

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
DOUTORADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

MANUELLA CANDÉO

**COBERTURA COMESTÍVEL À BASE DE PVA PARA A
CONSERVAÇÃO DE TOMATES**

TESE

**PONTA GROSSA
2020**

MANUELLA CANDÉO

**COBERTURA COMESTÍVEL À BASE DE PVA PARA A
CONSERVAÇÃO DE TOMATES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Mazurek
Tebcherani

Coorientador: Prof. Dr. Evaldo Toniolo
Kubaski

PONTA GROSSA

2020

Ficha catalográfica elaborada pelo Departamento de Biblioteca
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa
n.52/20

C216c Candéo, Manuella

Cobertura comestível à base de PVA para a conservação de tomates / Manuella Candéo.
2020.

78 f.; il., 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Mazurek Tebcherani.

Coorientador: Prof. Dr. Evaldo Toniolo Kubaski.

Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa,
2020.

1. Tomate. 2. Alimentos - Conservação. 3. Biopolímeros. 4. Essências e óleos
essenciais. I. Tebcherani, Sergio Mazurek. II. Kubaski, Evaldo Toniolo. III. Universidade
Tecnológica Federal do Paraná. IV. Título.

CDD 670.42



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



FOLHA DE APROVAÇÃO

Título da Tese Nº 35/2020

COBERTURA COMESTÍVEL À BASE DE PVA PARA CONSERVAÇÃO DE TOMATES

por

Manuella Candéo

Esta tese foi apresentada às 9:00 horas do dia 15 de maio de 2020 como requisito parcial para a obtenção do título de DOUTORA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, com área de concentração em Gestão Industrial, linha de pesquisa em Gestão do Conhecimento e Inovação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. a candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo citados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Sidnei Antônio Pianaro
(UEPG)

Prof. Dr. Thiago Sequinel
(UFGD)

Prof. Dr. Antônio Carlos de Francisco
(UTFPR)

Profa. Dra. Maria Helene Giovanetti Canteri
(UTFPR)

Prof. Dr. Sergio Mazurek Tebcherani
(UTFPR)
Orientador

Prof. Dr. Cassiano Moro Piekarski
(UTFPR)
Coordenador do PPGEP

- A Folha de Aprovação assinada encontra-se arquivada na Secretaria Acadêmica.

Dedico essa tese à minha amada
mãe Rosy, ao meu esposo Fábio e
aos meus filhos Leonardo e Alana.

AGRADECIMENTOS

Eu agradeço a Deus por me proporcionar fé, força e coragem para seguir em frente.

Agradeço ao Prof. Sergio Mazurek Tebcherani a orientação e apoio durante a execução deste trabalho, por não me abandonar ao longo da dura jornada e por me dar suporte em meio às minhas dificuldades externas.

Às professoras Denise Miléo, Sabrina Avila, Juliana Bitencourt e principalmente à Maria Helene Canteri, por me auxiliarem na pesquisa, dando suporte intelectual e abrindo espaços nos laboratórios para a realização da pesquisa.

À minha mãe, por me apoiar financeiramente para que eu pudesse me dirigir à UTFPR; ao meu esposo, por todo apoio emocional e ao seu companheirismo em todo o processo.

Ao meu filho Leonardo, por sorrir e dar motivos para que a alegria não se desvaísse em meio ao processo.

À minha enteada, Alana por sempre se mostrar orgulhosa da tia “cientista”.

Aos meus avós, Altiva e João Candéo, que eu levarei eternamente em meu coração.

*Conheça todas as teorias,
domine todas as técnicas,
mas ao tocar uma alma humana,
seja apenas outra alma humana".
(Carl Jung)*

RESUMO

CANDÉO, Manuella. **Cobertura comestível à base de PVA para a conservação de tomates**. 2020. 78 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2020.

Este estudo teve como objetivo o desenvolvimento de uma cobertura comestível à base de álcool polivinílico (PVA), acompanhado de caracterizações físico-químicas, para preservar a qualidade comercial, melhorar a capacidade de armazenamento, e aumentar a vida útil de tomates (*Solanum lycopersicum*). A metodologia deste trabalho foi dividida em duas etapas distintas. A primeira consistiu em preparar cinco coberturas, sendo quatro à base de solução de PVA aditivadas com óleos essenciais de tomilho, orégano, alecrim, cravo e, uma delas sem aditivos. Essas soluções foram utilizadas para cobrir tomates ainda verdes, com acompanhamento do amadurecimento realizado durante um período de trinta dias por meio de análises físico químicas, a fim de comparar as características dos frutos frente aos tratamentos, foi possível observar que os frutos tratados com óleo essencial apresentaram retardo no seu amadurecimento. Na segunda etapa, utilizou-se tomates maduros (vermelhos), com três tratamentos, além do controle: solução de PVA, papel de seda recoberto com PVA, apenas papel de seda, com resultados analisados durante dezenove dias, sendo realizadas análises físico-químicas. Os tomates cobertos com solução à base de PVA se mantiveram aptos para o consumo até o final do tempo de estudo, enquanto que nas outras coberturas os tomates duraram somente até o décimo primeiro dia. A cobertura comestível de PVA, se mostrou com uma alternativa viável a fim de retardar a senescência dos frutos do tomateiro, sendo que quando adicionadas de óleo essencial trazem benefícios na conservação e retardo no amadurecimento.

Palavras-chave: Coberturas. Tomates. Óleos Essenciais.

ABSTRACT

CANDÉO, Manuella. **Edible cover based on PVA for the conservation of tomatoes**. 2020. 78 p. Thesis (Doctorate in Production Engineering) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2020.

This study aimed to develop an edible cover based on polyvinyl alcohol (PVA), accompanied by physicochemical characterizations, to preserve commercial quality, improve storage capacity, and increase the shelf life of tomatoes (*Solanum lycopersicum*). The methodology of this work was divided into two distinct stages. The first consisted of preparing five toppings, four based on PVA solution additive with essential oils of thyme, oregano, rosemary, clove and one of them without additives. These solutions were used to cover tomatoes that were still green, with monitoring of ripening carried out over a period of thirty days through chemical physical analyses, in order to compare the characteristics of the fruits in the face of the treatments, it was possible to observe that the fruits treated with essential oil presented delayed in their maturation. In the second stage, mature tomatoes (red) were used, with three treatments, besides the control: PVA solution, silk paper covered with PVA, only silk paper, with results analyzed during nineteen days, and physicochemical analyses were performed. The tomatoes covered with PVA-based solution remained fit for consumption until the end of the study time, while in the other toppings the tomatoes lasted only until the eleventh day. The edible coverage of PVA showed a viable alternative in order to delay the senescence of tomato fruits, and when added essential oil bring benefits in conservation and delay in ripening.

Keywords: Covers. Tomatoes. Essential Oils.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura química do álcool polivinílico, obtido por meio de hidrólise alcalina do olia (acetato de vinila)	23
Figura 2 - Diagrama do experimento A	37
Figura 3 - Diagrama experimento B	41
Gráfico 1 - Variação de firmeza durante o tempo do experimento	51
Gráfico 2 - Determinação da perda de massa dos diferentes tratamentos de tomates verdes	52
Gráfico 3 - Comparativo do teor de sólidos solúveis dos diferentes tratamentos	54
Gráfico 4 - Opacidade dos filmes de PVA com óleo essencial.....	58
Quadro 1 - Propriedades dos óleos essenciais	28

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Disposição dos tratamentos para análise	38
Fotografia 2 - Tomates durante o experimento	49
Fotografia 3 - Tomate recoberto com PVA	50
Fotografia 4 - Microscopia de varredura comparativa entre o branco e o filme de PVA .	59
Fotografia 5 - Espessura do filme de PVA.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios de pH dos tomates durante 30 dias de ensaio para os diferentes tratamentos.....	43
Tabela 2 - Valores médios de acidez total titulável das amostras de cada um dos lotes de tomate durante o período de armazenamento	44
Tabela 3 - Valores médios de sólidos solúveis das amostras de cada um dos grupos durante o período de armazenamento	45
Tabela 4 - Valores médios de compostos fenólicos totais das amostras de cada um dos grupos durante o período de armazenamento.....	46
Tabela 5 - Valores de clorofila a ($\mu\text{g g}^{-1}$) das amostras de cada um dos grupos durante o período de armazenamento	48
Tabela 6 - Valores de clorofila b ($\mu\text{g g}^{-1}$) das amostras de cada um dos grupos durante o período de armazenamento	48
Tabela 7 - Resultado do teor de umidade dos filmes de PVA	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATT	Ácido Total Titulável
AW	Atividade de Água
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
TPVA	Taxa de Permeabilidade ao Vapor de Água
PVA	Álcool Polivinílico
SST	Sólidos Solúveis Totais

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 JUSTIFICATIVA	15
1.2 OBJETIVO GERAL	16
1.2.1 Objetivos específicos.....	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 COBERTURAS COMESTÍVEIS	17
2.2 ÁLCOOL POLIVINÍLICO	22
2.3 ÓLEOS ESSENCIAIS.....	24
2.4 TOMATE	28
2.5 CONSERVAÇÃO DE FRUTAS E VEGETAIS E SEU IMPACTO SOCIAL.....	30
2.6 CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS VOLTADA PARA A ENGENHARIA DA PRODUÇÃO.....	32
3. MATERIAL	34
3.1 EFEITOS DA COBERTURA DE PVA, ASSOCIADO A ADITIVO.....	34
3.1.1 Nomenclatura dos grupos de tomates.....	35
3.2 EFEITOS DA COBERTURA DE PVA	38
3.2.1 Nomenclatura dos grupos de tomates.....	39
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA COBERTURA DE PVA.....	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1 EFEITOS DA COBERTURA DE PVA, ASSOCIADO A ADIÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS.....	43
4.2 EFEITOS DA COBERTURA DE PVA	50
4.3 RESULTADOS REFERENTES A CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES	58
4.4 ESTIMATIVAS DO IMPACTO ECONÔMICO DA APLICAÇÃO DE COBERTURA COMESTÍVEL DE PVA, EM RELAÇÃO AOS DISPERDÍCIOS DE TOMATE.....	60
5 CONCLUSÕES	61
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	63
REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

Os frutos do tomate (*Solanum lycopersicum* L) são ricos em nutrientes, tais como o licopeno, as vitaminas A e C, o ácido fólico, o potássio e o cálcio. Nesse sentido eles devem ser consumidos ainda frescos para a melhor absorção desses nutrientes, pois alguns deles são altamente sensíveis ao calor, como por exemplo, o ácido ascórbico (LESTER, 2006; CHANFORAN *et al.*, 2012; KOH *et al.*, 2012; HALLMANN *et al.*, 2013). Além disso, são ótimas fontes de carotenoides, vitamina E, ácido fólico, flavonóides, potássio e compostos fenólicos (ORDÓÑEZ-SANTOS *et al.*, 2009), além da ação antioxidante proveniente dos carotenoides, principalmente do licopeno (LAVELLI *et al.*, 2013).

O tomate (*Solanum lycopersicum*), pertencente à família das Solanáceas, está entre as hortaliças do tipo fruto mais consumidas no mundo (FAO, 2019).

O tomate é um fruto comercializado mundialmente, consumido por diversas culturas, *in natura*, na forma de saladas, como molhos, condimentos e conservas. No entanto devido à sua alta perecibilidade e elevado teor de umidade podem ocorrer grandes perdas, dificultando assim sua comercialização (PANOZZO *et al.*, 2013).

São observadas perdas significativas desse fruto durante a pós-colheita devido às injúrias mecânicas, causadas pelas más condições de armazenamento e transporte e na exposição da venda do varejo, o que pode favorecer a contaminação dos frutos por fungos e bactérias (CHITARRA; CHITARRA, 1990).

O amadurecimento do tomate está associado a diversas alterações fisiológicas e bioquímicas, incluindo a degradação da clorofila, a síntese de compostos de aroma, a síntese de etileno, a solubilização da parede celular e o amaciamento do fruto (BIRD *et al.*, 1988). Além disso, o amadurecimento dos tomates ocorre pelo aumento da taxa de respiração, da degradação da clorofila, da produção de etileno e também da síntese de açúcares, dos ácidos e do licopeno (HERNÁNDEZ SUÁREZ *et al.*, 2008).

Desta forma, para prolongar a vida de prateleira pós-colheita de tomates é necessário controlar o seu desenvolvimento para retardar a senescência. De acordo com Ergun *et al.* (2006), tomates manuseados e armazenados de maneira inadequada, acabam por apresentar perdas consideráveis de qualidade relacionada com suas características de aparência, textura e sabor.

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2019), a produção mundial de tomates em 2017 foi de

aproximadamente 130 milhões de toneladas por ano, Devido às características de metabolismo dos vegetais frescos e também, a grande fração de água em sua composição, esses frutos apresentam uma vida de prateleira muito limitada são muito susceptíveis à degradação (CAPANOGLU *et al.*, 2010; MATERSKA, 2014). Nesse contexto, a utilização de filmes de PVA é uma possibilidade para diminuir as perdas do fruto; no entanto, para que os o filmes de PVA também sejam atrativos para o produtor devem apresentar baixo custo e que seja de fácil aplicação (GAIKWAD *et al.*, 2016).

Após a aplicação, as coberturas ou filmes de PVA os frutos devem boa aparência, tornando-os brilhantes e atrativos aos consumidores além de não serem tóxicos e capazes de ser ingeridos sem causar danos ao aparelho digestivo, e também, serem facilmente removidos com água (CRISTALLINI *et al.*, 2008).

Os revestimentos comestíveis, quando aplicados na superfície dos frutos, podem atuar como uma embalagem alternativa apresentando vantagens em relação aos revestimentos sintéticos, uma vez que são produzidos a partir de materiais inócuos e de fontes naturais. Os filmes de PVA também são uma vantagem para o meio ambiente devido às suas propriedades biodegradáveis (RAGHUI *et al.*, 2013), arrumar diferentemente das embalagens tradicionais usadas para conservação dos frutos, que em sua maioria, são feitas em polímeros sintéticos (CHIELLINI *et al.*, 2008).

Além disso, os revestimentos podem incorporar ingredientes ativos como antioxidantes, compostos bioativos e antimicrobianos (CAMPOS *et al.*, 2010).

As vantagens da aplicação de coberturas comestíveis nos frutos é que estas podem ser aditivadas com os óleos essenciais, por exemplo, que são excelentes antioxidantes e antimicrobianos (BURT, 2004).

A tendência crescente de pesquisas que envolvem o desenvolvimento de embalagens ativas que permitam aumentar a estabilidade dos produtos estocados devido à adição de componentes com atividade antimicrobiana, (PASSARINHO *et al.*, 2014; LEE *et al.*, 2015) demonstram o grande interesse econômico da utilização de novas formas de conservar os vegetais frescos. Dentre os produtos com atividade antimicrobiana natural, os óleos essenciais de plantas aromáticas, com ação antifúngica e antimicrobiana, são os mais utilizados (GUERRA *et al.*, 2015).

Filmes e coberturas podem ser aplicados em frutas e hortaliças com o propósito de reduzir a perda de umidade, as trocas gasosas de oxigênio e dióxido de carbono, de lipídios, de aromas, dentre outros, visto que atuam como barreiras

semipermeáveis. Além disso, é possível incorporar aos filmes e coberturas compostos antioxidantes, antimicrobianos e aromáticos, ao mesmo tempo em que conferem a propriedade de melhorar a integridade mecânica e características de manuseio (FANKHOURI *et al.* 2007; MEDEIROS *et al.* 2012; MORAES *et al.* 2012).

Estão relatados na literatura estudos relacionados aos recobrimentos biodegradáveis naturais compostos de polissacarídeos, de proteínas, de lipídios, ou ainda, uma mescla destes compostos. As coberturas biodegradáveis são utilizadas para estender a vida útil e também para tornar os frutos mais atrativos (DHALL. 2013; ARNON *et al.* 2014).

O efeito das embalagens biodegradáveis para o aumento da vida útil de tomates ainda é pouco conhecido e com grande potencial para estudo.

1.1 JUSTIFICATIVA

O consumo diário de frutas e verduras está associada a saúde humana, a organização mundial da saúde, classifica que a ingestão de frutas e verduras está relacionada a prevenção do desenvolvimento de doenças crônicas (OMS, 2016).

No entanto uma característica negativa das frutas e hortaliças é à sua alta perecibilidade, requerendo cuidados maiores e processos de conservação mais adequados em questões tecnológicas, assim como do armazenamento, visando um produto de qualidade (LIMA, 2016).

Podemos destacar que no Brasil, cerca de 10% a 30% dos alimentos são desperdiçados desde a colheita até o encontro com o consumidor (GANDRA, 2017).

Dados da FAO (2018) indicaram que, por ano, são desperdiçados em torno de um terço de tudo que é produzido no planeta, sendo estes descartados, pois não serviriam para consumo humano.

O Brasil é um importante produtor de frutas, alcançando o terceiro lugar no ranking mundial de produção, atingindo 45 milhões de toneladas, número expressivo se consideradas as enormes quantidades desperdiçadas ao longo de toda cadeia produtiva (EMBRAPA, 2018).

Visto que as perdas de frutas e verduras causam um grande prejuízo econômico e social é interessante o investimento em processos e em tecnologias capazes de conservar esses alimentos por mais tempo a fim de evitar essas perdas.

A ONU tem como uma de suas metas em relação ao desenvolvimento sustentável, acabar com a fome no mundo, para isso, percebe na agricultura a maior fonte de renda e trabalho para famílias pobres rurais. Investir em pequenos agricultores é um modo importante de aumentar a segurança alimentar e a nutrição (ONU, 2015).

O interesse em pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de novas técnicas para a preservação e conservação dos alimentos produzidos pela agricultura vem crescendo, afim de evitar os grandes desperdícios de alimentos.

O uso do PVA como uma resina sintética atóxica comestível para a conservação de tomates na forma de cobertura comestível é uma alternativa plausível, visto que esta apresenta excelentes propriedades físicas como transparência e capacidade de formação de membrana.

A possibilidade da adição de aditivos alimentares tais como os óleos essenciais, faz com que essa cobertura se torne ainda mais interessante.

Sob o ponto de vista que a cobertura de PVA pode aumentar a vida de prateleira de frutas, este processo passa a ser de grande interesse com relação aos aspectos econômicos da sustentabilidade.

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi avaliar a ação do álcool polivinílico quando utilizado como cobertura comestível para prolongar a vida de tomates.

1.2.1 Objetivos específicos

- Preparar coberturas à base de álcool polivinílico para aderência na superfície de tomates.
- Caracterizar por análises físico-químicas as transformações pós-colheita em tomates verdes recobertos com coberturas de álcool polivinílico (PVA) aditivadas ou não com óleos essenciais.
- Avaliar os efeitos da aplicação do álcool polivinílico, diretamente sobre o produto ou em embalagem, na conservação pós colheita de tomates maduros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 COBERTURAS COMESTÍVEIS

O uso de filmes, revestimentos ou coberturas comestíveis na aplicação de produtos *in natura*, especificamente em vegetais, para aumentar a conservação e prolongar o seu tempo de vida não é novidade e já está sendo muito utilizado. Emulsões derivadas de óleos minerais são empregadas desde o século XII e XIII na China para aumentar a conservação de frutos cítricos por longas distâncias (DEBEAUFORT *et al.*, 1998).

Revestimentos comestíveis são finas camadas de substâncias aplicadas ao alimento, capaz de envolver o mesmo. Tais técnicas desempenham importante papel na sua preservação (MCHUGH, 2000).

O produto é aplicado diretamente sobre o fruto formando uma membrana fina e superficial. Os materiais utilizados na elaboração devem ser considerados seguros para uso em alimentos segundo a FDA (2015), que utiliza o termo *Generally Recognized as safe* (GRAS) e produzidos seguindo as boas práticas de fabricação (BPF) de alimentos (ESPITIA *et al.*, 2014).

