor de clorofila e a síntese de carotenóides são responsáveis pelo início da mudança na coloração e nos estádios de maturação de tomates. Após o oitavo dia, tanto os tomates controle quanto os revestidos apresentaram valores positivos e crescentes para o parâmetro a^* , com coloração vermelha como esperado no processo de amadurecimento dos frutos. No entanto, observou-se que os tomates controle obtiveram

valores maiores durante todo o armazenamento ($p \leq 0,05$) dos demais tratamentos no final do armazenamento (Tabela 10 - Apêndice A).

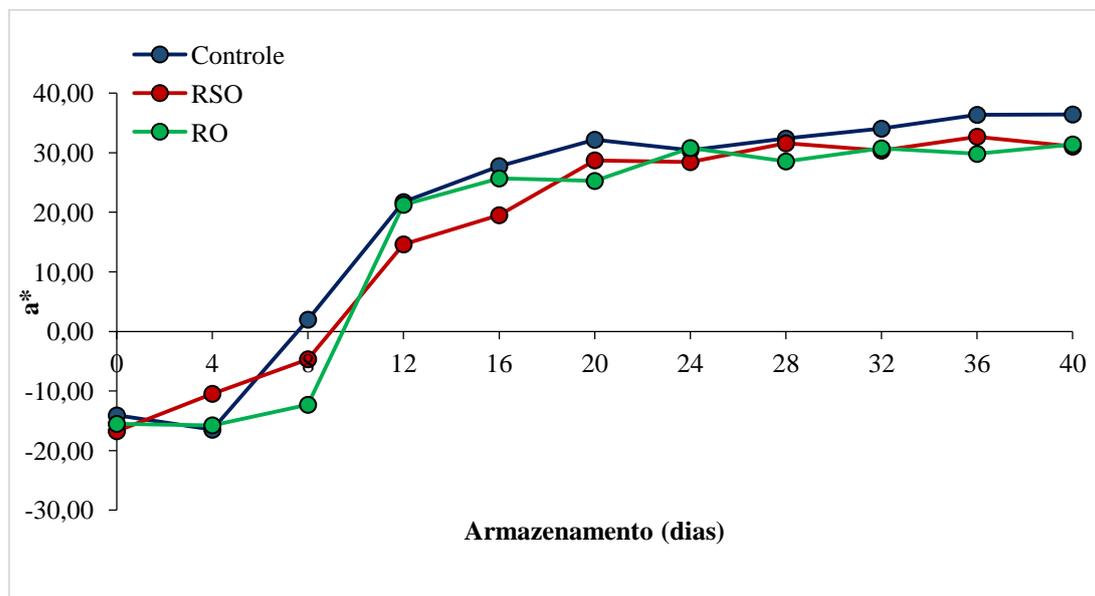


Figura 13. Parâmetro a^* (verde ao vermelho) dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.

De acordo com Wu et al. (2018) a produção de etileno é importante para o desenvolvimento da cor em tomates e estas mudanças na coloração se devem principalmente pelo acúmulo de pigmentos como betalaínas, antocianinas, flavonóides e carotenóides, sendo o licopeno o responsável pela cor vermelha predominante em tomates maduros (Ciptaningtyas et al., 2020; Boonsiriwit et al., 2020). Os frutos com revestimentos apresentaram cor vermelha reduzida em comparação com os frutos controle, comprovando que a utilização de revestimento nos frutos analisados foram eficazes para retardar o amadurecimento e prolongar a vida útil dos tomates. Segundo Saberi et al. (2018) e Sucheta et al. (2019) isto ocorre pois os revestimentos retardam as reações que colaboram para acelerar o amadurecimento e a degradação da qualidade, pois modificam a atmosfera interna dos tomates.

A Figura 14 mostra o aspecto visual dos tomates controle e dos revestidos com RSO e RO durante o período de armazenamento.

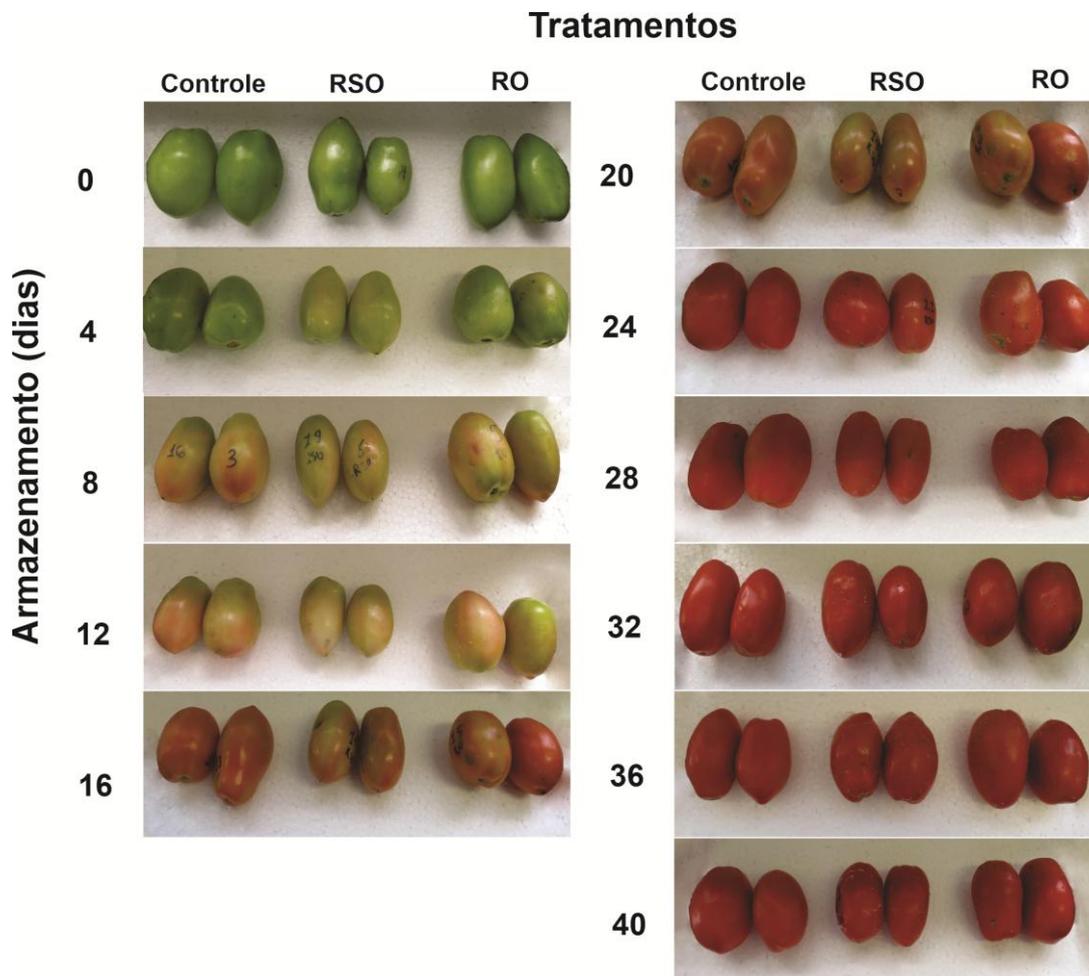


Figura 14. Aspecto visual dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.

Observou-se que do 8^o ao 20^o dia de armazenamento foi possível verificar visualmente que os tomates controle estavam mais maduros, pois apresentavam mais pontos de vermelhidão que os revestidos, comprovando a eficácia da utilização dos revestimentos em frutas. O revestimento RO foi o que apresentou melhor desempenho no atraso do processo de maturação dos tomates analisados. A partir do 24^o dia até o término do acompanhamento não foi possível notar visualmente diferença no processo de maturação dos frutos, no entanto, as análises de cor comprovaram que os frutos revestidos com RSO e RO apresentaram menores valores para cor vermelha, indicando menor grau de maturação.

5.5.3 Acidez Titulável e pH

Durante o processo de amadurecimento dos frutos ocorrem várias alterações metabólicas e fisiológicas (Mcatee, et al.,2013; Tang et al., 2020). A acidez é importante para a qualidade e sabor das frutas e normalmente é reduzida durante os estádios de maturação, pois os ácidos orgânicos principalmente o ácido cítrico são utilizados para respiração e processos metabólicos (Mahfoudhi e Hamdi, 2015). A Figura 15 mostra a acidez em ácido cítrico dos tomates controle e dos revestidos durante o armazenamento.

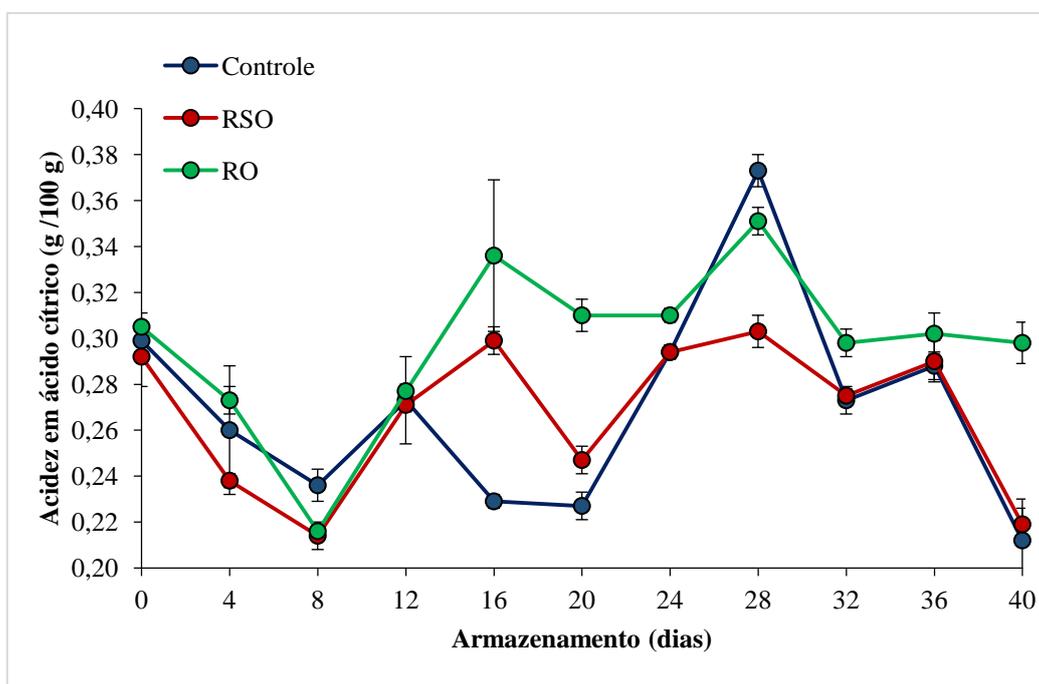


Figura 15. Acidez em ácido cítrico dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.

Houve redução da acidez em todos os tratamentos até o oitavo dia de armazenamento, após este período ocorreram oscilações com aumentos e reduções graduais. Khatri et al. (2020) ao estudar tomates revestidos com quitosana e gel de *Aloe vera* observou o mesmo comportamento e sua justificativa foi que os tomates são vulneráveis em relação à atividade respiratória e o ácido cítrico é metabolizado para fornecer intermediários do ciclo do ácido tricarboxílico que aumenta a respiração que é responsável por alterações na acidez.

