

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE**  
**ALIMENTOS**

**DISSERTAÇÃO**

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS PARA**  
**CONSERVAÇÃO DE TOMATE ITALIANO (*Solanum lycopersicum L.*) 'RAVENA' IN**  
**NATURA**

**Daiana Ferreira Amancio**

**2020**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DE ALIMENTOS**

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS  
PARA CONSERVAÇÃO DE TOMATE ITALIANO (*Solanum  
lycopersicum L.*) 'RAVENA' IN NATURA**

**DAIANA FERREIRA AMANCIO**

*Sob a Orientação do Professor*  
**Dr. Murillo Freire Junior**

*Co-orientação do Professor*  
**Dr. Antônio Gomes Soares**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção de grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Ciência de Alimentos

.Seropédica, RJ  
Janeiro de 2020

A479e AMANCIO, DAIANA FERREIRA, 1990-  
EFEITO DA APLICAÇÃO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS  
PARA CONSERVAÇÃO DE TOMATE ITALIANO (*Solanum  
lycopersicum* L.) 'RAVENA' IN NATURA / DAIANA FERREIRA  
AMANCIO. - RIO DE JANEIRO, 2020.  
69 f.: il.

Orientador: MURILLO FREIRE JUNIOR.  
Coorientador: ANTÔNIO GOMES SOARES.  
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS, 2020.

1. Conservação pós-colheita. 2. Revestimento  
Comestível. 3. Alterações físicas e Químicas. 4. Vida  
útil. I. JUNIOR, MURILLO FREIRE, 1954-, orient. II.  
SOARES, ANTÔNIO GOMES, 1962-, coorient. III  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. IV. Título.

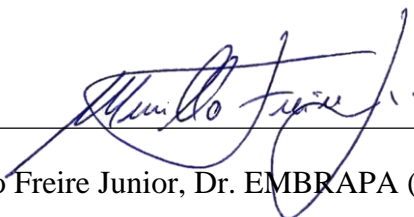
O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de  
Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código  
de Financiamento 001.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E**  
**TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**DAIANA FERREIRA AMANCIO**

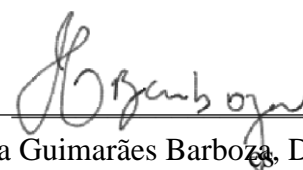
Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de concentração em Ciência de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 05/02/2020



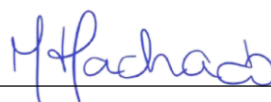
---

Murillo Freire Junior, Dr. EMBRAPA (Orientador)



---

Henriqueta Talita Guimarães Barboza, Dra. EMBRAPA



---

Mariana Teixeira da Costa Machado, Dra. UFRRJ

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, Criador do universo, por ter me dado o dom da Vida me proporcionando convivências e experiências únicas. Por ouvir cada prece, me dando sabedoria, paciência e força para que pudesse chegar até aqui.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de alimentos e a Embrapa Agroindústria de Alimentos, pela realização do curso e do projeto.

À Capes pela concessão da minha bolsa de mestrado e ao CNPq pelo financiamento do projeto de pesquisa.

A todos os meus familiares, em especial à minha mãe, que dedico tudo o que sou e o que tenho hoje, seu cuidado e amor comigo, homem nenhum pode pagar, e é por você que luto todos os dias atrás dos meus objetivos. Ao meu Pai, obrigado por todo sacrifício que fizestes por mim.

Ao meu namorado e amigo Henrique Andrade, pela atenção, paciência e compreensão nas dificuldades durante todo o tempo que ficamos distantes para que pudesse concluir esse projeto. Espero poder compartilhar para sempre minha vida com você.

Em especial ao meu orientador, Dr. Murillo Freire Junior, pela orientação, conselhos e por todo conhecimento dividido. Seus ensinamentos foram essenciais no decorrer deste mestrado.

Ao meu co-orientador, Dr. Antônio Gomes Soares, por todo tempo, compreensão e conhecimento. As suas sugestões e observações foram fundamentais para a elaboração desta dissertação.

A todos os funcionários da Planta de Pós-colheita da Embrapa, em especial, a Henriqueta Talita, por todas as horas que estivemos juntas no laboratório, por todas as dúvidas tiradas, por toda força, por ser aquela que sempre sabia do que eu estava falando. Por termos realmente feito uma parceria nessa pesquisa, você mais que ninguém sabe de toda dificuldade para chegar aqui. Ao Caetano e José Carlos pela parceria, toda ajuda e colaboração decisiva na execução desse projeto, bem como os estagiários Raissa e Sandy pela ajuda cedida. As doutorandas Caroline Coelho e Michele Cavalcante pelo compartilhamento de seus saberes. A todo o pessoal da Planta 1 e 2, pela amizade, pelo convívio diário, pelas risadas e por terem me auxiliado nos experimentos realizados, em especial a Érika, Carolina Beres e Marayza, pelo apoio no projeto, além dos conselhos pessoais e acadêmicos durante este tempo.

À Alyne Alves, minha amiga desde a graduação, que ainda continua a me ajudar na pós, pela união principalmente nos momentos de estresse durante o mestrado. Sem a sua presença esse período não teria sido o mesmo.

E à todos meus amigos que sempre me acompanham, e todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para a concretização dessa etapa em minha vida.

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

## RESUMO

AMANCIO, Daiana Ferreira. **EFEITO DA APLICAÇÃO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS PARA CONSERVAÇÃO DE TOMATE ITALIANO (*Solanum lycopersicum L.*) 'RAVENA' IN NATURA**, 2020. 69p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

O objetivo deste trabalho foi comparar e avaliar o efeito de dois revestimentos comestível e um controle (não revestido) por análises físicas, químicas e patológicas armazenadas à temperatura ambiente e aplicados no tomate. Os frutos foram cultivados no sistema TOMATEC e colhidos na fase madura. Para avaliação da qualidade após a colheita, os tomates foram submetidos aos seguintes procedimentos: Controle (sem imersão em água), Solução de alginato de sódio (componente principal) e nanopartículas de óxido de zinco (imersas por 2 min; T1) e Solução à base de carboximetilcelulose (componente principal) e óleo orgânico de nim (imerso por 2 min; T2). Em seguida, após a aplicação das soluções, os frutos foram secos e armazenados a 25° C, 80-85% RH por 12 dias. Foram realizadas análises em relação a perda de peso; firmeza; cor; acidez total titulável; sólidos solúveis totais; pH; Ratio conteúdo de licopeno e incidência fitopatológica. Para avaliar e comparar a qualidade dos frutos após diferentes tratamentos, os tomates foram analisados no mesmo dia da colheita (zero) para avaliação de perda de massa e incidências de fitopatógenos, e para 3, 6, 9 e 12 dias as análises de qualidade físico e químicas. O tratamento com óleo essencial de nim (T2) apresentou menor perda de massa (10%) em relação ao T1(24%) porém foi maior que o controle (4%), e os frutos submetidos a este tratamento (T2) não apresentaram diferenças significativas em firmeza, parâmetros de cor avaliados e pH quando comparado aos frutos revestidos com nanopartículas (T1) e o controle. Para o conteúdo de Sólidos Solúveis Totais e conteúdo de licopeno, os frutos revestidos apresentaram melhores resultados quando comparados ao Controle. O tratamento com alginato e nanopartícula de óxido de zinco apresentou melhores resultados para acidez total titulável e ratio comparados aos revestimento (T1) e ao controle. Em relação à incidência de fitopatógenos que causam a deterioração do fruto, o revestimento com óleo orgânico de nim apresentou maior eficiência ao prevenir o aparecimento de fungos no tomate. De acordo com os parâmetros analisados e associados ao estágio de desenvolvimento dos frutos, o revestimento com óleo essencial de nim apresentou melhores resultados como alternativa pós-colheita para a extensão do prazo de validade dos frutos, em até 12 dias, à temperatura ambiente.

**Palavras-chave:** conservação pós-colheita, alterações físico-químicas, vida útil

## ABSTRACT

AMANCIO, Daiana Ferreira. **EFFECT OF APPLICATION OF EDIBLE COATINGS FOR CONSERVATION OF ITALIAN TOMATO (*Solanum Lycopersicum L.*) 'RAVENA' IN NATURA**, 2020. 69p. Dissertation (Master in Food Science and Technology). Institute of Technology, Department of Food Engineering, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

The objective of this work was to compare and evaluate the effect of two edible coatings and one control (uncoated) by chemical, chemical, and pathological analysis stored at room temperature and applied to tomatoes. The fruits were grown in the TOMATEC system and harvested in the mature phase. To assess quality after harvest, tomatoes were subjected to the following procedures: Control (without immersion in water), Sodium alginate solution (main component) and zinc oxide nanoparticles (immersed for 2 min; T1) and Solution to carboxymethylcellulose base (main component) and organic neem oil (immersed for 2 min; T2). Then, after applying the solutions, the fruits were dried and stored at 25 ° C, 80-85% RH for 12 days. Analyzes were carried out with weight loss; firmness; color; titratable total acidity; total soluble solids; pH; Lycopene content ratio and phytopathological incidence. To evaluate and compare fruit quality after different treatments, tomatoes were analyzed on the same day of harvest (zero) to assess mass loss and incidence of phytopathogens, and for 3, 6, 9 and 12 days as an evaluation of physical and chemical quality. The treatment with neem essential oil (T2) shows less loss of mass (10%) compared to T1 (24%) but it was greater than the control (4%) and the fruits used in the treatment (T2) did not use significant differences in the company, color and pH parameters when compared to fruits coated with nanoparticles (T1) and the control. For the total soluble solids content and lycopene content, the coated fruits showed better results when compared to the Control. The treatment with alginate and zinc oxide nanoparticle showed better results for total titratable acidity and ratio compared to the coating (T1) and the control. Regarding the incidence of phytopathogens that cause the deterioration of the fruit, the coating with organic neem oil showed greater efficiency in preventing the appearance of fungi in tomatoes. According to the parameters analyzed and associated with the stage of fruit development, the coating with essential neem oil showed better results as a post-harvest alternative for extending the shelf life of the fruits, up to 12 days, at room temperature.

**Keywords:** Postharvest conservation, Physical-chemical changes, Shelf life



## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1:</b> NOTAS DE 1 A 5 PARA AVALIAR O ASPECTO VISUAL IDENTIFICADO NOS TRATAMENTOS APÓS O USO DE REVESTIMENTOS DURANTE 12 DIAS A TEMPERATURA MÉDIA DE 25°C A 80- 85% DE UR.....	21
<b>TABELA 2.</b> NOTAS DE 1 A 5 PARA AVALIAR O ASPECTO VISUAL IDENTIFICADO NOS TRATAMENTO APÓS O USO DE REVESTIMENTOS DURANTE 12 DIAS A TEMPERATURA MÉDIA DE A 25 °C, A 80-85% DE UR.....	25
<b>TABELA 3.</b> PERDA DE MASSA (%) DE TOMATES APÓS O USO DE REVESTIMENTOS DURANTE 12 DIAS A TEMPERATURA MÉDIA DE A 25°C, A 80-85% DE UR.....	27
<b>TABELA 4.</b> FIRMEZA (N) DE TOMATES APÓS O USO DE REVESTIMENTOS DURANTE 12 DIAS A TEMPERATURA MÉDIA DE A 25 °C, A 80-85% DE UR. ....	30
<b>TABELA 5.</b> COR INSTRUMENTAL (L*) DE TOMATES APÓS O USO DE REVESTIMENTOS DURANTE 12 DIAS. ....	31
<b>TABELA 6.</b> PARÂMETRO A* DE TOMATES APÓS O USO DE REVESTIMENTOS DURANTE 12 DIAS A TEMPERATURA MÉDIA DE 23°C E 86% UR.....	32
<b>TABELA 7.</b> PARÂMETRO dL* DE TOMATES APÓS O USO DE REVESTIMENTOS DURANTE 12 DIAS A TEMPERATURA MÉDIA DE 23°C E 86% UR.....	34
<b>TABELA 8.</b> ATT (G ÁCIDO CÍTRICO.100 G-1 DE AMOSTRA) DE TOMATES APÓS O USO DE REVESTIMENTOS DURANTE 12 DIAS A TEMPERATURA MÉDIA DE 23°C E 86% UR.....	35
<b>TABELA 9.</b> PH DE TOMATES APÓS O USO DE REVESTIMENTOS DURANTE 12 DIAS A TEMPERATURA MÉDIA DE 23°C E 86% UR.....	37
<b>TABELA 10.</b> STT (°Brix) DE TOMATES APÓS O USO DE REVESTIMENTOS DURANTE 12 DIAS A TEMPERATURA MÉDIA DE A 25 °C, A 80-85% DE UR.....	37
<b>TABELA 11.</b> RATIO DE TOMATES APÓS O USO DE REVESTIMENTOS DURANTE 12 DIAS A TEMPERATURA MÉDIA DE 23°C E 86% UR. ....	39
<b>TABELA 12 .</b> TEOR DE LICOPENO (MG.100 G-1) DE TOMATES APÓS O USO DE REVESTIMENTOS DURANTE 12 DIAS A TEMPERATURA MÉDIA DE 23°C E 86% UR.....	40

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. MÉTODO DE APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO COMESTÍVEL POR SOLUÇÃO.....	5
FIGURA 2. FORMAÇÃO DA REDE DE GEL COM CADEIAS DE ÁCIDO ALGÍNICO UNIDAS ATRAVÉS DOS ÍONS CÁLCIO.....	9
FIGURA 3. VALORES DE A*, B*, HUE E CROMA NO SISTEMA HUNTER LAB CROMA METER .....	14
FIGURA 4. SISTEMA TOMATEC, PROPRIEDADE TANGUÁ, RJ.....	17
FIGURA 5. FLUXOGRAMA DO EXPERIMENTO.....	17
FIGURA 6. TOMATES SEPARADOS POR GRUPOS E SELECIONADOS POR COR E TAMANHOS UNIFORMES PARA SEREM SUBMETIDOS PARA CADA TRATAMENTO .....	18
FIGURA 7. TOMATES APÓS A APLICAÇÃO DOS REVESTIMENTOS.....	20
FIGURA 8. AVALIAÇÃO DA PERDA DE MASSA DOS TOMATES EM BALANÇA ANALÍTICA.....	22
FIGURA 9. ANÁLISE DE FIRMEZA COM O PENETRÔMETRO DE BANCADA TA.XT PLUS.....	22
FIGURA 10. ANÁLISE INSTRUMENTAL DE COR FOI UTILIZADO O COLORÍMETRO HUNTER LAB, COLORQUEST XE.....	23
FIGURA 11A. TRATAMENTO 1 COM DOENÇAS FITO PATOGÊNICAS .....	26
FIGURA 12. MÉDIA DA PERDA DE MASSA FRESCA (%) DE TOMATES, ARMAZENADOS POR 12 DIAS A TEMPERATURA MÉDIA A 25 °C, A 80-85% DE UR.....	28
FIGURA 13. MÉDIA DA FIRMEZA EM FORÇA NEWTON (N) DE TOMATES ARMAZENADOS POR 12 DIAS A TEMPERATURA MÉDIA A 25 °C, A 80-85% DE UR.....	30
FIGURA 14A. MÉDIA DA COR INSTRUMENTAL (L*) DE TOMATES ARMAZENADOS POR 12 DIAS A TEMPERATURA MÉDIA A 25 °C, A 80-85% DE UR.....	32
FIGURA 15. MÉDIA DA ATT (G ÁCIDO CÍTRICO. 100 G-1 DE AMOSTRA) EM TOMATES ARMAZENADOS POR 12 DIAS A TEMPERATURA MÉDIA A 25 °C, A 80-85% DE UR.....	36
FIGURA 16. MÉDIA DO PH EM TOMATES ARMAZENADOS POR 12 DIAS A TEMPERATURA MÉDIA A 25 °C, A 80-85% DE UR.....	37
FIGURA 17. MÉDIAS GERAIS DE SST (°BRIX) EM TOMATES ARMAZENADOS POR 12 DIAS A TEMPERATURA MÉDIA A 25 °C, A 80-85% DE UR.....	38
FIGURA 18. MÉDIA DE RATIO POR TRATAMENTO EM TOMATES ARMAZENADOS POR 12 DIAS A TEMPERATURA MÉDIA A 25 °C, A 80-85% DE UR.....	40
FIGURA 19. MÉDIA DO TEOR DE LICOPENO EM TOMATES ARMAZENADOS POR 12 DIAS A TEMPERATURA MÉDIA A 25 °C, A 80-85% DE UR.....	41

## LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

AL	Alginato
ANOVA	Análise de variância
ATT	Acidez total titulável
BPF	Boas Práticas de Fabricação
CIE	<i>Comission International de Lèclairiage</i>
CMC	Carboximetilcelulose
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DP	Desvio padrão
FAO	<i>Food and agriculture organization</i>
FDA	<i>Food and drug administration</i>
GRAS	<i>Generaly recognized as safe</i>
<i>I</i>	Incidência de patógenos
NaAlg	Alginato de sódio
Nano-ZnO	nano composto de óxido de zinco
NaOH	Hidróxido de sódio
NFD	Número de frutos doentes
NTF	Número total de frutos
Pi	Peso inicial
PM	Perda de massa
Pp	Peso no período
SST	Sólidos solúveis totais
UR	Umidade relativa
AM	Atmosfera modificada

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
2.1. Objetivo Geral: .....	3
2.2. Objetivos específicos:.....	3
<b>3.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
3.1. Tomate.....	4
3.2. Revestimentos comestíveis.....	5
3.3. Tipos de revestimentos .....	6
3.4. Agentes utilizados como revestimento .....	8
3.4.1 Óleo de nim .....	8
3.4.2 Alginato .....	9
3.4.3 Carboximetilcelulose.....	10
3.4.4 Óxido de zinco.....	11
3.5. Avaliação das Características Físico-Químicas dos Frutos.....	12
3.5.1 Perda de Massa Fresca.....	12
3.5.2. Firmeza .....	13
3.5.3. Cor .....	14
3.5.4. Acidez.....	14
Titolável e pH.....	15
3.5.5. Sólidos Solúveis .....	15
3.5.6. Ratio .....	15
3.5.7. Análises Fitopatógenos.....	16
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
4.1 Preparo das Amostras .....	18
4.2. Tratamentos .....	18

4.2.1 Solução de revestimento com Alginato.....	19
4.2.2. Solução de revestimento com Carboximetilcelulose.....	19
4.3 Secagem.....	20
4.4 Armazenamento.....	20
4.5. Análises Fitopatogênica.....	20
4.6. Análises Físicas e Químicas .....	21
4.6.1 Perda de massa .....	21
4.6.2 Firmeza.....	22
4.6.3 Cor .....	23
4.6.4 pH.....	24
4.6.5 Acidez total titulável (ATT) .....	24
4.6.6 Sólidos solúveis totais (SST).....	24
4.6.7 Teor de Licopeno.....	24
4.6.7.1 Extração dos carotenoides .....	24
4.6.7.2 Determinação do teor de carotenoides .....	24
4.7 Delineamento Experimental e Análise Estatística.....	25
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>25</b>
5.1 Análises Fitopatogênicas .....	25
5.2 Análises Físicas e Químicas .....	26
5.2.1 Perda de massa .....	26
5.2.2 Firmeza.....	29
5.2.3 Cor Instrumental.....	31
5.2.4 Acidez total titulável (ATT) .....	34
5.2.5 pH.....	36
5.2.6 Sólidos solúveis totais (SST).....	37
5.2.7 Ratio .....	39
5.2.8 Teor de licopeno.....	40

<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>42</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>44</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Revestimentos comestíveis são películas formadas sobre a superfície dos alimentos, principalmente frutas, e têm como função principal controlar a perda de gases e vapor d'água, visando diminuir a deterioração do alimento. As soluções formadoras de revestimentos podem ser aplicadas diretamente no fruto, por imersão, mergulhando-os em uma solução aquosa com as formulações preparadas para o recobrimento, em seguida secos, possibilitando a formação de uma fina película na superfície dos frutos. Pode ser aliado a outros produtos coadjuvantes com características antimicrobianas e antioxidantes, potencializando sua ação e aumentando a sua vida útil (ZHANG, JUNG, ZHAO, 2017).

O tomate é um produto de elevada variação de preços, em termos de sazonalidade, a estimativa da produção de tomate foi de 4,5 milhões de toneladas em 2018, sendo este um aumento de 3,1% em relação à de 2017 (CONAB, 2018). Porém, alguns fatores atuam negativamente no escoamento e na destinação eficaz de sua produção, ocasionado por perdas pós-colheita. Durante o período pós-colheita, o tomate, por ser climatérico, tem suas transformações físicas e químicas acentuadas à medida que aumenta a temperatura. Essas transformações são decorrentes de alterações fisiológicas e bioquímicas, identificadas pelos fatores de qualidade como perda de massa, sólidos solúveis, pH, acidez, açúcares solúveis e vitamina C. Por isso, algumas técnicas são utilizadas visando aumentar a sua vida útil. Entre elas pode-se citar o, uso de embalagens com atmosfera modificada (AM), como por exemplo, os revestimentos comestíveis que apresentam características similares (OLIVEIRA; CONEGLIAN, CARMO, 2015).

Por serem relativamente novos, o uso de revestimentos que utilizam produtos naturais não possuem legislação própria e são tratados como ingredientes, ou como aditivos. Assim, de modo geral, pode-se dizer que devem seguir o Decreto 55.871, de 26 de março de 1965; à Portaria nº 540 SVS/MS, de 27 de outubro de 1997 e a Resolução CNS/MS nº 04, de 24 de novembro de 1998 (SIQUERI; OLIVEIRA; MOTA; 2017). O uso de revestimentos comestíveis enriquecidos com antimicrobianos ou antioxidantes provou ser eficiente na preservação da qualidade durante o armazenamento de muitas frutas. Os materiais obtidos a partir de fontes naturais renováveis que foram utilizadas para produzir revestimentos comestíveis incluem principalmente proteínas, lipídios, polissacarídeos e todas as combinações possíveis entre eles e às vezes incorporação de aditivos destinados a melhorar suas propriedades (GUERREIRO, A. C., et al 2015; SIDDIQUI, 2016).

Os revestimentos à base de lipídios se beneficiam de excelentes características de barreira à água e, portanto, inibem a perda de água dos produtos revestidos. Por serem menos permeáveis aos gases e relativamente frágeis, os revestimentos à base de lipídios são frequentemente sustentados por componentes auxiliares, como polissacarídeos, que fornecem resistência mecânica. (DHALL, 2013; GUERREIRO, A. C., et al 2015; ARNON, H. et al.2015).

Revestimentos comestíveis à base de polissacarídeos, como alginato (AL), são frequentemente utilizados devido à sua capacidade de formar géis estáveis. Os polissacarídeos de grau alimentício são provenientes de fontes microbianas ou plantas, apresentando características físico-químicas diversificadas. Por exemplo, a celulose é o polissacarídeo natural mais abundante que pode ser facilmente modificado para produzir uma ampla variedade de derivados de celulose com propriedades variáveis (ARNON, H., ET AL 2015). A carboximetilcelulose (CMC) não tem propriedades antimicrobianas, mas pode servir como portadores de aditivos alimentares como alguns agentes antimicrobianos sendo uma tecnologia promissora. (KOUSHESH, SABA, SOGVAR, 2016; SABA, AMINI, 2017).

A aplicação de produtos naturais com ação antifúngica, como o óleo de nim, pode proporcionar uma redução nas doenças pós-colheita. Este óleo extraído da planta conhecida como Nim (*Azadirachta indica* A. Juss; Meliaceae) é utilizado pelas comunidades tradicionais como antibióticos, cicatrizantes e no tratamento de doenças fúngicas em humanos, de modo que esta substância também pode exercer algum efeito nas doenças causadas por fungos em pós-colheita de frutos (SIDDIQUI, B. S., et al, 2002; GHOSH et al. 2015, (KEITHELLAKPAM, 2019).

O alginato de sódio (NaAlg) é um polissacarídeo natural obtido a partir de algas e seus compostos (alginato de cálcio, cálcio-sódio alginato, colágeno-alginato ou gelatina-alginato) formam uma camada protetora de fibras naturais altamente absorventes (THU et al., 2012; MOGOSANU, GRUMEZESCU, 2014). Embora NaAlg não apresente propriedades antimicrobianas, o que seria importante para um revestimento comestível que tem como objetivo prolongar a vida útil de frutos, aditivos bioativos podem ser adicionados aos revestimentos para fazer um revestimento funcional. (ROSA, et al., 2018).

Entre muitos aditivos estudados, o nano composto de óxido de zinco (nano-ZnO) foi adicionado com sucesso a um revestimento comestível com carboximetilcelulose em romã para transmitir atividade antimicrobiana. Nano partículas de óxido de zinco, como uma das multifuncionais nano partículas inorgânicas, são conhecidas por inibir crescimento microbiano



e melhorar a vida pós-colheita de produtos processados ou minimamente processados (SABA; AMINI, 2017).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade físico-química de tomates italiano ‘Ravena’ após aplicação dos revestimentos comestíveis. Sendo eles, um revestimento composto por carboximetilcelulose (CMC) e óleo orgânico de nim, e um revestimento contendo alginato e óxido de zinco para avaliar os parâmetros físico-químicos, com a utilização ou não do revestimento comestível, armazenada em temperaturas ambiente, com o objetivo de aumentar a vida útil e reduzir o risco de doenças características do tomate *in natura*.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral:**

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de revestimentos comestíveis no aumento da vida útil do tomate (*Solanum lycopersicum L.*) *in natura* e promover a redução do crescimento de microrganismos fitopatogênicos.

### **2.2. Objetivos específicos:**

1. Analisar as características físico-químicas dos frutos de tomate com e sem revestimentos comparando os tratamentos utilizados.

2. Avaliar a incidência de doenças nos tomates que causam a sua deterioração;

### 3.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Tomate

O tomate (*Solanum lycopersicum L.*) é uma das hortaliças mais populares do mundo. O fruto tem importância econômica dado pelo valor da produção e geração de renda. Este fato ocorre devido ao seu valor nutritivo, pois é rico em vitamina A, complexo B, glicose, frutose, lipídios, proteínas e sais minerais (CQH, 2003). As perdas de tomates em uma rede de supermercados podem variar de 5 a 25%, em sua grande maioria por dano mecânico (55,6%) e fisiológico (4,6%), e há relatos de que essas perdas ao longo de toda a cadeia de distribuição podem chegar a 50%, dependendo do tipo de varejo e da época do ano, com as maiores ocorrendo em épocas chuvosas (VIEIRA et al., 2018). O tomate pode ser ordenado em cinco principais grupos comerciais, sendo esses estabelecidos conforme a relação obtida entre a distância equatorial e o comprimento dos frutos. São os principais grupos de tomate comercializados no Brasil: Santa Cruz, Salada, Italiano, Cereja e Industrial (GONÇALVES et al., 2018).

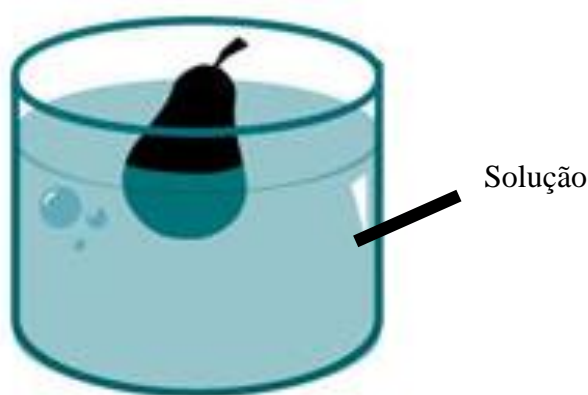
A intensidade do sabor do tomate é principalmente afetada pela concentração de sólidos solúveis, acidez titulável e outros compostos como os carotenoides. Os sólidos solúveis do tomate são constituídos por açúcares, ácidos orgânicos e outros componentes menores como os fenóis, aminoácidos, pectinas solúveis, ácidos e minerais. Sendo assim, o fruto com alta concentração de sólidos solúveis pode ser modificado por um ou mais fatores metabólicos e vias fisiológicas (RODRÍGUEZ et al., 2019).

Vários fungos foram relatados em sementes de tomate em diferentes países (MATHUR. MANANDHAR, 2003). *Fusarium oxysporum* relatou ser um dos mais patogênicos, pois pode causar uma redução de 65% na germinação, provocando a podridão radicular e murcha de tomate. Outros fungos transmitidos por sementes que foram relatados em tomate incluem: *A. Alternata*, *Aspergillus clavatus*, *Penicillium digitatum*, *Rhizopus arrhizus*, *R. stolonifer* e *Sclerotinia sp.* (NISHIKAWA et al, 2006; AL-ASKAR et al., 2014).

Sendo um fruto climatérico, o seu amadurecimento inicia-se com a elevação da atividade respiratória, acarretando uma série de transformações em suas características físicas e químicas, dentre elas perda da clorofila, síntese de carotenoides e amolecimento (VIEITES, 1998,(MODOLON et al., 2012). Como alternativa para esses problemas, relatam-se que o uso de películas (filmes) comestíveis vem sendo utilizados para a preservação da sua qualidade. (BOBBIO & BOBBIO, 1984,(DE SOUZA et al., 2009).

### 3.2. Revestimentos comestíveis

A aplicação de revestimentos comestíveis por solução em frutos (Figura 1), tem sido apontada como uma técnica de baixo custo e, portanto, viável para utilização por pequenos agricultores e pela pequena agroindústria, pois utiliza uma tecnologia simples e não necessita de investimento elevado em equipamentos. A seleção de um método apropriado depende das características do produto, da propriedade físico-química dos materiais de revestimento e do custo (FREIRE et al.,2005, ZHAO, 2010).



**Figura 1.** Método de aplicação do revestimento comestível por solução

**Fonte:** Zhao, 2010.

A película de revestimento pode ser definida como uma fina camada de material comestível aplicada a frutas e hortaliças *in natura* ou minimamente processado, cuja finalidade é estender a vida pós-colheita. Isso se deve principalmente pela característica de alguns revestimentos comestíveis em inibir ou reduzir a migração de umidade, a difusão de oxigênio, dióxido de carbono e de aromas do alimento para o ambiente, atuando como barreira semipermeável. Além disso, pode funcionar como veículo de antioxidantes, antimicrobianos e de flavorizantes, e promover melhoria na textura e na coloração do produto (KROCHTA e DE MULDER-JOHNSTON, 1997).

Geralmente, filmes são elaborados a partir de proteínas, hidrocoloides, gordura ou uma combinação de todos eles. De acordo com a Food and Drug Administration (FDA) (2018) os

materiais utilizados na formulação devem ser considerados seguros para uso em alimentos, mais conhecido como Generally Recognized as Safe (GRAS). Os revestimentos devem ser obtidos seguindo as boas práticas de fabricação (BPF) de alimentos. A vantagem de filmes compostos é a combinação das características positivas de cada componente (FAKHOURI et al., 2003). Estudos comprovam o uso de revestimentos comestíveis para o destaque na qualidade de legumes pós-colheita (BATISTA, 2013).