A urgência de alimentos de alta qualidade, devido ao aumento no número de doenças relacionadas com a má alimentação fez com que se aumentasse a quantidade de pesquisas conectadas ao desenvolvimento de coberturas comestíveis. Além disso, as preocupações ambientais sobre os descartes de embalagens feitas de materiais não renováveis fazem com que ocorra a oportunidade de criar novos mercados (TANADA-PALMU *et al.*, 2002).

Há um grande interesse de pesquisa na elaboração de filmes, coberturas e revestimentos comestíveis, que utilizam os biopolímeros naturais e suas aplicações, a fim de minimizar o impacto ambiental (THAKUR *et al.*, 2016).

As coberturas comestíveis podem ser classificadas como biodegradáveis, dependendo de sua composição e das quantidades de produtos utilizados na fabricação (LEMOS, 2006).

Existe diferença entre filmes e coberturas, sendo os primeiros pré-formados separadamente do produto, enquanto coberturas são aplicadas e formadas exatamente sobre o fruto que se pretende conservar, por imersão ou aspensão (MAIA *et al.*, 2000).

As coberturas que são constituídas de material biológico utilizadas como barreira nos alimentos são capazes de protegê-los de elementos externos e conservando-os por mais tempo. São geralmente produzidas por polissacarídeos, proteínas, lipídios e derivados (AZEREDO *et al.*, 2003)

As características do alimento determinam o tipo de cobertura que se deve utilizar. Assim, para produtos suscetíveis à oxidação, as películas devem exibir pouca permeabilidade ao oxigênio (O₂). Frutas e hortaliças frescas requerem coberturas que permitam transferência moderada de gases para diminuir a respiração e conter processos fermentativos resultantes de anaerobiose (AZEREDO, 2003).

As coberturas diminuem as trocas gasosas resultantes da respiração e a perda de umidade pela transpiração dos frutos e preenchem parcialmente os defeitos da casca, o que faz com que a velocidade de maturação e a senescência sejam reduzidas devido à queda da produção de etileno (ASSIS; BRITTO, 2014).

As coberturas têm algumas possíveis propriedades funcionais de acordo com sua composição. Entre essas, podem ser destacadas o retardamento da migração de umidade, o transporte de oxigênio e gás carbônico, a migração de óleo ou gordura, o transporte de solutos e aumento da integridade estrutural aos alimentos. Também é possível reter compostos aromáticos e carregar aditivos alimentícios ou componentes com atividade antibacteriana ou anti-fúngica com liberação controlada sobre o produto no qual foi investido (ASSIS *et al.*, 2008).

A formação de filmes e coberturas comestíveis está baseada na dispersão ou solubilização dos biopolímeros em um solvente, tal como, água, etanol ou ácidos orgânicos e, a adição de aditivo na forma de plastificantes ou agentes de ligação, dos quais se obtém uma solução ou dispersão filmogênica que passará por uma operação de secagem. O acréscimo da concentração do biopolímero na solução, devido à evaporação do solvente e a agregação das moléculas leva a formação de uma rede tridimensional (VICENTINI, 2003).

Consumidores do setor alimentício exigem cada vez mais produtos com qualidade, com maior vida útil e também, com características associadas à sustentabilidade. Desta forma vem aumentando o interesse em coberturas e materiais comestíveis e biodegradáveis, utilizados para prolongar a vida de prateleira de produtos e reduzindo os resíduos de embalagens não biodegradáveis (AKHTAR *et al.*, 2012; AL-HASSAN; NORZIAH, 2012).

A utilização e os estudos relacionados à produção de coberturas comestíveis visam substituir os plásticos por materiais biodegradáveis. Existe grande interesse em descobrir novas formas de produção de agentes plastificantes, que melhorem as características das embalagens (CORTEZ; VEGA *et al.*, 2014).

Os revestimentos comestíveis podem atuar como uma embalagem alternativa, apresentando vantagens em relação às embalagens sintéticas uma vez que são produzidas a partir de materiais comestíveis e de fontes naturais. Além disso, os revestimentos são bons carregadores de ingredientes ativos como antioxidantes, compostos bioativos e antimicrobianos (CAMPOS; GERSCHENSON; FLORES, 2011).

Há interesse em desenvolver embalagens biodegradáveis, que evitem a deterioração dos alimentos. A alternativa mais pesquisada é o uso de coberturas comestíveis a base de polímeros biodegradáveis, com o uso de proteínas, lipídios e carboidratos para a diminuição do impacto ambiental. Um bom revestimento deve dar ao fruto, o brilho e a aparência atrativa, além de reduzir a perda de peso, por meio da diminuição da respiração normal dos frutos, sem provocar condições de anaerobiose (BALDWIN; HAGENMAIER; BAI, 2012).

Na atualidade, as pesquisas estão voltadas para a produção de coberturas que apresentem características vantajosas, como a resistência ao oxigênio e ao vapor de água (FAI *et al.*, 2016; SUEIRO *et al.*, 2016).

O uso de uma cobertura comestível contendo óleo essencial pode retardar o crescimento microbiano, melhorando a qualidade da fruta (RAYBAUDI-MASSILIA *et al.*, 2008; JO *et al.*, 2014).

Até o momento, a técnica que demonstrou melhor efeito na formação de coberturas foi o método por imersão, apesar de que o pincel e das técnicas com o *spray* terem sido aplicadas em alguns casos (ANDRADE *et al.*, 2012).

Dentre as inúmeras formas pesquisadas de se obter uma cobertura comestível destaca-se a fécula de mandioca, visto que a apresenta boa transparência e resistência às trocas gasosas. Castricini *et al.* (2010) avaliaram o efeito de revestimentos de fécula de mandioca no amadurecimento de mamões inteiros (*Carica papaya* L.), durante 14 dias de armazenamento. A solução foi preparada com formulações de fécula de mandioca a 1%, 3% e 5%. O resultado indicou que as formulações de 3% e 5% reduziram a perda de massa fresca, mantendo a coloração verde durante o armazenamento em ambiente refrigerado (entre 8 e 12 °C).

Com as mesmas concentrações, porém em temperatura ambiente, Pereira *et al.* (2006) observaram o uso de revestimento de fécula de mandioca para conservação do mamão Formosa Tainung, avaliando o efeito no amadurecimento. Imergiram o mamão inteiro na solução de fécula de mandioca e observaram que os frutos tratados com essa solução tiveram seu amadurecimento retardado, prolongando a vida de prateleira pós-colheita por quatro dias. Os mamões mantiveram-se por mais tempo a firmeza da polpa, obtendo maior resistência mecânica durante o transporte.

Souza (2005) analisou a influência de revestimentos de fécula de mandioca e amido modificado, sobre as características da parede celular do mamão Papaia inteiro. O revestimento de fécula de mandioca resultou no favorecimento e na maior integridade das paredes celulares evidenciada pela boa estruturação e organização das mesmas.

Vila *et al.* (2007) avaliaram o uso de revestimento de fécula de mandioca na manutenção da qualidade pós-colheita de goiabas (*Psidium guajava*), frutas de origem tropical com atividade metabólica, por meio da imersão, em concentrações de 2%, 3% e 4%. A cobertura nas concentrações de 3% e 4% apresentou um retardo efetivo no amadurecimento das goiabas, possibilitando maior quantidade do teor de açúcares não redutores e de vitamina C.

Zocche (2010) testou a aplicação de dois tratamentos, com fécula de mandioca 1% e com gelatina 5% em acerolas. Verificou que o tratamento com o revestimento de gelatina apresentou melhor resultado sensorial em todas as temperaturas de análise além da melhor aceitação visual.

López de Dicastillo *et al.* (2012) analisaram o uso de filmes antioxidantes aplicados em filé de sardinha. Os filmes foram produzidos pela adição de ácido ascórbico, ácido ferúlico, quercetina, e extrato de chá verde (5%) em um copolímero de etileno álcool vinílico. Os filmes com extrato de chá verde apresentaram melhores efeitos na redução de peróxido de 27 a 12 mEq kg⁻¹ da gordura no quinto dia de armazenamento. Também constataram a diminuição na concentração de malondialdeído em 25%, durante o tempo de armazenamento.

Silva *et al.* (2015) avaliaram o efeito de concentrações de fécula de mandioca utilizadas como revestimento comestível sobre as características físico-químicas de frutos de banana 'Maçã' durante o período armazenamento em temperatura ambiente, com média de 25 °C e umidade relativa média de 41%. Constataram que o

revestimento comestível proporcionou o aumento da vida útil, retardando o amadurecimento e conservando a firmeza do fruto.

Santos (2011) avaliou o efeito de biofilme à base de fécula de mandioca e amido de milho na conservação pós-colheita de mangas 'Tommy Atkins' e verificou que o uso de biofilmes de fécula de mandioca a 2% e amido de milho a 4% reduziram a perda de massa, mantiveram a firmeza e melhoraram o aspecto visual, permitindo um armazenamento por mais tempo sem perda da qualidade dos frutos.

Lemos *et al.* (2007) avaliaram o efeito de biofilme à base de fécula de mandioca na conservação dos frutos de pimentão 'Magali R', armazenados à temperatura ambiente e sob refrigeração. O uso de biofilme de fécula de mandioca nas concentrações utilizadas não foi eficiente em retardar o metabolismo pós-colheita e prolongar a conservação de pimentões 'Magali R' refrigerados ou não enquanto que o uso de refrigeração a 10 ± 1 °C e $90 \pm 5\%$ UR, sem associação com biofilme, foi eficiente em manter os pimentões Magali R com perda de massa inferior aos 15%, estabelecido como limite para a vida útil, por até vinte dias de armazenamento, enquanto em temperatura ambiente a vida útil foi de apenas por oito dias.

Oliveira *et al.* (2015) avaliaram a longevidade e qualidade pós-colheita de tomate cereja após a aplicação de película de fécula de mandioca sob condições ambiente e controlada. Observaram que o revestimento de frutos com fécula 3% preservou parâmetros de qualidade como menor acidez e menor atividade de PME sendo considerado o mais eficaz.

A interferência de aditivos nas propriedades de filmes depende de sua concentração, grau de dispersão e da interação com o polímero (KESTER; FENNEMA, 1986).

Podem ser adicionados elementos à cobertura para agregar benefícios aos frutos, tornando-a uma embalagem ativa. Atualmente, pesquisas envolvendo o desenvolvimento de embalagens ativas, que permitem aumentar a estabilidade dos produtos estocados devido à adição de componentes com atividade antimicrobiana vêm sendo estudadas (PIRES *et al.*, 2013; PASSARINHO *et al.*, 2014; LEE *et al.*, 2015).

Os filmes e coberturas podem ser usados como agentes encapsulantes para aromas e óleos essenciais podendo proporcionar ou acentuar atributos sensoriais

adicionais aos alimentos, como brilho e cor (SAREMNEZHAD *et al.*, 2011; POPÓVIC *et al.*, 2012).

Aditivos são usados para melhorar a aparência, a textura, entre outras finalidades. Os aditivos usados como plastificantes nos biofilmes são necessários para evitar que os biofilmes fiquem quebradiços, por causa das extensivas forças moleculares. Os plastificantes apresentam a capacidade de reduzir tais forças, além de suavizar a rigidez da estrutura do filme e aumentar a mobilidade entre as cadeias biopoliméricas, aperfeiçoando suas propriedades mecânicas (VEIGA-SANTOS *et al.*, 2005).

Em geral, são moléculas de baixa volatilidade semelhantes aos polímeros utilizados na fabricação do filme. Os plastificantes mais utilizados são os monos-, di- e oligossacarídeos (geralmente xaropes de glicose ou de glicose-frutose, mel), polióis (glicerol e derivados, polietilenoglicol, sorbitol), lipídeos e derivados (ácidos graxos, monoglicerídeos e seus ésteres, acetoglicéridos, fosfolipídios e outros emulsionantes) (GUILBERT; BIQUET, 1995; FAMÁ *et al.*, 2005).

Para a fabricação de filmes com amido, o plastificante mais indicado são os polióis, como o glicerol e o sorbitol. Devido às pontes de hidrogênio, esses materiais interagem melhor com o amido (MALI *et al.*, 2010).

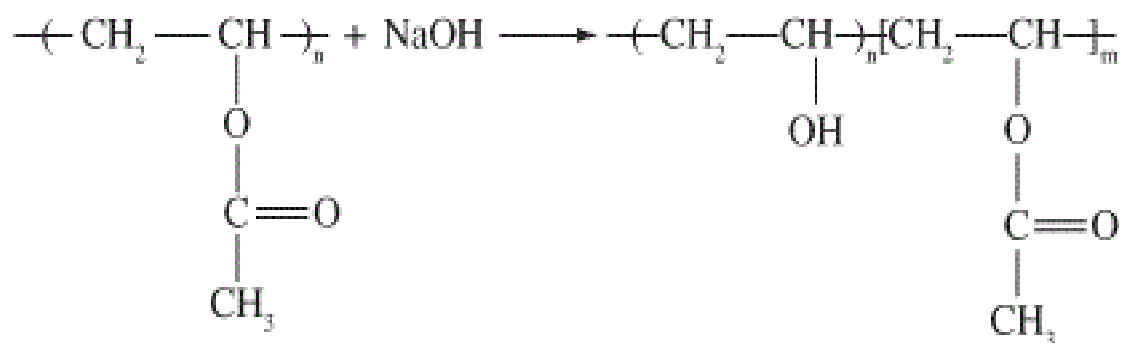
2.2 ÁLCOOL POLIVINÍLICO

A resina sintética mais produzida no mundo é o álcool polivinílico, justamente pela sua solubilidade. Esse composto foi produzido pela primeira vez em 1924, por Herrman e Haehnel, pela hidrólise do poliacetato de vinila, forma comercial ainda utilizada nos dias de hoje (MARTEN, 1985).

A transformação reversível entre o álcool polivinílico (PVA) e o poliacetato de vinila foi estudada por Staudinger, em 1961, por intermédio das reações de esterificação e saponificação (MARTEN, 1985).

O PVA é um polímero obtido pela polimerização do acetato de vinila, seguida da reação de hidrólise do poliacetato de vinila em álcool polivinílico.

Figura 1 - Estrutura química do álcool polivinílico, obtido por meio de hidrólise alcalina do oia (acetato de vinila)



Fonte: (GUERRIN *et al.*, 2006)

Esse polímero possui excelentes propriedades, tais como, transparência, atoxicidade e biodegradabilidade, além da consistência macia quando na forma de membrana (COSTA, 2008).

O álcool polivinílico, vem sendo muito estudado, pois apresenta boa capacidade de formação de película, elevada hidrofiliçidade, biocompatibilidade, boa resistência química e excelentes propriedades mecânicas (THONG; TEO; NG, 2016; NUNES *et al.*, 2016).

Apesar da grande quantidade de polímeros existentes, o PVA é um dos poucos que se apresenta na forma semicristalina. Solúvel em água, o PVA é uma excelente matéria prima para a fabricação de coberturas com solubilidade afetada pelo grau de hidrólise e massa molar. O grau de hidrólise interfere na interação com outros polímeros polares, devido à quantidade maior ou menor de hidroxilas no polímero formado (BISPO, 2009).

As aplicações do PVA deram origem a uma variedade de produtos comerciais. Quanto ao grau de hidrólise, são classificados em parcialmente hidrolisados e completamente hidrolisados. Em relação ao grau de polimerização, em baixa viscosidade (5 cp), média viscosidade (20-30 cp) e alta viscosidade (40-50 cp) (FINCH, 1973).

Aos serem ingeridos, os filmes de PVA apresentaram uma rápida desintegração e dissolução na via bucal e sublingual (VILLANOVA, 2010).

Por não ser um produto tóxico e com manejo seguro, o PVA apresenta flexibilidade e um grande potencial na aplicação produção de películas biodegradáveis. É o único polímero sintético cuja estrutura básica é absolutamente

biodegradável. O PVA é inodoro e insípido (MUPPALLA *et al.*, 2014; WANG *et al.*, 2015; JO *et al.*, 2015; THONG; TEO; NG, 2016).

Lian *et al.* (2016) desenvolveram um 24 biopolímeros usando PVA e quitosana, como materiais de base de TiO₂ nanoestruturado como um material de enchimento para aprimorar as propriedades mecânicas e de barreira e antimicrobianas do filme. Foi obtido como resultado um biopolímeros com boas características de barreira ao vapor de água e gás e boas propriedades mecânicas e antimicrobianas.

Wang *et al.* (2015) desenvolveram filmes antibacterianos de nisina – quitosana com álcool polivinílico. Perceberam que a adição do PVA na matriz do filme interferiu nas propriedades do filme obtido.

Muppalla *et al.* (2014) criaram filmes ativos com base em misturas de carboximetil celulose (CMC), álcool polivinílico e óleo de cravo em diferentes proporções a fim de caracterizar suas propriedades físicas, funcionais e para demonstrar a eficiência na preservação da carne. Perceberam que o aumento da concentração de PVA melhorou a força de punção e resistência à tração dos filmes CMC, enquanto que a taxa de transmissão de vapor de água diminuiu.

O álcool polivinílico pode ser aplicado na forma de coberturas, revestimentos e filmes comestíveis a fim de conservar frutas *in natura*. Como este passa a fazer parte do alimento a ser consumido, os matérias nele empregados devem ser considerados como GRAS, ou seja, serem atóxicos e seguros para o uso em alimentos (FDA, 2013), sem causar nenhum dano à saúde do consumidor.

2.3 ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais (OEs) são produtos voláteis orgânicos, de origem vegetal, obtidos por processo físico. Tais processos são basicamente a destilação por arraste com vapor de água, destilação a pressão reduzida ou outro método adequado (STIEVEN *et al.*, 2009; BOTRE *et al.*, 2010).

Óleo essencial é o resultado de uma mistura complexa de muitos produtos químicos bioativos componentes, tais como, terpenos, terpenóides, fenilpropenos e fenólicos com natureza lipofílica (VOON *et al.*, 2012).

A atividade antimicrobiana dos OEs geralmente está associada a compostos como eugenol, alicina, timol e carvacrol e a substâncias como o linalol, sabineno, mentol, mirceno e camphene. Esses princípios ativos, graças à sua característica

hidrofóbica atuam rompendo a parede celular microbiana, fazendo-a perder sua funcionalidade (MORO *et al.*, 2015).

Os óleos essenciais são substâncias aromáticas, antioxidantes naturais e antimicrobianas. Sua composição pode variar dependendo da sua origem, uma vez que representam uma mistura complexa de compostos naturais, como compostos aromáticos e alifáticos (BUSHBAUER; JIROVETZ, 1994).

Os óleos essenciais podem diminuir a oxidação lipídica e sua adição em produtos alimentares pode prolongar a vida útil, pois possuem um excelente potencial antioxidante (TONGNUANCHAN *et al.*, 2013; PERDONES *et al.*, 2014).

São considerados seguros, porém, algumas de suas características como o aroma intenso, problemas de toxicidade e prováveis alterações nas propriedades organolépticas dos alimentos, acabam por definir seu melhor uso na conservação de alimentos. O principal impedimento do uso industrial dos óleos essenciais como agentes conservantes é o seu efeito organoléptico e a sua composição variável (PATRIGNANI *et al.*, 2013).

Uma alternativa para solucionar o efeito organoléptico consiste em adicionar óleos essenciais em filmes e coberturas comestíveis. Deste modo é possível reduzir as quantidades requeridas, encapsulando-as na matriz polimérica, o que diminui a sua volatilização e, conseqüentemente, reduzindo assim o impacto negativo desses ingredientes, mantendo preservando os atributos de qualidade e segurança de frutas frescas e vegetais (SÁNCHEZ-GONZÁLEZ *et al.*, 2011; BONILLA *et al.*, 2013; RUIZ-NAVAJAS *et al.*, 2013).

O uso de uma cobertura comestível contendo óleo essencial pode retardar o crescimento microbiano melhorando a qualidade da fruta (RAYBAUDI-MASSILIA *et al.*, 2008; JO *et al.*, 2014).