Foi observado no final do armazenamento que os tomates com o revestimento otimizado apresentaram maior acidez em relação aos demais tratamentos ($p \leq 0,05$),

como observado na Tabela 11 (Apêndice A). Isto comprova que o revestimento com óleo de açaí foi eficaz para retardar o amadurecimento dos frutos. Segundo Salas-Mendéz et al. (2019) a utilização de revestimentos contribui para o atraso na maturação de tomates e aumenta a sua vida útil. Diversos estudos com revestimentos apresentaram resultados promissores na conservação pós-colheita de frutas, pois agem reduzindo as trocas gasosas e a produção de etileno (Guimarães et al., 2018; Mendy et al., 2019; Zahedi et al., 2019; Maringgal et al., 2020).

Outro parâmetro que pode ser utilizado para medir a acidez em frutas é o pH, a Figura 16 mostra os valores de pH durante o armazenamento para os frutos controle e revestidos. Segundo Das et al. (2020) a acidez em tomates é responsável por conferir sabor a fruta e o aumento dos valores de pH no armazenamento se deve pela quebra de ácidos orgânicos que são utilizados como substratos durante as reações de respiração (TUMWESIGYE et al., 2017). Neste estudo ocorreram oscilações nos valores de pH, devido as reações metabólicas que ocorrem durante a maturação dos frutos, porém com valores mais elevado no período final de armazenamento em todos os tratamentos. No final do armazenamento verificou-se que os tomates controle apresentaram valores maiores de pH que os revestidos ($p \leq 0,05$) como mostra a Tabela 12 (Apêndice A). Os resultados obtidos neste estudo para acidez, comprovam que o revestimento otimizado atuou na redução do amadurecimento dos frutos, por apresentar menor valor de pH.

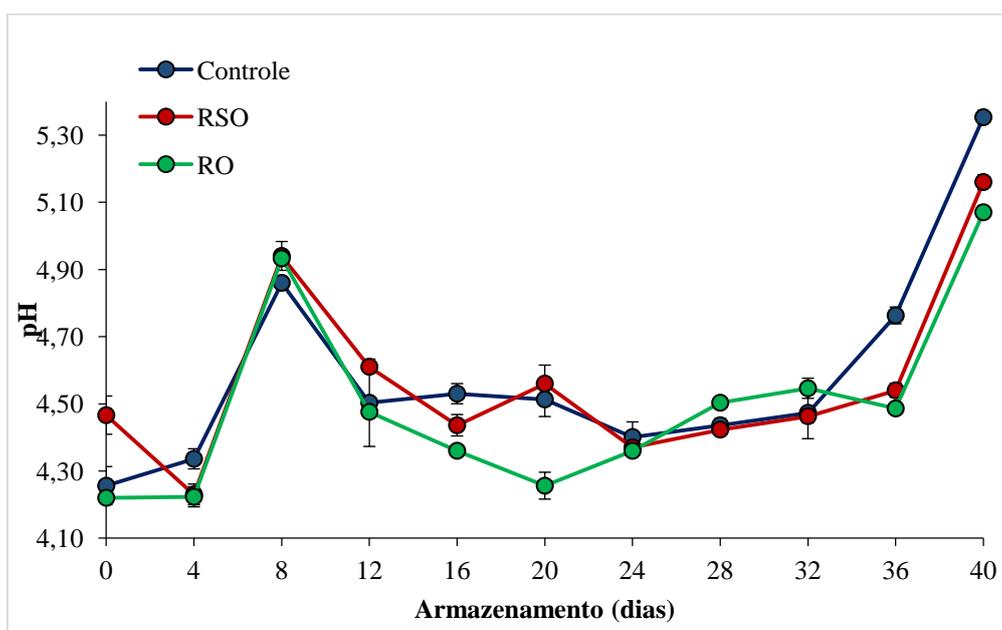


Figura 16. pH dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.

5.5.4 Sólidos Solúveis e Índice de Maturação

O teor de sólidos solúveis são compostos por açúcares e ácidos orgânicos presentes nos frutos e responsáveis pelo sabor, atributo determinante para aceitação dos consumidores. Segundo Guo et al. (2019) estas substâncias são utilizadas como parâmetro para determinar a doçura, acidez, o estágio de maturação e a qualidade do processamento pós-colheita dos frutos. O tomate apresenta em sua composição principalmente sacarose, frutose e glicose que são essenciais para as reações que ocorrem durante a maturação (KANAYAMA, 2017; GAO et al., 2019).

A concentração de sólidos solúveis dos tomates controle e revestidos aumentaram gradualmente durante o período de armazenamento devido o amadurecimento dos frutos (Figura 17).

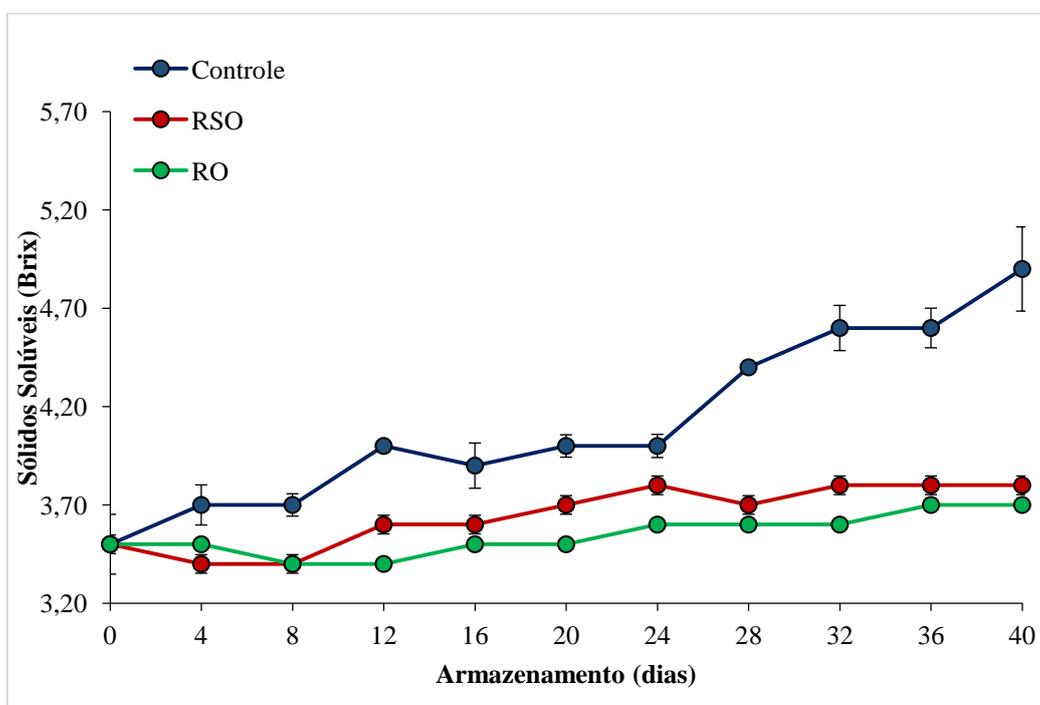


Figura 17. Sólidos solúveis dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.

Durante o armazenamento, os frutos controle apresentaram maior concentração ($p \leq 0,05$) de sólidos solúveis em todos os pontos de acompanhamento em relação aos frutos revestidos com as soluções RSO e RO (Tabela 13 - Apêndice A), indicando sua eficácia para retardar o aumento de sólidos nos frutos. De acordo com Parven et al. (2020) em frutos climatéricos como o tomate o aumento de sólidos solúveis na pós-colheita ocorre pela conversão crescente de sacarose em glicose, ocorrendo acúmulo de açúcares livres. Segundo Barickman et al. (2017) a ativação de genes que interagem

com as enzimas invertase vacuolar e sacarose sintase são responsáveis por estas reações durante a maturação. Outra reação que contribui para aumentar os sólidos solúveis totais é a quebra de amido em açúcar solúvel (Ali et al., 2010; Anjum et al., 2020). Os resultados obtidos neste estudo após 40 dias de armazenamento, comprovam que a utilização do revestimento otimizado foi eficaz para um processo de amadurecimento mais lento em tomates, contribuindo para a extensão da vida útil. Ullah et al. (2017) e Khatri et al. (2020) obtiveram resultados semelhantes a este ao estudar a qualidade pós-colheita de pimentão e tomates, respectivamente.

Segundo Mendes et al. (2020) o índice de maturação é relação entre sólidos solúveis e acidez titulável e determina o grau de maturação e o sabor dos frutos, quanto maior esta relação, menor a acidez e maior a concentração de sólidos solúveis presentes. A Figura 18 apresenta o índice de maturação dos tomates controle e revestidos durante o período de armazenamento.

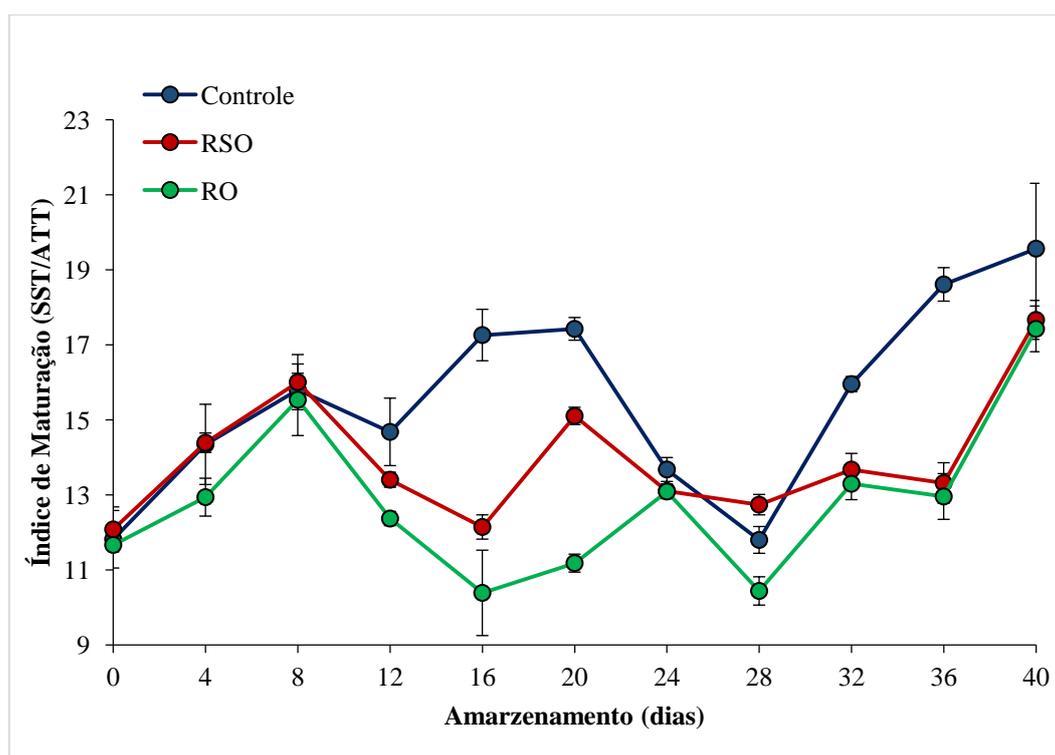


Figura 18. Índice de Maturação dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.