Os revestimentos comestíveis de frutas normalmente são aplicados diretamente sobre o epicarpo, e deixado secar naturalmente. Este método é utilizado para formar películas à base de hidrocoloides, como amido, pectinas, e gomas, em escala de produção laboratorial. A técnica consiste em verter um solvente, água, solução de etanol e água, ou dispor de uma solução para que ocorra uma dispersão das matérias constituintes do filme em uma placa, controlando a espessura para posterior secagem. A evaporação do solvente diminui a solubilidade dos polímeros, permitindo que as cadeias poliméricas se alinhem e formem o filme sobre a superfície lisa do epicarpo do fruto. Para utilizar esse método deve-se observar a escolha dos produtos para a formação do filme, de forma que não haja qualquer dano à estrutura do mesmo. Outros fatores que influenciam na formação do revestimento por esse método é a temperatura de secagem (30–40°C por 10 - 24 h), a umidade relativa do ar, e a espessura da película formada (BUKZEM; SANTOS; ASCHERI, 2012; DHANAPAL et al., 2012; MORAES et al., 2013).

### **3.3. Tipos de revestimentos**

Os materiais empregados nos revestimentos são classificados em duas amplas categorias: hidrofóbicos e hidrofílicos. Materiais hidrofílicos possuem estruturas nas quais há a predominância de grupos amino ou hidroxila e carboxila (OH, COO<sup>-</sup>, NH<sub>3</sub>) caracterizados por ligações covalentes polares. Alguns exemplos destes materiais são os polissacarídeos, como a celulose, a quitina, a goma xantana, a goma guar, a pectina, o amido e os polissacarídeos polieletrólitos, como a carboximetilcelulose, a quitosana, o alginato, etc. Os materiais hidrofílicos normalmente apresentam boa solubilidade em meio aquoso, favorecendo uma melhor dispersão do soluto e uma formação mais homogênea do revestimento. Dependendo da estrutura química, podem formar géis ou até mesmo requerer alterações químicas para uma completa solubilização. As coberturas hidrofílicas são mais indicadas para superfícies fatiadas, frutas com aspectos brilhantes que apresentem alta moabilidade ou presença de cargas superficiais. Por terem afinidade por água, as coberturas hidrofílicas preservam o aspecto

hidratado, mantendo por mais tempo a superfície brilhante (ASSIS et al., 2008; ZARITZKY, 2011).

Já os Hidrofóbicos são materiais caracterizados por moléculas nas quais predominam estruturas cujas ligações tendem a ser eletricamente neutras, ou seja, não configuram regiões polares definidas. Incluem grupos alquilas ( $\text{CH}_3$ ,  $\text{CH}_2-\text{CH}_3$ , etc) e aromáticos. Na presença de água esses materiais tendem a se aglomerarem e excluir as moléculas polares de sua redondeza. Nesta categoria, encontram-se as proteínas hidrofóbicas (predominância de substituintes apolares), óleos e ácidos graxos, em que predominam substituintes de cadeia alifática, parafinas nas, alcoóis de cadeia longa, etc. (ASSIS e DE BRITTO, 2014).

O interesse pelo uso de aditivos naturais alimentares com propriedades antimicrobianas e antioxidantes vem aumentando, uma vez que estes não possuem efeitos negativos na saúde humana e podem ser substitutos dos aditivos químicos utilizados pelas indústrias de alimentos (ALVES SILVA et al., 2013). Devido a sua natureza lipídica, espera-se que eles ajudem a reduzir a permeabilidade ao vapor de água dos revestimentos hidrofílicos. Além disso, eles provam ter algum impacto em relação as propriedades de filmes, como tração, ótica, estrutural, entre outros; bem como fornece efeito antioxidante e / ou antimicrobiano (ATARÉS; CHIRALT, 2016)

Segundo a FOOD INGREDIENTS BRASIL (2012), os óleos essenciais derivados das especiarias e plantas aromáticas possuem atividade antimicrobiana contra *Listeria monocytogenesis*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Shigella dysenteriae*, *Bacillus cereus* e *Staphylococcus aureus*. A ação dos antimicrobianos é, sobretudo, exercida sobre a membrana celular da bactéria, pois são capazes de alterar a estrutura fosfolipídica da membrana celular, interrompendo o sistema enzimático, comprometendo o material genético da bactéria e formando compostos tóxicos, como o peróxido de hidrogênio (BATISTA, 2013).

No entanto, seu uso como alimento conservante é muitas vezes limitada devido ao seu sabor forte. A fim de evitar este problema, os óleos essenciais podem ser incorporados em filmes comestíveis (RUIZ-NAVAJAS et al., 2013), e provaram ser eficazes agentes antimicrobianos naturais, tais produtos ganharam particular interesse devido a sua segurança e ampla aceitação pelos consumidores, por serem *ecofriendly* e terem propriedades biodegradáveis (SANCHEZ-GONZALEZ et al., 2011). Muitos óleos essenciais estão listados como GRAS pelos FDA dos Estados Unidos e podem ser usados para aumentar a segurança alimentar e melhorar ou diversificar o seu aroma (BITENCOURT, 2014).

### 3.4. Agentes utilizados como revestimento

#### 3.4.1 Óleo de nim

É crescente o número de fungos, bactérias e insetos resistentes as moléculas químicas, assim, os manejos alternativos de controle vêm ganhando espaço na agricultura, sobretudo, na agricultura orgânica, que faz uso dos extratos vegetais e óleos essenciais tal como o nim (*Azadirachta indica* a. juss), em diferentes formas (VIANA, PRATES E RIBEIRO, 2006).

Nativo da Índia, a árvore nim cresce em florestas de regiões tropicais e subtropicais, e suas sementes possuem aproximadamente 40% de óleo de azadirachtina, princípio ativo encontrado em maior concentração. A azadirachtina é um tetranortriterpenóide (estrutura química diversificada) de baixíssima toxicidade ao homem e animais domésticos, hidrofóbica e possui excelente propriedade antimicrobiana, portanto, tem aplicação variada sendo utilizado no controle de pragas, como cobertura vegetal do solo (folhas, extratos aquosos de folhas, frutos ou sementes) ou como a torta para o controle de nematóides (FERRAZ; VALLE, 1997).

Compostos bioativos são quase sempre tóxicos em altas doses. Desta maneira, a avaliação da letalidade em um organismo animal menos complexo pode ser usada para um monitoramento simples e rápido (VANIN et al., 2017). Estudos toxicológicos com óleo de Nim não demonstraram presença de efeitos adversos nos parâmetros reprodutivos em ratos monitorados por três gerações, podendo ser recomendado para uso humano (CHINNASAMY et al., 1993). Os resultados do nível tóxico do óleo essencial de nim não apresentou toxicidade significativa, não oferecendo assim, risco toxicológico na utilização dos mesmos (FERREIRA, 2019).

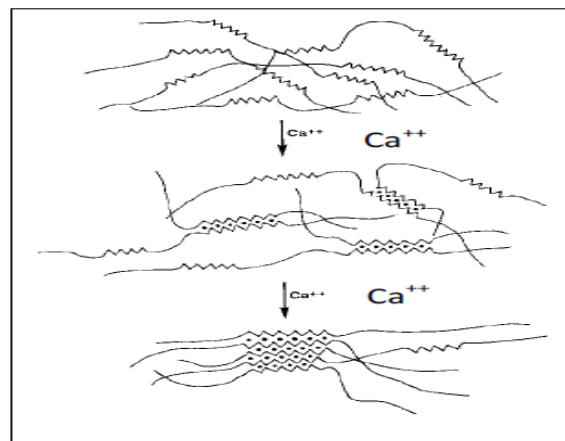
O óleo de nim extraído é geralmente de cor marrom claro a marrom escuro, amargo e tem odor. Os extratos e óleos nas formas usuais de aplicação representam o princípio ativo da planta ao inibir o crescimento vegetativo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, e *Sclerotinia sclerotiorum*, e têm confirmado a atividade antifúngica do extrato de nim com efeitos fungitóxicos *in vitro* e efeito fungistático nos fungos fitopatogênicos, dentre eles *Aspergillus flavus*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* e *Fusarium verticillioides*. Já as aplicações de suspensão aquosa de extratos de nim, por meio de pulverização foliar, sobre tomate e pimenta, em casa de vegetação e no campo, não só reduziram a incidência de doença como também aumentaram o rendimento, produzindo frutos mais saudáveis sem causar efeitos fitotóxicos. Dessa maneira, como o princípio ativo do óleo é ser

uma molécula complexa, de difícil síntese, aplica-se os extratos das folhas ou frutos como inseticida e assim ser um controle sustentável de fácil acesso. (ALI,2013; AL-ASKAR et al., 2014).

### 3.4.2 Alginato

Alginatos conhecidos comercialmente como sal de sódio do ácido algínico são polímeros lineares compostos por resíduos de  $\alpha$ -L-gulurônico e  $\beta$ -D-manurônico presentes em proporções e sequência variáveis na parede celular e espaço intercelular de algas marrons como *Macrocystis pyrifera*, *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria hyperborea* e *Laminaria digitata* (DZIEZAK, 1991). É um produto de interesse na preparação de películas e revestimentos devido a propriedades coloidais, que incluem espessante, estabilizante, geleificante e capacidade de suspensão. O alginato é um polissacarídeo potencial formador de filme devido à sua não toxicidade, biodegradabilidade, biocompatibilidade, e baixo custo. (MORAES,2012).

O mecanismo de geleificação é um processo de troca iônica, no qual o sódio do alginato é trocado com o cálcio presente no meio geleificante. Os íons de cálcio têm por função manter as cadeias de alginato juntas pelas interações iônicas após a formação de pontes de hidrogênio entre as cadeias, produzindo gel com estrutura de rede tridimensional como ilustrado na Figura 2 (KING, 1983).



**Figura 2.** Formação da rede de gel com cadeias de ácido algínico unidas através dos íons cálcio.

**Fonte:** Kawaguti e Sato, 2008.

Essas coberturas são impermeáveis a óleos e gorduras (WHISTLER; DANIEL, 1984) e podem minimizar, em maior ou menor escala, as perdas de umidade dos alimentos atuando principalmente como agente sacrificante, isto é, a película perde umidade para o ambiente, poupando e retardando a desidratação do fruto. São boas barreiras ao oxigênio (WHISTLER; BEMILLER, 1997), capazes de retardar a oxidação lipídica e preservar o sabor e a textura dos alimentos (KESTER e FENNEMA, 1986).

### **3.4.3 Carboximetilcelulose**

O principal motivo para o uso extensivo de hidrocoloides na indústria de alimentos é a sua capacidade de se ligar à água e modificar as propriedades dos ingredientes alimentares, pois apresentam características físico-químicas múltiplas, como peso molecular, presença de cargas, ramificação e polaridade, sendo extremamente vantajosos em relação aos polímeros sintéticos, por serem provenientes de fontes naturais, originando produtos biocompatíveis e não tóxicos. Os alimentos contêm inúmeras micromoléculas, incluindo corantes, sabores, ácidos graxos, vitaminas e fitoquímicos. Essas moléculas são hidrofílicas ou hidrofóbicas e possivelmente interagem com os hidrocoloides através de ligação de hidrogênio e/ou interação hidrofóbica. As interações alteram significativamente as propriedades organolépticas, funcionais e nutricionais dos alimentos (GAO et al., 2017). A celulose é um dos mais populares e abundantes dentre os biopolímeros naturais, é renovável e biodegradável, o que faz com que tenha as mais diversas utilizações. Há muito tempo, a celulose é usada como material de construção, fibra têxtil e na forma de papel. É um material que após modificação química, adquire propriedades diferentes e, conseqüentemente, amplia os campos de aplicações para revestimento, sistema de liberação controlada de princípios ativos, aditivos em tintas, vernizes, plásticos e compósitos (BARUD, 2006). É um polímero linear e, devido aos grupos hidroxilas presentes em sua estrutura, pode sofrer diversas reações, como adição, substituição, acetilação, esterificação e oxidação, utilizadas na obtenção de seus derivados. (ALBINI, 2012; STANIFORTH, SEN E TALWAR, 1999; WALLACH e CHANG, 1991; LEAL, 2014; LI; NIE, 2016).).

As propriedades como a solubilidade, estabilidade térmica, estabilização coloidal, atividade de superfície, termosplasticidade, características do filme e biodegradação, são explicadas com base à natureza química, quantidade e distribuição dos grupos substituintes nos derivados da celulose. Os derivados da celulose são amplamente aplicados na obtenção de produtos farmacêuticos, cosméticos, alimentícios, dentre outros. Para tal, é necessário que sejam atóxicos, não carcinogênicos e biocompatíveis, como é o caso da carboximetilcelulose,



que é um éter derivado da celulose, comercializado na forma sólida como sal de carboximetilcelulose de sódio (CMC) (SHALABY e SHAH, 1991).

Nos produtos alimentares, os modificam as propriedades viscosas e texturizadas, as duas propriedades mais importantes que afetam a qualidade sensorial dos alimentos e a estabilidade de armazenamento na prateleira. Deste modo, há estudos que visa diversas aplicações e em diferentes setores da economia como em processos de encapsulamento e liberação controlada de princípios ativos na formação de revestimentos (MAHMOOD et al., 2017).

#### **3.4.4 Óxido de zinco**

O efeito bactericida dos nanocompostos metálicos tem sido relacionada ao seu pequeno tamanho e elevada relação superfície/volume, permitindo interagir com as membranas microbianas. Exemplos são as nanopartículas de prata, dióxido de titânio e óxido de zinco, utilizados em suplementos nutricionais e em embalagens, mas que apresentaram elevada toxicidade para células. Devido ao seu forte efeito antimicrobiano, os primeiros estudos com o óxido de zinco (ZnO) começou na década de 1950 e foi listado como GRAS pela U.S FDA e tem sido usado na fortificação de alimentos à base de cereais, embora ainda há uma cautela quanto ao seu uso como aditivo alimentar. Avanços na nanotecnologia oferecem oportunidades para criar novos produtos com uma vasta gama de aplicações, incluindo nano medicina e compostos com propriedades antimicrobianas (21CFR182.8991; OBERDORSTER, 2005; XIE, HE, IRWIN, JIN, SHI, 2011)

Segundo Martins et al., 2008, duas são as técnicas para se criarem nanoestruturas, com variados níveis de qualidade, velocidade e custos. Elas são conhecidas como Botton-up (baixo para cima) e Top-down (cima para baixo). A técnica Botton-up proporciona a construção de estruturas átomo por átomo ou molécula por molécula mediante três alternativas: a) síntese química, em geral utilizada para produzir matérias-primas, nas quais são utilizadas moléculas ou nanopartículas; b) auto-organização, técnica na qual os átomos ou moléculas organizam-se de forma autônoma por meio de interações físicas ou químicas, construindo assim nanoestruturas ordenadas. Diversos sais em formas de cristais são obtidos por esta técnica; c) organização determinada, neste caso, átomos e moléculas são deliberadamente manipuladas e colocadas em determinada ordem, uma por vez. A técnica Top-down (cima para baixo) tem por objetivo reproduzir algo, porém em menor escala que o original e com maior capacidade de processamento de informações como, por exemplo, em um chip. A maior área de superfície por massa em comparação com partículas de maior tamanho da mesma química, torna partículas

nano métricas mais ativas biologicamente. O óxido de zinco é um material de fácil cristalização e quando está na forma de nano partículas apresenta algumas mudanças em suas propriedades, tais como, área superficial e estrutural (MAYRINK,2014).