Devido a sua natureza hidrofóbica, característica dos lipídios, o uso de óleos essenciais melhora as propriedades impermeabilizadoras do filme (ATARÉS *et al.*, 2010). Diversos autores demonstraram o poder antioxidante de uma película biodegradável com óleos essenciais em sua formulação, afirmando que a atividade antioxidante aumenta com a maior concentração de óleo essencial no filme (GÓMEZ-ESTACA *et al.*, 2009; MORADI *et al.*, 2012; SHOJAEE-ALIABADI *et al.*, 2013; TONGNUANCHAN *et al.*, 2013; JOUKI *et al.*, 2014).

A liberação dos compostos antimicrobianos das coberturas comestíveis está relacionada com diversos fatores, incluindo interações eletrostáticas entre o agente

antimicrobiano e as cadeias de polímero, a osmose e as mudanças estruturais induzidas pela presença das propriedades antimicrobianas e ambientais (AVILA-SOSA *et al.*, 2012).

Pode ocorrer uma migração lenta dos óleos essenciais adicionados aos polímeros nos alimentos. Com essa constante passagem dos agentes bactericidas e/ou bacteriostáticos, dos óleos, por difusão ou separação, para a superfície do produto, a atividade antimicrobiana ocorre com maior intensidade onde se faz necessário (COMA, 2008).

Os componentes do óleo essencial desempenham um papel significativo no aprimoramento da atividade antimicrobiana (PRAKASH *et al.*, 2015).

Os óleos essenciais demonstram atividade contra uma grande variedade de microrganismos: vírus, fungos, protozoários e bactérias (SOLÓRZANO-SANTOS; MIRANDA-NOVALES, 2011).

Atualmente, os óleos essenciais ganharam destaque como agentes antimicrobianos relacionados às embalagens para alimentos, por serem substâncias naturais. Há indícios de que aproximadamente 35% dos óleos essenciais de plantas, possuam atividade antimicrobiana e 65% possuam atividades antifúngicas, contribuindo na preservação de produtos alimentícios (LIMA *et al.*, 2006; STIEVEN *et al.*, 2009).

Os biofilmes e coberturas comestíveis, inclusive podem agir como transportadores de aditivos alimentares, como por exemplo, os agentes antimicrobianos, corantes, sabores e nutrientes (ROJAS-GRAÜ *et al.*, 2009; ROBLES-SÁNCHEZ *et al.*, 2013).

Estudos com extratos de óleos essenciais de plantas aromáticas e medicinais, como a erva-doce, orégano, alecrim, aneto, cominho, pimenta, salmoura, tomilho e salsa demonstraram atividade antimicrobiana *in vitro* satisfatória contra patógenos e microorganismos deteriorados (HASSANIEN *et al.*, 2014; MORO *et al.*, 2015; CALEJA *et al.*, 2015).

Hassanien *et al.* (2013) demonstraram que a concentração de óleo essencial de cominho preto a 0,1% apresentou uma redução no crescimento de *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *E. coli* e *Salmonella enteritidis* em meio de cultura, em queijos. No entanto, essas concentrações não foram efetivas contra *S. aureus* e *L. monocytogenes*. Esses resultados indicaram que a concentração de extratos de

plantas adicionados aos filmes também varia conforme o microorganismo e sua sensibilidade aos compostos ativos.

O efeito da incorporação de óleos essenciais em filmes sobre as propriedades mecânicas dependerá da característica de cada óleo e de sua interação com a matriz polimérica (ATARÈS *et al.*, 2010).

Diversos trabalhos relatam a propriedade satisfatória da atividade antimicrobiana dos filmes à base de alginato e incorporados com óleo essencial de alho (BODINI, 2011).

Cita-se a possibilidade de utilização dos óleos essenciais (OE's) para melhorar a conservação, prolongar o tempo de vida dos alimentos e diminuir o uso de antioxidantes e agentes antimicrobianos sintéticos (MIRANDA *et al.*, 2016).

Outra pesquisa feita com filmes à base de alginato e policaprolactona adicionados de óleos essenciais de orégano, segurelha e canela, demonstrou as propriedades antioxidantes por meio do teste colorimétrico do N-N-dietil-p-fenilenediamina (DPD). Neste caso, os filmes à base de orégano foram os que exibiram as maiores propriedades antioxidantes (SALMIERI; LACROIX, 2006).

Rodriguezlafuente (2010) apresentou um estudo em que buscou a conservação do tomate-cereja contra o fungo *Alternaria alternata*. Para tanto, utilizou embalagens ativas de papel à base de parafina e compostos ativos, como o óleo essencial da casca de canela e o óleo de orégano. Com o óleo essencial da casca de canela, com uma concentração de 6%, induziu a inibição quase total do fungo.

Souza *et al.* (2005) estudaram o poder antimicrobiano das especiarias, concluindo que o orégano pode ser amplamente utilizado para inibir a contaminação de bactérias e fungos nos alimentos.

Em outra pesquisa, envolvendo a adição de óleos essenciais de orégano, canela e capim-limão em filmes comestíveis à base de maçã, apresentaram características antimicrobianas e excluíram 50% das bactérias nas condições de ensaio. Observou-se que o óleo de orégano foi altamente eficaz contra *Escherichia coli* O157: H7 (ROJAS-GRAÜ *et al.*, 2006).

Tavares *et al.* (2018) testaram o recobrimento de goiabas com coberturas comestíveis à base de o-carboximetilquitosana e óleo essencial de orégano e avaliaram as características físicas, químicas e microbiológicas do fruto antes e após o tratamento, no período de 17 dias de armazenamento. Dessa forma, perceberam que a utilização das coberturas foi eficiente para a redução da perda de massa dos

frutos em até 81%, além de permitir pequenas variações nos valores de pH, acidez titulável e teor de umidade.

Bain (2010) estudou a eficiência do óleo essencial de alecrim na conservação de alimentos. Comprovou sua eficiência devido ao fato do óleo de alecrim ser constituído essencialmente por monoterpenos, apresentando potencial atividade antifúngica e inibitória sobre o crescimento de bactérias Gram-negativas e Gram-positivas.

Chen *et al.* (2017) verificaram o efeito inibitório de óleo essencial de cravo e de eugenol no escurecimento enzimático em alface minimamente processada, preparando diluições em etanol (75%) e água destilada para obtenção de uma concentração final de 0,05% (v/v) de óleos essenciais e 5% (v/v) de etanol, a água a qual foi utilizada como controle. Verificaram que o tratamento com OE inibiu significativamente as atividades da fenilalanina amônia liase (PAL), polifenol oxidase (PPO) e peroxidase (POD).

Muriel-Galet *et al.* (2012) desenvolveram filmes antimicrobianos visando o controle microbiológico em salada minimamente processada associada com o uso de atmosfera modificada. Os filmes foram sintetizados em polipropileno revestido com OE de orégano e de carvacrol, sendo que o OE de orégano apresentou maior ação antimicrobiana.

O Quadro 1 relaciona algumas das propriedades de alguns óleos essenciais.

Quadro 1 - Propriedades dos óleos essenciais

Denominação	Propriedades
Óleo essencial de Tomilho (<i>Thymus vulgaris</i>)	Antisséptico
Óleo essencial de orégano (<i>Origanum vulgare</i> L., família <i>Lamiaceae</i>)	Antisséptico e antioxidante
Óleo essencial de alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	Antisséptico
Óleo essencial de cravo (<i>Dianthus caryophyllus</i>)	Flavorizante, antisséptico, analgésico e anestésico.

Fonte: Adaptado de Price (1999 p.14)

2.4 TOMATE

O tomateiro é originário da região andina e é composto por uma variabilidade de gêneros e se adapta em diferentes regiões. É possível encontrar no mercado uma grande variedade de espécies e de cultivares. Essas variedades apresentam

diferentes respostas as condições de absorção de luz, CO₂, temperatura, absorção de água e nutrientes, podendo se desenvolver em diferentes climas que vão desde o tropical de altitude ao temperado (EMBRAPA, 2018).

O tomate (*Solanum lycopersicum L.*) é responsável por 21% da produção de hortaliças no Brasil (CAMARGO-FILHO; CAMARGO, 2015).

Segundo dados do Departamento de Economia Rural (DERAL) de 2016, no panorama geral, o Brasil estava em oitavo lugar na produção mundial de tomate (DERAL, 2016).

O tomate se destaca pelo seu valor nutricional e comercial, sendo um fruto rico em vitaminas, minerais e outros compostos como o licopeno, sendo um importante antioxidante, conferindo propriedades importantes no tratamento de diversos tipos de câncer (PINHEIRO *et al.*, 2017).

As perdas do tomate são resultantes de sua alta atividade de água (AW), fazendo com que ocorram alterações organolépticas devido à temperatura e umidade no armazenamento. Sua curta vida de prateleira influencia significativamente o seu valor no mercado (GIORDANO *et al.*, 2005).

O tomate é considerado um dos frutos mais consumidos pela população, uma vez que serve como matéria prima para diversos produtos alimentícios tais como extratos, molhos, sucos, entre outros (BOILEAU *et al.*, 2003).

A riqueza de nutrientes, cor, sabor, textura e aroma do tomate diferem conforme a sua variedade, características do solo, uso de fertilizantes e o clima da região de cultivo (GIOVANNUCCI, 1999).

De acordo com Kocabiyik *et al.* (2014), o tomate é um fruto estudado cientificamente devido à sua importância na alimentação humana, proveniente dos compostos antioxidantes.

Uma alternativa para manter o tomate no mercado com um custo reduzido é o uso de embalagens que auxiliam na conservação do fruto evitando perdas pós-colheita.

O tomate da variedade Carmem possui hábito de crescimento determinado e indeterminado com frutos pluriloculares (quatro ou mais lóculos). Seu formato é globular achatado, os frutos são bem graúdos podendo chegar até a 500g, com coloração vermelha ou rosada (EMBRAPA, 2018).

2.5 CONSERVAÇÃO DE FRUTAS E VEGETAIS E SEU IMPACTO SOCIAL.

As frutas e os vegetais fazem parte da rotina alimentar diária da população. Suas propriedades auxiliam a nutrição humana, previnem doenças e combatem o envelhecimento precoce, além de proporcionarem muitos outros benefícios para a saúde (GIL *et al.*, 2015).

Promover o consumo de frutas e legumes é um dos principais itens da “Estratégia Global para a Prevenção de Doenças Crônicas” da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2002)

O desenvolvimento de produtos que possam contribuir com a diminuição das perdas de frutas e verduras, além de contribuir com a diminuição da fome no mundo pode contribuir de maneira econômica, visto que a diminuição das perdas gera mais alimentos e mais renda para os produtores.

Um dos grandes desafios de conservar frutas e verduras é que estes alimentos apresentam uma vida de prateleira extremamente curta, uma vez que em sua composição concentra-se um alto volume de água, tornando-os suscetíveis a uma maior deterioração (SILVA, 2000).

Galindo (2015) realizou um estudo, com o objetivo de saber os hábitos, motivações e restrições quanto ao consumo de frutas e vegetais em estudantes. Os resultados indicaram que estes relacionam o consumo de frutas e vegetais à saúde e bem-estar, os principais motivos que limitam a ingestão destes são o preço, o tempo de compra e preparação, a oferta baixa ou ausente nos locais de compra.

A diminuição nas perdas desses produtos pode garantir uma baixa no preço destes no mercado, facilitando o consumo por famílias de baixa renda, fazendo com que estes passem a ter uma alimentação mais saudável.

Diante disso, a sustentabilidade é comprometida, uma vez que cerca de 30% dos alimentos produzidos no mundo, são descartados, extraviados, estragam-se ou são consumidos por pragas (PEIXOTO; PINTO, 2016).

A diminuição das perdas e desperdício de alimentos no mundo foi mensurada como uma medida importante para os esforços de combate à fome aumento de renda e melhoria na segurança alimentar nos países mais pobres (GUSTAVSSON *et al.*, 2011).

Uma alternativa para minimizar os desperdícios são as coberturas comestíveis as quais são de fácil aplicação e podem ter um baixo custo dependendo do material que é utilizado para a sua fabricação, como por exemplo o PVA.

Existem outros métodos que visam conservar as frutas e vegetais por mais tempo, entretanto, tais recursos acabam tornando os alimentos mais caros, como no caso da refrigeração e congelamento. Outras técnicas buscam a conservação por meio de adição de açúcar, desidratação, entre outros, porém, tais procedimentos modificam as características naturais do produto (SILVA, 2000). O PVA apresenta uma alternativa eficaz para a conservação desses alimentos, mantendo-os frescos sem alterar suas características físico-químicas. Pois a aparência e o tamanho dos frutos são as primeiras propriedades percebidas pelos consumidores (Minas *et al.*, 2018).

A importância de estudos que comprovem a eficácia da utilização de coberturas comestíveis nos alimentos, demonstrando o prolongamento da vida de prateleira, bem como a facilidade de aplicação e o baixo custo, tornam tais métodos possíveis de serem utilizados pela indústria.

Esse fator pode vir a contribuir para que a indústria se desenvolva, tanto a indústria produtora de cobertura comestível de PVA, quanto o agronegócio, garantindo um desenvolvimento sustentável, empregando mais pessoas, gerando mais renda para famílias e diminuindo problemas sociais.

O oitavo objetivo da ONU é promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos (ONU, 2015).

Nos últimos anos, aumentou interesse na síntese de materiais capaz de substituir os polímeros convencionais, com altas taxas de biodegradação e baixa toxicidade (RAMOS, 2018).

O interesse em estudos de biodegradação é relevante tanto para diminuir as consequências de resíduos plásticos sintéticos descartados no meio ambiente, como para assegurar a aplicabilidade de polímeros biodegradáveis no setor de embalagens (SCHLEMMER; ANDREANI; VALADARES, 2014).

Estudos voltados para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras para contornar problemas relacionados a degradação de alimentos e segurança alimentar, contribuem para o desenvolvimento de embalagens ativas que podem vir a dar segurança e qualidade, desempenhando papel fundamental no combate à

proliferação de microrganismos patogênicos em alimentos e, conseqüentemente, ampliando a vida útil desses produtos (MAJID *et al.*, 2016).

2.6 CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS VOLTADA PARA A ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

As pesquisas realizadas sobre nanobiotecnologia tanto na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia quanto em outros institutos no país, não têm somente o objetivo de buscar soluções para tornar o agronegócio mais eficiente e menos nocivo à natureza, pois, segundo os pesquisadores, essa é apenas uma das várias aplicações possíveis (EMBRAPA, 2018).

Os novos avanços significativos na pesquisa têm não só mudado a forma de produzir, mas também a forma de pensar e de buscar alternativas frente aos desafios da sociedade moderna (GONÇALVES *et al.*, 2012).

A importância de se desenvolver tecnologias voltadas à sustentabilidade do meio ambiente, fáceis de usar e com um custo baixo vem crescendo nos ramos da engenharia de produção (GOMES, 2009).

Um dos grandes desafios do agronegócio são as perdas relacionadas as produções de frutas visto que, muito do que se é produzido e descartado deve-se ao ataque de microorganismos, as injúrias mecânicas ou as pragas (GONÇALVES *et al.*, 2012).

Quando as frutas apresentam algum dano em sua estrutura, sua qualidade é reduzida e sua disponibilidade afetada negativamente, facilitando contaminações microbiológicas, assim como a redução de nutrientes (FREIRE, SOARES, 2014).

O desenvolvimento de coberturas comestíveis eficientes na manutenção e preservação das características das frutas, com o uso de polímeros sintético, atóxico e biodegradável, tal como a resina sintética de PVA, é uma opção viável para as nano tecnologias, visto que esse produto na nanobiotecnologia não apresenta riscos para a saúde humana e ambiente (GUERRINI *et al.*, 2006).

A conservação de frutas e vegetais visam diminuir os problemas sociais, aumentando a disponibilidade desses produtos no mercado (GRUNOW, 2013).

A cobertura comestível de PVA pode ser considerada como uma “nano emulsão” sendo um líquido com partículas minúsculas, a partir do álcool polivilico (GUERRINI *et al.*, 2006).

Esta cobertura foi testada para aumentar a conservação de tomates, uma vez que, em temperatura ambiente estes costumam durar em média uma semana, dependendo do tipo.

3 MATERIAL

Para desenvolver este trabalho, utilizou-se de tomate da variedade Carmem (*Solanum lycopersicum L*), tanto verdes como maduros, sendo selecionados os tomates com tamanhos homogêneos e, em média, medindo aproximadamente 495 mm de comprimento, 230 mm de largura e 355 mm de altura.

As coberturas dos tomates foram preparadas a partir de solução de PVA, contendo oito gramas de álcool polivinílico P.A. (Synth), dissolvidos em um litro de água, sobre agitação mecânica a 70 °C até completa dissolução, com viscosidade dinâmica de 60 MPa/s a temperatura ambiente.

Algumas coberturas foram adicionadas óleos essenciais de tomilho (Quinari), orégano (Quinari), alecrim (Quinari) e cravo (Quinari).

Também foi utilizado papel de seda com gramatura de 20 g/m².

3.1 EFEITOS DA COBERTURA DE PVA, ASSOCIADO A ADITIVO

Para a realização dos ensaios, foram utilizados tomates ainda verdes da variedade Carmen, comprados a partir de um único produtor da cidade de Ponta Grossa, no Paraná, Brasil. O produtor cultiva os tomates em estufa e não utiliza defensivos químicos em suas plantações.

Foi utilizado um total de 180 tomates verdes, divididos em grupo de trinta dias para cada tratamento. Para análise e caracterização, foram coletadas três amostras de cada tratamento com intervalo de 03 dias, durante um período total de trinta dias.

Após a seleção, os tomates foram previamente lavados e, em seguida, imersos em uma solução de hipoclorito de sódio 1:100 ppm, durante 15 a 20 minutos na temperatura aproximada de 9 °C, enxaguados em água correntes e secos com papel toalha.

Os tomates foram divididos igualmente em grupos e imersos nas soluções de PVA e óleo previamente preparadas, por cinco segundos, após a secagem deu se início a coleta das amostras que era feita da seguinte forma.

A cada três dias eram separados três tomates de cada grupo, os tomates separados eram escolhidos por apresentar algum indicativo de maturação, como a presença de pigmentos amarelos ou vermelhos, ou amolecimento da casca, estes frutos foram cortados em quatro partes iguais, embalados individualmente em sacos

plásticos, e congelado imediatamente em freezer a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$) até o momento das análises.

3.1.1 Nomenclatura dos grupos de tomates

Os tomates foram preparados conforme a descrição:

- a) Tomates controle: sem qualquer tipo de tratamento após a lavagem.
- b) Tomates com PVA: cobertos com filme de PVA. Preparado a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, sob agitação mecânica, sendo oito gramas de PVA para um litro de água., até a completa dissolução, onde não se observou a presença de nenhuma partícula.
- c) Tomates com PVA e tomilho: mistura de PVA e 0,05% de óleo essencial de tomilho, realizada por pesagem.
- d) Tomates com PVA e orégano: mistura de PVA e 0,05% de óleo essencial de orégano.
- e) Tomates com PVA e alecrim: mistura de PVA e 0,05% de óleo essencial de alecrim.
- f) Tomates com PVA e cravo: mistura de PVA e 0,05% de óleo essencial de cravo.

A determinação do potencial hidrogeniônico (pH), foi realizada de acordo com o método oficial descrito pela AOAC (1985) a partir do suco concentrado obtido dos frutos triturado em mixer (Britânia). O equipamento utilizado foi pHmetro de bancada (Quimis Q400MT).

A acidez total titulável foi determinada pelo método da titulação volumétrica com indicador fenolftaleína, de acordo com as normas de Lutz (2008), em alíquota pesada do suco concentrado do tomate, titulada com uma solução de NaOH 0,1N.

A análise de sólidos solúveis, expressa em $^{\circ}\text{Brix}$, foi feita em refratômetro de bancada (ABBE), com escala de refração 1,300-1,720 nD e 0 a 95 $^{\circ}\text{Brix}$ e indicador de temperatura, de acordo com a metodologia estabelecida pela AOAC (1995), diretamente no suco do tomate.