No final do período de armazenamento os tomates controle apresentaram índice de maturação mais elevado com diferença ($p \leq 0,05$) dos frutos revestidos (RSO e RO) e os frutos revestidos não apresentaram diferença entre si (Tabela 14; Apêndice A). Este

resultado comprova que a utilização dos revestimentos em tomates foi eficaz para evitar as trocas gasosas, atrasando assim o processo de amadurecimento (MARINGGAL et al., 2020).

5.5.5 Firmeza

A Figura 19 mostra os resultados de firmeza para os frutos controle e revestidos com RSO e RO durante o armazenamento, onde foi observado que até o quarto dia que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Após este período ocorreram reduções graduais em todos os tratamentos e segundo Sucheta et al. (2019) conforme avança os estádios de maturação dos tomates ocorrem danos na textura e na firmeza, devido a degradação na estrutura da parede celular. Isto ocorre pela ação das enzimas hidrolases, pectinesterase e poligalacturase que realizam a hidrólise da pectina e do amido presentes nos frutos (Das et al., 2020).

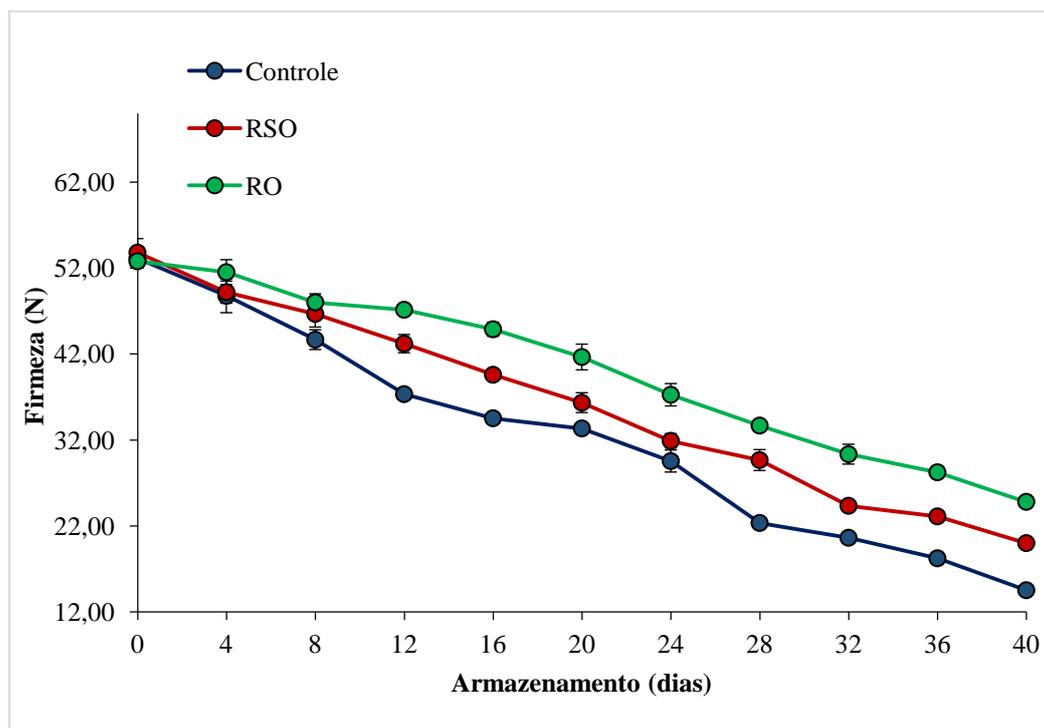


Figura 19. Firmeza dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.

Foi observado em todas as etapas de acompanhamento que os frutos controle apresentaram menor firmeza em comparação aos revestidos. No final do período de análise os tomates revestidos (RO) apresentaram maior firmeza em relação aos demais tratamentos, sendo diferente ($p \leq 0,05$) como mostra a Tabela 15 e Apêndice A. O

mesmo comportamento ocorreu nos estudos de Chacon et al. (2017) e Salas-Méndez et al. (2019) que aplicaram revestimentos para melhorar a qualidade pós-colheita de tomates. A utilização do revestimento de gelatina e óleo de açaí atuou alterando a permeabilidade nos frutos, limitando a atividade metabólica e a ação das enzimas responsáveis pela degradação da firmeza em tomates. Alguns estudos comprovam que a adição de óleos nos revestimentos são capazes de retardar a ação das enzimas degradativas e assim mantém a firmeza e a estrutura das células vegetais (BOTELHO et al., 2016; SARIKURKCU et al., 2016; THAKUR et al., 2018; BANU et al., 2020 MORENO et al., 2020).

6. CONCLUSÃO

A adição de óleo de açaí em filmes e revestimentos de gelatina de peixe foi satisfatória pois melhorou as propriedades tecnológicas de barreira, mecânicas e reológicas importantes para aplicação destas embalagens em alimentos.

O filme composto (FOA) apresentou excelentes resultados em comparação ao controle (sem óleo), comprovando que adição de óleo foi eficiente para diminuir a permeabilidade ao vapor de água e a solubilidade.

A aplicação do revestimento otimizado melhorou a qualidade pós-colheita de tomates, pois reduziu a perdas de massa, os sólidos solúveis, a coloração vermelha e o índice de maturação. Os frutos revestidos com RO apresentaram maior percentual de acidez e maior firmeza no final do armazenamento em relação ao controle, pois o uso do revestimento retardou os processos de maturação dos tomates.

Os resultados obtidos mostraram que a vida útil dos tomates pode ser prolongada pela aplicação do revestimento de gelatina de peixe e óleo de açaí, sendo uma alternativa promissora como embalagem para frutos climatéricos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOLLAHI, M; REZAEI, M; FARZI, G. A novel active bionanocomposite film incorporating rosemary essential oil and nanoclay into chitosan. **Journal of Food Engineering**. v. 111, p. 343-350, 2012.

ADILAH, Z.A.M ; HANANI, Z.N. Active packaging of fish gelatin films with *Morinda citrifolia* oil. **Food Bioscience**. v. 16, p. 66-71, 2016.

AGUIRRE-JOYA, J.A; LEON-ZAPATA, A.L; ALVAREZ-PEREZ, O.B; TORRES-LEÓN, C; NIETO-OROPEZA, D.E; VENTURA-SOBREVILLA, J.M; AGUILAR,M.A; RUELAS-CHACÓN, X; ROJAS, R; RAMOS-AGUINAGA, M.E; AGUILAR, C.N. Basic and Applied Concepts of Edible Packaging for Foods. **Food Packaging and Preservation**. p. 1-61, 2018.

AHMAD, M; BENJAKULA, S; PRODPRANB, T; AGUSTINIC, T. W. Physico-mechanical and antimicrobial properties of gelatin film from the skin of unicorn leatherjacket incorporated with essential oils. **Food Technology**. v. 28, p. 189-199, 2012.

AKYUZ, L; KAYA, M; ILK, S; CAKMAK, Y.S; SALABERRIA, M; LABIDI, J; YILMAZ, B.A; SARGIN, I. Effect of different animal fat and plant oil additives on physicochemical, mechanical, antimicrobial and antioxidant properties of chitosan films. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 111, p. 475-484, 2018.

ALBUQUERQUE, G.A; BEZERRA, F.W.F; OLIVEIRA, M.S; COSTA, W.A; CARVALHO, R.N; JOELE, M.R.S.P. Supercritical CO₂ Impregnation of Piper divaricatum Essential Oil in Fish (*Cynoscion acoupa*) Skin Gelatin Films. **Food and Bioprocess Technology**. v.13, p. 1765-1777, 2020.

ALFARO, A.T; BILUCA, F.C; MARQUETTI, C; TONIAL, I.B; SOUZA, N.E. African catfish (*Clarias gariepinus*) skin gelatin: Extraction optimization and physical–chemical properties. **Food Research International**. v. 65, p. 416-422, 2014.

ALFARO, A.T; BALBINOT, E; WEBWE, C.I; TONIAL, I.B; MACHADO-LUNKES, A. Fish Gelatin: Characteristics, Functional Properties, Applications and Future Potentials. **Food Engineering Reviews**. v. 7, p. 33-44, 2015.

ALI, A; MAQBOOL, M; RAMACHANDRAN, S; ALDERSON, P,G. Gum arabic as novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum L.*) fruit. **Postharvest Biology and Technology**. v. 58, p. 42-47, 2010.

ALEXANDRE, E.M.C; LOURENÇO, R.V; BITTANTE, A.M.Q.B; MORAES, I.C.F; SOBRAL, P.J.A. Gelatin-based films reinforced with montmorillonite and activated with nanoemulsion of ginger essential oil for food packaging applications. **Food Packaging and Shelf Life**. v. 10, p.87-96, 2016.

ALMEIDA, A.P; RODRIGUEZ-ROJO, S; SERRA, A.T; VILA-REAL, H; SIMPLICIO, A.L; DELGADILHO, I. Microencapsulation of orégano essential oil in starch-based materials using supercritical fluid technology. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. v. 20, p. 140-145, 2013.

AL-TAYYAR, N.A; YOUSSEF, A.M; AL-HINDI, R.R. Edible coatings and antimicrobial nanoemulsions for enhancing shelf-life and reducing foodborne pathogens of fruits and vegetables : A review. **Sustainable Materials and Technologies**. v. 26, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2020.e00215>.

ANDRADE, R.D; SKURTYS, O; OSÓRIO, F.A. Atomizing Spray systems for application of edible coatings. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. v.11, p. 33-40, 2012.

ANDREUCCETTI, C; CARVALHO, A. R.; GARCÍA, T. G; BUSTOS, F. M; GROSSO, C. R. F. Effect of surfactants on the functional properties of gelatin-based edible films. **Journal of Food Engineering**. v. 103, p.129-136, 2011.

ANJUM, M.A; AKRAM, H; ZAIDI, M; ALI,S. Effect of gum arabic and *Aloe vera* gel based edible coatings in combination with plant extracts on postharvest quality and storability of ‘ Gola’ guava fruits. **Scientia Horticulturae**. v. 271, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109506>.

ARFAT, Y. A; BENJAKUL, S; PRODPRAN, T; OSAKO, K. Development and characterisation of blen films on fish protein isolate and fish gelatin. **Food Hydrocolloids**. v. 39, p. 58-67, 2014.

ARAGÜEZ, L; COLOMBO, A; BORNEO, R; AGUIRRE, A. Active packaging from triticale flour films for prolonging storage life of cherry tomato. **Food Packaging and Shelf Life**. v. 25, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100520>.

ASSIS, O.B.G; BRITTO, D. Review: edible protective coatings for fruits: fundamentals and applications. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 17, n. 2, p. 87-97, 2014.

ATARÉS, L; CHIRALT, A. Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging. **Trends in Food Science & Technology**. v. 48, p. 51-62, 2016.

AZABOU, S; ABID, Y; SEBII, H; FELFOUL, I; GARGOURI, A; ATTIA, H. Potential of the solid-state fermentation of tomato by products by *Fusarium solani pisi* for enzymatic extraction of lycopene. **LWT- Food Science and Technology**. v. 68, p.280-287, 2016.

AZEREDO, C. **Edible coatings**. S. Rodrigues, F.A.N. Fernandes (Eds.), Advances in fruit processing technologies, CRC Press Inc, Boca Raton , p. 345-361, 2012.