Diferentes aditivos que podem atuar como agentes antioxidantes e/ou antimicrobianos conferem ao alimento embalado maior proteção contra fatores internos e externos, reduzindo a adição de conservantes no processamento desses alimentos. Acredita-se ainda que a atividade antimicrobiana das nanopartículas de óxido de zinco se deva à geração de grupos H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a partir da superfície, o qual pode rapidamente penetrar a parede celular de uma bactéria com consequente inibição do seu crescimento. Esse mecanismo geralmente apresenta maior eficiência para bactérias gram-positivas que para as gram-negativas, o que pode ser justificado através da interação das nanopartículas de óxido de zinco com componentes específicos que estão presentes em maior abundância em bactérias gram-positivas ou da ação quelante e maior aderência da camada de peptidoglicano circundando as mesmas (SAWAI et al., 1996; YAMAMOTO, 2001; TAYEL et al., 2011). Estudos mostram que a adição de ZnO em meios de cultura proporciona significativa inibição do crescimento de *L. monocytogenes*, *S. enteritidis* e *E. coli* (ESPITIA et al., 2012; JIN et al., 2009) e um bom efeito bacteriostático para o *S. agalactiae* e *S. aureus*, que são dois agentes etiológicos de várias doenças infecciosas em seres humanos (HUANG et al., 2008, LIMA JR, 2016). Com base na ação antimicrobiana das nanopartículas de zinco, diversas embalagens ativas foram desenvolvidas para preservar os compostos dentro dos alimentos, inibindo o crescimento microbiano (PEREZ,2016).

### **3.5. Avaliação das Características Físico-Químicas dos Frutos**

As características físico-químicas dos frutos são de fundamental importância para a definição de técnicas de manuseio pós-colheita, assim como para a boa aceitação do produto pelo consumidor (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Para estudos da qualidade, vários parâmetros podem ser analisados, como cor, firmeza, sólidos solúveis totais, pH, acidez titulável e outros (FAGUNDES e YAMANISHI, 2007).

#### **3.5.1 Perda de Massa Fresca**

Regularmente, as frutas perdem peso durante a manipulação e o armazenamento após a colheita por um processo denominado como transpiração e respiração (KADER, 1986). A taxa na qual a água é perdida depende do gradiente de pressão da água entre o tecido da fruta e a atmosfera circundante. Deste modo, o efeito da perda de peso consiste em alterações de textura

(amolecimento) e encolhimento da superfície (aparência) que influencia negativamente a vida útil das frutas climatérios sendo um indicador de frescor de frutas de grande importância (NAWAB, A., FERROZ A. HASNAIN A., 2017 e SOGVAR, et al 2016)

Não só as perdas qualitativas, mas as perdas econômicas oriundas da transpiração e desidratação do produto se tornam entraves para a comercialização. Pequenas perdas de água podem ser toleradas, mas aquela responsável pelo murchamento ou enrugamento deve ser evitada. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), perdas da ordem de 3 a 6% são suficientes para causar um marcante declínio na qualidade, mas algumas frutas como limão e tangerina são ainda comercializáveis com 10% de perda de umidade.

O murchamento pode ser retardado, reduzindo-se a taxa de transpiração, o que pode ser feito por aumento da umidade relativa do ar, diminuição da temperatura, redução do movimento de ar e uso de embalagens protetoras (BARROS *et al.*, 1994). Dentre as embalagens protetoras podemos citar os filmes plásticos, as ceras e os revestimentos comestíveis.

### **3.5.2. Firmeza**

A firmeza é uma das sensações da textura de um fruto, ela relaciona-se com a força necessária para que o produto atinja uma dada deformação (AWAD, 1993). A medição da firmeza da polpa visa o estabelecimento indireto das transformações na estrutura celular, na medida em que o fruto amadurece, a força necessária para que ocorra a deformação diminui, correlacionando assim este índice com o estágio de maturidade do fruto. (CHITARRA, 1998).

Segundo Andrade Jr. et al. (2001), a firmeza característica dos frutos verdes está relacionada com a presença de pectina na forma de protopectina, insolúvel em água e conforme o fruto amadurece essa cadeia polimérica é clivada, tornando-se então uma pectina solúvel em água e a resistência tecidual é diminuída. A mudança da firmeza de um fruto é um processo complexo onde ocorre, além da redução do tamanho e distribuição dos polímeros das paredes celulares, a perda de turgor celular, ação de enzimas hidrolíticas e mecanismos não enzimáticos como a redução excessiva de água pela transpiração (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

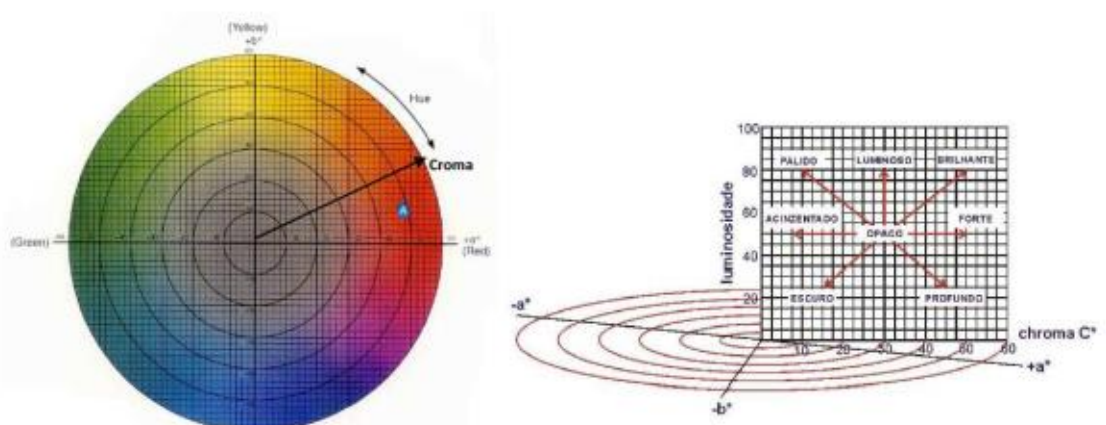
A firmeza sofre alterações durante o amadurecimento e armazenagem do vegetal, sendo o amolecimento a alteração mais marcante e pode ser resultante de dois processos: perda excessiva de água e modificações na lamela média e parede celular devido à atividade enzimática (WILLS, 1981; KLUGE e NACHTIGAL, 1997). Sendo a firmeza um fator que caracteriza os alimentos *in natura*, muitos estudos são focados para a manutenção desta grandeza.

### 3.5.3. Cor

A cor é utilizada como critério para a separação de muitos produtos em classes e categorias comerciais e relaciona-se com a percepção da aparência pelo consumidor. A coloração de frutas pode ser avaliada de forma subjetiva, quando o objetivo é estabelecer o grau de maturação do fruto e a uniformidade da coloração da casca, através de comparação com escalas descritivas. A aceleração das reações metabólicas que ocorre após o processamento de frutas e vegetais é o fator principal pela aceleração das mudanças indesejáveis na cor destes produtos, atribuindo-lhe o aspecto de envelhecido e/ou escurecidos.

Uma das formas para se mensurar as variações de cores em um alimento é a utilização do sistema  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . Um padrão internacional para medições da cor desenvolvido pela CIE (Comission International de Lèclairiage), onde a cor é analisada através dos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Hue e Croma (Figura 2), os quais representam as medidas objetivas de cor avaliadas pelo olho humano (MINOLTA, 1994). O eixo do sólido das cores é designado como  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , em que  $L^*$  corresponde ao eixo vertical, sendo a medida de luminosidade. Para um plano que representa um dado valor de  $L^*$ ,  $a^*$  é uma coordenada positiva ou negativa, variando do vermelho ao verde e  $b^*$  é uma coordenada positiva ou negativa, variando do amarelo ao azul. No topo da pilha das coordenadas, têm-se elevados valores de  $L^*$  (brancos ou cores próximas ao branco) e próximo à base, os baixos valores de  $L^*$  (preto ou próximo ao preto) (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

### 3.5.4. Acidez



**Figura 3.** Valores de  $a^*$ ,  $b^*$ , Hue e Croma no sistema Hunter Lab Croma Meter

## **Titulável e pH**

A acidez titulável é definida por Chitarra e Chitarra (2005) como sendo o conjunto de compostos ácidos livres presentes nos tecidos vegetais, avaliados por titulação com auxílio de solução de NaOH 0,1N. Os resultados podem ser expressos em mEq/100 mL de suco ou em percentagem do ácido principal, no caso do tomate é o ácido cítrico.

Com o amadurecimento, as frutas perdem rapidamente a acidez, mas, em alguns casos, há pequeno aumento nos valores com o avanço da maturação. A acidez pode ser utilizada, em conjunto com a doçura, como ponto de referência do grau de maturação (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Tanto a acidez quanto o pH determinados indicam parâmetros que influenciam a aceitabilidade do produto, interferindo principalmente na qualidade sensorial e sua estabilidade microbiológica.

### **3.5.5. Sólidos Solúveis**

O teor de sólidos solúveis indica a quantidade de todas as substâncias dissolvidas na polpa das frutas e é constituído majoritariamente por açúcares, principalmente sacarose, frutose e glicose. Comumente designado como °Brix é medido com auxílio de refratômetro (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os sólidos solúveis geralmente aumentam com o transcorrer do processo de maturação dos frutos, seja pelas biossínteses, degradação de polissacarídeos ou perda de água, resultando em maior concentração dos mesmos. Já sua redução varia com a taxa de respiração, uma vez que os sólidos solúveis são substratos utilizados no processo respiratório (LIDSTER et al., 1980).

As alterações fisiológicas e o comprometimento da qualidade final do produto é mensurada, entre outros parâmetros, através da % de sólidos solúveis (SS) ao longo do armazenamento. As características genéticas também influenciam no teor de sólidos solúveis no fruto (TEIXEIRA et al., 2001).

### **3.5.6. Ratio**

Em muitas frutas, o equivalente entre os ácidos orgânicos e os açúcares é utilizado como critério de avaliação do *flavor*. Conhecendo-se o teor de sólidos solúveis (SS) e de acidez titulável (AT) pode-se estabelecer, para as frutas, a relação SS/AT (°Brix /% de ácido). Alto

valor desta relação indica uma excelente combinação de açúcares e ácido que se correlacionam apresentando maior suavidade e harmonia, enquanto que os valores mais baixos designam frutas com acidez mais pronunciada. Segundo Kader (1986), a maioria dos frutos apresentam alta qualidade quando em sua composição atingem a proporção de: acidez titulável acima de 0,32% e 3% de SS, obtendo uma relação SS/AT maior que 10.

Como consequência do amadurecimento ocorre o aumento nos teores de SS e diminuição nos teores de ácidos orgânicos, aumentando a relação SS/AT à medida que o estágio de maturação dos frutos avança (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Portanto esta relação é um bom indicador do ponto ideal de colheita, podendo ser utilizados também como parâmetro para se estabelecer o tempo de vida útil deste produto, já que está diretamente ligado a qualidade sensorial do produto.

### **3.5.7. Análises Fitopatógenos**

Para avaliar a incidência de doenças de pós-colheita (infectadas ou deterioradas), principalmente em relação ao crescimento de fitopatógenos, será utilizado o método descrito por COELHO et al. (2015), com adaptações. Os frutos serão analisados visualmente no laboratório de microbiologia da Embrapa, de 03 em 03 dias, quanto ao aparecimento de lesões, para determinação do índice de contaminação (I) através da Equação 01

$$I = \frac{NFD}{NTF} \times 100 \quad (01)$$

Onde:

I= Incidência de fitopatógenos (%)

NFC = Número de frutos doentes

NTF = Número total de frutos

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

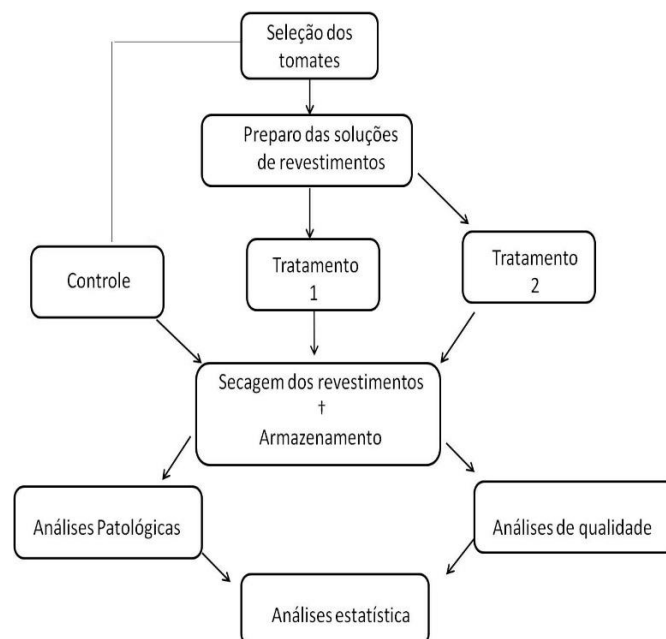
Para a realização do experimento foram utilizados tomates do tipo italiano da cultivar *ravena*, colhidos e comprados junto a um produtor de tomate, em Tanguá, no Estado do Rio de Janeiro, que cultiva sob o sistema TOMATEC, uma tecnologia desenvolvida pela Embrapa que seleciona as flores fecundadas das plantas protegendo os frutos e racionalizando o uso de agroquímicos (Figura 4). Após a colheita os tomates foram transportados em caixas para

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Agroindústria de Alimentos, no Rio de Janeiro, RJ.



**Figura 4.** Sistema TOMATEC, propriedade Tanguá, RJ

Os frutos foram selecionados e padronizados quanto a à maturação e ausência de defeitos e doenças, em seguida, os revestimentos foram preparados, e aplicados nos tomates. A secagem do revestimento sob os frutos foi realizado em temperatura ambiente (25° C). Em seguida foram realizadas análises físicas, químicas e estatísticas. Estas etapas estão representadas nos fluxograma do experimento, como mostra a Figura 5.



**Figura 5.** Fluxograma do experimento

#### 4.1 Preparo das Amostras

As amostras de tomate tipo italiano (Figura 6) foram selecionados na planta de processamento de acordo com as seguintes características: sem lesões, coloração vermelha e de tamanho uniforme. Não houve lavagem em água corrente em nenhum fruto.



**Figura 6.** Tomates separados por grupos e selecionados por cor e tamanhos uniformes para serem submetidos para cada tratamento

#### 4.2. Tratamentos

Os tomates foram separados em três grupos, sendo dois grupos submetidos a tratamentos com revestimentos e um controle (Figura 6). Feito isso, os tomates foram submetidas aos seguintes tratamentos: Controle (sem imersão em água); Tratamento 1(T1) -solução com Alginato de sódio à 1% (m / v) e Nano partícula de Óxido de Zinco 0,015% (m / v);, Tratamento 2 (T2) – Solução composta por Carboximetilcelulose 1% (m / v) e Óleo orgânico de Nim 1,5% (v / v), - A escolha das concentrações de todos os reagentes utilizados para a preparação dos revestimentos foi definida por meio de testes preliminares, onde foram avaliadas as concentrações e formulações e de melhor aparência, viscosidade e homogeneidade do revestimento formado, após completa secagem das soluções vertidas em placas de petri. O óleo orgânico de Nim foi obtido através da Central de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro (CEASA/RJ) e a nanopartícula de óxido de zinco obtida através do laboratório de pós – colheita



da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Agroindústria de Alimentos, no Rio de Janeiro, RJ.