Os compostos fenólicos totais foram quantificados usando o método de Folin-Ciocalteu (Toor; Savage, 2005). Foram adicionados 8,4 mL de água destilada, 0,1 mL do suco de tomate ou padrão de catequina (Sigma Aldrich) para o branco e 0,5 mL do reagente Folin Ciocalteu (Sigma Aldrich) foram adicionados aos tubos. Depois de 3 minutos de reação, foi adicionado 1 mL de carbonato de sódio saturado (20%)

em cada tubo. Depois de 1 hora, a absorvância foi medida em espectrofotômetro (Femto 800XI) em comprimento de onda de 720nm.

Para determinação da clorofila, foi extraído o suco do tomate por meio de um mixer doméstico (marca Britânia). Em seguida, utilizado o método espectrofotométrico (Femto 800XI), segundo o método adaptado a partir da metodologia de Lichtenthaler; Buschmann (2001). Para identificar os comprimentos de onda, foi realizada uma varredura em espectrofotômetro de 300 nm a 800 nm. As concentrações de clorofila foram determinadas pelas leituras em espectrofotômetro, nos comprimentos de onda de 648 nm e 663 nm, para determinação das clorofilas a e b respectivamente. A concentração das clorofilas a e b foram determinadas por meio das Equações 1 e 2, respectivamente, com resultados expressos em $\mu\text{g L}^{-1}$.

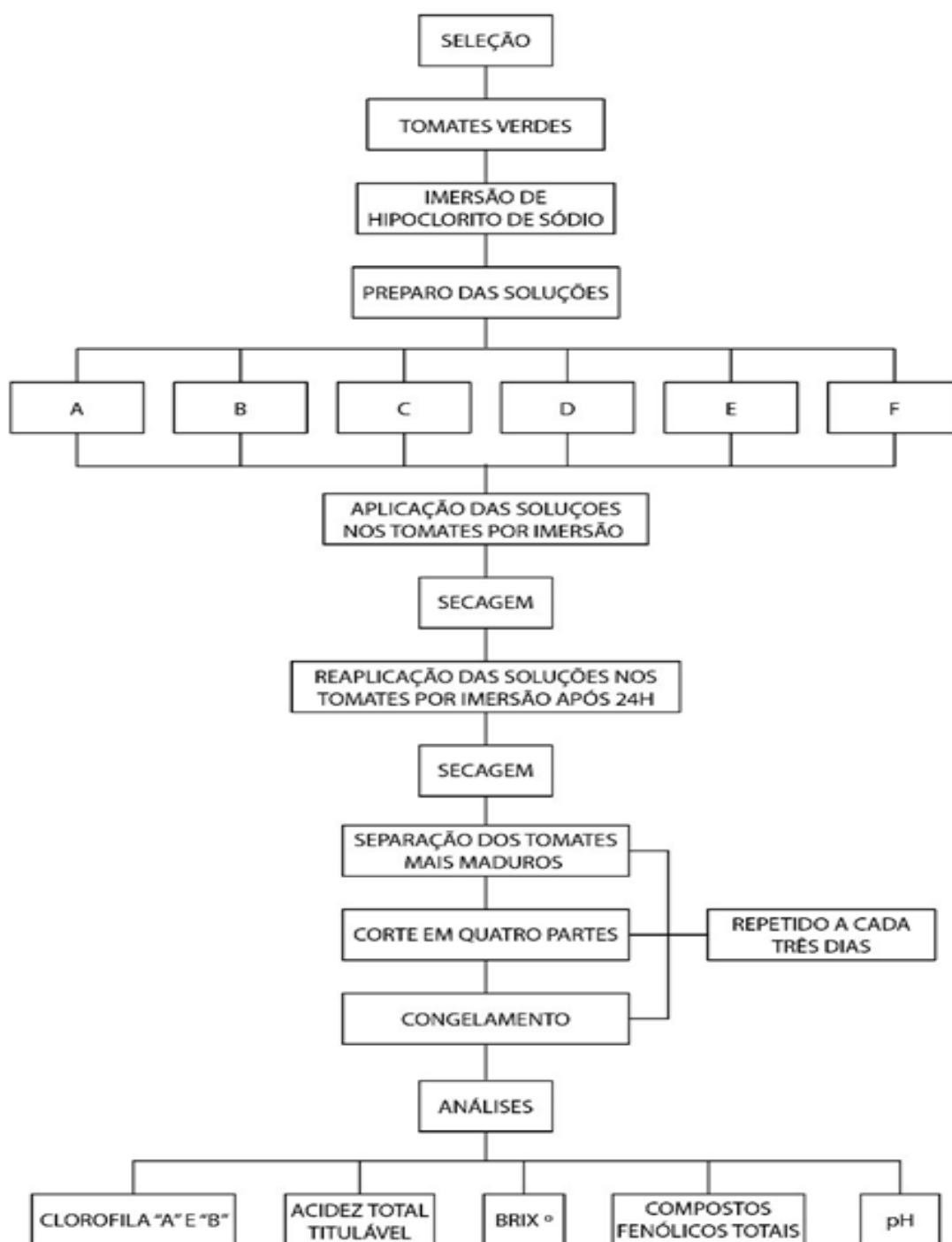
$$(1) C_a = 13,36 \times A_{663} - 5,19 \times A_{648}$$

$$(2) C_b = 27,43 \times A_{648} - 8,12 \times A_{663}$$

Nas quais, C_a é a concentração da clorofila a; C_b é a concentração da clorofila b, A_{663} é o valor da absorvância do extrato bruto obtida no comprimento de onda de 664 nm e A_{648} , a absorvância em 648 nm.

Para a análise estatística foi utilizado o programa SASM-Agri, um sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas de Canteri et al. (2001), por meio da ANOVA e teste de Tukey, com obtenção dos valores médios e o desvio padrão dos resultados em cada uma das amostras.

Figura 2 - Diagrama do experimento A



Fonte: Autoria própria

A Tomates controle. B Tomates com PVA: cobertos com filme de PVA C Tomates com PVA e tomilho. D Tomates com PVA e orégano: E Tomates com PVA e alecrim, F Tomates com PVA e cravo.

3.2 EFEITOS DA COBERTURA DE PVA

Para o desenvolvimento dos ensaios, foram utilizados frutos de tomate da variedade Carmem, adquiridos em comércio especializado em hortifrutigranjeiros na cidade de Ponta Grossa, Estado do Paraná. Os frutos foram selecionados por meio de análise visual da intensidade da cor vermelha, característica de frutos maduros, além da uniformidade de tamanho e isenção de injúrias mecânicas.

Foi utilizado o total de 180 tomates vermelhos/maduros, após a seleção dos tomates estes foram previamente lavados e em seguida, foram imersos em uma solução de hipoclorito de sódio 1:100 ppm, por 15 a 20 minutos na temperatura aproximada de 9 ° C, em seguida foram enxaguados em água correntes e secos com papel toalha.

Os tomates foram divididos em quatro tratamentos, realizados em triplicata e coletados a cada 24 horas até completar o 11º dia de experimento no entanto observou-se que algumas amostras deveriam ser descartadas pois não apresentavam condições de análise, enquanto umas amostras estavam em perfeito estágio, afim de aumentar o tempo de estudo se prolongou esse período de 24 horas para 72 horas, dando um período de 19 dias de análise.

A Fotografia 1 abaixo mostra a disposição dos tratamentos aplicados nos tomates em bancada, referente as análises destrutivas e indestrutivas.

Fotografia 1 - Disposição dos tratamentos para análise



Fonte: Autoria própria

3.2.1 Nomenclatura dos grupos de tomates

a) O controle, sem qualquer preparo posterior à lavagem.

b) Aplicação da cobertura PVA diretamente no tomate na temperatura ambiente, por meio de imersão e secagem em bandejas com grades.

c) Cobertura do tomate com papel de seda impregnado com PVA. Nesse processo, o papel de seda foi estendido sobre uma bancada e uma solução de PVA (8g/l) foi aplicada por toda a extensão do papel, com a ajuda de um pincel de cerdas finas, seco na temperatura ambiente durante 36 horas. Em seguida, os frutos foram embalados individualmente no papel de seda impregnado com solução de PVA.

d) Cobertura com papel de seda sem aplicação de PVA

Os lotes com as amostras foram dispostos sobre bandejas de isopor durante o período de observação do experimento de 19 dias. As análises físico-químicas eram realizadas nos frutos a cada 24 horas em triplicata. A partir do 11º dia, apenas as amostras sem sinais de senescência foram avaliadas.

O pH foi avaliado em pHmetro de bancada (Q400MT Quimis), conforme a metodologia descrita por IAL (2008), diretamente no suco extraído do fruto.

A acidez total titulável foi determinada pelo método da titulação volumétrica com indicador no suco concentrado do tomate de acordo com as normas de Lutz (2008).

O teor de sólidos solúveis totais foi determinado em refratômetro de bancada (Refratômetro ABBE) com escala de refração 1,300-1,720 nD e de 0 a 95% BRIX com correção para a temperatura, de acordo com a metodologia estabelecida pela AOAC (1995). A amostra foi o suco concentrado do tomate.

As análises de firmeza do fruto foram feitas em texturômetro (CT3 Texture Analyzer) com ponteira de 10 gramas, deformação 2 m/m e velocidade de 10 mh/s.

A perda de massa foi calculada conforme a Equação 3.

$$P = \frac{M_{t=0} - M_{t=t}}{M_{t=0}} \cdot 100$$

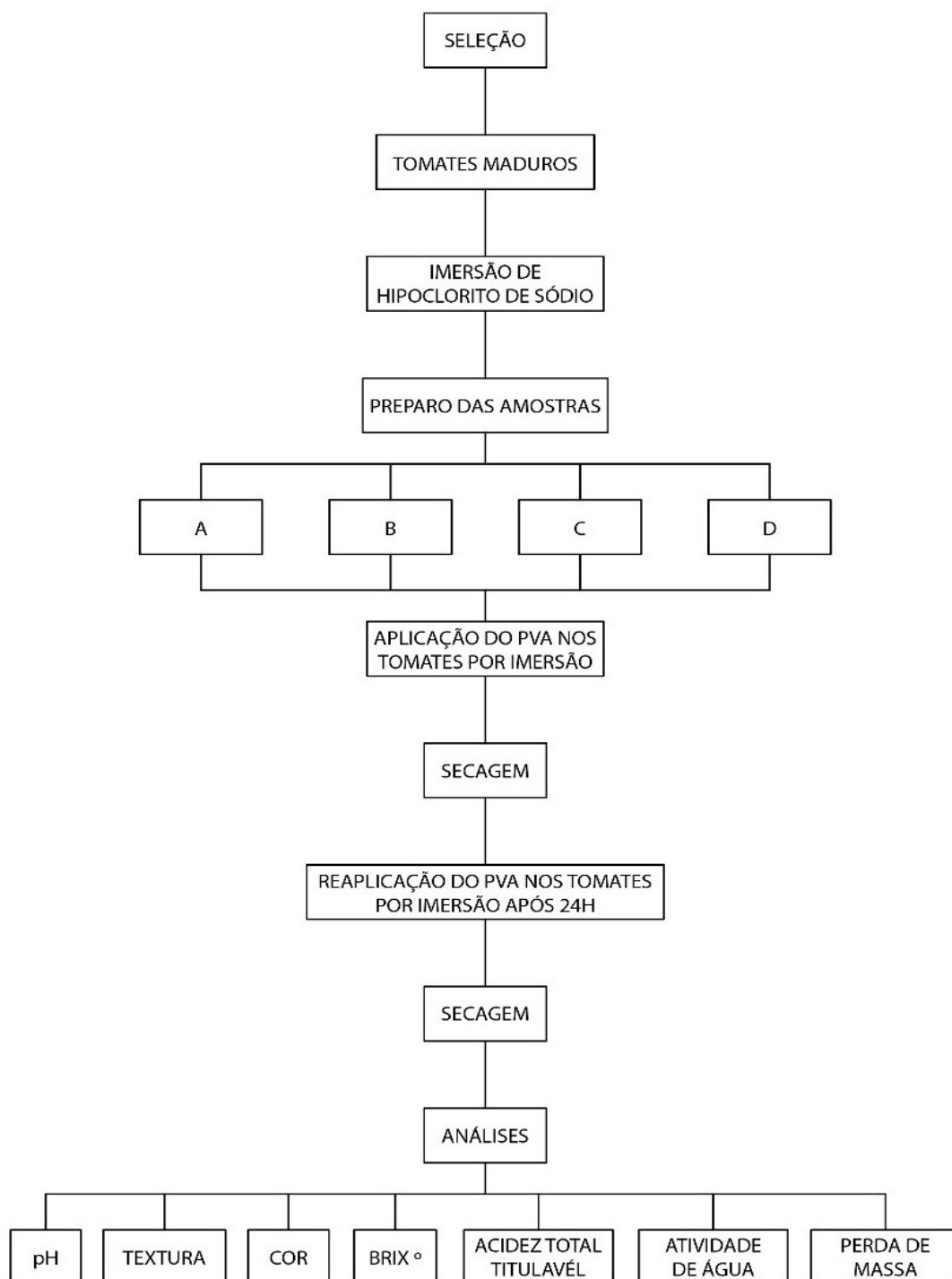
Onde, P é a porcentagem de perda de massa (%), $M_{t=0}$ é a massa do fruto no tempo zero (g) e $M_{t=t}$ é a massa do fruto no tempo t (g).

A atividade de água foi medida no AquaLab-Series-4TE- em porção de amostra de uma parte do fruto com aproximadamente 1 cm de diâmetro.

A cor foi determinada em Colorímetro Chroma Minolta Meter CR 410, de acordo com a escala CIELAB.na superfície do tomate, sempre do mesmo ponto demarcado no fruto.

A análise estatística foi realizada utilizando o programa SASM-Agri, um sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas de Canteri et al. (2001), por meio da ANOVA e teste de Tukey, com obtenção dos valores médios e o desvio padrão dos resultados em cada uma das amostras.

Figura 3 - Diagrama experimento B



Fonte: Autoria própria

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA COBERTURA DE PVA

Para a caracterização da cobertura comestível, foi realizado análises na composição do filme de PVA, afim de verificar o seu comportamento como cobertura comestível no fruto do tomateiro.

A análise de microscopia de varredura foi realizada em um microscópio eletrônico de varredura (Shimadzu SSX 550), foi realizada aplicação do filme em lâmina, em seguida a lâmina foi partida ao meio, e posicionada de modo a demonstrar a espessura do filme.

A análise de teor de umidade dos filmes foi determinada da seguinte maneira pesou-se a massa inicial dos biofilmes em balança semi-analítica em seguida foram levados à estufa a 105 °C por 1h. Após esse tempo, os biofilmes foram colocados em dessecador até temperatura ambiente. Posteriormente, pesados até massa constante

Os resultados são expressos em % de umidade, determinado pela Equação 4 abaixo:

$$\% \text{ Umidade do biofilme} = ((M_i - M_f) / M_i) \times 100 \quad (1)$$

Onde M_i = massa inicial do biofilme;

M_f = massa final do biofilme

A opacidade foi determinada pela medida de absorbância na região ultra violeta (300 nm), e na região visível (400,500 e 600 nm) de acordo com Dejenane et al (2001) em um espectrofotômetro (Varian 5000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EFEITOS DA COBERTURA DE PVA, ASSOCIADO A ADIÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS.

As análises realizadas para este trabalho foram conduzidas em triplicatas e os resultados correspondem à média dos valores encontrados.

As análises de pH foram realizadas de três em três dias durante o período de 30 dias após a preparação dos tomates, com resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores médios de pH dos tomates durante 30 dias de ensaio para os diferentes tratamentos.¹

Dias	<i>Controle</i>	<i>PVA</i>	<i>Tomilho</i>	<i>Orégano</i>	<i>Alecrim</i>	<i>Cravo</i>
3°	4,56 ^{aB}	4,38 ^{aB}	4,74 ^{bA}	4,71 ^{bA}	4,36 ^{dB}	4,90 ^{bA}
6°	4,70 ^{aA}	4,48 ^{aA}	4,64 ^{bA}	4,50 ^{bA}	4,61 ^{cA}	4,66 ^{cA}
9°	4,71 ^{aA}	4,41 ^{aA}	4,51 ^{bA}	4,54 ^{bA}	4,50 ^{dA}	4,63 ^{cA}
12°	4,71 ^{aA}	4,45 ^{aA}	4,52 ^{bA}	4,47 ^{bA}	4,43 ^{dA}	4,45 ^{cA}
15°	4,68 ^{aA}	4,48 ^{aA}	4,71 ^{bA}	4,43 ^{bA}	4,65 ^{cA}	4,63 ^{cA}
18°	4,70 ^{aA}	4,48 ^{aB}	4,66 ^{bA}	4,43 ^{bB}	4,77 ^{bA}	4,62 ^{cA}
21°	4,72 ^{aB}	4,56 ^{aB}	4,77 ^{bB}	4,57 ^{bB}	4,64 ^{cB}	4,96 ^{bA}
24°	4,73 ^{aB}	4,59 ^{aB}	4,96 ^{aA}	4,58 ^{bB}	4,90 ^{bA}	4,95 ^{bA}
27°	4,80 ^{aC}	4,65 ^{aC}	5,04 ^{aB}	5,01 ^{aB}	5,38 ^{aA}	5,27 ^{aA}

Fonte: Autoria própria

Os lotes de tomate controlem e com aplicação de PVA sem aditivo não apresentaram diferença estatística significativa no decorrer do período de experimento. Para os demais tipos de tratamento (PVA com aditivos), o pH permaneceu praticamente inalterado, sem diferença estatística significativa (F calculado menor que F tabelado a 5% de 2,51) até o 15° dia. A partir do 18° dia, todos os tratamentos sofreram aumento significativamente crescente no valor de pH. O tratamento dos tomates com PVA apresentou o menor aumento do valor de pH e os tratamentos com alecrim e cravo, o maior aumento.

Com relação ao tipo de óleo essencial adicionado ao PVA, não houve diferença estatística significativa do pH entre os diferentes tratamentos no período entre o sexto e 18° dia, com o valor de F calculado menor que o valor de F tabelado (3,10) a 5%

¹ pH inicial no tempo zero= 4,56; Valores com letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente com relação ao tempo do experimento para um mesmo tratamento e valores com letras maiúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente com relação ao tipo de tratamento para um mesmo tempo, de acordo com ANOVA e teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

de significância. A partir do 18º dia, as amostras de PVA com aditivos passaram a indicar um aumento estatístico significativo de pH com relação ao controle e cobertura de PVA.

Davila (2011), estudando tomates revestidos com óleo mineral, observou que o pH inicial do fruto coberto com óleo mineral foi de 4,2, resultado próximo aos encontrados neste estudo.

Andrade (2014) verificou a viabilidade do uso de baga de loureiro, como base de revestimento comestível capaz de prolongar a vida do tomate de árvore (*Cyphomandra betacea* S.) e observou que os parâmetros de qualidade correspondente ao teor de sólidos solúveis (SS), pH e acidez titulável, mostrou um amadurecimento de fruta inerente, com tendência para a diminuição do teor de ácido cítrico e, portanto, o aumento do pH e sólidos solúveis com os dias.

Em geral, o pH de tomates encontra-se na faixa de 4,0 a 4,5, dependendo da condição de armazenagem (MONTEIRO *et al.*, 2008). OS tomates analisados apresentaram pH superior a 4,5, cujos valores médios ficaram entre 4,56 a 4,80 durante o armazenamento dos frutos controle.

Bósquez (2003) e Mulkay *et al.* (2004) apontaram que fatores como acidez titulável e pH não são afetados pela maioria dos revestimentos comestíveis investigados. A Tabela 2 indica os resultados de acidez total titulável de três em três dias durante o período de 30 dias após a preparação dos tomates.