BARICKMAN, T.C; KOPSELL, D.A; SAMS, C.E. Abscisic acid improves tomato fruit quality by increasing soluble sugar concentrations. **Journal of Plant Nutrition**. v. 40, p. 964-973, 2017.

BENAVIDES, S; VILALOBOS-CARVAJAL, R; REYES, R.J. Physical, mechanical and antibacterial properties of alginate film: Effect of the crosslinking degree and oregano essential oil concentration. **Journal of Food Engineering**. v. 110, p. 232-239, 2012.

BANU, A.T; RAMANI, S.P; MORUGAN, A. Effect of seaweed coating on quality characteristics and shelf life of tomato (*Lycopersicon sculentum mill*). **Food Science and Human wellness**. v. 9, p. 176-183, 2020.

BERTIN, N; GÉNARD, M. Tomato quality as influenced by preharvest factors. **Scientia Horticulturae**. v. 233, p. 264-276, 2018.

BERTOLO, M.R.V; MARTINS, V.C.A; HORN, M.M; BRENELLI, L.B; PLEPIS, A.M.G. Rheological and antioxidant properties of chitosan/gelatin-based materials

functionalized by pomegranate peel extract. **Carbohydrate Polymers**. v. 228, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115386>.

BHAT, R; ABDULLLAH, N; DIN, R.H; TAY, G.S. Producing novel sago starch based food packaging films incorporating lignin isolated from oil palm black liquor waste. **Journal of Food Engineering**. v. 119, p.707-713, 2013.

BINSI PK, B.A; DILEEP A.O; BADI, F; HOWELL, N.K. Rheological and functional properties of gelatin from the skin of Bigeye snapper (*Priacanthus hamrur*) fish: Influence of gelatin on the gel-forming ability of fish mince. **Food Hydrocolloids**. v. 23, n.1, p. 132-145, 2009.

BOF, M. J; BORDAGARAY, V. C; LOCASO, D. E; GARCIA, M. A. Chitosan molecular weight effect on starch-composite film properties. **Food Hydrocolloids**. V. 51, p. 281- 294. 2015.

BOONSIRIWIT, A; XIAO, Y; JOUNG, J; KIM, M; SINGH, S; LEE, Y, S. Alkaline halloysite nanotubes/ low density polyethylene nanocomposite films with increased ethylene absorption capacity: Applications in cherry tomato packaging. **Food Packaging and Shelf Life**.v. 25, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100533>.

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. 3, p. 473-478, 2012.

BOTELHO, L.N.S; ROCHA, D.A; BRAGA, M.A; SILVA, A; ABREU, C.M.P. Quality of guava cv. 'Pedro Sato' treated with cassava starch and cinnamon essential oil. **Scientia Horticulturae**. v. 209, p. 214-220, 2016.

BOVI, G.G; RUX, G; CALEB, O.J; HERPPICH,W.B; LINKE,M; RAUH, C; MAHAJAM, P.V. Measurement and modelling of transpiration losses in packaged and unpackaged strawberries. **Biosystems Engineering**. v.174, p. 1-9, 2018.

BOX, G.E.P; WETZ, J. Criteria for judging adequacy of estimation by an approximate response function. **University of Wisconsin Technical Report**, n.9, 1973.

BRAHMI, F; ABDENOUR, A; BRUNO, M; SILVIA, P; ALESSANDRA, P; DANILO, F; DRIFA, Y.G; FAHMI, E.M; MOHAMED, C. Chemical composition and *in vitro* antimicrobial, insecticidal and antioxidant activities of the essential oils of *Mentha pulegium* L. and *Mentha rotundifolia* (L.) Huds growing in Algeria. **Industrial Crops and Products**. v. 88, p. 96-105, 2016.

BRASIL. Ministério da agricultura, abastecimento e reforma agrária. **Regulamento técnico de identidade e qualidade do tomate**. Portaria nº 553 de 15 de setembro de 1995.

BUENO, C. M; ALVIM, I.D; KOBERSTEIN, T.C.R.D; PORTELLA, M.C; GROSSO, C. Produção de gelatina de pele de tilápia e sua utilização para obtenção de micropartículas contendo óleo de salmão. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 14, n. 01, p. 65–73, 2011.

CAETANO, K.S; LOPES, N.A; COSTA, T.M.H; BRANDELLI, A; RODRIGUES, E; FLÔRES, S.H; CLADERA-OLIVERA, F. Characterization of active biodegradable films based on cassava starch and natural compounds. **Food Packaging and Shelf Life**. v. 16, p. 138-147, 2018.

CERQUEIRA, M.A; SOUZA, B.W.S; TEIXEIRA, J.A; VICENTE, A.A. Effect of glycerol and corn oil on physicochemical properties of polysaccharide films – A comparative study. **Food Hydrocolloids**. v. 27, p. 175-184, 2012.

CHACON, X.R; VEGA, M.L.R; RODRIGUEZ, R.D.P; BRANBILA,G.S. Guar gum as and edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of Roma Tomato (*Solanum Lycopersicum* L.). **Journal of Food Quality**. v. 2017, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/8608304>.

CHEN,H; SUN, Z; YANG, H.; Effect of carnauba wax-based coating containing glycerol monolaurate on the quality maintenance and shelf-life of Indian jujube (*Zizyphus mauritiana* Lamk.) fruit during storage. **Scientia Horticulturae**. v.244, p. 157-164, 2019.

CHIOU, B.S; AVENA BUSTILLOS, R.J; SHEY, J; YEE, E; BECHETEL, P.J; IMAN, S.H; ORTS, W.J; Rheological and mechanical properties of cross-linked fish gelatins. **Polymer**, v. 47, n. 18, p. 6379-6386, 2006.

CHOI S. S; REGENSTEIN, J. M. Physicochemical and sensory characteristics of fish gelatin. **Journal Food Science**. v. 65, p. 194–199, 2000.

CIPTANINGTYAS, D; KAGOSHIMA, W; LIDA, R; UMEHARA, H; JOHKAN, M; NAKAMURA, N; ORIKASA, T; THAMMAWONG, M; SHIINA, T. Development of a prediction model for the pericarp CIE a* value of mature green tomato at different storage temperatures as a function of cumulative ethylene production. **Journal of Food Engineering**. v. 278, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.109945>.

CORTEZ-VEGA, W.R.; PIZATO, S.; SOUZA, J.T.A.; PRENTICE, C. Using edible coatings of protein isolates White Bull (*Micropogonias furnieri*) and organo-clay nanocomposites to improve the conservation properties of fresh "Formosa" papaya. **Inovar Food Science Emerging Technologies**. v. 22, p. 197-202, 2014.

COSTA, C; CONTE, A; NOBILE, M.A.D. Effective preservation techniques to prolong the shelf life of ready-to-eat oysters. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 94, p. 2661-2667, 2014.

DAS, D.K; DUTTA, H; MAHANTA, C.L. Development of a rice starch-based coating with antioxidant and microbe-barrier properties and study of its effect on tomatoes stored at room temperature. **LWT- Food Science and Technology**. v. 50, p.272-278, 2013.

DAS, S; VISHAKHA, K; BENERJEE, S; MONDAL, S; GANGULI, A. Sodium alginate-based edible coating containing nanoemulsion of citrus sinensis essential oil eradicates planktonic and sessile cells of food-borne pathogens and increased quality attributes of tomatoes. **International Journal of Biological Macromolecules**. 2020.

DIMA, I.G; APRODU, L; CÎRCIUMARU, A; RÂPEANU, G; BAHRIM, G. E; STĂNCIUC, N. Microencapsulation of lycopene from tomatoes peels by complex coacervation and freeze-drying: Evidences on phytochemical profile, stability and food applications. **Journal of Food Engineering**. v. 288, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110166>.

DING, P; LEE, Y.L; LEITE, R.H.L; AROUCHA, E.M.M; SILVA, K,N,O. Use of essential oils for prolonging postharvest life of fresh fruit and vegetables. **International Food Research Journal**. v. 26, p.363-366, 2019.

DUAN, J; WU, R; STRIK, B.C; ZHAO, Y. Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (*Duke and Elliott*) under commercial storage conditions. **Postharvest Biology and Technology**, v.59, n. 1, p. 71-79, 2011.

ERBEN,M; PÉREZ, A.A; OSELLA, C.A; ALVAREZ, C.A; SANTIAGO, L.G. Impact of gum arabic and sodium alginate and their interactions with whey protein aggregates on bio-based films characteristics. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 125, p. 999-1007, 2019.

FAGUNDES, C; PALOU, L; MONTEIRO, A.R; PÉREZ-GAGO, M.B. Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings on gray mold development and quality attributes of cold-stored cherry tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**. v. 92, p. 1-8, 2014.

FAKHOURI, F. M; FONTESA, L. C. B; INNOCENTINI-MEIB, L. H; COLLARES-QUEIRO, F. P. Effect of fatty acid addition on the properties of biopolymer films based on lipophilic maize starch and gelatin. **Food Technology**. v. 61, p. 528-536, 2009.

FARRO,P.A; SOBRAL, G.J.A; MENEGALLI, P.F.C. Development of films based on quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willdenow) starch. **Carbohydrate Polymers**. v. 81, p.839-848, 2010.

FARRIS, S; SHAICH, K.M; LIU, L; COOKE, P.H; PIERGIOVANNI, L; YAM, K.L. Gelatin–pectin composite films from polyion–complex hydrogels. **Food Hydrocolloids**. v.25, p. 61-70, 2011.

FAVACHO, H.A.S; OLIVEIRA, B.R; SANTOS, K.C; MEDEIROS, B.J.L; SOUZA, P.J.C; PERAZZO, F.F; CARVALHO, J.C.T. Anti-infl ammatory and antinociceptive activities of *Euterpe oleracea* oil. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**. v. 21, p.105-114, 2011.

FILHO, A.L.M; PEREIRA, M.R.R. Antimicrobial activity of açaí and pupunha oils on the development of *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. **Journal BioScience**. v. 28, p. 598-603, 2012.

GAO, Y; TIAN, P; LI, J; CAO, J; XU, W; LI, J. Transcriptional changes during tomato ripening and influence of brackish water irrigation on fruit transcriptome and sugar content. **Plant Physiology and Biochemistry**. v. 145, p. 21-33, 2019.

GARZÓN, G.A; NARVÁEZ-CUENCA, C.E; VINCKEN, J.P; GRUPPEN, H. Polyphenolic composition and antioxidant activity of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) from Colombia. **Food Chemistry**. v. 217, p. 364-372, 2017.

GOMES, R.S.S; BANDEIRA,S.F; PETRY, F.C; ALMEIDA, P.L.A. Extração de gelatina a partir de peles de cabeça de carpa comum. **Ciência Rural**, v. 41, p. 904-909, 2011.

GÓMEZ-ESTACA, J; BRAVO, L; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C; ALEMÁN, A; MONTERO, P. Antioxidant properties of tuna-skin and bovine-hide gelatin films induced by the addition of oregano and rosemary extracts. **Food Chemistry**, v.112, p.18-25, 2010.

GÓMEZ- GUILLÉN, M.C; GIMÉZEZ, B; LÓPEZ-CABALLERO, M.E; MONTERO, M.P. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: a review. **Food Hydrocolloid**, v. 25, p. 1813-1827, 2011.