#### **4.2.1 Solução de revestimento com Alginato**

– Alginato de sódio à 1% (m / v), Tween 80 5% (v / v), Nano partícula de Óxido de Zinco 0,015% (m / v), Ácido cítrico 0,5% (m / v) e Gelatina 3% (m /v). A solução foi obtida através de duas frações e sob agitação constante. A primeira foi composta por Alginato de sódio (polissacarídeo) e após completa solubilização do polímero em água destilada, foram acrescentados o tween 80\*, o ácido cítrico\*\* e por último o Óxido de zinco (antimicrobiano) seguidos com a finalidade de solubilizar e emulsionar a solução em água destilada. A segunda fração teve uma proporção de 50% menor de água destilada em comparação com a primeira fração, pois visou apenas solubilizar a gelatina em água em alta temperatura e, dessa maneira formar um revestimento mais interligado. Após completa solubilização de todos os ingredientes, as duas frações juntas obteve a solução de tratamento 1.

#### **4.2.2. Solução de revestimento com Carboximetilcelulose**

– Solução composta por Carboximetilcelulose 1% (m / v), Tween 80 8% (v / v), Óleo orgânico de Nim 1,5% (v / v), Ácido cítrico 0,5% (m / v) e Lactato de cálcio\*\*\* 0,3% (m /v). A solução foi preparada sob agitação adicionando-se o CMC com o ácido cítrico, preparado com água destilada. Após completa diluição do polímero foram adicionados o Tween 80, Lactato de cálcio e o antimicrobiano Óleo de nim formando dessa maneira a solução de revestimento de tratamento 2.

\*- o Tween 80 foi utilizado nas duas soluções com a finalidade de emulsionar as soluções para melhorar a interação dos compostos do revestimentos.

\*\* - o ácido cítrico foi utilizado como solvente para que fossem dissolvidas as macromoléculas e obter dessa maneira uma solução capaz de formar uma película ao ser aplicada na superfície de um alimento.

\*\*\*- o lactato de cálcio foi solubilizado antes de ser acrescentado ao revestimento, para evitar a formação de grumos e facilitar a troca iônica e formação de gel.

### 4.3 Secagem

Após a aplicação dos revestimentos, cada tratamento foi transferido para uma mesa, de inox higienizada, aonde permaneceu até a secagem dos frutos, sobre papel toalha.

Os frutos ficaram expostos ao ar, em temperatura ambiente, após a aplicação dos tratamentos e a secagem foi em condições ambiente para aderência dos revestimentos.

### 4.4 Armazenamento

Os tomates com e sem revestimento foram armazenados lado a lado, a temperatura ambiente a 25 °C, a 80-85% de UR por 12 dias (Figura 7), de modo que a eficiência dos tratamentos fosse avaliada na condição ideal de desenvolvimento dos principais patógenos do tomate (RAHMATZAI, et al 2017).



**Figura 7.** Tomates após a aplicação dos revestimentos

### 4.5. Análises Fitopatogênica

A avaliação fitopatogênica foi feita de acordo com o aspecto visual após os tratamentos no laboratório da Embrapa a cada 3 dias durante os 12 dias de armazenamento. Dessa forma foi possível avaliar o crescimento ou não de doenças fúngicas.

Nos dias de análises a avaliação atribuiu notas segundo Cunha Junior et al. (2012) como apresentado na tabela 1.

**Tabela 1:** Notas de 1 a 5 para avaliar o aspecto visual identificado nos tratamentos após o uso de revestimentos durante 12 dias a temperatura média de 25°C a 80- 85% de UR.

NOTAS	CARACTERÍSTICAS
1 – Péssimo	Fruto murcho, com fungos e escurecido
2 – Ruim	Fruto murcho e com fungos
3 – Regular	Fruto murcho e sem fungos
4 – Bom	Fruto sem fungos e turgido
5 – Ótimo	Fruto turgido, sem fungos e cor normal

#### 4.6. Análises Físicas e Químicas

As características físicas e químicas de qualidade dos tomates foram avaliados imediatamente após a aplicação dos tratamentos e a cada 03 dias, durante o período de 12 dias de armazenamento.

##### 4.6.1 Perda de massa

Os frutos foram separados por cada tratamento para avaliar a sua perda de massa. Os tomates foram pesados em balança semi-analítica, de marca OHAUS e modelo Adventurer, no dia da sua recepção (dia 0) e de 3 em 3 dias durante os 12 dias de armazenamento (Figura 8). Para o cálculo da perda de massa fresca, expressa em porcentagem, de acordo com a Equação 01:

$$PM = \left( \frac{Pi - Pp}{Pi} \right) \times 100 \quad (01)$$

Onde:

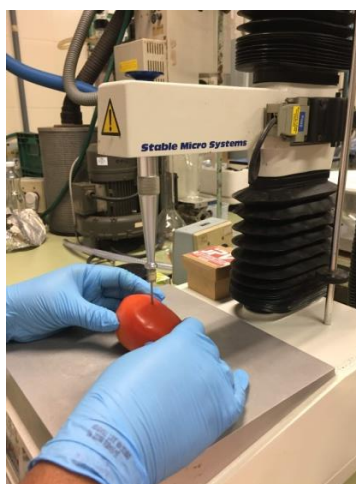
PM = perda de massa (%); Pi = peso inicial dos frutos (g); Pp = peso no período (g).



**Figura 8. Avaliação da perda de massa dos tomates em balança analítica**

#### **4.6.2 Firmeza**

O penetrômetro de bancada TA.XT.plus – *Texture analyses* foi utilizado para acompanhamento da firmeza. Foi utilizada ponteira de 2 mm de comprimento com profundidade de penetração de 10 mm a partir do momento que a ponteira encontra a resistência do fruto, sendo realizadas duas leituras em pontos opostos de cada fruto. Cada tratamento era composto por 4 frutos, totalizando em oito leituras por tratamento. O valor obtido para se determinar a firmeza em Newton (N) é definido como a força máxima de resistência à penetração no fruto (Figura 9).

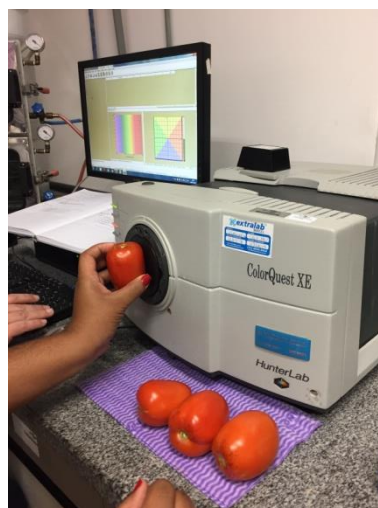


**Figura 9. Análise de firmeza com o penetrômetro de bancada TA.XT plus**

### 4.6.3 Cor

Para a análise instrumental de cor foi utilizado o colorímetro Hunter Lab, modelo ColorQuest XE. Nos mesmos frutos em que foi feita a análise de firmeza, foi realizada a análise de cor em pontos opostos de cada fruto, ou seja, quatro frutos por amostra, totalizando em oito leituras por tratamento. Para medida do sistema tridimensional  $L^*$   $a^*$   $\Delta L^*$ , onde  $L^*$  indica a luminosidade que varia entre valor 0 (para uma amostra preta; mínima refletância) e 100 (amostra branca; máxima refletância),  $a^*$  consiste no eixo que vai do verde (valores negativos) ao vermelho (valores positivos) e  $b^*$  indica a diferença total do brilho (Figura 10).

Para a análise de cor os parâmetros estudados foram  $L^*$ ,  $a^*$  e  $\Delta L^*$ , pois em relação a maturidade e frescor do fruto tomate, são as coordenadas que ocorre maior alteração ao longo dos dias de armazenamento deste estudo. Na variação de  $\Delta L^*$ , o padrão utilizado foi determinado a partir do dia 0 até o ultimo dia de armazenamentos (12 dias).



**Figura 10.** Análise instrumental de cor foi utilizado o colorímetro Hunter Lab, ColorQuest XE

Para as avaliações a seguir, os tomates foram triturados em um processador e congelados para posterior análises físico-químicas.

#### **4.6.4 pH**

Determinado por potenciometria, por meio do titulador automático 794 Basic Titrino - Metrohm (ISO 1842, 1991).

#### **4.6.5 Acidez total titulável (ATT)**

Determinada através de um titulador automático 794 Basic Titrino - Metrohm, com NaOH 0,1N, até pH 8,1. Os resultados foram expressos em g. ácido cítrico. 100g<sup>-1</sup> de amostra (ISO 750, 1998).

#### **4.6.6 Sólidos solúveis totais (SST)**

Esta determinação foi realizada utilizando um refratômetro digital Pal<sup>-1</sup>, da Atago. Os resultados expressos em °Brix (ISO 2173, 2003).

#### **4.6.7 Teor de Licopeno**

##### **4.6.7.1 Extração dos carotenoides**

Através do método de Rodriguez-Amaya, (2001), foi feita a extração para determinação do teor de carotenoides totais. Um grama foi das amostras de cada tratamento foi pesado em balança analítica e transferido para um graal com a mesma quantidade de celite. Como solvente, para a extração exaustiva dos carotenoides, foram utilizados 30 mL de acetona. Foi realizada a maceração e a mistura foi filtrada à vácuo em funil de placa sintetizada em um kitassato de 500 mL. O extrato foi transferido para um funil de separação contendo 30 mL de éter de petróleo. Para a remoção da acetona e transferência dos carotenoides para o solvente, foi realizada a lavagem com água destilada por seis vezes. Após as lavagens, as fases foram separadas entre extrato de éter de petróleo (fase superior) e água (fase inferior), sendo está descartada. O extrato resultante foi filtrado em funil com algodão e sulfato de sódio para balão volumétrico de 50 mL, no qual o volume foi atingido pela adição de éter de petróleo.

##### **4.6.7.2 Determinação do teor de carotenoides**

A determinação do teor de carotenoides das amostras foi realizada em espectrofotômetro regulado a um comprimento de onda de 470 nm. No qual o licopeno é quantificado.

## 4.7 Delineamento Experimental e Análise Estatística

O delineamento estatístico empregado foi o inteiramente casualizado, composto por três tratamentos e três repetições por tratamento. Para as avaliações das características físicas de coloração e firmeza foram utilizados oito frutos por tratamento em cada dia de análise. Para a avaliação de perda de massa fresca, foram utilizados quatro frutos. Para as análises físico-químicas, foram utilizados quatro frutos com três repetições, totalizando doze frutos por parcela, para cada dia de avaliação.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o programa Statistica, versão 6.0 (2001) (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). Foi aplicado o Teste *Tukey* quando detectada diferença entre os tratamentos, ao nível de 5% de significância. Os resultados foram expressos em média  $\pm$  desvio padrão (DP).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análises Fitopatogênicas

Foi verificado que não houve efeitos significativos para a interação tratamento X tempo, Bem como para os efeitos gerais de tratamentos e de tempo, isoladamente, sobre as características de aspectos visuais em relação aos fitopatógenos até a terceira avaliação (Tabela 1).

**Tabela 2.** Notas de 1 a 5 para avaliar o aspecto visual identificado nos tratamento após o uso de revestimentos durante 12 dias a temperatura média de a 25 °C, a 80-85% de UR

Tratamentos	Dias			
	3	6	9	12
Controle	5	4	3	2
Tratamento 1	5	4	2	2
Tratamento 2	5	5	3	3

Em relação ao aspecto visual, manteve-se padrão nas duas primeiras avaliações (notas 4 e 5 relacionadas a características boa e ótima para o fruto), apresentando apenas na terceira avaliação a presença de fungos tipo *alternaria*, e crescimento de *Rhizopus* no tomate do tratamento 1 (revestimento com a nano partícula) com nota 2 com característica de fruto murcho

e com fungos. A diferença visual entre os tratamentos 1 e 2 do controle é apresentada nas figura 11a e 11b, nelas pode-se observar um número maior de incidência de fungos no tratamento 1(Figura 11a) em comparação ao tratamento 2 (Figura 11b). Porém, estes são fungos comuns em frutos transmitidos por sementes, já infectados desde o manuseio do fruto no campo até o consumidor ou bem como as condições de higienização do *packing house* (AL-ASKAR et al., 2014).

Esse resultado é similar ao de Klangmuang, Sothornvit (2016) que afirmaram que ao utilizar agentes antimicrobianos como óleos essenciais em revestimentos comestíveis (tratamento 2 deste estudo) possibilita o controle de doenças fúngicas, diminuindo a perda da qualidade em relação à avaliação de aparência dos frutos.

Na comparação entre os tratamentos (T1 e T2) com o controle, este apresentou incidências fitopatogênicas desde a segunda avaliação. Dessa forma, através dos resultados na Tabela 1 o controle obteve resultado inferior aos revestimentos.



**Figura 11a. Tratamento 1 com doenças fito patogênicas**



**Figura 11b. Tratamento 2 com doenças fito patogênicas**

## 5.2 Análises Físicas e Químicas

### 5.2.1 Perda de massa

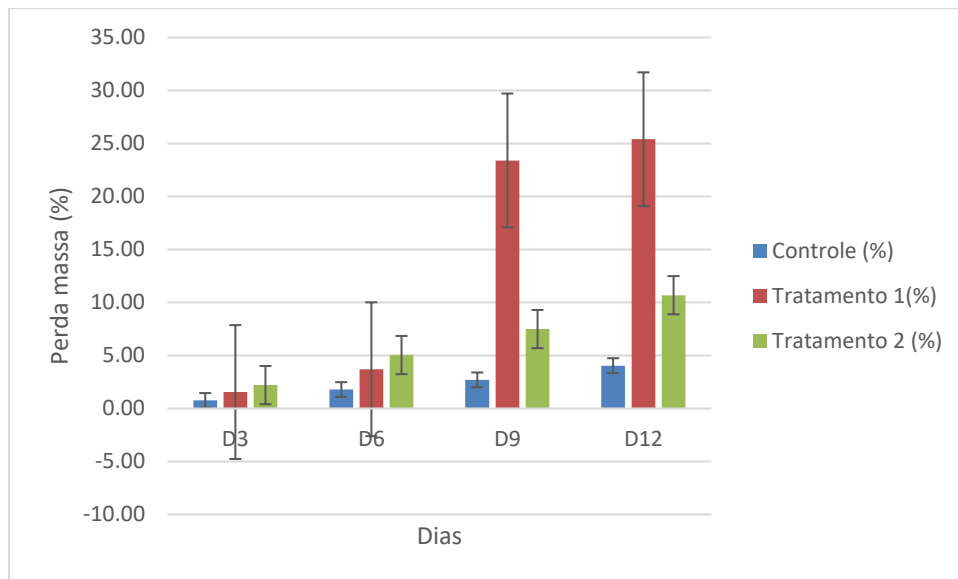
Os resultados evidenciaram que houve o aumento da perda de massa do tomate em função do tempo de armazenamento e independentemente dos tratamentos utilizados, todos os



revestimentos apresentaram efeito sobre a perda de massa. (Fig. 12). Pequenas perdas de água podem ser toleradas, mas aquela responsável pelo murchamento ou enrugamento (acima de 6%) deve ser evitada pois são suficientes para causar um marcante declínio na qualidade. (CHITARRA E CHITARRA, 2005). Contudo, até o 6º dia de armazenamento as amostras apresentaram similaridade em porcentagem na perda de massa. Logo em seguida, ao final dos 12 dias de armazenamento, os frutos de tomate revestidos com nanopartículas de óxido de zinco e Alginato (Tratamento 1) registraram significativamente maior perda de massa, 25% quando comparados aos tomates revestidos com óleo essencial de Nim e CMC (Tratamento 2) que apresentou 10% e o controle ao final dos 12 dias obteve 4% de perda. Entretanto, ao observar o quadro 2 no dia 9, o valor de massa em g do tratamento 1, diminuiu 23% comparado ao dia 6, devido à perda de um fruto por apresentar doença fúngica oriunda do campo (tabela 2). Ao analisar os valores do controle para esta análise foi apresentado um melhor resultado em relação aos tratamentos com revestimentos durante todo o os 12 dias de armazenamento. Esse resultado não surpreendeu pois no tratamento controle os frutos não foram imergidos em água. Dessa forma, a perda de massa seria menor em comparação aos demais tratamentos.