Tabela 2 - Valores médios de acidez total titulável das amostras de cada um dos lotes de tomate durante o período de armazenamento²

	Acidez Total Titulável (g 100 g ⁻¹)					
	<i>Controle</i>	<i>PVA</i>	<i>Tomilho</i>	<i>Orégano</i>	<i>Alecrim</i>	<i>Cravo</i>
3º	0,40 ^{aA}	0,32 ^{cC}	0,38 ^{bB}	0,37 ^{dB}	0,41 ^{bA}	0,30 ^{dD}
6º	0,29 ^{eD}	0,28 ^{dD}	0,36 ^{bC}	0,48 ^{bA}	0,39 ^{cB}	0,36 ^{bC}
9º	0,34 ^{cD}	0,39 ^{aC}	0,46 ^{aA}	0,40 ^{cC}	0,42 ^{bB}	0,33 ^{cD}
12º	0,32 ^{dD}	0,33 ^{cD}	0,47 ^{aA}	0,41 ^{cB}	0,42 ^{bB}	0,38 ^{aC}
15º	0,33 ^{dD}	0,35 ^{bC}	0,37 ^{cB}	0,40 ^{cA}	0,36 ^{dC}	0,33 ^{cD}
18º	0,37 ^{bB}	0,32 ^{cC}	0,38 ^{bB}	0,37 ^{dB}	0,53 ^{aA}	0,32 ^{cC}
21º	0,28 ^{eD}	0,37 ^{bC}	0,39 ^{bC}	0,51 ^{aA}	0,43 ^{bB}	0,27 ^{eD}
24º	0,28 ^{eD}	0,36 ^{bA}	0,32 ^{dC}	0,31 ^{eC}	0,34 ^{eB}	0,31 ^{dC}
27º	0,34 ^{cB}	0,27 ^{dC}	0,33 ^{dB}	0,32 ^{eB}	0,37 ^{dA}	0,26 ^{eC}

Fonte: Autoria própria

² acidez inicial no tempo zero= 0,27 g 100 g⁻¹; Valores com letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente com relação ao tempo do experimento para um mesmo tratamento e valores com letras maiúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente com relação ao tipo de tratamento para um mesmo tempo, de acordo com ANOVA e teste Scott-Knott (p≤0,05).

Com relação à acidez, houve diferenças significativas tanto em relação ao tempo de armazenamento para um mesmo tipo de tratamento, quanto entre os tratamentos considerando a mesma data de análise. Entretanto, não foi possível detectar uma tendência de comportamento. Pode-se destacar os valores mais baixos de acidez nos tomates recobertos com PVA mais algum tipo de aditivo depois do 24º dia. A acidez titulável influencia o sabor e está relacionada ao aproveitamento pela indústria, pois tomates com valores abaixo de 0,35 g 100 g⁻¹ de fruto fresco requerem aumento no tempo e temperatura de processamento para evitar a proliferação de microrganismos nos produtos processados (SILVA; GIORDANO, 2000).

Os valores de acidez encontrados nesse trabalho ficaram em média 0,38 g o que é positivo caso os tomates fossem direcionados para a indústria produtora de molhos e extratos.

Os açúcares e os ácidos orgânicos presentes nas frutas constituem um valioso atributo de qualidade, apresentando um sinal de referência em relação ao estado de maturação (CHITARRA; CHITARRA, 2005), e vários desses ácidos são voláteis, o que contribui para o aroma característico das frutas (FRANÇOSO *et al.*, 2008).

Os resultados encontrados podem ser justificados devido à acidez estar diretamente relacionada à concentração de ácidos orgânicos nos frutos, dependente de vários fatores intrínsecos e extrínsecos como os cultivares, a adubação, o manejo do solo, a irrigação e alguns fatores fisiológicos (área foliar, biossíntese orgânica, entre outros) (CHIEN *et al.*, 2007).

Tabela 3 - Valores médios de sólidos solúveis das amostras de cada um dos grupos durante o período de armazenamento³

	Sólidos Solúveis Totais (°Brix)					
	<i>Controle</i>	<i>PVA</i>	<i>Tomilho</i>	<i>Orégano</i>	<i>Alecrim</i>	<i>Cravo</i>
3º	4,9 ^{aA}	4,1 ^{dB}	4,9 ^{aA}	4,2 ^{cB}	5,0 ^{aA}	4,8 ^{aA}
6º	4,0 ^{cB}	5,0 ^{bA}	5,0 ^{aA}	4,2 ^{cB}	5,0 ^{aA}	5,0 ^{aA}
9º	4,2 ^{bC}	4,5 ^{cB}	5,0 ^{aA}	4,9 ^{aA}	5,0 ^{aA}	4,9 ^{aA}
12º	3,9 ^{cB}	4,9 ^{bA}	5,0 ^{aA}	5,0 ^{aA}	4,9 ^{aA}	5,0 ^{aA}
15º	4,2 ^{bB}	5,2 ^{bA}	4,8 ^{aA}	5,0 ^{aA}	5,0 ^{aA}	5,0 ^{aA}
18º	4,4 ^{bA}	5,5 ^{aA}	4,8 ^{aA}	5,1 ^{aA}	5,1 ^{aA}	5,0 ^{aA}
21º	4,0 ^{cC}	5,5 ^{aA}	5,0 ^{aB}	5,0 ^{aB}	5,0 ^{aB}	4,8 ^{aB}
24º	4,2 ^{bD}	5,5 ^{aA}	5,1 ^{aB}	4,6 ^{bC}	4,9 ^{aB}	5,0 ^{aB}
27º	4,2 ^{bB}	5,0 ^{bA}	5,1 ^{aA}	5,0 ^{aA}	5,0 ^{aA}	5,0 ^{aA}

Fonte: Autoria própria

³ Valor de sólidos solúveis no tempo zero: 4,8º Brix. Valores com letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente com relação ao tempo do experimento para um mesmo tratamento e valores com letras maiúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente com relação ao tipo de tratamento para um mesmo tempo, de acordo com ANOVA e teste Scott-Knott (p≤0,05).

Os tomates do lote controle apresentaram a maior queda nos valores de sólidos solúveis totais (SST). O tratamento com PVA sofreu um aumento dos SST após o nono dia, chegando a apresentar o valor de 5,5° Brix do 18° dia ao 27° dia. Os tratamentos com PVA aditivado de alecrim, cravo e tomilho se mantiveram constantes durante todo o período de armazenamento com uma variação mínima, sem diferença estatística no decorrer do período de estudo. Os valores de F calculado foram 0,91 para o alecrim; 1,58 para o cravo e 2,44 para o tomilho, menores que os valores para o F tabelado a 5% (2,51). O comportamento similar do PVA aditivado de alecrim, cravo e tomilho pode ser confirmado devido à similaridade estatística entre esses tratamentos a partir do 9° dia.

Takeota *et al.* (2001) afirmam que o teor de sólidos solúveis para as diversas cultivares de tomate varia entre 5 e 7° Brix; Martinez-Valverde *et al.* (2002) avaliaram nove cultivares de tomate produzidos na Espanha e registraram teores de sólidos solúveis entre 4 e 7,5° Brix. Os valores encontrados nesse estudo vão de encontro com os dois autores.

Os teores de compostos fenólicos totais foram afetados pelos diferentes óleos essenciais adicionados à cobertura de PVA, entre as médias dos tratamentos durante o período de armazenamento, apresentando significância para fins preditivos entre as duas variáveis (tempo de armazenagem e tratamentos) analisadas como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 - Valores médios de compostos fenólicos totais das amostras de cada um dos grupos durante o período de armazenamento⁴

	Compostos Fenólicos Totais (mg g ⁻¹)					
	Controle	PVA	Tomilho	Orégano	Alecrim	Cravo
3°	13,69 ^{dD}	19,25 ^{bC}	25,25 ^{dB}	24,98 ^{dB}	30,89 ^{dA}	25,71 ^{cB}
6°	16,18 ^{cC}	17,78 ^{cC}	15,27 ^{fC}	30,42 ^{bA}	19,45 ^{fC}	23,75 ^{cB}
9°	16,04 ^{cD}	11,77 ^{eE}	18,98 ^{eC}	27,42 ^{cA}	24,17 ^{eB}	19,93 ^{dC}
12°	21,16 ^{aD}	13,96 ^{dE}	28,37 ^{cC}	29,58 ^{bB}	36,14 ^{cB}	30,24 ^{bB}
15°	18,26 ^{bE}	12,70 ^{eF}	30,97 ^{cD}	33,61 ^{aC}	39,45 ^{cA}	36,43 ^{aB}
18°	14,37 ^{dD}	8,77 ^{fE}	16,66 ^{fC}	27,26 ^{cA}	21,22 ^{fB}	19,43 ^{dB}
21°	16,04 ^{cE}	9,15 ^{fF}	35,86 ^{aB}	29,56 ^{bC}	45,68 ^{aA}	19,20 ^{dD}
24°	9,52 ^{fE}	22,59 ^{aC}	29,47 ^{cB}	23,94 ^{dC}	37,54 ^{cA}	19,00 ^{dD}
27°	10,65 ^{eE}	19,42 ^{aD}	32,79 ^{bB}	26,26 ^{cC}	41,77 ^{bA}	19,82 ^{dD}

Fonte: Autoria própria

⁴ Valor de compostos fenólicos totais no tempo zero: 13,79 ± 0,54 mg g⁻¹. Valores com letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente com relação ao tempo do experimento para um mesmo tratamento e valores com letras maiúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente com relação ao tipo de tratamento para um mesmo tempo, de acordo com ANOVA e teste Scott-Knott (p ≤ 0,05).

Durante o período de armazenamento todos os tratamentos tiveram aumentos nos valores dos compostos fenólicos totais até o 15º dia, após esse tempo os valores obtidos de compostos fenólicos oscilaram. Esta pode ser justificada pela intensa oxidação dos compostos fenólicos, acarretando escurecimento, alterações metabólicas ou de reações de condensação enzimática ou não enzimática. Entretanto, não se pode inferir que houve um padrão de aumento ou redução no teor de compostos fenólicos, nem durante o período do experimento ou entre os diferentes tratamentos. O lote de tomates controle, sem aplicação da cobertura de PVA, apresentou redução significativa no teor de fenólicos a partir do 24º dia.

O tratamento com alecrim foi o que apresentou maior valor dos compostos fenólicos, seguidos de tomilho, orégano e cravo que apresentaram aumento nos teores de compostos fenólicos no período de armazenamento. Isso pode ser devido pela indução da biossíntese dos compostos fenólicos com o intuito de formar defesa contra o estresse causado no processamento a que foram submetidos os tomates (KENDRICK *et al.*, 1997).

Segundo Borguini *et al.* (2013), os compostos fenólicos são formados pelo metabolismo secundário das plantas. Metabólitos secundários atuam como fungicidas e antibióticos para proteger as plantas de fungos e bactérias. Assim, os alimentos orgânicos possuem altos teores de compostos fenólicos, devido à possível incidência de pragas e patógenos nesse método de cultivo, em que os agrotóxicos não são utilizados. Essas incidências podem causar algum estresse às plantas e, portanto, aumentar a produção de compostos fenólicos como defesa natural.

As primeiras respostas fisiológicas ao estresse, causado pelo processamento mínimo no vegetal, são os aumentos na evolução do etileno e elevação na atividade respiratória, que podem estar interligadas com a indução do metabolismo dos compostos fenólicos e com o processamento de cicatrização do tecido (MORETTI, 2007).

Foram observadas diferenças significativas no teor de clorofila a entre as médias dos diferentes tratamentos e para os tempos de armazenamento (Tabela 5). Esses resultados evidenciam uma forte correlação positiva entre os tratamentos testados que revestiram os tomates e período de armazenamento, visto que o teor de clorofila é um fator importante na avaliação do ponto de maturação dos tomates, pois muitas vezes a colheita desses frutos é baseada na cor vermelha superficial. O tratamento com PVA apresentou maiores valores de clorofila a tendo um aumento

gradual até o 27º dia, apresentando o valor máximo de 1,75. Os tratamentos com PVA aditivado de orégano e alecrim apresentaram-se relativamente mais estáveis com relação ao teor de clorofila a partir do 15º dia até o final do experimento. O lote controle apresentou os menores teores relativos de clorofila a, indicando que a cobertura com PVA, aditivado ou não, possibilita a manutenção desse componente no tomate (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores de clorofila a ($\mu\text{g g}^{-1}$) das amostras de cada um dos grupos durante o período de armazenamento⁵

	CLOROFILA A ($\mu\text{g g}^{-1}$)					
	<i>Controle</i>	<i>PVA</i>	<i>Tomilho</i>	<i>Orégano</i>	<i>Alecrim</i>	<i>Cravo</i>
3º	0,59 ^{aA}	0,32 ^{aE}	0,52 ^{cC}	0,57 ^{aB}	0,52 ^{cC}	0,50 ^{dD}
6º	0,03 ^{dE}	0,71 ^{gA}	0,62 ^{bB}	0,15 ^{eD}	0,62 ^{bB}	0,24 ^{gC}
9º	0,07 ^{cB}	0,30 ^{hA}	0,22 ^{dA}	0,13 ^{fB}	0,22 ^{dA}	0,23 ^{gA}
12º	0,06 ^{cE}	0,74 ^{fA}	0,24 ^{dC}	0,14 ^{fD}	0,24 ^{dC}	0,39 ^{eB}
15º	0,09 ^{bE}	0,90 ^{dA}	0,65 ^{bB}	0,12 ^{gD}	0,65 ^{bB}	0,38 ^{eC}
18º	0,05 ^{cE}	0,86 ^{eA}	0,66 ^{bB}	0,17 ^{dD}	0,66 ^{bB}	0,36 ^{fC}
21º	0,09 ^{bE}	1,10 ^{cA}	0,56 ^{cC}	0,46 ^{bD}	0,56 ^{cC}	0,60 ^{cB}
24º	0,10 ^{bE}	1,75 ^{aA}	0,60 ^{bC}	0,41 ^{cD}	0,59 ^{cC}	0,73 ^{bB}
27º	0,10 ^{bE}	1,25 ^{bB}	0,88 ^{aC}	0,42 ^{cD}	0,88 ^{aC}	1,51 ^{aA}

Fonte: Autoria própria

Foram observadas diferenças significativas no teor de clorofila b entre as médias dos diferentes tratamentos e para os tempos de armazenamento (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores de clorofila b ($\mu\text{g g}^{-1}$) das amostras de cada um dos grupos durante o período de armazenamento⁶

	CLOROFILA B ($\mu\text{g g}^{-1}$)					
	<i>Controle</i>	<i>PVA</i>	<i>Tomilho</i>	<i>Orégano</i>	<i>Alecrim</i>	<i>Cravo</i>
3º	0,25 ^{aA}	0,14 ^{gD}	0,18 ^{cC}	0,20 ^{aB}	0,18 ^{cC}	0,16 ^{bC}
6º	0,18 ^{aB}	0,24 ^{fA}	0,23 ^{bA}	0,02 ^{cC}	0,23 ^{bA}	0,04 ^{bC}
9º	0,24 ^{aA}	0,11 ^{fC}	0,03 ^{eC}	0,02 ^{cC}	0,03 ^{eC}	0,11 ^{bB}
12º	0,23 ^{aB}	0,27 ^{eA}	0,13 ^{dC}	0,02 ^{cD}	0,13 ^{dC}	0,10 ^{bC}
15º	0,21 ^{aB}	0,34 ^{dA}	0,16 ^{cC}	0,01 ^{cD}	0,16 ^{cC}	0,13 ^{bC}
18º	0,21 ^{aB}	0,30 ^{eA}	0,23 ^{bB}	0,01 ^{cD}	0,23 ^{bB}	0,16 ^{bC}
21º	0,24 ^{aB}	0,37 ^{cA}	0,14 ^{dC}	0,18 ^{aC}	0,14 ^{dC}	0,21 ^{bB}
24º	0,24 ^{aC}	0,78 ^{aA}	0,18 ^{cD}	0,12 ^{bE}	0,18 ^{cD}	0,37 ^{bB}
9	0,24 ^{aB}	0,43 ^{bB}	0,35 ^{aB}	0,14 ^{bB}	0,35 ^{aB}	1,91 ^{aA}

Fonte: Autoria própria

⁵ Valor de clorofila a no tempo zero: $0,025 \pm 0,01 \mu\text{g g}^{-1}$. Valores com letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente com relação ao tempo do experimento para um mesmo tratamento e valores com letras maiúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente com relação ao tipo de tratamento para um mesmo tempo, de acordo com ANOVA e teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

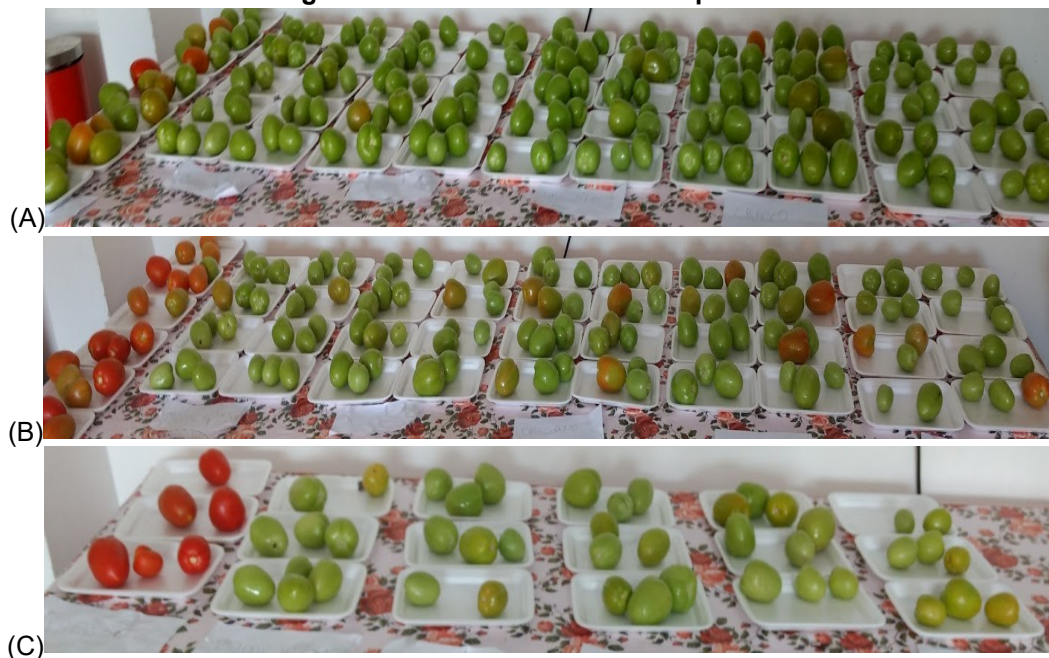
⁶ Valor de clorofila b no tempo zero: $0,18 \pm 0,01 \mu\text{g g}^{-1}$. Valores com letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente com relação ao tempo do experimento para um mesmo tratamento e valores com letras maiúsculas iguais na linha não diferem estatisticamente com relação ao tipo de tratamento para um mesmo tempo, de acordo com ANOVA e teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

O lote controle, sem cobertura de PVA, apresentou valores constantes de clorofila em todo o tempo do experimento, sem diferença significativa com F calculado (1,99) menor que F tabelado a 5% (2,51). Todos os tratamentos apresentaram um leve aumento no teor de clorofila B após o 18º dia, sendo os tratamentos com PVA e cravo com maior grau de elevação, apresentando o valor médio de $0,078 \mu\text{g g}^{-1}$ e $1,91 \mu\text{g g}^{-1}$. Os tratamentos com tomilho, orégano e alecrim apresentaram menor variação de clorofila B.