GONTARD, N; DUCHEZ, C; CUQ, J; GUILBERT, S. Edible composite films of wheat gluten and lipids: Water vapor permeability and other physical properties. **International Journal Food Science Technology**. v. 29, p. 39-50, 1994.

GUERREIRO,D; MADUREIRA, J; SILVA, T; MELO, R; SANTOS, P.M.P; FERREIRA, A; TRIGO, M.J; FALCÃO, A.N; MARGAÇA, F.M.A; VERDE, S.C. Post-harvest treatment of cherry tomatoes by gamma radiation: Microbial and physicochemical parameters evaluation. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. v. 36, p. 1-9, 2016.

GUIMARÃES, A; ABRUNHOSA, L; PASTRANA, L.M; CERQUEIRA, M.A. Edible films and coatings as carriers of living microorganisms: A new strategy towards biopreservation and healthier foods. **Comprehensive reviews in food science and food safety**. v. 17, p. 594-614, 2018.

GUO, W; LI, W; YANG, B; ZHU, Z; LIU, D; ZHU, X. A novel noninvasive and cost-effective handheld detector on soluble solids content of fruits. **Journal of Food Engineering**. v. 257, p. 1-9, 2019.

HASSAN, B; CHATHA, S.A.S; HUSSAIN, A.L; ZIA, K.M; AKHTAR, N. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 109, p. 1095-1107, 2018.

HOSSEINI, S.F; GÓMEZ-GUILLÉN, M.C. A state-of-the-art review on the elaboration of fish gelatin as bioactive packaging: Special emphasis on nanotechnology-based approaches. **Trends in Food Science & Technology**. v. 79, p. 125-135, 2018.

HOQUE, M. S; BENJAKUL, S; PRODPRAN, T. Effects of partial hydrolysis and plasticizer content on the properties of film from cuttlefish (*Sepia pharaonis*) skin gelatin. **Food Hydrocolloids**,v.25, p. 82–90, 2011.

HUANG, T; TU, Z.C; WANG, H; LIU, W; ZHANG, L;ZHANG, Y; SHANGGUAN, C. Comparison of rheological behaviors and nanostructure of bighead carp scales gelatin modified by different modification methods. **Journal of Food Science and Technology**, v.54, n.5, p.1256-1265, 2017.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e físicos para análises de alimentos**. 4ed. São Paulo. v.1, p. 126-281,2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola Estatística da produção agrícola**. Disponível <https://biblioteca.ibge.gov.br>. Acesso em: 05/05/2020.

IQBAL, N; KHAN, N.A; FERRANTE, A; TRIVELLINI, A; FRANCINI, A; KHAN, M.I.R. Ethylene role in plant growth, development and senescence: Interaction with other phytohormones. **Frontiers in Plant Science**. v. 8, p. 475, 2017.

JONGJAREONRAKA, A; RAWDKUENB, S; CHAIJANIC, M; BENJAKUL, S; OSAKOE, K; TANAKA, M. Chemical compositions and characterisation of skin gelatin from farmed giant catfish (*Pangasianodon gigas*). **LWT- Food Science and Technology**, v. 43, p. 161–165, 2010.

JONGSRI, P; WANGSOMBOONDEE, T; ROJSITTHISAK, P; SERAYPHEAP, K. Effect of molecular weights of chitosan coating on postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruit. **LWT- Food Science and Technology**, v. 73, p. 28-36, 2016.

JUNIOR, E.B; MONARIM, M.M.S; CAMARGO, M; MAHL, C.E.A; SIMÕES, M.R; SILVA, C.F. Efeito de diferentes biopolímeros no revestimento de mamão (*Carica papaya L*) minimamente processado. **Revista Scientia Agrárias**, v.1, n.1, p. 131-142, 2010.

KAEWKLIN, P; SIRIPATRAWAN, U; SUWANAGUL, A; LEE, Y.S. Active packaging from chitosan-titanium dioxide nanocomposite film for prolonging storage life of tomato fruit. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 112, p. 523-529, 2018.

KANAYAMA, Y. Sugar metabolism and fruit development in the tomato. **Journal Horticulture**. v. 86, edição 4, 2017.

KANG, J; LI, Z.M; WU, G.S; JENSEN, A.G; SCHAUSS, X. Anti-oxidant capacities of flavonoid compounds isolated from açai pulp (*Euterpe oleracea* Mart.). **Food Chemistry**, v. 122, p. 610-617, 2010.

KARIM, A.A; BHAT, R. Fish gelatin: properties, challenges na prospects as an alternative to mammalian gelatins. **Food Hydrocolloid**, v. 23, p. 563–576, 2009.

KHATRI, D; PANIGRAHI, J; PRAJAPATI, A; BARIYA, H. Attributes of Aloe vera gel and chitosan treatments on the quality and biochemical traits of post-harvest tomatoes. **Scientia Horticulturae**. v. 259, 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108837>.

KIM, H; BEAK, S.E; SONG, K.B. Development of a hagfish skin gelatin film containing cinnamon bark essential oil. **LWT- Food Science and Technology**. v. 96, p. 583-588, 2018.

KULCZYNSKI, B; MICHALOWSKA, A.G; CISOWSKA, J.K; KMIECIK, D. The role of carotenoids in the prevention and treatment of cardiovascular disease- current state of knowledge. **Journal of Funtional Foods**. v. 38, p. 45-65, 2017.

KUMARI, M; MAHAJAN, H; JOSHI, R; GUPTA, M. Development and structural characterization of edible films improving fruit quality. **Food Packaging and Shelf-life**. v. 12, p. 42-50, 2017.

LAEMMLI, U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. **Nature**, v. 227, p. 680-685, 1970.

LIAN, H; SHI, J; ZHANG, X; PENG, Y. Effect of the added polysaccharide on the release of thyme essential oil and structure properties of chitosan based film. **Food Packaging and Shelf Life**. v. 23, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100467>.

LIN, L; REGENSTEIN, J.M; SHUN, L.V; JIANFENG, L.U; JIANG, S. **An overview of gelatin derived from aquatic animals: Properties and modification**. Trends in Food Science & Technology. v. 68, p. 102-112, 2017.

LIU, Z; GE, X; LU, Y; DONG, S; ZHAO, Y; ZENG, M. Effects of chitosan molecular weight and degree of deacetylation on the properties of gelatine-based films. **Food Hydrocolloid**. v. 26, p. 311–317, 2012.

LECETA, I; ETXABIDE, A; CABEZUDO, S; DE LA CABA, K; GUERRERO, P. Bio-based films prepared with by-products and wastes: environmental assessment. **Journal of Cleaner Production**. v. 64, p. 218-227, 2014.

MAHFOUDHI, N; HAMDY, S. Use of Almond Gum and Gum Arabic as Novel Edible Coating to Delay Postharvest Ripening and to Maintain Sweet Cherry (*Prunus avium*) Quality during Storage. **Journal of Food Processing and Preservation**. v. 39, p. 1499-1508, 2015.

MALLMANN, E.J.J. Obtenção de um novo compósito biológico com propriedades magnéticas. Dissertação (Mestrado em Química)- Departamento de Química Analítica e Físico-química, Fortaleza-CE, 2010.

MANNOZZI, C; CECCHINI, J.P; SIROLI, L; PATRIGNANI, F; LANCIOTTI, R; ROCCULI, P; DALLA-ROSA, M; ROMANI, S. Study on the efficacy of edible coating on quality of blueberry fruits during shelf-life. **LWT- Food Science and Technology**. v. 85, p. 440-444, 2017.

MARINGGAL, B; HASHIM, N; TAWAKKAL, I.SM.A; MOHAMED, M.TM. Recent advance in edible coating and its effect on fresh/fresh-cut fruits quality. **Trends in Food Science & Technology**. v. 96, p. 253-267, 2020.

MARTÍNEZ- ORTIZ, M.A; PALMA-RODRÍGUEZ, H.M; MONTALVO-GONZÁLEZ, E; SÁYAGO-AYERDI, S.G; UTRILLA-COELLO, R; VARGAS-TORRES, A. Effect of using microencapsulated ascorbic acid in coatings based on resistant starch chayotextle on the quality of guava fruit. **Scientia Horticulturae**. v.256, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108604>.

MARTUCCI, J.F; GENDE, L.B; NEIRA, L.M; RUSECKAITE, R.A. Oregano and lavender essential oils as antioxidant and antimicrobial additives of biogenic gelatin films. **Industrial Crops and Products**. v. 71, p. 205-213, 2015.

MCATEE, P; KARIM, S; SCHAFFER, R; DAVID, K. A dynamic interplay between phytohormones is required for fruit development, maturation, and ripening. **Frontiers in Plant Science**. p. 4, 2013.

MENDES, K.F; MENDES, K.F; GUEDES, S.F; SILVA, L.C.A.S; ARTHUR,V. Evaluation of physicochemical characteristics in cherry tomatoes irradiated with ⁶⁰Co gamma-rays on post-harvest conservation. **Radiation Physics and Chemistry**. v. 177, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2020.109139>.

MENDY, T.K; MISRAN, A; MAHMUD, T.M.M; ISMAIL, S.I. Application of Aloe vera coating delays ripening and extend the shelf life of papaya fruit. **Scientia Horticulturae**. v. 246, p. 769-776, 2019.

MORENO, L.B; MARTÍNEZ, M.J.S; ANTOLINOS, V; CHUMILLAS, M.R; SEGURA, L.N; JOVER, S.S; HERNÁNDEZ, G.B.M; GÓMEZ, A.L. Active cardboard box with a coating within cyclodextrins and/or halloysite nanotubes. A case study for fresh tomato storage. **Food Control**. v. 107, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106763>.

MUSCAT, D; ADHIKARI, B; ADHIKARI, R.; CHAUDHARY, D.S. Comparative study of film forming behaviour of low and high amylose starches using glycerol and xylitol as plasticizers. **Journal of Food Engineering**. v.109, n.2, p. 189-201, 2012.

NASCIMENTO, W. M. O; CICERO, S. M; DION, A; NOVEMBRE, S. L. C. Conservação de sementes de açaí (*Euterpe oleracea Mart.*). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 24-33, 2009.

NAWAB, A; ALAM, F; HASNAIN, A; Mango kernel starch as a novel edible coating for enhancing shelf- life of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 103, p.581-586, 2017.

NEVES, E.M.P.X; PEREIRA, R.R; PEREIRA, G.V.S; PEREIRA, G.V.S; VIEIRA, L.L; LOURENÇO, L.F.H. Effect of polymer mixture on bioplastic development from fish waste. **Boletim do Instituto de Pesca (Online)**. v. 4, p. 45, 2019.

NORZIAH, M.H; AL-HASSAN, A; KHAIRULNIZAM, A.B; MORDIM, M.N; NORITA, M. Characterization of fish gelatin from surimi processing wastes: Thermal analysis and effect of transglutaminase on gel properties. **Food Hydrocolloids**, v.23, p. 1610-1616, 2009.

OLIVEIRA, V.R.L; SANTOS, F.K.G; LEITE; AROUCHA, E.M.M; SILVA, K.N.O. Use of biopolymeric coating hydrophobized with beeswax in post-harvest conservation of guavas. **Food Chemistry**. v. 259, p. 55-64, 2018.

PANIAGUA, C; POSE, S; MORRIS, V.J; KIRBY, A.R; QUESADA, M.A; MERCADO, J.A. Fruit softening and pectin disassembly: An overview of nanostructural pectin modifications assessed by atomic force microscopy. **Annals of Botany**. v. 114, p. 1375-1383, 2014.