**Tabela 3.** Perda de massa (%) de tomates após o uso de revestimentos durante 12 dias a temperatura média de a 25°C, a 80-85% de UR.

Amostra	Dia 0	Dia 3		Dia 6		Dia 9		Dia 12	
	Massa Inicial (g)	Massa (g)	Perda de massa (%)	Massa (g)	Perda de massa (%)	Massa (g)	Perda de massa (%)	Massa (g)	Perda de massa (%)
<b>C</b>	498,06	494,31	0,752921335	489,18	1,782917721	484,63	2,696462274	477,93	4,041681725
<b>T1</b>	559,8	551,13	1,548767417	539,09	3,699535548	<b>428,8</b>	23,40121472	417,63	25,3965702
<b>T2</b>	549,24	537,13	2,204864904	521,56	5,03969121	508,1	7,490350302	490,55	10,68567475



**Figura 12. Média da Perda de massa fresca (%) de tomates, armazenados por 12 dias a temperatura média a 25 °C, a 80-85% de UR.**

Trabalhos que utilizaram revestimento a base de óleo essencial, apresentaram resultados similares ao do trabalho, como Guerreiro. *et al.* (2015) que aplicaram revestimento com óleo essencial em morangos e observou um aumento na perda de massa durante o armazenamento em todas as amostras, porém não houve uma diminuição dessa perda nos tratamentos com revestimento em comparação com amostras não revestidas (controle). Entretanto, para Patel, K.; Patil, S. (2016) mostraram uma redução na perda de massa para morangos devido aos efeitos da composição dos revestimentos com óleo essencial servindo como barreira semipermeável contra a perda de umidade. No entanto, esses autores usaram diferentes revestimentos à base de quitosana e na amostra controle usavam frutas imersas em água destilada. Dessa forma, difere dos resultados deste presente trabalho pois para a amostra controle, não houve a imersão dos tomates em água e nos tratamentos houve um aumento da perda de massa.

Segundo Jaiswal, A.K., Kumar, S., Bhatnagar, T. (2018), para revestimentos com a utilização do nim na concentração de 20% juntamente com o gel de Aloe vera e o ácido cítrico, observaram que a massa de tomates, foi significativamente diferente entre os tomates tratados com os diferentes revestimentos e o controle, no final de 20 dias de armazenamento. O revestimento com o nim apresentou vida útil do tomate de até 36 dias enquanto o controle foi de apenas 18 dias. Semelhante ao que foi reportado nesse trabalho até o 12 dia a uma concentração menor. Ao comparar o revestimento com a nano partícula, o revestimento com

óleo essencial de nim foi o de menor perda de massa. Nos estudos de Azarakhsh et al. (2014) para apresentar uma menor diminuição de perda de massa foi necessário a aplicação de 80% de extrato de nim em mangas, indicando que a perda de massa foi significativamente inferior ( $p < 0,05$ ) ao das amostras não revestidas. Sendo assim, às formulações de revestimento como fonte lipídica podem ser responsáveis por menor perda de massa em amostras revestidas (AZARAKHSH, N., 2014), pois impermeabiliza a casca do fruto reduzindo mais a saída de água e assim diminuindo a perda de massa.

SAEKOW, M. (2019) avaliou a perda de massa de caqui e tomate revestidos com / sem nanopartículas de Óxido de Zinco a base de Carboximetilcelulose e como resultado, a perda de massa dos frutos de caqui e tomate aumentou para todos os tratamentos durante o tempo de armazenamento. Sendo de grande semelhança aos resultados apresentados neste trabalho. Para SOGVAR, O. B. *et al* (2016) com morangos, e LAKSHMI, S. J. *et al.* (2018) com figos, a aplicação de revestimento com a nanopartícula com concentração de 0,5% (p/v), obteve menor perda de massa com a justificativa de que o revestimento ter agido como uma barreira semipermeável contra o movimento de oxigênio, carbono óxido, umidade e soluto, reduzindo assim as taxas de respiração, perda de água e reação de oxidação. Estes dois resultados diferem do presente estudo pois o revestimento com a nanopartícula de óxido de zinco proporcionou maior perda de massa, perda essa, sendo maior que a permitida (3 a 6%), diminuindo a qualidade do tomate. (CHITARRA E CHITARRA, 2005). Uma possível justificativa, seria devido a diferença de frutos e a quantidade de nanopartícula utilizada para o desenvolvimento dos revestimentos.

### **5.2.2 Firmeza**

A perda da firmeza é um dos principais parâmetros de qualidade que limitam a vida útil de frutas e influencia a aceitabilidade do consumidor. A variação da firmeza é geralmente causada principalmente pela degradação da pectina na parede celular ou pela hidrólise do amido em açúcar associados ao amadurecimento (CHITARRA E CHITARRA, 2005).

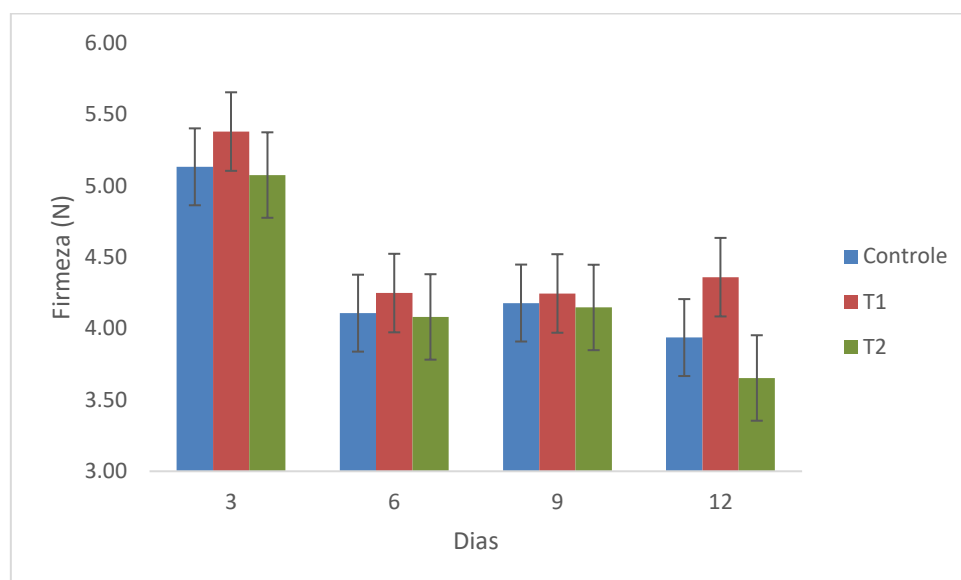
Os valores de firmeza, expressos em força Newton, das amostras revestidas (T1 E T2) e não revestidas (Controle) são mostrados na tabela 2 a partir do dia 3, pois no dia 0 os frutos dos tratamentos T1 e T2 foram submetidos as soluções de revestimento, sendo assim não foi possível analisar a Firmeza desses frutos. A Tabela 3 indica que neste atributo não houve nenhuma diferença significativa entre os tratamentos. Contudo, a figura 13 indica que após os

12 dias o tratamento com menor perda da firmeza comparado aos demais tratamentos, foi T1 revestimento com a nanopartícula e Alginato, porém não apresenta diferença significativa.

**Tabela 4.** Firmeza (N) de tomates após o uso de revestimentos durante 12 dias a temperatura média de a 25 °C, a 80-85% de UR.

Tratamentos	Dias			
	3	6	9	12
Controle	5,13 ± 1,07 <sup>Aa</sup>	4,11 ± 0,58 <sup>Ba</sup>	4,18 ± 0,75 <sup>Ba</sup>	3,94 ± 0,68 <sup>Ba</sup>
Tratamento 1	5,38 ± 0,89 <sup>Aa</sup>	4,18 ± 0,57 <sup>Ba</sup>	4,25 ± 0,85 <sup>Ba</sup>	4,36 ± 0,48 <sup>Ba</sup>
Tratamento 2	5,07 ± 1,20 <sup>Aa</sup>	4,08 ± 0,46 <sup>Ba</sup>	4,15 ± 0,99 <sup>Ba</sup>	3,65 ± 0,36 <sup>Ba</sup>

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si



**Figura 13.** Média da firmeza em força Newton (N) de tomates armazenados por 12 dias a temperatura média a 25 °C, a 80-85% de UR

Em experimentos com revestimento de nanopartícula de óxido de zinco, Sogvar, O. B. et al., 2016, em morangos, e Meng X *et al.*, 2014, em kiwis relataram que o tratamento com a nanopartícula foi eficaz para evitar a diminuição da firmeza Este fato não ocorreu no experimento realizado em que os resultados foram pouco significativos.

Nos estudos com óleo essencial, Azarakhsh, N. *et al* 2014. observou que a incorporação de (0,1 e 0,3%, p / v) de óleo essencial de capim-limão na formulação de revestimento à base de alginato não apresentou qualquer efeito significativo ( $p > 0,05$ ) na firmeza, sendo este um resultado diferente do atual estudo. Guerreiro, A. C. *et al.*(2015) também obtiveram resultado similar ao atual trabalho pois não observaram redução da firmeza de framboesas com revestimentos a base de óleo essencial após 14 dias.

No estudo feito por Bhatnagar T. em 2018 com revestimento comestível a base de Aloe vera, ácido cítrico e extrato de Nim em tomates, apresentou resultados diferentes do presente trabalho pois demonstraram prevenir a perda de umidade e firmeza. Deste modo, é possível que com uma concentração maior de óleo essencial utilizado nesse experimento possa obter uma prevenção da perda da firmeza em trabalhos futuros.

### 5.2.3 Cor Instrumental

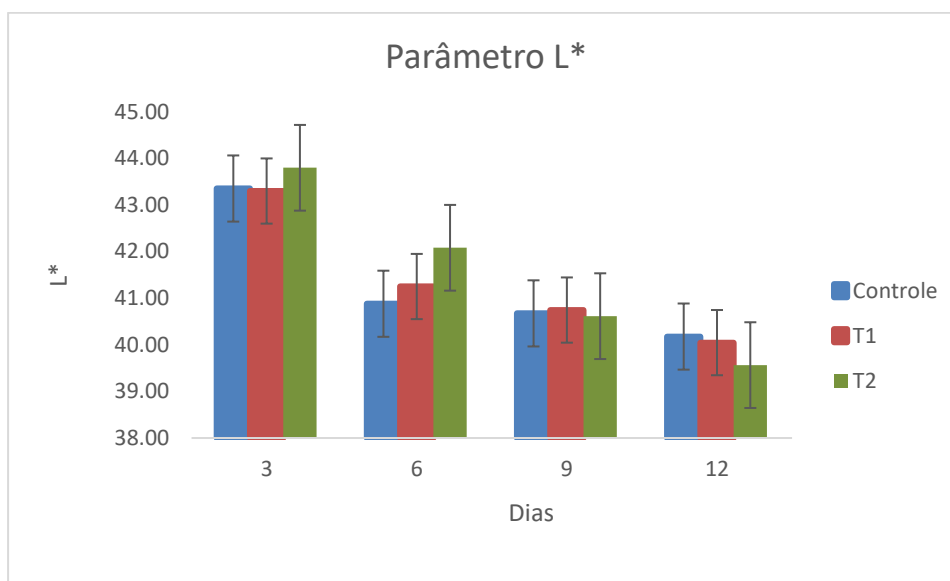
A cor é um indicador muito importante de amadurecimento e determinante para a qualidade e aceitabilidade pelo consumidor. É de conhecimento que os frutos de tomate exibem diferenças de cor, dependendo do nível de maturação dos mesmos. (VEBERIC, R. *et al.* 2015 ABEBE, Z.; TOLA, Y. B.; MOHAMMED, A. 2017). As características de cor do tomate ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $\Delta L^*$ ), das amostras controle (sem imersão em água), T1 (revestimento a base de Alginato e nano partícula de óxido de zinco) e T2 (revestimento a base de CMC e óleo essencial de Nim) são apresentados na figura 14a, 14b e 14c respectivamente. Os resultados são apresentados partir do dia 3, pois no dia 0 os frutos dos tratamentos T1 e T2 foram submetidos as soluções de revestimento, sendo assim não foi possível analisar a diferença de cor desses frutos.

Para os três parâmetros de cor avaliados, os valores encontrados não apresentaram diferença significativa entre as amostras (Tabela 4, 5 e 6).

**Tabela 5.** Cor instrumental ( $L^*$ ) de tomates após o uso de revestimentos durante 12 dias.

Tratamentos	Dias			
	3	6	9	12
Controle	43,35±1,14 <sup>Aa</sup>	40,88±0,96 <sup>Ba</sup>	40,67±0,61 <sup>Ba</sup>	40,18±1,06 <sup>Ba</sup>
Tratamento 1	43,30±2,60 <sup>Aa</sup>	41,90±2,56 <sup>Aa</sup>	40,75±1,22 <sup>Ba</sup>	40,05±1,02 <sup>Ba</sup>
Tratamento 2	43,80±3,09 <sup>Aa</sup>	42,08±1,76 <sup>Ba</sup>	40,61±1,23 <sup>Ba</sup>	39,56±1,11 <sup>Ca</sup>

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si.



**Figura 14a.** Média da cor instrumental (L\*) de tomates armazenados por 12 dias a temperatura média a 25 °C, a 80-85% de UR.

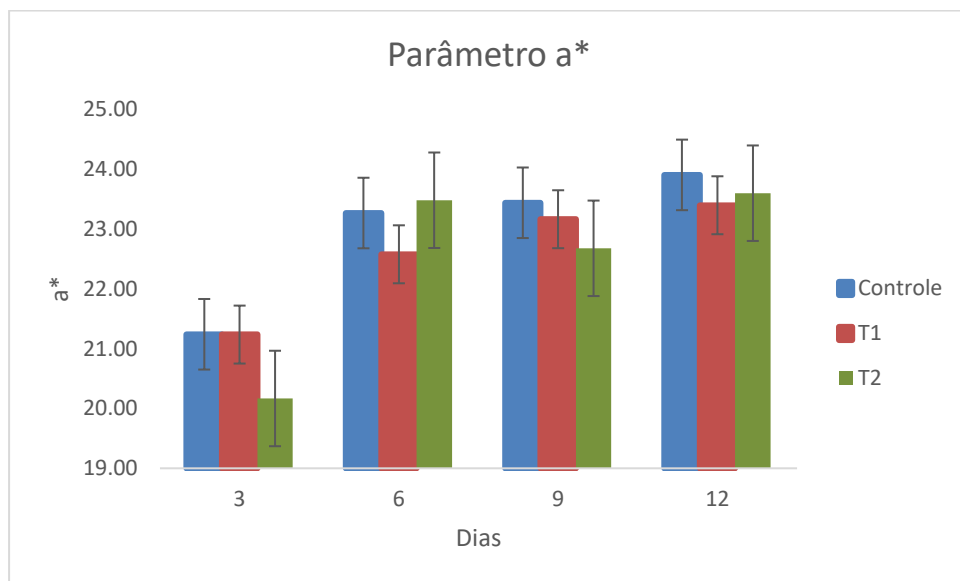
A Figura 13b mostra a mudança progressiva de cor ao avaliar o parâmetro a\*, indicando o nível de coloração vermelha do tomate AHMET, I.; ÇEVIK, M. Y.; VURSAVUŞ, K. K. (2016). Com o tempo de armazenamento os valores iniciais afetados pelos tipos de materiais de revestimento e estágio de maturidade o revestimento com a nano partícula (T1) apesar de apresentar menor valor aos 12 dias de armazenamento e uma estabilidade em sua variação ao longo dos dias, este resultado não apresenta diferença significativa, sendo assim não influência na análise dos resultados (Tabela 5).