Costache *et al.* (2012) usando acetona como solvente, obtiveram teores de clorofila a, para as variedades de tomate comercial, entre $0,398 \text{ mg g}^{-1}$ e $0,465 \text{ mg g}^{-1}$. Para os teores de clorofila b, o mesmo autor, obteve valores que variaram entre $0,653 \text{ mg g}^{-1}$ e $0,0748 \text{ mg g}^{-1}$ para as variedades de tomate comum e entre $0,623 \text{ mg g}^{-1}$ e $0,721 \text{ mg g}^{-1}$ para as variedades de tomate cereja. Valores superiores ao encontrados nesse estudo.

Na Fotografia 2 observa-se o acondicionamento dos tomates durante o experimento no 3º dia (A), no 15º dia (B) e no 27º dia (C):

Fotografia 2 - Tomates durante o experimento



Fonte: Autoria Própria

Nas fotografias acima é possível observar que os tomates posicionados no lado esquerdo da imagem são mais vermelhos que os demais. Esses tomates são os tomates controle.

Pode-se observar também que o comportamento dos tomates controle vão de encontro aos resultados encontrados de clorofila a.

Nota-se que houve um amadurecimento dos mesmos pela presença da intensa cor vermelha, comparado com os demais tratamentos.

4.2 EFEITOS DA COBERTURA DE PVA

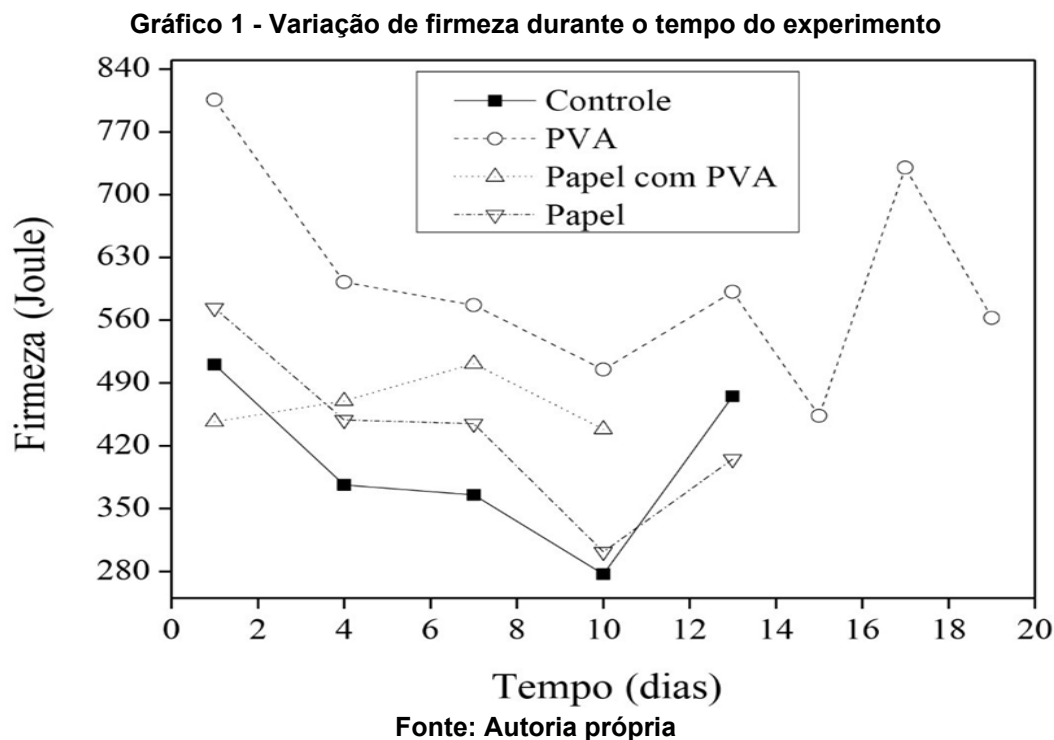
O PVA aplicado diretamente no fruto confere um aspecto brilhante ao fruto conforme ilustrado na Fotografia 3.

Fotografia 3 - Tomate recoberto com PVA



Fonte: Autoria Própria

Durante os experimentos, observou-se variação na firmeza nos frutos (Gráfico 1).



Não houve diferença significativa entre a firmeza do tomate durante o tempo de ensaio para qualquer um dos tratamentos até o décimo primeiro dia, provavelmente devido aos valores medidos pela metodologia utilizada apresentarem um desvio padrão relativamente maior em relação às demais medidas.

O F calculado foi de 0,43 para o controle, 1,92 para o papel livre de PVA, 0,39 para papel de PVA e 1,91 para revestimento de solução de PVA, sendo todos os valores maiores que F crítico de 4,06 (nível de significância de 5%).

Pelo teste de Tukey, o tratamento com revestimento em solução de PVA mostrou diferenças significativas dos demais tratamentos ou controle, com F calculado = 5,47 maior que o crítico F = 2,81 (nível de significância de 5%) de acordo com a ANOVA.

Isso também é confirmado pelos valores mais altos de firmeza no décimo primeiro dia em comparação com outros tratamentos, confirmando que a cobertura de PVA foi eficaz para manter a firmeza dos frutos por mais tempo.

No período de senescência (após o 11º dia de teste), todas as amostras perderam a firmeza da polpa durante o amadurecimento (Figura 4). No entanto, precisamos enfatizar que essas alterações são únicas para cada fruto, mesmo se colhidas ao mesmo tempo na mesma planta com aparência semelhante.

Alterações na firmeza da polpa estão associadas à transformação durante o amadurecimento dos frutos carnudos, afetando diretamente sua qualidade e prazo de

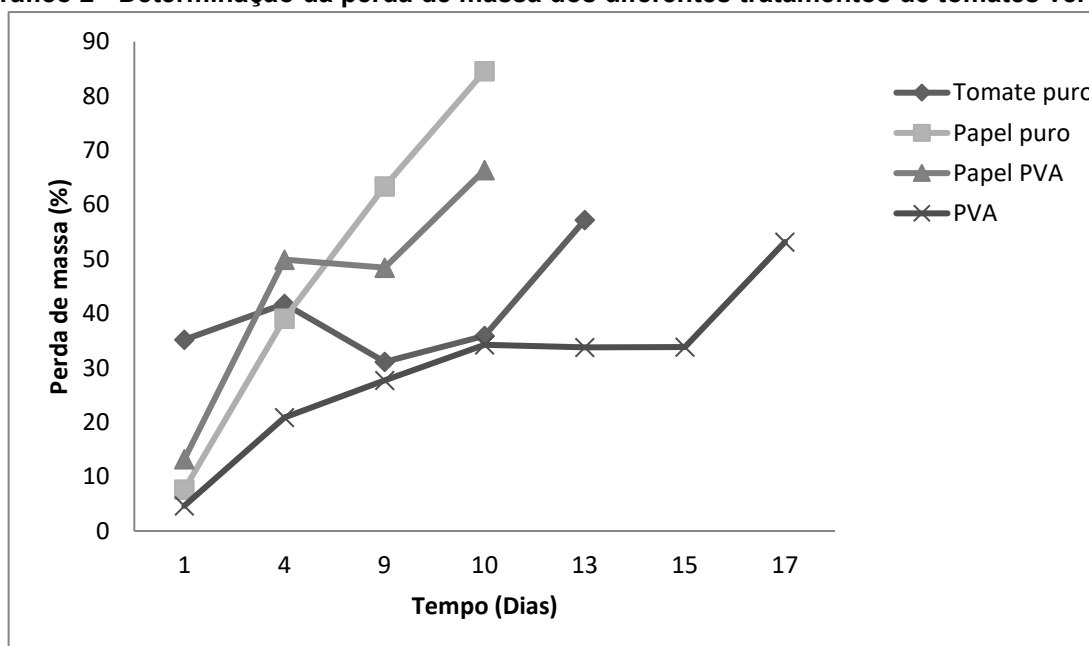
validade devido à relação direta com os componentes químicos ligados à parede celular (TOIVONEN; BRUMMELL, 2008).

Os tomates revestidos com PVA ainda não apresentavam sinais de podridão após o 13º dia (Gráfico 1), enquanto os demais tratamentos apresentaram deterioração evidente, impedindo a análise do tratamento controle. No 19º dia do experimento (Gráfico 1), os tomates com PVA apresentaram um leve grau de deformação, mantendo uma textura para consumo alimentar.

A perda de massa mostrou um comportamento linear, dependendo do tempo de armazenamento em todos os tratamentos (Gráfico 2). Os resultados obtidos são consistentes com a literatura (SAMMI; MASUD, 2009; MWENDWA *et al.*, 2016; MUNARETTO *et al.*, 2018), descrevendo que a massa de frutos diminui com o tempo de acordo com o amadurecimento.

Houve diferença estatisticamente significativa entre a massa inicial e final do tomate durante o tempo de ensaio entre todos os tratamentos até o 11º dia, com uma diminuição constante.

Gráfico 2 - Determinação da perda de massa dos diferentes tratamentos de tomates verdes



Fonte: Autoria própria

O F calculado foi 23,25 para controle, 26,39 para papel livre de PVA, 31,23 para papel PVA e 28,53 para revestimento de solução de PVA. Todos os valores são maiores que F crítico, com significância de 5% (2,81).

Em relação aos diferentes tratamentos, a solução de revestimento de PVA mostrou uma diferença significativa em relação ao papel livre de PVA, de acordo com o teste de Tukey.

O papel PVA e o tratamento controle permaneceram no mesmo grupo, com um F calculado de 3,77 maior que o F crítico de 2,90 (nível de significância de 5%) de acordo com a ANOVA.

Houve uma menor perda de massa média no tratamento de cobertura de PVA em comparação com os outros tratamentos, confirmando que a cobertura de PVA diminuiu as trocas gasosas associadas à respiração dos frutos.

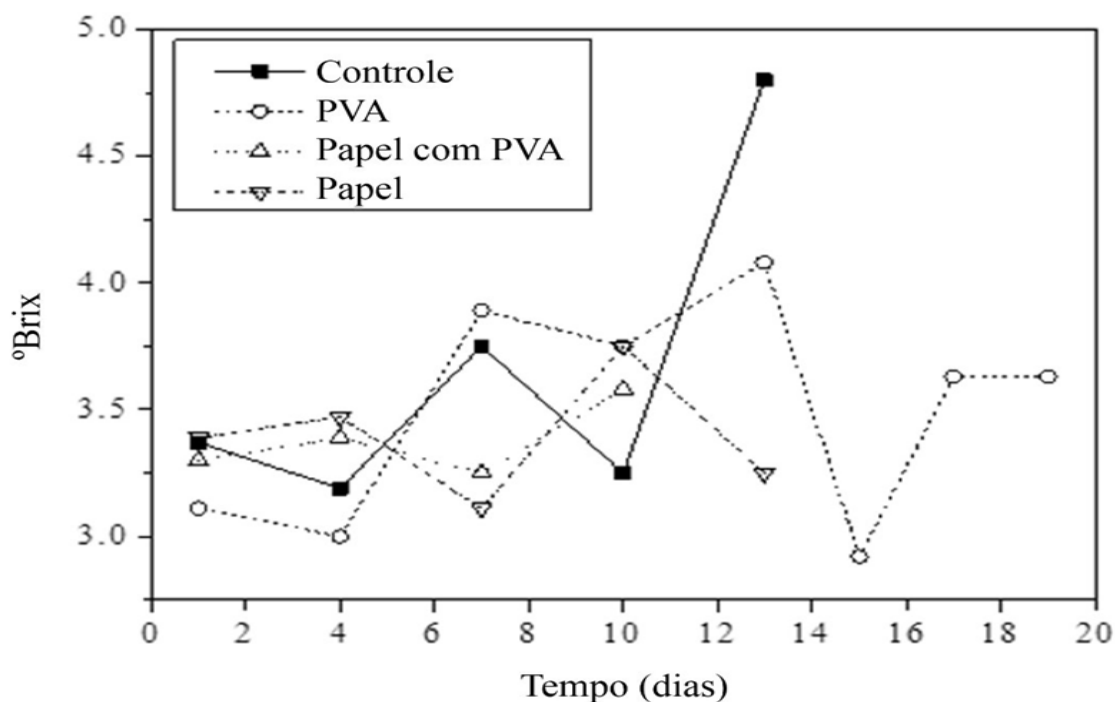
Os tomates com revestimento em solução de PVA apresentaram perda de massa semelhante até o 17º dia do experimento, mas com melhor linearidade (Gráfico 2). No entanto, o PVA na superfície não influenciou a respiração e transpiração do tomate (CHIUMARELLI; FERREIRA, 2006).

Tomates cobertos com papel (livre de PVA e PVA) mantiveram linearidade apenas até o 13º dia. A respiração é considerada a principal causa de diminuição em massa de frutas e legumes.

Essa perda de água está relacionada à diferença na pressão do vapor de água entre a atmosfera circundante e a superfície da fruta (GHAREZI *et al.*, 2012) arrumar, bem como à transpiração, quando o CO₂ é eliminado na atmosfera. Quando a perda de água é alta, são possíveis alterações na aparência e aceitabilidade do produto como alimento (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A quantidade de sólidos solúveis totais não apresentou variação de acordo com os intervalos de tempo, apesar das diferenças intrínsecas entre os frutos da mesma cultivar (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Comparativo do teor de sólidos solúveis dos diferentes tratamentos



Os sólidos solúveis totais desempenham um papel importante na qualidade do fruto, pois influenciam as propriedades físicas, químicas e biológicas dos frutos. Os diferentes processos metabólicos estão associados ao progresso do amadurecimento (SAMMI; MASUD, 2009).

No entanto, uma das explicações pode ser devida à dissociação de algumas moléculas e enzimas estruturais em compostos solúveis que influenciam diretamente a solubilidade, pois frutos muito maduros apresentam maiores valores de sólidos solúveis (SAMMI; MASUD, 2009).

Devido ao fato de os tomates estarem maduros no início do experimento, houve oscilações nos resultados dos graus Brix, com resultados estatisticamente diferentes em função do tempo, mas com diversidade de comportamento, sem linearidade no aumento ou redução (Gráfico 3). Houve diferença estatisticamente significativa entre o teor de sólidos solúveis e os diferentes tratamentos, com um F calculado de 5,76 maior que o F crítico de 2,81, até o 11º dia.

Os tomates com revestimento em solução de PVA (grupo a) foram estatisticamente diferentes dos tomates sem papel em PVA (grupo b). Tomates com papel PVA (grupo ab) e tratamento controle (grupo ab) estavam no mesmo grupo de acordo com o teste de Tukey. Os ácidos e açúcares orgânicos encontrados nas frutas

são um indicador de qualidade e podem servir de referência para o estágio de maturação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A volatilidade de alguns ácidos pode contribuir para o aroma característico das frutas (MUNARETTO *et al.*, 2018). A concentração de ácidos orgânicos geralmente diminui em relação ao substrato na respiração ou durante o processo de conversão em açúcares (CHIUMARELLI; FERREIRA, 2006).

As alterações ocorrem de acordo com o armazenamento, sendo importantes nas características organolépticas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Houve diferença estatisticamente significativa entre acidez total titulável versus tempo. Para controle e papel livre de PVA, $F_{calc} = 7,14$ maior que o crítico (4,06) e, no final do tempo de teste, a acidez foi menor. No entanto, não houve diferença estatisticamente significativa durante o teste para papel PVA ($F_{cal} = 1,24$) e solução de revestimento PVA ($F_{cal} = 0,87$).

Em relação aos tratamentos, apenas o papel livre de PVA foi estatisticamente diferente dos demais ($F_{cal} = 18,68$ maior que $F_{critical} = 2,81$).

Durante o período de ensaios, houve uma pequena variação na faixa de pH, justificada porque todos os tomates estavam maduros desde o início do experimento. Esses valores medidos foram semelhantes aos de outros autores (CLIFF *et al.*, 2009), próximos à faixa de 4,00 e 4,50.

Não houve diferença estatisticamente significativa entre o pH durante o tempo de ensaio nem entre os tratamentos. Quanto ao tempo, para o tratamento controle, o F_{cal} foi de 0,30, para o papel livre de PVA $F_{cal} = 0,11$, para o papel PVA $F_{cal} = 0,52$ e para o revestimento da solução de PVA $F_{cal} = 1,58$. Quando comparados os diferentes tratamentos, $F_{cal} = 0,50$ foi menor que $F_{critical} = 2,06$.

A atividade da água (A_w) não foi estatisticamente influenciada pelos tratamentos ou pelo tempo de maturação. Para todos os ensaios, a atividade aquática (A_w) permaneceu constante, com média total de 0,9726.

Os tomates controlem e os tomates embrulhados em papel resistiram sem lesões aparentes até o 13º dia do experimento, enquanto os tomates cobertos com papel PVA resistiram apenas até o 10º dia do experimento.

No entanto, os tomates revestidos com PVA permaneceram constantes até o 19º dia do experimento. Isso pode corresponder a uma grande vantagem para o mercado consumidor, pois a aparência é responsável pela escolha do tomate nas

gôndolas dos supermercados. Não houve oscilação intensa da cor durante todo o período de armazenamento, entre tomates ou entre diferentes tratamentos.

Não houve diferença estatisticamente significativa entre luminosidade (L^*) versus tempo. Para todos os tratamentos, o F_{calc} foi menor que o crítico (4,06). Os valores foram $F_{calc} = 1,89$ para tratamento controle, 1,27 para papel livre de PVA, 1,01 para papel PVA e 0,05 para solução de revestimento de PVA. No entanto, houve diferença estatisticamente significativa na comparação entre os diferentes tratamentos, com $F_{calc} = 4,15$ maior que $F_{critical} = 2,83$.

Os tomates com revestimento em solução de PVA (grupo b) foram estatisticamente diferentes do controle (grupo b). Tomates com papel PVA (grupo ab) e papel livre de PVA (grupo ab) permaneceram no mesmo grupo de acordo com o teste de Tukey.

De acordo com esses resultados, os tomates cobertos com solução de revestimento de PVA eram mais escuros do que outros tratamentos, o que pode ser um ponto positivo na escolha do consumidor especificamente

Além disso, não houve diferença estatisticamente significativa entre o parâmetro a^* variando de verde (-60) a vermelho (+60) e a variação de cor (DE) durante o tempo dos ensaios, em que o F_{calc} foi menor que o crítico (4,06). No entanto, a comparação entre os tratamentos mostrou diferença estatisticamente significativa para um $*$ ($F_{calc} = 4,61 > Crítico = 2,83$).

De acordo com o teste de Tukey, os tomates de revestimento da solução de PVA e o papel de PVA (grupo a) foram estatisticamente diferentes do controle (grupo b); papel livre de PVA permaneceu no grupo ab.

De acordo com esses resultados, os tomates cobertos com solução de revestimento de PVA e papel PVA apresentaram uma cor vermelha mais intensa que os outros tratamentos (sem aplicação de PVA). Isso também pode ser considerado um fator positivo na escolha do produto pelo consumidor.

Considerando o parâmetro b^* para cor, variando de azul (-60) a amarelo (+60), houve diferença estatisticamente significativa em relação ao tempo apenas no tratamento com revestimento de PVA, resultando em $F_{calc} = 48,92 > crítico = 4,06$. Nesse caso, por volta do 11º dia do ensaio, os tomates com revestimento de PVA apresentaram cor menos amarela do que outros tratamentos. Para a cor b^* e a variação de cor (DE), houve nenhuma diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos.

Quando os tomates revestidos foram comparados aos tomates controle, as variações de cor (DE) foram de 6,3 para tomates revestidos com PVA e 4,2 para tomates embrulhados em papel vegetal (sem PVA ou PVA).

Os resultados mostram que os tomates não sofreram alterações de cor devido aos revestimentos. A diferença foi de 3,6% para tomates revestidos com PVA e 2,4% para tomates embrulhados em papéis diferentes. No entanto, a diferença de cor entre os tomates revestidos não apresentou variação significativa (5%) durante o tempo de ensaio, provavelmente porque os tomates selecionados apresentavam cor vermelha desde o início.