PARKER, R; MAALEKUU, B.K. The effect of harvesting stage on fruit quality and shelf-life of four tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum Mill*). **Agriculture and Biology. Journal of north america**. v. 4, p. 252-259, 2013.

PARVEN, A; SARKER, M.R; MEGHARAJ.M; MEFTAUL, L.M. Prolonging the shelf life of Papaya (*Carica papaya L.*) using *Aloe vera* gel at ambient temperature. **Scientia Horticulturae**. v. 265, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109228>.

PEREDA,M; AMICA, G; MARCOVICH, N.E. Development and characterization of edible chitosan/olive oil emulsion films. **Carbohydrate Polymers**. v.87, p.1318-1325, 2012.

PEREIRA, G.V.S; PEREIRA, G.V.S; NEVES, E.M.P.X; REGO, J.A.R; BRASIL, D.S.B; LOURENÇO, L.F.H; JOELE, M.R.S.P. Glycerol and fatty acid influences on the rheological and technological properties of composite films from residues of *Cynoscion acoupa* rheological and technological properties of composite films of *Cynoscion acoupa*. **Food Bioscience**. v. 38, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100773>.

PERIASAMY, V.S; ATHINARAYANAN, J; ALSHATWI, A.A. Anticancer activity of an ultrasonic nanoemulsion formulation of *Nigella sativa* L. essential oil on human breast cancer cells. **Ultrasonics Sonochemistry**. v. 31, p. 449-455, 2016.

PERSIN, Z; STANA-KLEINSCHEK, K; FOSTER, T.J; VAN DAM, J.E.G; BOERIU, C.G; NAVARD.P. Challenges and opportunities in polysaccharides research and technology: The EPNOE views for the next decade in the areas of materials, food and health care. **Carbohydrate Polymers**. v.84, n. 1, p. 22-32, 2011.

PINHEIRO, J; ALEGRIA, C; ABREU, M; GONÇALVES, E.M; SILVA, C.L. Kinetics of changes in the physical quality parameters of fresh tomato fruits (*Solanum lycopersicum*, cv. 'Zinac') during storage. **Journal of Food Engineering**. v. 114, p. 338-345, 2013.

PIRES,C; RAMOS,C; TEIXEIRA, G; BATISTA, I; MENDES, R; NUNES, L; MARQUES, A. Characterization of biodegradable films prepared with hake proteins and thyme oil. **Journal of Food Engineering**. v. 105, p. 422-428, 2011.

PIRES,C; RAMOS,C; TEIXEIRA, G; BATISTA, I; MENDES, R; NUNES, L; MARQUES, A. Hake proteins edible films incorporated with essential oils: Physical, mechanical, antioxidant and antibacterial properties. **Food Hydrocolloids**.v 30, p. 224-231, 2013.

PODSHIVALOV, A; ZAKHAROVA, M; GLAZACHEVA, E; USPENSKAYA, M. Gelatin/potato starch edible biocomposite films: Correlation between morphology and physical properties. **Carbohydrate Polymers**. v. 157, p. 1162-1172, 2017.

PRAKASH, A; BASKARAN, R; PARAMASIVAN, N; VADIVEL, V. Essential oil based nanoemulsions to improve the microbial quality of minimally processed fruits and vegetables: A review. **Food Research International**. v. 111, p. 509-523, 2018.

RAFE, A; RAZAVI, S.M. Scaling law, fractal analysis and rheological characteristics of physical gels cross-linked with sodium trimetaphosphate. **Food Hydrocolloids**. v. 62, p. 58-65, 2017.

RAMOS, B; MILLER, F; BRANDÃO, T.R; TEIXEIRA, P; SILVA, C.L. Fresh fruits and vegetables- An overview on applied methodologies to improve its quality and safety. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. v. 20, p. 1-15, 2013.

RODRIGUES, M.A.V; BERTOLO, M.R.V; MARANGON, C.A; MARTINS, V.C.A; PLEPIS, A.M.G. Chitosan and gelatin materials incorporated with phenolic extracts of grape seed and jabuticaba peel: Rheological, physicochemical, antioxidant, antimicrobial and barrier properties. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 160, p. 769-779, 2020.

ROGEZ, H; POMPEU, D. R; AKWIE, S. N. T; LARONDELLE, Y. Sigmoidal kinetics of anthocyanin accumulation during fruit ripening: a comparison between açai fruits (*Euterpe oleracea*) and other anthocyanin-rich fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 24, p. 796-800, 2011.

SABERI,B; GOLDING, J.B; MARQUES, J.R; PRISTIJONO, P; CHOCKCHAIWASDEE, S; SCARLET, C.J; STATHOPOULOS. Application of Biocomposite edible coatings based on pea starch and guar gum on quality, storability and shelf life of ‘ Valencia’ oranges. **Postharvest Biology and Technology**. v. 137, p. 9-20, 2018.

SALAS-MENDÉZ, E.J; VICENTE, A; PINHEIRO, A.C; BALLESTEROS, L.F; SILVA, P; RODRÍGUEZ-GARCÍA, R; HERNÁNDEZ-CASTILLO, F.D; DÍAZ-JIMÉNEZ, M.L.V; FLORES-LÓPEZ, M.L; VILLARREAL-QUINTANILLA, J.A; PENA-RAMOS, F.M; CARRILLO-LOMELÍ, D.A; RODRÍGUEZ, D.J. Application of edible nanolaminate coatings with antimicrobial extract of *flourensia cernua* to extend the shelf-life of tomato (*Solanum lycopersicum L.*) fruit. **Postharvest Biology and Technology**. v. 150, p. 19-27, 2019.

SALTVEIT, M.E. Respiratory Metabolism. **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**. Cap. 4, p. 73-91, 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813278-4.00004-X>.

SANTOS- SÁNCHEZ, N.F; BLANCO, R.V; GÓMEZ, M.S.G; HERRERA, A.P; CORONADO, R.S. Effect of rotating tray drying on antioxidant components, color and rehydration ratio of tomato saladette slices. **LWT- Food Science and Technology**. v. 46, p. 298-304, 2012.

SANTOS, R.R; ANDRADE, M; MELO, N.R; SILVA, A.S. Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends. **Trends in Food Science & Technology**. v. 61, p. 132-140, 2017.

SARIKURKCU, C; UREN, M.C; KOCAC, M.S; CENGIZ,M; TEPE,B. Chemical composition, antioxidant, and enzyme inhibitory activities of the essential oils of three *Phlomis* species as well as their fatty acid compositions. **Food Science and Biotechnology**. v. 25, p. 687-693, 2016.

SENTURK, P.T; SCHIMID, M; MULLER, K. Effect of dipping and vacuum impregnation techniques with alginate based coating on physical quality parameters of cantaloupe melon. **Journal of Food Science**. v. 83, p. 929-936, 2018.

SUHAG, R; KUMAR, N; PETKOSKA, A.T; UPADHYAY, A. Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. **Food Research International**. v. 136, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109582>.

SCHMID, M. Properties of cast films made from different ratios of whey protein isolate: Hydrolysed whey protein isolate and glycerol. **Materials**. v. 6, p. 3254-3269, 2013.

SHAHBAZI, Y. The properties of chitosan and gelatin films incorporated with ethanolic red grape seed extract and *Ziziphora clinopodioides* essential oil as biodegradable materials for active food packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 99, p. 746-753, 2017.

SHAKILA, R.J; JEEVITHAN, E; VARATHARAJAKUMAR, A; JEYASEKARAN, G; SUKUMAR, D. Comparison of the properties of multi-composite fish gelatin films with that of mammalian gelatin films. **Food Chemistry**. v.135, n.4, p. 2260-2267, 2012.

SILVA, E.V; LOURENÇO, L.F.H; PENA, R.S. Optimization and characterization of gelatin from kumakuma (*Brachyplatystoma filamentosum*) skin. **CyTA. Journal of Food**. v. 15, p. 361-368, 2017.

SILVA, N.S; HÉRNANDEZ, E.J.E.P; ARAÚJO, C.S; JOELE, M.R.S.P; LOURENÇO, L.F.H. Development and optimization of biodegradable fish gelatin composite film added with buriti oil. **CyTA. Journal of Food**. v. 16, p. 340-349, 2018.

SILVA, N.S; FARIAS, F.S; FREITAS, M.M.S; HÉRNANDEZ, E.J.E.P; DANTAS, V.V; OLIVEIRA, M.E.C; JOELE, M.R.S.P; LOURENÇO, L.F.H. Artificial intelligence application for classification and selection of fish gelatin packaging film produced with incorporation of palm oil and plant essential oils. **Food Packaging and Shelf Life**. v. 27, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100611>.

SILVA, M,P; CUNHA, V.M.B; SOUSA, S.H.B; MENEZES, E.G.O; BEZERRA, P.N; NETO, J.T.F; FILHO, G.N.R; ARAÚJO,M.E; CARVALHO, R.N. Supercritical CO₂ extraction of lyophilized açai (*Euterpe Oleracea Mart.*) pulp oil from three municipalities in the state of Pará, Brazil. **Journal of CO₂ Utilization**. v.31, p.226-234, 2019.

SINTHUSAMRAN, S; BENJAKUL, S; SWEDLUND, P.J; HEMAR, Y. Physical and rheological properties of fish gelatin gel as influenced by κ -carrageenan. **Food Bioscience**. v. 20, p. 88-95, 2017.

SIROLI, L ; PATRIGNANI, F ; SERRAZANETTI, D.I; GARDINI, F; LANCIOTTI, R. Innovative strategies based on the use of bio-control agents to improve the safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**. v. 46, p. 302-310, 2015.

SOUZA, A.L.R; CHÁVEZ, D.W.H; PONTES, S.M; GOMES, F.S; CABRAL, L.M.C; TONON, R.V. Microencapsulation by spray drying of a lycopene-rich tomato concentrate: Characterization and Stability. **LWT-- Food Science and Technology**. v. 91, p. 286-292, 2018.

SUCHETA; CHATURVEDI, K; SHARMA, N; YADAV, S.K. Composite edible coatings from commercial pectin, corn flour and beetroot powder minimize post-

harvest decay, reduces ripening and improves sensory liking of tomatoes. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 133, p.284-293, 2019.

SUHAG, R; KUMAR, N; PETKOSKA, A.T; UPADHYAY, A. Film formation and deposition methods of edible coating on food products : A review. **Food Research International**. v. 136, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109582>.

STAJCIC, S; CETKOVIC, G; BRUNET-CANADANOVIC, J; DJILAS, S; MANDIC, A; SIMIN-CETOJEVIC, D. Tomato waste: Carotenoids content, antioxidant and cell growth activities. **Food chemistry**. v. 172, p. 225-232, 2015.

TAN, S; KE, Z; CHAI, D; MIAO, Y; LUO, K; LI, W. Lycopene, polyphenols and antioxidant activities of three characteristic tomato cultivars subjected to two drying methods. **Food Chemistry**. v. 338, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128062>.

TANG, N; NA, J; DENG, W; GAO, Y; CHEN, Z; LI, Z. Metabolic and transcriptional regulatory mechanism associated with postharvest fruit ripening and senescence in cherry tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**. v. 168, p. 111274, 2020.