**Tabela 6.** Parâmetro a\* de tomates após o uso de revestimentos durante 12 dias a temperatura média de 23°C e 86% UR

Tratamentos	Dias			
	3	6	9	12
<b>Controle</b>	21,24±1,41 <sup>Ba</sup>	23,27±2,52 <sup>Aa</sup>	23,44±0,53 <sup>Aa</sup>	23,91±0,86 <sup>Aa</sup>
<b>Tratamento 1</b>	21,24±2,63 <sup>Ba</sup>	21,56±2,08 <sup>Ba</sup>	23,17±11,3 <sup>Aa</sup>	23,40±1,37 <sup>Aa</sup>
<b>Tratamento 2</b>	20,17 ±1,96 <sup>Ba</sup>	23,48±2,08 <sup>Aa</sup>	22,68±1,06 <sup>Aa</sup>	23,60±1,7 <sup>Aa</sup>

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste de Fisher ( $p \leq 0,05$ )

Resultados semelhantes foram também indicados por FAGUNDES, C. *et al.*, (2014, 2015), que embora o uso de revestimento com diferentes uso de conservantes reduzisse a taxa de respiração em tomates do tipo cereja, seu efeito foi insuficiente para produzir uma mudança significativa na cor da casca.



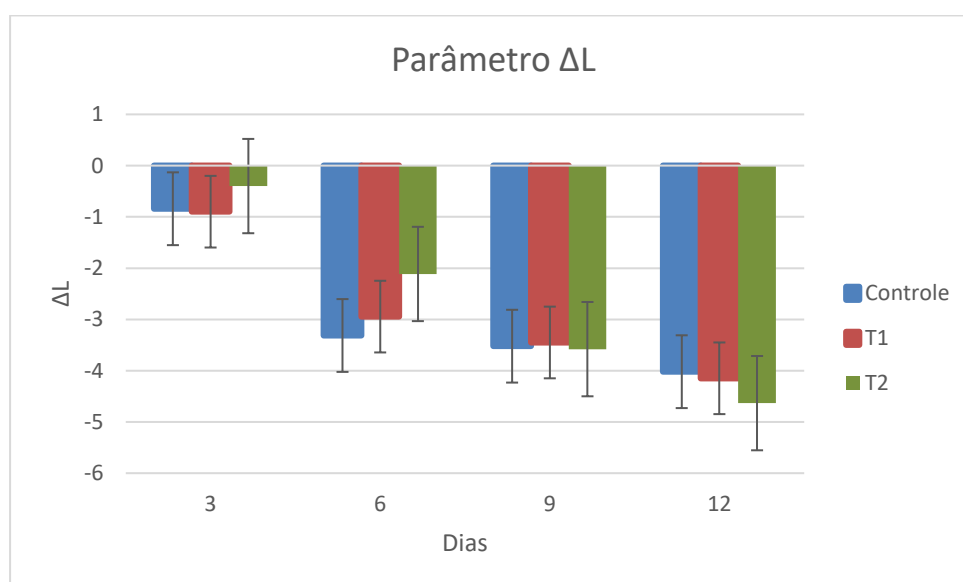
**Figura14b. Média da cor instrumental ( $a^*$ ) de tomates armazenados por 12 dias a temperatura média a 25 °C, a 80-85% de UR**

Para complementar o significado dos dados numéricos obtidos ( $L^*$  e  $a^*$ ) é usual realizar o cálculo de diferença da cor de uma determinada amostra versus um padrão (resultados de  $L^*$ ), obtendo-se assim os deltas. Considerando a escala CIELAB ( $\Delta L^*$ ), os resultados confirmaram a similaridade com os resultados do parâmetro  $L^*$  apresentados na Tabela 6 e na Figura 14c. Dessa forma, é importante ressaltar que traçar os limites de tolerância com base apenas em um parâmetro pode não ter correlação com a percepção humana (HUNTERLAB, 2019; MacDOUGALL, 2002; MORITZ, 2011). Deste modo, o comportamento de  $\Delta L$  foi similar, e confirma, os valores do parâmetro  $L$  ao decorrer dos dias de armazenamento.

**Tabela 7.** Parâmetro  $dL^*$  de tomates após o uso de revestimentos durante 12 dias a temperatura média de 23°C e 86% UR

Tratamentos	Dias			
	3	6	9	12
<b>Controle</b>	1,09 ± 0,85 <sup>Ba</sup>	3,31 ± 0,96 <sup>Aa</sup>	3,52±0,61 <sup>Aa</sup>	4,02±1,06 <sup>Aa</sup>
<b>Tratamento 1</b>	2,19 ± 1,50 <sup>Ba</sup>	2,77 ± 1,95 <sup>Ba</sup>	3,45 ± 1,22 <sup>Aa</sup>	4,15 ± 1,02 <sup>Aa</sup>
<b>Tratamento 2</b>	2,48 ± 1,64 <sup>Bb</sup>	2,15 ± 1,71 <sup>Ba</sup>	3,58 ± 1,23 <sup>Aa</sup>	4,63 ± 1,11 <sup>Aa</sup>

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste de Fisher ( $p \leq 0,05$ )



**Figura 14c.** Média da cor instrumental ( $\Delta L^*$ ) de tomates armazenados por 12 dias a temperatura média a 25 °C, a 80-85% de UR

#### 5.2.4 Acidez total titulável (ATT)

A acidez titulável exerce um papel importante pois confere sabor para as frutas e a estabilidade entre o teor de sólidos solúveis totais e a acidez equivale ao sabor e aceitabilidade do consumidor ao fruto. (ABEBE.; TOLA; MOHAMMED, 2017).

Os valores de acidez do tomate diminuíram ao decorrer dos dias de armazenamento para todas as amostras, desse modo este resultado confirma a tendência na redução da acidez com o amadurecimento do fruto (Tabela 7). Os frutos tratados com óleo de Nim e CMC



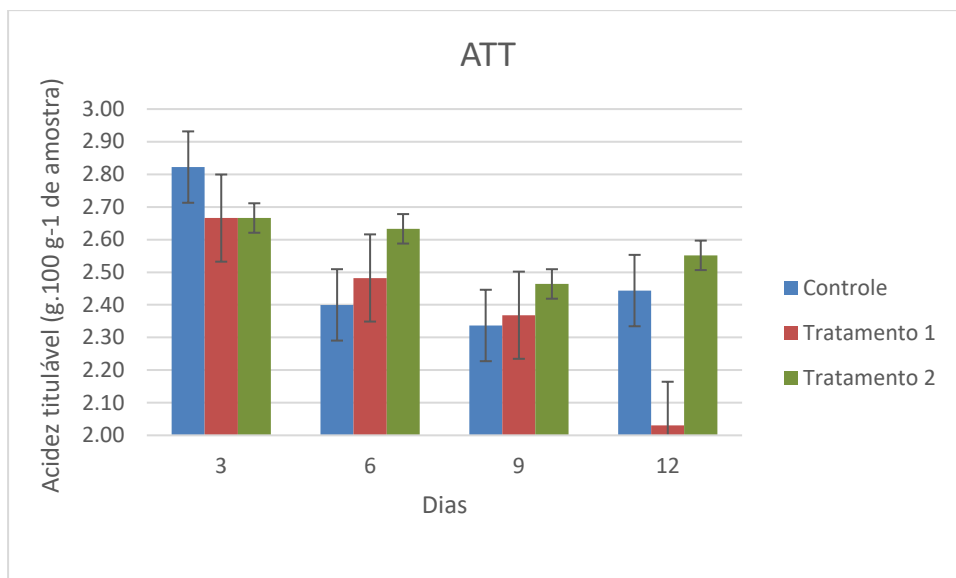
(Tratamento 2) apresentaram maior acidez ao longo do tempo (figura 15), no entanto entre 9 e 12 dias não existe diferença significativa entre o tratamento 2 e o controle. Portanto o revestimento com alginato e a nano partícula de zinco (Tratamento 1) apresenta valores de acidez significativamente menores que o controle e o tratamento 2 e por consequência em conjunto com a doçura, pode nos referenciar o grau de maturação do fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

**Tabela 8.** ATT (g ácido cítrico.100 g<sup>-1</sup> de amostra) de tomates após o uso de revestimentos durante 12 dias a temperatura média de 23°C e 86% UR

Tratamentos	Dias			
	3	6	9	12
<b>Controle</b>	2,82 ± 0,02 <sup>Aa</sup>	2,40 ± 0,18 <sup>Ba</sup>	2,34 ± 0,17 <sup>Ba</sup>	2,44 ± 0,13 <sup>Ba</sup>
<b>Tratamento 1</b>	2,67 ± 0,10 <sup>Aa</sup>	2,48 ± 0,04 <sup>Ba</sup>	2,37 ± 0,05 <sup>Ba</sup>	2,03 ± 0,04 <sup>Bb</sup>
<b>Tratamento 2</b>	2,67 ± 0,06 <sup>Aa</sup>	2,63 ± 0,08 <sup>Aa</sup>	2,46 ± 0,13 <sup>Ba</sup>	2,55 ± 0,07 <sup>Aa</sup>

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste de Fisher ( $p \leq 0,05$ )

A acidez decrescente no final do armazenamento do tratamento 1 (figura 14) traduz a alterações metabólicas nos frutos consequentes da conversão do açúcar em ácidos orgânicos no processo respiratório. (ECHEVERRIA, & VALICH, 1989). Resultados similares em revestimentos com a nano partícula foram observados por Sogvar, O. B. et al, 2016 com morangos diminuindo o valor de ATT com e sem revestimento. Contudo, durante o tempo de armazenamento o valor de acidez para todos os revestimentos foi maior que o frutos não revestidos. Holegar, H. R. et al, 2019, no seu experimento com goiabas obteve semelhantes resultados porém com a amostra controle apresentando menor acidez durante todo o tempo de armazenamento.



**Figura 15.** Média da ATT (g ácido cítrico. 100 g-1 de amostra) em tomates armazenados por 12 dias a temperatura média a 25 °C, a 80-85% de UR

### 5.2.5 pH

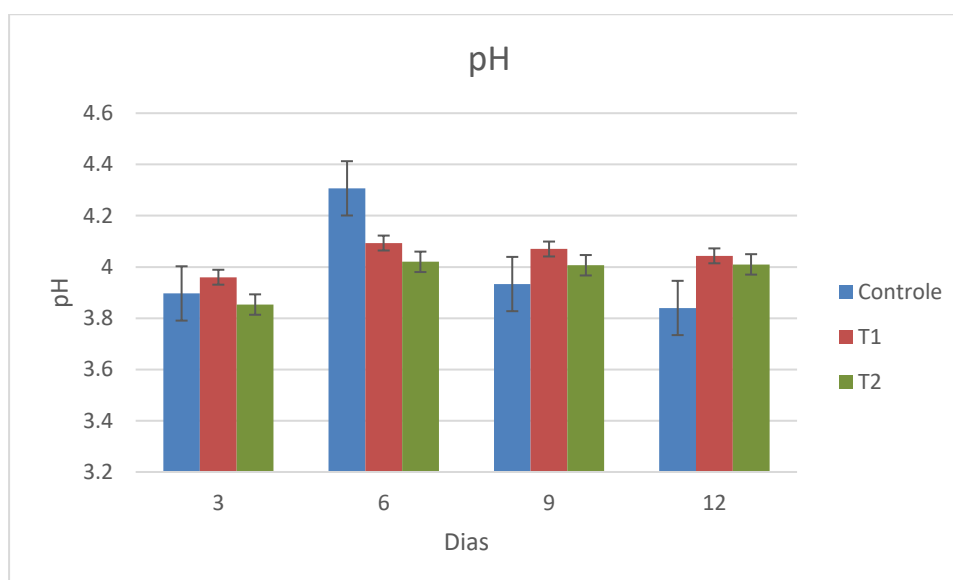
O pH dos tomates é determinado por potenciometria e expressa a concentração de íons de Hidrogênio do produto e está diretamente correlacionada com a acidez (ISO 1842, 1991). Geralmente resultados encontrados na diferença de pH, estão relacionados ao processo respiratório, à conversão de ácidos em açúcares, onde os ácidos orgânicos eram substratos para reações enzimáticas da respiração, reduzindo a acidez que levou ao aumento do pH dos frutos (MARPUDI et al., 2013)

Foram avaliados 12 dias de armazenamento para frutos revestidos (T1 e T2) e o controle (fruto sem imersão em água) no mesmo estágio de colheita. No geral, com um aumento nos dias de armazenamento e independentemente do material de revestimento, é possível observar que ao final dos 9 e 12 dias não houve diferença significativa nos valores de pH (Tabela 8), resultado este semelhante ao de acidez. Contudo, apesar da diferença de acidez nas duas primeiras avaliações (dia 3 e dia 6) não foi o suficiente para ocorrer o aumento significativo de pH para os tratamentos com revestimentos mas podemos observar no dia 6 o controle apresentou maior valor de pH porém ao longo dos 9 e 12 dias se manteve similar em relação aos tratamento 1 e tratamento 2 (Figura 16). Dessa maneira, os tratamentos e o controle não apresentaram diferença significativa. SABA, M. K.; AMINI, R, 2017 com estudos com romã, e AL-NAAMANI, L.; DUTTA, J.; DOBRETISOV, S., (2018) com quiabo também indicaram que as alterações de pH entre os tratamentos não foram significativas.

**Tabela 9.** pH de tomates após o uso de revestimentos durante 12 dias a temperatura média de 23°C e 86% UR

Tratamentos	Dias			
	3	6	9	12
<b>Controle</b>	3,90 ±0,12 <sup>Ba</sup>	4,31 ±0,14 <sup>Aa</sup>	3,93 ±0,03 <sup>Ba</sup>	3,84 ±0,17 <sup>Ba</sup>
<b>Tratamento 1</b>	3,96 ±0,20 <sup>Aa</sup>	4,09 ±0,19 <sup>Ab</sup>	4,07 ±0,07 <sup>Aa</sup>	4,04 ±0,09 <sup>Aa</sup>
<b>Tratamento 2</b>	3,85±0,04 <sup>Aa</sup>	4,02 ±0,04 <sup>Ab</sup>	4,01 ±0,04 <sup>Aa</sup>	4,01 ±0,14 <sup>Aa</sup>

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste de Fisher (p≤0,05)



**Figura 16.** Média do pH em tomates armazenados por 12 dias a temperatura média a 25 °C, a 80-85% de UR

### 5.2.6 Sólidos solúveis totais (SST)

Os resultados na figura 17 mostraram que o valor dos SST após 3 dias de armazenamento do tomate foi de 3,4 °Brix para o controle e o tratamento 2 com óleo essencial de Nim. Para o tratamento 1 (com óxido de zinco) foi entre 3,5 e 3,6 °Brix (tabela 9).