Os testes com PVA como revestimento para frutos de tomate da cultivar Carmen à temperatura ambiente evidenciaram que esta substância comestível e biodegradável pode contribuir para a manutenção da qualidade do tomate vermelho e maduro quanto às características de massa fresca, firmeza, acidez total titulável, total solúvel, sólidos, pH, cor e atividade da água até o período de 19 dias.

Este tempo excedeu o período de manutenção dos tomates controle, que era de apenas 13 dias. Por outro lado, o uso de papel vegetal, com PVA ou sem PVA, acelerou a degradação dos tomates no intervalo de 11 dias.

Esse fator poderia favorecer mais eficiência no processamento de sucos e extratos de tomate. A determinação da cor através das coordenadas do CIELab mostrou que a variação de cor dos tomates foi muito baixa, durante o tempo de teste ou comparada com os tomates de referência.

Entre três tratamentos diferentes para aumentar a vida útil dos tomates Carmen, o revestimento da superfície das frutas com uma solução de revestimento em PVA foi mais eficaz em retardar as alterações inerentes às modificações nas frutas maduras e prontas para consumo.

A firmeza dos frutos, a perda de peso, a leveza e a cor vermelha foram influenciadas positivamente, com diferenças estatísticas em relação aos tomates revestidos com papel (impregnados com PVA ou sem PVA) e aos tomates sem tratamento pós-colheita. O tratamento da solução de revestimento em PVA pode ser facilmente aplicado pelos produtores, aumentando o tempo de exposição do produto à venda ao consumidor.

4.3 RESULTADOS REFERENTES A CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES

O teor de umidade está apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultado do teor de umidade dos filmes de PVA

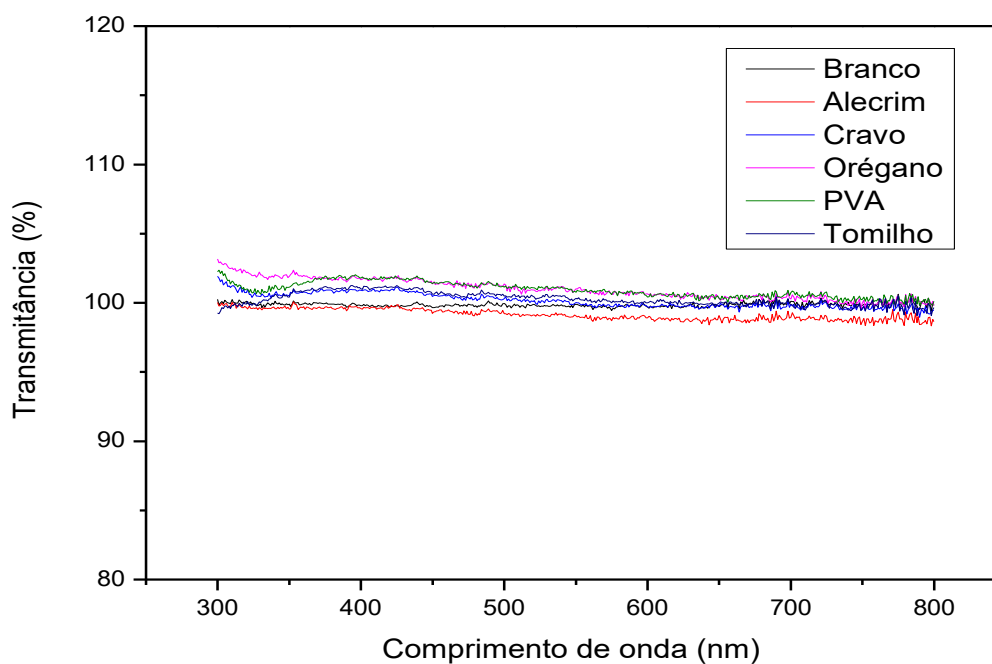
Filme ou cobertura	UMIDADE EM %
1 – Tomilho	1,32
2- Orégano	2,03
3- Alecrim	3,23
4- Cravo	2,90
5- PVA	0,29

Fonte: Autoria própria

Pôde-se observar que a adição de óleo essencial ao filme aumentou a % de umidade do mesmo devido ao PVA puro ser mais higroscópico e mais solúvel que aqueles adicionados de óleo essencial. Segundo Jang e Lee (2003), o aumento do grau de hidrólise do PVA aumenta sua resistência à água, o que implica em que a diminuição do grau de hidrólise aumentaria sua higroscopicidade e hidrofiliabilidade.

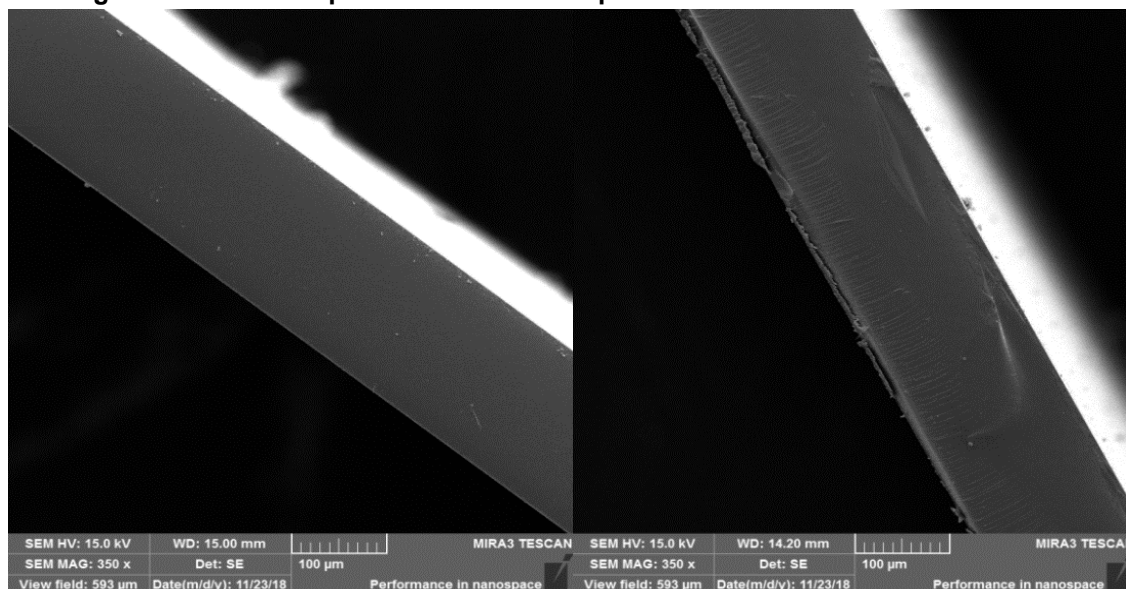
A adição de óleos essenciais na concentração de 0,05% não afetou de forma significativa a opacidade do filme como mostra a Gráfico 4.

Gráfico 4 - Opacidade dos filmes de PVA com óleo essencial



Os filmes apresentaram comportamento similar. As micrografias de varredura dos filmes (Fotografia 4) revelaram a formação de filmes com estruturas compactas e bastante homogêneas.

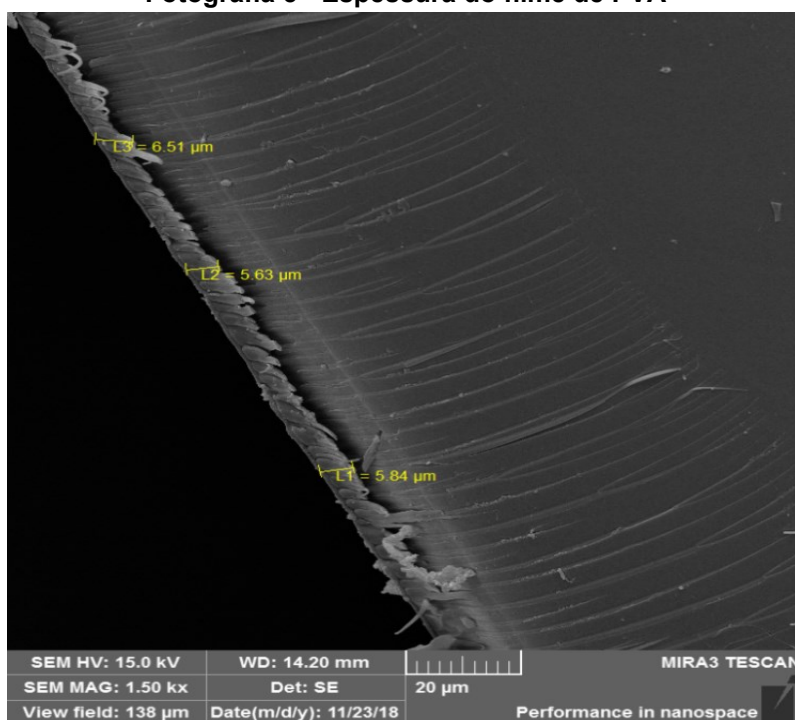
Fotografia 4 - Microscopia de varredura comparativa entre o branco e o filme de PVA



Fonte: Autoria própria

A espessura dos filmes é aproximadamente 0,05 micrometros, como se indica na Fotografia 5.

Fotografia 5 - Espessura do filme de PVA



Fonte: Autoria própria

4.4 ESTIMATIVAS DO IMPACTO ECONÔMICO DA APLICAÇÃO DE COBERTURA COMESTÍVEL DE PVA, EM RELAÇÃO AOS DISPERDÍCIOS DE TOMATE

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) é uma das principais hortaliças produzidas no Brasil, chegando ao mercado de maneira *in natura* ou processado, sendo este fruto um dos mais consumidos no mundo (EMBRAPA, 2016).

O Brasil produz em média por ano Brasil 1.250 milhões de toneladas de tomate (WPTC, 2012).

Há uma grande perda da produção de tomates todos os anos. Para reverter esta situação, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) lançaram no dia 22 de janeiro de 2013 a campanha global contra o desperdício de alimentos "Pensar. Comer. Conservar. Diga não ao Desperdício".

Grande parte dos tomates são descartados pela sua qualidade, no entanto boa parte destes ainda estariam aptos para o consumo, mas são descartados por não agradar visualmente o consumidor final.

No dia vinte e oito de fevereiro de 2020 foram descartadas toneladas de tomates na beira das estradas de Ribeirão Branco, no interior paulista, devido a qualidade.

Muitos produtores acabam por perder grandes quantidades de tomates devido ao amadurecimento acelerado do fruto, principalmente em regiões mais quentes.

Os resultados obtidos nesse trabalho demonstraram que a aplicação de cobertura de PVA e cobertura de PVA adicionada a um aditivo conseguiram retardar o amadurecimento de tomates verdes por trinta dias, isso em números seria extremamente benéfico para o produtor rural.

Não é possível calcular a quantidade exata de tomates que são descartados devido ao amadurecimento acelerado, mas em dias, isso dá ao produtor 27 dias a mais para a comercialização destes produtos, visto que os tomates colhidos verdes que não receberam nenhum tratamento apresentaram amadurecimento em três dias.

Em relação a conservação de tomates maduros, a aplicação de cobertura de PVA, conseguiu prolongar em cinco dias a vida útil desses tomates, isso também é um fator economicamente interessante, pois dá ao expositor mais tempo para venda.

5 CONCLUSÕES

Em relação à metodologia utilizada para retardar o amadurecimento de tomates verdes da variedade Carmem., foi possível observar que os tomates tratados com PVA e PVA aditivado de óleos essenciais, apresentaram valores mais positivos comparados com o tratamento controle. O que são valores positivos?

O tratamento PVA e PVA aditivado apresentaram valores mais altos de clorofila a comparadas ao controle, conseqüentemente retardando o seu amadurecimento no período de 30 dias, comparado com o controle que apresentou sinais mais baixos de clorofila a desde o terceiro dia de experimento.

Este é um ponto positivo, pois mostrou a eficiência que estes tratamentos possuem no retardo do amadurecimento, conseqüentemente um prolongamento da vida de prateleira desses tomates, o que sugere que é um ganho de 30 dias para a indústria e comércio de tomates, minimizando perdas desse fruto, contribuindo em 14 dias a mais de vida de prateleira visto que a vida útil de um tomate em temperatura ambiente é de aproximadamente 14 dias.

Também se observou um aumento no teor de compostos fenólicos dos tomates tratados com PVA aditivado, essa é uma característica de defesa da fruta, o que torna o fruto mais preparado contra possíveis ataques de pragas e microorganismos.

Em relação à metodologia comparativa de PVA com papel PVA e papel, em tomates maduros, observou-se um poder de conservação dos tomates tratados com PVA, visto que esses duraram cinco dias a mais que os demais tratamentos.

Os tomates tratados com PVA apresentaram maiores valores de firmeza e menores valores de perda de massa sendo um fator positivo para a manutenção deste fruto, conseqüentemente também melhor atratividade para o consumidor final.

As caracterizações dos filmes de PVA, demonstraram que o PVA puro e mais solúvel em água que o PVA adicionado com óleos essenciais, no entanto, no quesito de visibilidade não apresentou diferença significativa, demonstrando que ambos são transparentes e não apresentam sinais de opacidade.

Ao se observar a formação de película na análise de microscopia de varredura, foi possível observar que o PVA tem a capacidade de formar uma membrana consistente em torno de todo o fruto, sendo assim eficiente para minimizar as trocas gasosas, conseqüentemente retardando o amadurecimento e senescência do mesmo.

Em termos gerais pode se concluir que a aplicação de cobertura comestível de PVA é uma técnica viável e eficiente para a conservação de tomates maduros e retardo no amadurecimento de tomates verdes.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros, percebe-se a grande escassez de estudos em relação ao uso de polímeros para a conservação de alimentos. Considera-se relevante o desenvolvimento de estudos de polímeros que sejam de baixo custo e de fácil uso para os produtores e expositores, desta forma,

O uso de coberturas de PVA para a conservação de frutas que apresentem maior atividade de água como, por exemplo, o morango.

A aplicação de coberturas comestíveis adicionadas de óleo essencial voltada à conservação de vegetais com foco antimicrobiano e antifúngico.

A caracterização de parâmetros de qualidade que sejam considerados aceitáveis pelos consumidores finais, tais como, cor, textura e aroma.

Avaliar a aplicação de cobertura de PVA em outras variedades de tomate.

REFERÊNCIAS

AKHTAR, M. J.; *et al.* Capacidade antioxidante e estudo de envelhecimento de filmes de HPMC funcionalizados com extrato natural de plantas. **Poleiros de hidratos de carbono**, v. 89, n. 4, p. 1150-1158, 2012.

AL-HASSAN, A. A.; NORZIAH, M. H. Filmes comestíveis de gelatina de amido: Permeabilidade ao vapor de água e propriedades mecânicas afetadas pelos plastificantes. **Hidrocolóides alimentares**, v. 26, n. 1, p. 108-117, 2012.

ANDRADE, J. C.; *et al.* Desarrollo de un recubrimiento comestible compuesto para la conservación del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.). **Información tecnológica**, v. 25, n. 6, p. 57-66, 2014.

ANDRADE, R. D.; SKURTYS, O.; OSÓRIO, F. A. Atomização de sistemas de pulverização para aplicação de revestimentos comestíveis. **Revisões abrangentes em Ciência de Alimentos e Segurança Alimentar**, v. 11, n. 3, p. 323-37, 2012.

AOAC, A.O.O.A.C. Total dietary fiber in foods – Enzymatic-gravimetric method. First action. **Journal Association of Official Analytical Chemists**.1985.

ARNON, H.; *et al.* Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 87, p. 21-26, 2014.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 87-97, 2014.

ASSIS, O. B. G.; FORATO, L. A.; BRITTO, D. Revestimentos comestíveis protetores em frutos minimamente processados. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 22, n. 160, p. 99-106, 2008.

ATARÉS, L.; BONILLA, J.; CHIRALT, A. Caracterização de filmes comestíveis à base de caseinato de sódio incorporados com óleos essenciais de canela ou gengibre. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 100, n. 4, p. 678-687, 2010.

AZEREDO, H. M. C. Películas comestíveis em frutas conservadas por métodos combinados: potencial da aplicação. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 21, n. 2, p. 267-278, 2003.

BAIN, N.; *et al.* Flavonoids and phenolic compounds from *Rosmarinus officinalis*. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 58, n. 9, p. 5363-5367, 2010.

BIRD, C. R.; *et al.* The tomato polygalacturonase gene and ripening-specific expression in transgenic plants. **Plant molecular biology**, v. 11, n. 5, p. 651-662, 1988.

BISPO, V. M. **Estudo de efeito de reticulação por Genipin nos esportes biocompatíveis de Quitosana-PVA**. 2009. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2009.

BOILEAU, T. W.; *et al.* Prostate carcinogenesis in N-methyl-N nitrosourea (NMU) – testosterone-treated rats fed tomato powder, lycopene, or energy restricted diets. **Journal of the National Cancer Institute**, v. 95, n. 21, p.1578-1586, 2003.

BONILLA, J.; *et al.* Effect of the incorporation of antioxidants on physicochemical and antioxidant properties of wheat starch–chitosan films. **Journal of food Engineering**, v. 118, n. 3, p. 271-278, 2013.

BORGUINI, G.; *et al.* Antioxidant potential of tomatoes cultivated in organic and conventional systems. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 56, n. 4, p. 521-529, 2013.

BÓSQUEZ, E. Elaboración de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para reducir la cinética de deterioro en fresco del limón persa (*Citrus latifolia tanaka*). **Horticulture International**, v. 53, p. 148.206, 2003.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, n. 3, p. 223-53, 2004.

CALEJA, C.; *et al.* Foeniculum vulgare Mill. como promotor de conservação natural e promotor de saúde por incorporação em queijo cottage. **Jornal de alimentos funcionais**, v. 12, p. 428-438, 2015.

CAMARGO FILHO, W. P; CAMARGO, F. P; CAMARGO, A. M. M. P. Produção da Olericultura no Brasil e em São Paulo. 2013-2015.

CAMPOS, C. A; GERSCHENSON, L. N; FLORES, S. K. Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. **Food and bioprocess technology**, v. 4, n. 6, p. 849-875, 2011.

CANTERI, M. G.; *et al.* SASM-Agri-Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, n. 2, p. 18-24, 2001.

CAPANOGLU, E.; *et al.* O efeito do processamento industrial de alimentos em antioxidantes de tomate potencialmente benéficos para a saúde. **Revisões críticas em ciência e nutrição de alimentos**, v. 50, n. 10, p. 919-930, 2010.

CHANFORAN, C.; *et al.* The impact of industrial processing on health-beneficial tomato microconstituents. **Food Chemistry**, v. 134, n. 4, p. 1786-1795, 2012.

CHEN, X.; *et al.* Effects of clove essential oil and eugenol on quality and browning control of fresh-cut lettuce. **Food Chemistry**, v. 214, p. 432–439, 2017.

CHIELLINI, E.; *et al.* Biodegradable thermoplastic composites based on polyvinyl alcohol and algae. **Biomacromolecules**, v. 9, n. 3, p. 1007-1013, 2008.

CHIEN, P.J.; SHEU, F.; YANG, F.H. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. **Journal of food engineering**, v. 78, n. 1, p. 225-229, 2007.

CHITARRA, M. I. F; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliça: Fisiologia e Manuseio** 2.ed. Lavras: UFLA, 783p. 2005.

CHITARRA, M. I. F.; *et al.* **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Esal/Faepe, 1990.

CHIUMARELLI, M; FERREIRA, M. D. Qualidade pós-colheita de tomates 'Débora' com utilização de diferentes coberturas comestíveis e temperaturas de armazenamento. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 3, p. 381-385, 2006.

CLIFF, M; *et al.* Effect of 1-methylcyclopropene on the sensory, visual, and analytical quality of greenhouse tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 53, n. 1-2, p.11-15, 2009.

COMA, V. Tecnologias de embalagem bioactiva para prolongamento do prazo de validade de produtos à base de carne. **Meat science**, v. 78, n. 1-2, p. 90-103, 2008.

CORTEZ-VEGA, W. R.; *et al.* Nanocomposite biofilms obtained from Whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) protein isolate and Monmorilonite: Evaluation of the physical, mechanical and barrier properties. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, p. 90-98, 2013.