TAVASSOLI, K.E; SHEKARCHIZADEH, H; BEHABADI, M.M. Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. **Carbohydrate Polymers**. v. 137, p. 360-374, 2016.

TEIXEIRA, B; MARQUES, A; PIRES, C; RAMOS, C; BATISTA, I; SARAIVA, J.A; NUNES, M.L. Characterization of fish protein films incorporated with essential oils of clove, garlic and origanum: Physical, antioxidant and antibacterial properties. **LWT-Food Science Technology**. v. 59, p. 533-539, 2014.

TEZOTTO-ULIANA, J.V; FARGONI, G.P; GEERDINK, G.M; KLUGE, R.A. Chitosan applications pre-or postharvest prolong raspberry shelf-life quality. **Postharvest Biology and Technology**. v. 91, p. 72-77, 2014.

THAKUR, R; PRISTIJONO, P; GOLDING, J.B; STATHOPOULOS, C.E; SCARLETT, C.J; BOWYER, M; SINGH, S.P; VUONG, Q.V. Development and application of rice starch based edible coating to improve the postharvest storage

potential and quality of plum fruit (*Prunus salicina*). **Scientia Horticulturae**. v. 237, p. 59-66, 2018.

TONGNUANCHAN, P; BENJAKUL, S; PRODPRAN, T. Comparative studies on properties and antioxidative activity of fish skin gelatin films incorporated with essential oils from various sources. **International Aquatic Research**. v.6, p.1–12, 2014.

TUMWESIGYE, K.S; SOUSA, A.R; OLIVEIRA, J.C; SOUSA-GALLAGHER, M.J. Evaluation of novel bitter cassava film for equilibrium modified atmosphere packaging of cherry tomatoes. **Food Packaging and Shelf Life**.v. 13, p. 1-14, 2017.

ULLAH, A; ABBASI, N.A; SHAFIQUE, M; QURESHI, A.A. Influence of edible coatings on biochemical fruit quality and storage life of bell pepper cv. “Yolo Wonder”. **Journal of Food Quality**. v. 2017, p. 1-11, 2017.

URANGA, J; LECETA, I; ETXABIDE, A; GUERRERO, P; DE LA CABA, K. Cross-linking of fish gelatins to develop sustainable films with enhanced properties. **European Polymer Journal**. v. 78, p. 82-90, 2016.

VALENZUELA, C; ABUGOCH.L; TAPIA, C.; Quinoa protein-chitosan-sunflower oil edible film: Mechanical barrier and structural properties. **LWT- Food Science and Technology**. v. 50, p. 531-537, 2013.

VALTÉS, A; RAMOS, M; BELTRÁN, A; JIMÉNEZ, A; GARRIGÓS, M.C. State of the art of antimicrobial edible coatings for food packaging applications. **Coatings**. v. 7, p. 1-23, 2017.

VEDJDAN, A; OJAGH, S.M; ADELI, A; ABDOLLAHI, M. Effect of TiO₂ nanoparticles on the physico–mechanical and ultraviolet light barrier properties of fish gelatin/agar bilayer film. **LWT- Food Science and Technology**. v.71, p.88-95, 2016.

VIEIRA, L.L; ARAÚJO, C.S; NEVES, E.M.P.X; BATISTA, J.T.S; JOELE, M.R.S.P; LOURENÇO, L.F.H. Filmes emulsionados produzidos com proteínas extraídas de subprodutos de corvina: desenvolvimento e caracterização. **Boletim do Instituto de Pesca**. v. 44, 2018.

WEISS, A.S; BIFANI, V; IHL, M; SOBRAL, P.J.A; GÓMEZ-GUILLÉN, M.C. Structural properties of films and rheology of film-forming solutions based on chitosan and chitosan- starch blend enriched with murta leaf extract. **Food Hydrocolloids**. v. 31, p. 458-466, 2013.

WENG, W; ZHENG, H. Effect of transglutaminase on properties of tilapia scale gelatin films incorporated with soy protein isolate. **Food Chemistry**. v. 169, p. 255-260, 2015.

WU, Q; BAI, J; TAO, X; MOU, W; LUO, Z; MAO, L; BAN, Z; YING, T; LI, L. Synergistic effect of abscisic acid and ethylene on color development in tomato (*Solanun lycopersicum L.*) fruit. **Scientia Horticulturae**. v.235, p. 169-180, 2018.

YAMAGUCHI, K.K.L; PEREIRA, L.F.R; LAMARÃO, C.V; LIMA, E.S; VEIGA-JUNIOR, V.F. Amazon acai: Chemistry and biological activities: A review. **Food Chemistry**. v. 179, p. 137-151, 2015.

YAO, Y; DING, D; SHAO, H; PENG, Q; HUANG, Y. Antibacterial activity and physical properties of fish gelatin-chitosan edible films supplemented with D-Limonene. **International Journal of Polymer Science**,v.201, p.1-9, 2017.

YEDDES, W; DJEBALI, K; WANNES, W.A; NAIFER, K.H; HAMMANI, M; YOUNES, I; TOUNSI, M.S. Gelatin-chitosan-pectin films incorporated with rosemary essential oil: Optimized formulation using mixture design and response surface methodology. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 154, p. 92-103, 2020.

YEN, H.F; HSIEH, C.T; HSIEH, T.J; CHANG, F.R; WANG,C.K. *In vitro* anti-diabetic effect and chemical component analysis of 29 essential oils products. **Journal of Food and Drug Analysis**. v. 23, p. 124-129, 2015.

YOUSUF, B; QADRI, O.S; SRIVASTAVA, A.K. Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review. **LWT- Food Science and Technology**. v. 89, p.198-209, 2018.

ZAHEDI, S.M; HOSSEINI, M.S; KARIMI, M; EBRAHIMZADEH, A. Effects of postharvest polyamine application and edible coating on maintaining quality of mango

(*Mangifera indica L.*) cv. Langra during cold storage. **Food Science & Nutrition**. v. 7, p. 433-441, 2019.

ZAVAREZE, E. R; HALAL, S.L.M; TELLES, A. C; HERNANDES, P. Biodegradable films based on myofibrillar proteins of fish. **Brazilian Journal of Food Technology**. p. 53-57, 2012.

ZHONG, S; FEI, Z; CHEN, H.R; ZHENG, Y; HUANG, M; VREBALOV, J; MCQUINN, R; GAPPER, N; LIU, G; XIANG, J; SHAO, Y; GIOVANNONI, J. Single-base resolution methylomes of tomato fruit development reveal epigenome modifications associated with ripening. **Nature Biotechnology**. v. 31, p. 154-159, 2013.

APÊNDICE A

Tabela 8. Perda de massa (%) dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.

Armazenamento (dias)	Perda de Massa (%)		
	Tratamentos		
	Controle	RSO	RO
4	1,641 ± 0,210 ^{I, a}	1,260 ± 0,369 ^{H, a}	0,448 ± 0,017 ^{G, b}
8	3,032 ± 0,007 ^{H, a}	2,717 ± 0,213 ^{G, a}	1,589 ± 0,266 ^{F, b}
12	4,022 ± 0,030 ^{G, a}	3,989 ± 0,166 ^{F, a}	2,867 ± 0,164 ^{E, b}
16	4,965 ± 0,390 ^{F, a}	4,351 ± 0,084 ^{F, b}	3,847 ± 0,108 ^{D, b}
20	5,627 ± 0,135 ^{E, F, a}	5,230 ± 0,387 ^{E, a}	4,324 ± 0,699 ^{D, b}
24	6,000 ± 0,088 ^{E, b}	6,170 ± 0,014 ^{D, a}	5,513 ± 0,016 ^{C, c}
28	7,338 ± 0,484 ^{D, a}	7,747 ± 0,192 ^{C, a}	6,097 ± 0,508 ^{C, b}
32	8,513 ± 0,056 ^{C, a}	8,630 ± 0,295 ^{B, a}	6,816 ± 0,055 ^{B, b}
36	9,525 ± 0,499 ^{B, a}	9,211 ± 0,144 ^{B, a}	7,117 ± 0,043 ^{B, b}
40	10,524 ± 0,002 ^{A, a}	10,138 ± 0,359 ^{A, a}	8,140 ± 0,190 ^{A, b}

Tratamentos: Sem revestimento (controle); Revestimento de gelatina sem óleo (RSO); Revestimento de gelatina com óleo de açaí (RO). Letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($p \leq 0,05$).

Tabela 9. Luminosidade dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.

Armazenamento (dias)	Cor (L* Luminosidade)		
	Tratamentos		
	Controle	RSO	RO
0	58,910 ± 0,655 ^{B, a}	55,903 ± 0,745 ^{C, a}	59,133 ± 0,137 ^{B, b}
4	59,466 ± 0,88 ^{B, b}	64,253 ± 0,349 ^{A, a}	58,470 ± 0,392 ^{B, b}
8	62,936 ± 0,803 ^{A, b}	64,570 ± 0,235 ^{A, a}	63,710 ± 0,168 ^{A, a, b}
12	55,486 ± 0,993 ^{C, b}	61,770 ± 0,370 ^{B, a}	53,766 ± 0,403 ^{C, c}
16	48,086 ± 0,175 ^{D, c}	53,903 ± 0,041 ^{D, a}	50,160 ± 0,722 ^{E, b}
20	43,510 ± 0,591 ^{F, b}	50,556 ± 0,585 ^{E, F, a}	51,863 ± 0,470 ^{D, a}
24	44,723 ± 0,425 ^{E, c}	51,273 ± 0,030 ^{E, b}	52,463 ± 0,376 ^{C, D, a}
28	48,306 ± 0,607 ^{D, b}	50,110 ± 0,459 ^{F, a}	50,020 ± 0,790 ^{E, a}
32	45,133 ± 0,301 ^{E, b}	50,716 ± 0,515 ^{E, F, a}	45,280 ± 0,403 ^{F, b}
36	44,401 ± 0,557 ^{E, b}	46,343 ± 0,146 ^{H, a}	45,813 ± 0,362 ^{F, a}
40	45,853 ± 0,491 ^{E, b}	48,730 ± 0,165 ^{G, a}	46,386 ± 0,387 ^{F, b}

Tratamentos: Sem revestimento (controle); Revestimento de gelatina sem óleo (RSO); Revestimento de gelatina com óleo de açaí (RO). Letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($p \leq 0,05$).

Tabela 10. Parâmetro a* dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.

Armazenamento (dias)	Cor (a*)		
	Tratamentos		
	Controle	RSO	RO
0	- 14,093 ± 0,814 ^{H, a}	- 16,746 ± 0,323 ^{I, b}	- 15,520 ± 0,412 ^{G, b}
4	- 16,500 ± 0,597 ^{I, b}	- 10,466 ± 0,347 ^{H, a}	- 15,763 ± 0,270 ^{G, b}
8	1,980 ± 0,190 ^{G, a}	- 4,666 ± 0,260 ^{G, b}	- 12,313 ± 0,318 ^{F, c}
12	21,726 ± 0,260 ^{F, a}	14,620 ± 0,141 ^{F, b}	21,270 ± 0,225 ^{E, a}
16	27,760 ± 0,415 ^{E, a}	19,523 ± 0,361 ^{E, c}	25,696 ± 0,097 ^{D, b}
20	32,193 ± 0,171 ^{C, a}	28,733 ± 0,311 ^{D, b}	25,270 ± 0,166 ^{D, c}
24	30,413 ± 0,711 ^{D, a}	28,436 ± 0,499 ^{D, b}	30,796 ± 0,289 ^{A, B, a}
28	32,386 ± 0,279 ^{C, a}	31,590 ± 0,265 ^{B, a}	28,553 ± 1,014 ^{C, b}
32	34,050 ± 0,580 ^{B, a}	30,363 ± 0,236 ^{C, b}	30,740 ± 0,635 ^{A, B, b}
36	36,370 ± 0,075 ^{A, a}	32,700 ± 0,204 ^{A, b}	29,816 ± 0,341 ^{B, C, c}
40	36,430 ± 0,190 ^{A, a}	31,043 ± 0,488 ^{B, C, b}	31,400 ± 0,495 ^{A, b}

Tratamentos: Sem revestimento (controle); Revestimento de gelatina sem óleo (RSO); Revestimento de gelatina com óleo de açaí (RO). Letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($p \leq 0,05$).

Tabela 11. Acidez dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.

Armazenamento (dias)	Acidez em ácido cítrico (g /100 g)		
	Tratamentos		
	Controle	RSO	RO
0	0,299 ± 0,006 ^{B, a}	0,292 ± 0,013 ^{A, B, a}	0,305 ± 0,006 ^{B, C, D, a}
4	0,260 ± 0,028 ^{C, D, E, F, a}	0,238 ± 0,003 ^{D, E, a}	0,273 ± 0,006 ^{D, a}
8	0,236 ± 0,007 ^{E, F, a}	0,214 ± 0,006 ^{F, b}	0,216 ± 0,003 ^{E, b}
12	0,273 ± 0,019 ^{B, C, D, E, a}	0,271 ± 0,003 ^{C, a}	0,277 ± 0,003 ^{C, D, a}
16	0,229 ± 0,003 ^{F, b}	0,299 ± 0,006 ^{A, a}	0,336 ± 0,033 ^{A, B, a}
20	0,227 ± 0,006 ^{F, c}	0,247 ± 0,006 ^{D, b}	0,310 ± 0,007 ^{B, C, a}
24	0,294 ± 0,003 ^{B, C, a}	0,294 ± 0,003 ^{A, B, a}	0,277 ± 0,003 ^{C, D, b}
28	0,373 ± 0,007 ^{A, a}	0,303 ± 0,007 ^{A, b}	0,351 ± 0,006 ^{A, c}
32	0,286 ± 0,006 ^{B, C, D, a}	0,275 ± 0,003 ^{B, C, a}	0,273 ± 0,006 ^{D, a}
36	0,247 ± 0,006 ^{E, F, b}	0,290 ± 0,009 ^{A, B, C, a}	0,288 ± 0,009 ^{C, D, a}
40	0,251 ± 0,018 ^{D, E, F, a}	0,219 ± 0,007 ^{E, F, a, b}	0,212 ± 0,009 ^{E, b}

Tratamentos: Sem revestimento (controle); Revestimento de gelatina sem óleo (RSO); Revestimento de gelatina com óleo de açaí (RO). Letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($p \leq 0,05$).

Tabela 12. pH dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.

Armazenamento (dias)	pH		
	Tratamentos		
	Controle	RSO	RO
0	4,256 ± 0,051 ^{E, b}	4,466 ± 0,057 ^{E, F, a}	4,220 ± 0,020 ^{F, b}
4	4,336 ± 0,030 ^{D, E, a}	4,230 ± 0,031 ^{H, b}	4,223 ± 0,030 ^{F, b}
8	4,860 ± 0,010 ^{B, b}	4,940 ± 0,043 ^{B, a}	4,933 ± 0,015 ^{B, a}
12	4,503 ± 0,130 ^{C, a}	4,610 ± 0,012 ^{C, a}	4,476 ± 0,005 ^{D, a}
16	4,530 ± 0,030 ^{C, a}	4,436 ± 0,032 ^{F, G, b}	4,360 ± 0,010 ^{E, c}
20	4,513 ± 0,051 ^{C, a}	4,560 ± 0,055 ^{C, D, a}	4,256 ± 0,040 ^{F, b}
24	4,401 ± 0,045 ^{C, D, E, a}	4,370 ± 0,020 ^{G, a}	4,360 ± 0,010 ^{E, a}
28	4,436 ± 0,020 ^{C, D, b}	4,423 ± 0,011 ^{F, G, b}	4,503 ± 0,005 ^{C, D, a}
32	4,473 ± 0,077 ^{C, D, a}	4,463 ± 0,020 ^{D, E, F, G, a}	4,546 ± 0,030 ^{C, a}
36	4,763 ± 0,025 ^{B, a}	4,540 ± 0,021 ^{C, D, E, b}	4,486 ± 0,015 ^{C, D, c}
40	5,353 ± 0,020 ^{A, a}	5,160 ± 0,022 ^{A, b}	5,070 ± 0,020 ^{A, c}

Tratamentos: Sem revestimento (controle); Revestimento de gelatina sem óleo (RSO); Revestimento de gelatina com óleo de açaí (RO). Letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($p \leq 0,05$).

Tabela 13. Sólidos solúveis dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.

Armazenamento (dias)	Sólidos solúveis (Brix)		
	Tratamentos		
	Controle	RSO	RO
0	3,5 ± 0,152 ^{F, a}	3,5 ± 0,152 ^{B, C, a}	3,5 ± 0,054 ^{A, B, C, a}
4	3,7 ± 0,102 ^{E, F, a}	3,4 ± 0,120 ^{C, b}	3,5 ± 0,060 ^{A, B, C, a, b}
8	3,7 ± 0,057 ^{D, E, F, a}	3,4 ± 0,057 ^{C, b}	3,4 ± 0,152 ^{C, b}
12	4,0 ± 0,012 ^{C, D, a}	3,6 ± 0,058 ^{A, B, C, b}	3,4 ± 0,057 ^{B, C, c}
16	3,9 ± 0,115 ^{C, D, E, a}	3,6 ± 0,054 ^{A, B, C, b}	3,5 ± 0,058 ^{A, B, C, b}
20	4,0 ± 0,057 ^{C, D, E, a}	3,7 ± 0,057 ^{A, B, b}	3,5 ± 0,023 ^{A, B, C, c}
24	4,0 ± 0,059 ^{C, a}	3,8 ± 0,025 ^{A, b}	3,6 ± 0,158 ^{A, B, C, c}
28	4,4 ± 0,015 ^{B, a}	3,7 ± 0,157 ^{A, b}	3,6 ± 0,115 ^{A, B, b}
32	4,6 ± 0,115 ^{B, a}	3,8 ± 0,058 ^{A, B, b}	3,6 ± 0,061 ^{A, B, C, b}
36	4,6 ± 0,101 ^{B, a}	3,8 ± 0,016 ^{A, b}	3,7 ± 0,057 ^{A, b}
40	4,9 ± 0,214 ^{A, a}	3,8 ± 0,125 ^{A, b}	3,7 ± 0,102 ^{A, B, b}

Tratamentos: Sem revestimento (controle); Revestimento de gelatina sem óleo (RSO); Revestimento de gelatina com óleo de açaí (RO). Letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($p \leq 0,05$).

Tabela 14. Índice de Maturação dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.

Armazenamento (dias)	Índice de Maturação (SST/ATT)		
	Tratamentos		
	Controle	RSO	RO
0	11,816 ± 0,766 ^{E, a}	12,078 ± 0,599 ^{F, a}	11,664 ± 0,125 ^{C, D, F, a}
4	14,345 ± 1,069 ^{D, E, a}	14,389 ± 0,259 ^{C, D, a}	12,938 ± 0,505 ^{C, a}
8	15,801 ± 0,439 ^{B, C, D, a}	16,005 ± 0,735 ^{B, a}	15,534 ± 0,954 ^{B, a}
12	14,678 ± 0,899 ^{C, D, a}	13,403 ± 0,199 ^{D, E, a, b}	12,368 ± 0,189 ^{C, D, b}
16	17,260 ± 0,686 ^{A, B, C, a}	12,143 ± 0,323 ^{F, b}	10,386 ± 1,139 ^{F, b}
20	17,424 ± 0,302 ^{A, B, a}	15,103 ± 0,230 ^{B, C, b}	11,180 ± 0,239 ^{D, F, c}
24	13,676 ± 0,319 ^{D, E, a}	13,100 ± 0,184 ^{E, F, a}	13,089 ± 0,193 ^{C, a}
28	11,798 ± 0,357 ^{E, b}	12,738 ± 0,273 ^{E, F, a}	10,438 ± 0,377 ^{F, c}
32	15,952 ± 0,202 ^{B, C, D, a}	13,673 ± 0,432 ^{D, E, b}	13,295 ± 0,424 ^{C, b}
36	18,610 ± 0,446 ^{A, a}	13,316 ± 0,540 ^{D, E, F, b}	12,956 ± 0,610 ^{C, b}
40	19,563 ± 1,742 ^{A, a}	17,663 ± 0,519 ^{A, a}	17,424 ± 0,609 ^{A, a}

Tratamentos: Sem revestimento (controle); Revestimento de gelatina sem óleo (RSO); Revestimento de gelatina com óleo de açaí (RO). Relação entre sólidos solúveis totais e Acidez titulável total (SST/AT). Letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($p \leq 0,05$).

Tabela 15. Firmeza dos tomates controle e com revestimentos RSO e RO durante o armazenamento.

Armazenamento (dias)	Firmeza (N)		
	Tratamentos		
	Controle	RSO	RO
0	53,116 ± 1,077 ^{A, a}	53,793 ± 1,619 ^{A, a}	52,783 ± 0,783 ^{A, a}
4	48,766 ± 1,965 ^{B, a}	49,186 ± 1,290 ^{B, a}	51,513 ± 1,449 ^{A, a}
8	43,666 ± 1,154 ^{C, b}	46,656 ± 1,527 ^{B, a, b}	48,001 ± 1,002 ^{B, a}
12	37,326 ± 0,583 ^{D, c}	43,196 ± 1,056 ^{C, b}	47,143 ± 0,310 ^{B, C, a}
16	34,520 ± 0,501 ^{D, E, c}	39,580 ± 0,518 ^{D, b}	44,873 ± 0,817 ^{C, a}
20	33,333 ± 0,577 ^{E, c}	36,333 ± 1,154 ^{E, b}	41,643 ± 1,497 ^{D, a}
24	29,536 ± 1,282 ^{F, b}	31,890 ± 0,840 ^{F, b}	37,250 ± 1,302 ^{E, a}
28	22,333 ± 0,577 ^{G, c}	29,656 ± 1,219 ^{F, b}	33,666 ± 0,577 ^{F, a}
32	20,616 ± 0,539 ^{G, H, c}	24,333 ± 0,577 ^{G, b}	30,333 ± 1,154 ^{G, a}
36	18,226 ± 0,688 ^{H, c}	23,101 ± 0,132 ^{G, b}	28,230 ± 0,684 ^{G, a}
40	14,510 ± 0,500 ^{I, c}	19,991 ± 0,135 ^{H, b}	24,793 ± 0,188 ^{H, a}

Tratamentos: Sem revestimento (controle); Revestimento de gelatina sem óleo (RSO); Revestimento de gelatina com óleo de açaí (RO). Letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância ($p \leq 0,05$).