COSTACHE, M. A; CAMPEANU, G. H; NEATA, G. Research on the methodology of extraction of chlorophyll and carotene content of tomatoes grown in the south of Romania area, Scientific Papers U.S.A.M.V. **Bucharest**, 2012.

CRISTALLINI, C.; *et al.* Materiais bioartificiais biodegradáveis feitos por quitosana e poli (álcool vinílico). Parte II: degradabilidade enzimática e capacidade de liberação de drogas. **Engenharia Biomédica: Aplicações, Bases e Comunicações**, Pv. 20, n. 05, p. 321-328, 2008.

DEBEAUFORT, F.; QUEZADA-GALLO, J.; VOILLEY, A. Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a review. **Critical Reviews in Food Science**, v. 38, n. 4, p. 299-313, 1998.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Ciência que transforma, resultados e impactos positivos da pesquisa agropecuária na economia, no meio ambiente e na mesa do brasileiro**. 2018. Disponível em <<https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira>> . Acesso em: 12 mai. 2018.

ESPITIA, P. J. P.; *et al.* Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties - **A review**. **Food Hydrocolloids, Wrexham**, v. 35, n. 1, p. 287–296, 2014.

FAI, A. E. C. *et al.* Development and evaluation of biodegradable films and coatings obtained from fruit and vegetable residues applied to fresh-cut carrot (*Daucus carota* L.). **Postharvest Biology and Technology**, v. 112, p. 194–204, 2016.

FAO (Food And Agricultural Organization of the United States). **FAO Statistical Yearbook**. New York, 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United States). **Food Loss and Food Waste**, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/en/>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

FDA (Food and Drug Administration). **Generally Recognized as Safe (GRAS), Silver Spring**. 2015. Disponível em: <<https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/generally-recognized-safe-gras>>. Acesso em: 05 mai. 2015.

FINCH, C. A. **Polyvinyl alcoho**: properties and applications. John Wiley & Sons, 1973.

FRANÇOSO, I. L. T.; *et al.* Alterações físico-químicas em morangos (*Fragaria anassa* Duch.) irradiados e armazenados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 614-619, 2008.

FREIRE JUNIOR, M; SOARES, A. G. **Orientações quanto ao manuseio pré e pós-colheita de frutas e hortaliças visando a redução de suas perdas**. Embrapa Agroindústria de Alimentos-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2014. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1003270>>. Acesso em: 29 jun. 2019.

GAIKWAD, K. K.; LEE, J. Y.; LEE, Y. S. Development of polyvinyl alcohol and apple pomace bio-composite film with antioxidant properties for active food packaging application. **Journal of food science and technology**, v. 53, n. 3, p. 1608-1619, 2016.

GALINDO TRIANA G, P. **Habitos de consumo de frutas y hortalizas en personas de 15 a 39 años, habitantes de Bogota**. 2015.132f. Magister em Ciências Agrarias - Facultad de Ciências Agrarias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 2015.

GANDRA, A. **Brasil tem boas práticas contra desperdício de alimento, mas perdas chegam a 40%**. 2017. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2017-10/brasil-tem-boas-praticas-contra-desperdicio-de-alimento-mas-perdas-chegam>>. Acesso em: 09 abr. 2020.

GHAREZI, M; JOSHI, N; SADEGHIAN, E. Effect of postharvest treatment on stored cherry tomatoes. **Journal of Nutrition & Food Sciences**, v. 2, p. 1-10, 2012.

GIL, A.; DE VICTORIA, E. M.; OLZA, J. Indicators for the Evaluation of Diet Quality. **Nutricion hospitalaria**, v. 3, p. 128-44, 2015.

GIORDANO, L. B; *et al.* Seleção de linhagens com tolerância ao calor em germoplasma de tomateiro coletado na Região Norte do Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 105-107, 2005.

GIOVANNUCCI. E. Tomatoes: tomato-based products, lycopene and cancer: review of the epidemiologic literature. **Journal National Cancer Institute**, v. 91, p. 317-331, 1999.

GOMES, C. M. *et al.* Gestão da inovação tecnológica para o desenvolvimento sustentável em empresas internacionalizadas. **Gestão & Regionalidade**, v. 25, n. 73, p. 35-47, 2009.

GÓMEZ-ESTACA, J.; *et al.* Incorporação de extrato de borracha antioxidante em filmes comestíveis com base em gelatina de pele única ou uma gelatina de peixe comercial. **Journal of Food Engineering** , Essex, v. 92, n. 1, p. 78-85, 2009.

GONÇALVES-DIAS, S. L. F; GUIMARAES, L. F; SANTOS, M. C. L. Inovação no desenvolvimento de produtos verdes: integrando competências ao longo da cadeia produtiva. **Revista de Administração e Inovação**, v. 9, n. 3, p. 129-153, 2012.

GRUNOW, M; PIRAMUTHU, S. RFID in highly perishable food supply chains: remaining shelf life to supplant expiry date? **International Journal of Production Economics**, v. 146, n. 2, p. 717-727, 2013.

GUERRA, I. C.; *et al.* Coatings comprising chitosan and *Mentha piperita* L. or *Mentha x villosa* Huds essential oils to prevent common postharvest mold infections and maintain the quality of cherry tomato fruit. **International journal of food microbiology**, v. 214, p. 168-178, 2015.

GUERRINI, L; C. BRANCIFORTI, M.; ROSÁRIO. Eletrofição do Poli(álcool vinílico) Via Solução Aquosa. **Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 16, n. 4, p. 286-293, 2006.

GUSTAVSSON, J.; *et al.* **Global food losses and food waste**: extent, causes and prevention. FAO (Food and agriculture organization of the United Nations), 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i2697e.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

HALLMANN, E.; *et al.* The seasonal variation in bioactive compounds content in juice from organic and non-organic tomatoes. **Plant foods for human nutrition**, v. 68, n. 2, p. 171-176, 2013.

HASSANIEN, M. F. R.; *et al.* Queijo macio suplementado com óleo de cominhos preto: impacto sobre os agentes patogênicos e a qualidade durante o armazenamento. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 21, p. 280-288, 2013.

IAL (Instituto Adolfo Lutz). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglia - São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosiaI_2008.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2019.

JANG, J; LEE, D. K. Plasticizer effect on the melting and crystallization behavior of polyvinyl alcohol. **Polymer**, v. 44, n. 26, p. 8139-8146, 2003.

JO, H. J.; *et al.* Development of anti-insect food packaging film containing a polyvinyl alcohol and cinnamon oil emulsion at a pilot plant scale. **Journal of Stored Products Research**, v. 61, p. 114-118, 2015.

JO, W.-S.; *et al.* Quality and Microbial Safety of “Fuji” Apples Coated with Carnauba-Shellac Wax Containing Lemongrass Oil. **LWT - Food Science Technology**, v. 55, p. 490-497, 2014.

JOUKI, M.; *et al.* Quince Seed Mucilage Films Incorporado com óleo essencial de orégano: propriedades físicas, térmicas, de barreira, antioxidantes e antibacterianas. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 36, p. 9-19, 2014.

KENDRICK, R. E.; *et al.* Photomorphogenic mutants of tomato. **Plant Cell and Environment**, v. 20, p. 746-751, 1997.

KESTER, J. J.; FENNEMA, O. R. Edible films and coatings: a review. **Food Technology**, v. 40, n. 12, p. 47-59, 1986.

KOCABIYIK, H.; *et al.* The effects of middle infrared radiation intensity on the quality of dried tomato products. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 49, n. 3, p. 703-710, 2014.

KOH, E.; CHAROENPRASERT, S.; MITCHELL, A. E. Effects of industrial tomato paste processing on ascorbic acid, flavonoids and carotenoids and their stability over one-year storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 1, p. 23-28, 2012.

LAVELLI, V.; KERR, W.; SRI HARSHA, P. S. C. Phytochemical stability in dried tomato pulp and peel as affected by moisture properties. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 61, n. 3, p. 700-707, 2013.

LEE, J.; LEE, J.; SONG, K. B. Development of a chicken feet protein film containing essential oils. **Food Hydrocolloids**, v. 46, p. 208-215, 2015.

LEMOS, O. L.; *et al.* Utilização de biofilme comestível na conservação de pimentão ‘magali r’ em duas condições de armazenamento. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 693-699, 2007.

LESTER, G. Consumer preference quality attributes of melon fruits. **Acta Horti**, v. 712, p. 175-182, 2006.

LIAN, Z., ZHANG, Y., ZHAO, Y. Nano-TiO₂ particles and high hydrostatic pressure treatment for improving functionality of polyvinyl alcohol and chitosan composite films and nano-TiO₂ migration from film matrix in food simulants. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 33, p. 145–153, 2016.

LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UVVIS spectroscopy. **Current protocols in food analytical chemistry**, p. 431-438, 2001. Disponível em: <<https://currentprotocols.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/0471142913.faf0403s01>>. Acesso em: 15. jun. 2019.

LUTZ–OAL, Instituto Adolfo. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 2008. Disponível em: <<http://www.ial.sp.gov.br/ial/publicacoes/livros/metodos-fisico-quimicos-para-analise-de-alimentos>>. Acesso em: 05 jun. 2019.

MAIA, L. H.; PORTE, A.; SOUZA, V. F. Filmes comestíveis: aspectos gerais, propriedades de barreira a umidade e oxigênio. **Boletim CEPPA**, v. 18, n. 1, p. 105-128, 2000.

MAJID, I. et al. Novel food packaging technologies: Innovations and future prospective. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, n. 4, p. 454-462, 2016.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 137-156, 2010.

MARTEN, F. L. **Vinyl alcohol polymers**. Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, New York, v. 17, 1985.

MATERSKA, M. Bioactive phenolics of fresh and freeze-dried sweet and semi-spicy pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Functional Foods**, v. 7, p. 269-277, 2014.

MINAS, I. S.; TANOU, G.; MOLASSIOTIS, A. Environmental and orchard bases of peach fruit quality. **Scientia Horticulturae**, v. 235, p. 307-322, 2018.

MIRANDA, C. A. S. F.; *et al.* óleos essenciais de folhas de diversas espécies: Propriedades antioxidantes e antibacterianas no crescimento espécies patogênicas. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 47, n. 1, p. 213–220, 2016.

MONTEIRO, C. S.; *et al.* Qualidade nutricional e atividade antioxidante do tomate tipo “italiano”. **Alimentaria Nutricional**, v. 19, n. 1, p. 25-31, 2008.

MORADI, M.; *et al.* Caracterização do filme antioxidante Chitosan Incorporado com extracto de sementes de óleo e uva de Zataria Multiflora Boiss. **LWT - Food Science and Technology**, Londres, v. 46, n. 2, p. 477-484, 2012.

MORETTI, C. L. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Sebrae, 2007.

MORO, A. *et al.* Dairy matrix effect on the transference of rosemary essential oil compounds during cheese making. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, p.1507- 1513, 2015.

MULKAY, T.; *et al.* Manejo de la maduración en frutos de papaya (*Carica papaya L.*) CV. MARADOL. **CITRIFRUT**, v. 21, p. 9-13, 2004.

MUNARETTO, L. M.; *et al.* Productivity and quality of organic strawberries pre-harvest treated with silicon. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p. 40-46, 2018.

MUPPALLA, S. R.; *et al.* Carboxymethyl cellulose– polyvinyl alcohol films with clove oil for active packaging of ground chicken meat. **Food packaging and shelf life**, v. 2, p. 51-58, 2014.

MURIEL-GALET, V.; *et al.* International Journal of Food Microbiology Development of antimicrobial films for microbiological control of packaged salad. **International Journal of Food Microbiology**, v. 157, n. 2, p. 195–201, 2012.

MWENDWA, R.; *et al.* Characterization of postharvest physiology attributes of six commercially grown tomato varieties in Kenya. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, v. 16, p.10613-10631, 2016.

NUNES, M. A. P.; *et al.* Improved thermostable polyvinyl alcohol electrospun nanofibers with entangled naringinase used in a novel mini-packed bed reactor. **Bioresource technology**, v. 213, p. 208-215, 2016.

OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico). Disponível em: <<http://www.oecdbetterlifeindex.org/pt>>. Acesso em: 07 mai. 2019.

OLIVEIRA, C. M.; CONEGLIAN, R. C. C.; DO CARMO, M. G. F. Utilização de película de fécula de mandioca na conservação pós-colheita de tomate cereja. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 4, 2015.

OLIVEIRA, E. J.; *et al.* Correlações genéticas e análise de trilha para número de frutos comerciais por planta em mamoeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 45, n. 8, p. 855-862, 2011.

OMS (World Health Organization). **Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health**. Disponível em: <<https://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/releases/pr84/en/>>. Acesso em: 10 mai. 2019.

ORDÓÑEZ-SANTOS, L. E.; *et al.* The influence of storage time on micronutrients in bottled tomato pulp. **Food Chemistry**, v. 112, n. 1, p. 146-149, 2009.

PANOZZO, A.; *et al.* Microstructure and bioaccessibility of different carotenoid species as affected by high pressure homogenisation: a case study on differently coloured tomatoes. **Food Chemistry**, v. 141, n. 4, p. 4094-100, 2013.

PASSARINHO, A. T. P.; *et al.* Sliced bread preservation through oregano essential oil-containing sachet. **Journal of Food Process Engineering**, v. 37, n. 1, p. 53-62, 2014.

PATRIGNANI, F.; *et al.* Combined Effects of High Pressure Homogenization Treatment and Citral on Microbiological Quality of Apricot Juice. **International Journal of Food Microbiology**, 160, 273–281, 2013.

PEIXOTO, M.; PINTO, H. S. Desperdício de alimentos: questões socioambientais, econômicas e regulatórias. **Boletim do Legislativo**, v. 41, p. 14, 2016.

PEIXOTO, N.; *et al.* Avaliação de crescimento inicial de populações de gabioba em Ipameri. **Seminário de Iniciação Científica**, v. 1, 2005.

PERDONES, Á.; *et al.* Propriedades físicas, antioxidantes e antimicrobianas dos filmes de óleo de folha de quitosana e canela afetadas pelo ácido oleico. **Food Hydrocolloids**, v. 36, p. 256-264, 2014.

PEREIRA, G. M.; *et al.* Influência do tratamento com etileno sobre o teor de sólidos solúveis e a cor de pimentas. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 1031-1036, 2008.

PEREIRA, M. E. C.; *et al.* Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1116-1119, 2006.

PINHEIRO, D. T.; *et al.* Technological and qualitative aspects of the production of tomato seeds. **Espacios**, v. 38, 2017. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a17v38n44/17384410.html>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

PRICE, S. **Aromaterapia para doenças comuns**. 1. ed. Manole, 1999.

RAGHUL, S. S.; *et al.* Biodegradation of polyvinyl alcohol-low linear density polyethylene-blended plastic film by consortium of marine benthic vibrios. International. **Journal of Environmental Science and Technology**, v. 11, n. 7, p. 1827-1834, 2014.

RAMOS, A. F.; *et al.* N. Purification of Poly (3-hydroxybutyrate) Produced by Fatty Acid Fermentation Using Organic Polar Solvents. **Chemical engineering**, v. 67, p. 667-672, 2018.

RAYBAUDI-MASSILIA, R. M.; MOSQUEDA-MELGAR, J.; MARTÍN-BELLOSO, O. Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon. **International journal of food microbiology**, v. 121, n. 3, p. 313-327, 2008.

ROBLES-SÁNCHEZ, R. M.; *et al.* Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. **LWT-Food Science and Technology**, v. 50, n. 1, p. 240-246, 2013.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; *et al.* Mechanical, barrier, and antimicrobial properties of apple puree edible films containing plant essential oils. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 54, n. 24, p. 9262-9267, 2006.

RUIZ-NAVAJAS, Y. *et al.* Propriedades antibacterianas e antioxidantes in vitro de filmes comestíveis de quitosana incorporados com óleos essenciais de *Thymus moroderi* ou *Thymus piperella*. **Food Control**, v. 30, n. 2, p. 386-392, 2013.

SALMIERI, S.; LACROIX, M. Physicochemical properties of alginate/polycaprolactone-based films containing essential oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 26, p. 10205-10214, 2006.

SAMMI, S.; MASUD, T. Effect of different packaging systems on the quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* var. Rio Grande) fruits during storage. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 44, n. 5, p. 918-926, 2009.

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L.; *et al.* Efeito de revestimentos de hidroxipropilmetilcelulose e quitosano com e sem óleo de Bergamota com qualidade e segurança de uvas armazenadas a frio. **Biologia e tecnologia pós-colheita**, v. 60, n. 1, p. 57-63, 2011.

SCHLEMMER, D. A.; ANDREANI, L.; VALADARES, L. F. **Biomateriais: Polímeros e Compósitos**. Embrapa Agroenergia. Brasília: Embrapa, 2014. Disponível em: <<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=pc&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22SCHLEMMER,%20D.%20A.%22>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

SILVA, C. E. F.; *et al.* The importance of monitoring the identity and quality standards in fruit pulp industry/Importância da monitoração dos padrões de identidade e qualidade na indústria de polpa de fruta. **Journal of bioenergy and food science**, v. 3, n. 1, 2016.

SILVA, J. A. **Tópicos da tecnologia dos alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2000.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**.

Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. Disponível em:

<<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=767345&biblioteca=C PAC&busca=autoria:%22SILVA,%20J.B.C.%22&qFacets=autoria:%22SILVA,%20J.B.C.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

SOLÓRZANO-SANTOS, F.; MIRANDA-NOVALES, M. G. Essential oils from aromatic herbs as antimicrobial agents. **Current opinion in biotechnology**, v. 23, n. 2, p. 136-141, 2012.

SOUZA, E. L.; *et al.* Orégano (*Origanum Vulgare* L., Lamiaceae): Uma especificação como potencial fonte de compostos antimicrobianos. **Revista Higiene Alimentar**, v. 19, n. 132, p.40-45, 2005.

STIEVEN, A. C.; MOREIRA, J. J. S.; SILVA, C. F. Óleos essenciais de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess): avaliação das atividades microbiana e antioxidante. **Eclética Química**, v. 34, n. 3, p. 7-16, 2009.

SUÁREZ, M. H; RODRÍGUEZ, E. M; ROMERO, C. D. Chemical composition of tomato (*Lycopersicon esculentum*) from Tenerife, the Canary Islands. **Food Chemistry**, v. 106, n. 3, p. 1046-1056, 2008.

SUEIRO, A. C. *et al.* Biodegradable films of cassava starch, pullulan and bacterial cellulose. **Química Nova**, v. 39, n. 9, p. 1059-1064, 2016.

TANAKA, S. The effect of temperature on the quality of tomato and eggplant fruits during distribution. **Journal Faculty of Agriculture Kyushu University**, v. 50, n. 1, p. 213-221, 2005.

TAVARES, L. R.; DE ALMEIDA, P. P.; GOMES, M. F. Avaliação físico-química e microbiológica de goiaba (*Psidium guajava*) revestida com cobertura comestível à base de O-carboximetilquitosana e óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare*). **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 13, p. 20-26, 2018.

THAKUR, R.; *et al.* Characterization of rice starch- κ -carrageenan biodegradable edible film. Effect of stearic acid on the film properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 93, n. 1, p. 952–960, 2016.

THONG, C. C.; TEO, D. C. L.; NG, C. K. Application of polyvinyl alcohol (PVA) in cement-based composite materials: A review of its engineering properties and microstructure behavior. **Construction and Building Materials**, v. 107, p. 172–180, 2016.

TOIVONEN, P. M. A.; BRUMMELL, D. A. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 48, n. 1, p. 1-14, 2008.

TONGNUANCHAN, P.; BENJAKUL, S.; PRODPRAN, T. Propriedades físico-químicas, Morfologia e atividade antioxidante do filme de gelatina de pele de peixe incorporada com óleos essenciais de raízes. **Journal of Food Engineering**, v. 117, n. 3, p. 350-360, 2013.