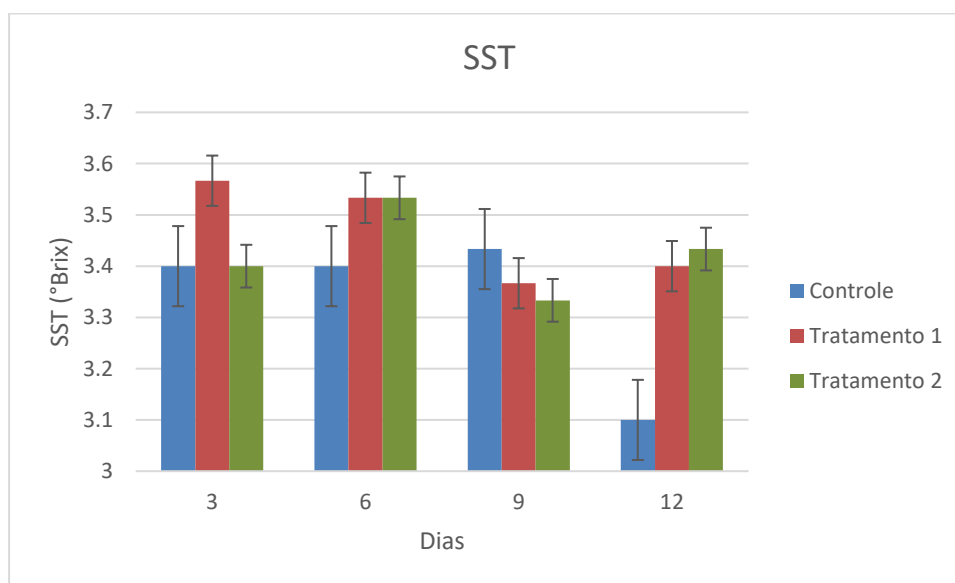
**Tabela 10.** STT (°Brix) de tomates após o uso de revestimentos durante 12 dias a temperatura média de a 25 °C, a 80-85% de UR

Tratamentos	Dias
-------------	------

	3	6	9	12
<b>Controle</b>	3,40 ± 0,00 <sup>Aa</sup>	3,40 ± 0,00 <sup>Aa</sup>	3,43 ± 0,12 <sup>Aa</sup>	3,10 ± 0,10 <sup>Bb</sup>
<b>Tratamento 1</b>	3,57 ± 0,12 <sup>Ab</sup>	3,53 ± 0,06 <sup>Aa</sup>	3,37 ± 0,06 <sup>Ba</sup>	3,40 ± 0,10 <sup>Ba</sup>
<b>Tratamento 2</b>	3,40 ± 0,10 <sup>Aa</sup>	3,53 ± 0,06 <sup>Aa</sup>	3,33 ± 0,06 <sup>Ba</sup>	3,43 ± 0,15 <sup>Aa</sup>

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si.

É possível afirmar que houve uma diminuição significativa em valores de SST a partir do 9º dia nas amostras com revestimento (Tratamento 1 e 2), entretanto ao final dos 12 dias de armazenamento esses mesmos valores foram maiores do que o controle. Indica-se que o T1(Alginato e óxido de zinco) e T2 (CMC e óleo de Nim). Apesar de não haver diferença significativa entre eles, tiveram efeito em relação ao controle por serem significativamente diferentes.



**Figura 17.** Médias gerais de SST (°Brix) em tomates armazenados por 12 dias a temperatura média a 25 °C, a 80-85% de UR

Resultados semelhantes ao comportamento do tomate em SST foi encontrado por SEBASTIAN, S.; BALA, K.; KUMAR, A., 2018, ao revestir goiaba com óleo essencial de Nim que afirmaram que o aumento do SST poderia ser devido ao acúmulo de açúcar como consequência da hidrólise do amido. O SST também foi influenciado pelo revestimento devido à rápida transformação metabólica de algumas moléculas e enzimas estruturais em compostos solúveis e mais a conversão de ácido orgânico em açúcar (LAKSHMI, S. J. et al., 2018).

O resultado obtido neste experimento é semelhante com os relatados nos morangos revestidos com nano partícula de óxido de zinco, onde tinham SST significativamente maior

comparado com o fruto controle (SHI et al., 2013). Porém para AL-NAAMANI, L.; DUTTA, J.; DOBRETSOV, S., 2018, após 12 dias, a quantidade de sólidos solúveis totais na amostra com revestimento nano compósito de quitosana-ZnO foi significativamente menor (ANOVA, LSD,  $p < 0,05$ ) que o controle.

Durante o armazenamento pós-colheita, os processos metabólicos continuam como resultado do amadurecimento e senescência dos frutos, pois segue convertendo amido e ácidos orgânicos em açúcares a serem utilizados em processos. Dessa forma é esperado pequenos aumentos ou pequenas diminuições na quantidade de sólidos solúveis totais em frutos como morango e framboesa (GUERREIRO, A. C. et al, 2015).

### 5.2.7 Ratio

O ratio ou índice de maturação é a razão entre SST/ATT, pode determinar a decisão de compra pelo consumidor devido ser um parâmetro importante na avaliação da qualidade sensorial dos produtos, pois é conhecido que doçura e acidez são critérios importantes para o sabor do tomate (GUNDUZ; OZDEMIR, 2014).

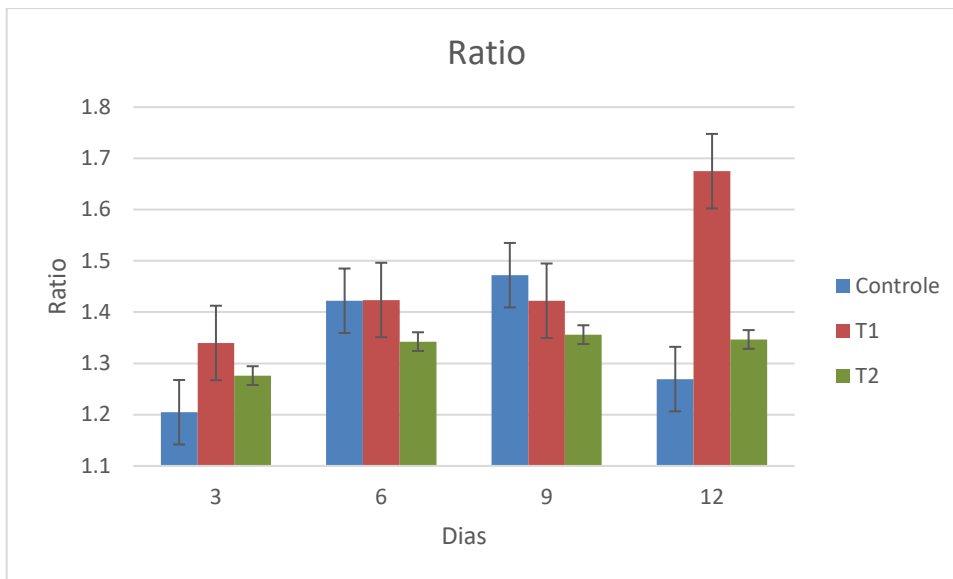
Os resultados na tabela 10 mostraram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) em função dos dias de armazenamento, revestimento e sua interação. A relação SST / AT aumentou significativamente (1,20 até 1,68) ao longo dos dias de armazenamento em frutos não revestidos (controle) e revestidos (T1 E T2).

**Tabela 11.** Ratio de tomates após o uso de revestimentos durante 12 dias a temperatura média de 23°C e 86% UR.

Tratamentos	Dias			
	3	6	9	12
Controle	1,20 ± 0,01 <sup>Bb</sup>	1,42 ± 0,11 <sup>Aa</sup>	1,47 ± 0,66 <sup>Aa</sup>	1,27 ± 0,03 <sup>Bc</sup>
Tratamento 1	1,34 ± 0,09 <sup>Aa</sup>	1,42 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	1,42 ± 0,05 <sup>Aa</sup>	1,68 ± 0,07 <sup>Ba</sup>
Tratamento 2	1,28 ± 0,06 <sup>Aa</sup>	1,34 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	1,36 ± 0,10 <sup>Ab</sup>	1,35 ± 0,08 <sup>Ab</sup>

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste de Fisher ( $p \leq 0,05$ ).

Independente dos dias o ratio do tratamento 1 (alginato e a nano partícula de oxido zinco) apresentaram valores superiores ao do controle (sem imersão em água) e o tratamento 2 (CMC e óleo essencial de Nim), tais resultados se apresentam na figura 18.



**Figura 18.** Média de Ratio por tratamento em tomates armazenados por 12 dias a temperatura média a 25 °C, a 80-85% de UR

### 5.2.8 Teor de licopeno

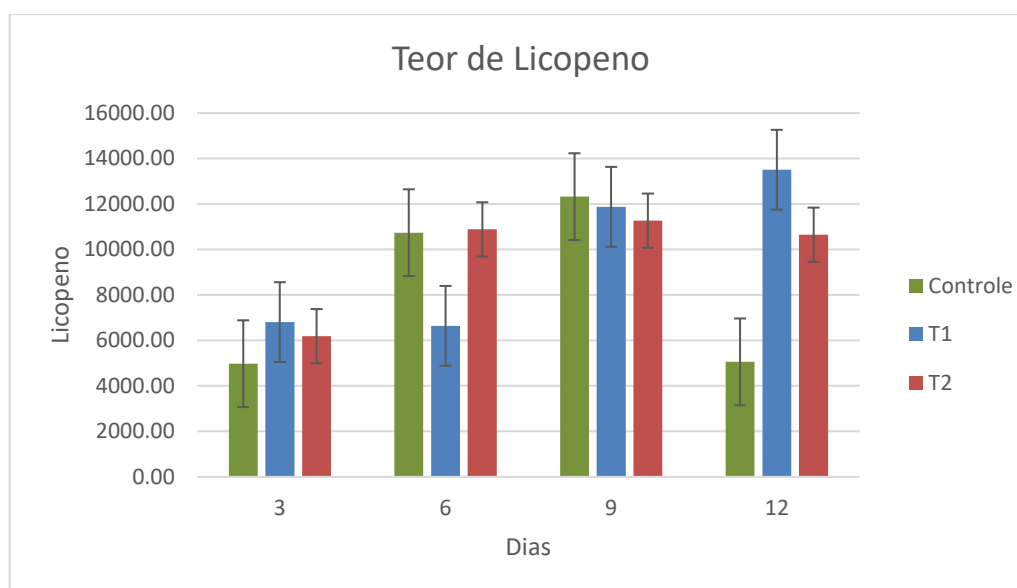
Há uma modificação dos pigmentos durante o desenvolvimento da fruta. Durante o amadurecimento das frutas, há uma rápida síntese de carotenóides, incluindo o pigmento vermelho licopeno e  $\beta$ -caroteno. Além disso, o licopeno exibe alta atividade antioxidante, sendo este um importante parâmetro nutricional em frutos como o tomate. (KHATRI et al., 2020; RALIYA et al., 2015)

Na figura 19 apresenta-se as variações no teor de licopeno em tomates submetidos a revestimentos com nanopartícula de óxido de zinco (T1), óleo orgânico de Nim (T2) e controle no período de 12 dias. Em relação as amostras houve diferença significativa entre o controle e os dois revestimentos utilizados e observa-se que houve um aumento ao longo do tempo de armazenamento para todas as amostras. Contudo, o tratamento 1 e o tratamento 2 foram similares em quantidade de licopeno até o 9º dia (Figura 19). Porém ao final dos 12 dias de armazenamento nota-se pela figura 19 que não houve diferença significativa entre os tratamentos com revestimento comestível com a nanopartícula de óxido de zinco (T1) e o tratamento com revestimento com óleo orgânico de nim (Tabela 12).

Tabela 12 . Teor de licopeno (mg.100 g<sup>-1</sup>) de tomates após o uso de revestimentos durante 12 dias a temperatura média de 23°C e 86% UR

Tratamentos	Dias			
	3	6	9	12
Controle	4977,6±2194 <sup>Ba</sup>	10741±2098 <sup>Aa</sup>	12326±928 <sup>Aa</sup>	5056,8±3317 <sup>Bb</sup>
Tratamento 1	6806,5±455,7 <sup>Ba</sup>	6642,1 ±1247,0 <sup>Bb</sup>	11879±1121 <sup>Aa</sup>	13509±2479 <sup>Aa</sup>
Tratamento 2	6186,9±842,3 <sup>Ba</sup>	10884 ±878,5 <sup>Aa</sup>	11257±1389,1 <sup>Aa</sup>	10649±5644,8 <sup>Aa</sup>

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste de Fisher ( $p \leq 0,05$ )



**Figura 19.** Média do teor de licopeno em tomates armazenados por 12 dias a temperatura média a 25 °C, a 80-85% de UR

Diferentes estudos com revestimentos como Khatri et al (2020) e Pagno et al (2017) constataram o aumento do nível de licopeno ao longo do tempo após a utilização de revestimento comestíveis com óleo essencial e quitosana em tomates prolongando sua vida útil. Desta forma, tais resultados demonstram similaridade com o presente estudo.

Raliya et al., 2015 observou o aumento no teor de licopeno em tomates obtido de plantas tratadas com nanopartícula de óxido de zinco. Uma observação semelhante foi encontrada por Kole et al., (2013) no melão amargo, no qual encontraram um aprimoramento de 82% no teor de licopeno após a aplicação de nanopartículas.

Portanto, diferenças no teor de licopeno pode ser atribuído ao retardo do processo de amadurecimento do fruto e troca gasosa causado pelo uso de revestimentos comestíveis.

## 6. CONCLUSÕES

Durante o armazenamento por 12 dias a temperatura ambiente, todos os revestimentos reduziram a incidência de fitopatogênicos e a severidade de manchas pretas em comparação com amostras não revestidas. Entretanto, o tratamento 2, revestimento à base de óleo de nim e CMC, foi o mais eficaz na inibição do desenvolvimento de *Rhizopus* spp., menores valores de perda de massa em relação ao outro tratamento com revestimento. Para sólidos solúveis totais e teor de licopeno, embora obteve similaridade em relação ao outro revestimento, teve diferença com o controle. Na análise de perda de massa o tratamento com melhor resultado foi o Controle, resultado este já esperado pois os frutos nesse tratamento não foram imersos em água.

O revestimento com a nanopartícula de óxido de zinco e alginato (Tratamento 1), apresentou melhor resultados de acidez e ratio em relação ao Controle e o revestimento T2, enquanto que na análise de teor de licopeno teve diferença aos resultados com controle e similaridade com o tratamento 2. Nenhum dos tratamentos afetou negativamente os três parâmetros de cor instrumental, firmeza e pH.

No geral, em relação a problemática do tomate durante o período pós colheita em transformações físico e químicas, o tratamento com revestimento comestíveis com Alginato e nanopartícula de óxido de zinco se destaca com melhor resultado para a acidez e licopeno e parâmetros de cor instrumental, firmeza e pH apresentou semelhança aos demais tratamentos. Contudo na avaliação de incidências fitopatogênicas com o revestimento de Carboximetilcelulose e óleo orgânico de nim foi mais eficiente na prevenção de doenças fúngicas quando comparados ao controle e o revestimento com a nanopartícula. O tratamento controle, com frutos sem imersão em água, teve destaque em perda de massa porém o revestimento que obteve melhor resultado para esta análise foi o com óleo orgânico pois através da sua fração lipídica conseguiu ter maior impermeabilização da casca do fruto reduzindo mais a saída de água e diminuindo a perda de massa.

De acordo com objetivo proposto por esse estudo, o tratamento que apresentou melhor eficiência foi com o revestimento com CMC e óleo de nim devido a prevenção de incidências patogênicas e não possuir muitas diferenças significativas em parâmetros de qualidade como cor, Firmeza, acidez e perda de massa. Como o óleo de nim é um manejo alternativo contra fungos, bactérias e insetos na agricultura, o uso desses revestimentos comestíveis também pode ser interessante para produtores orgânicos. Neste sentido, apesar do bom controle nos resultados obtidos nas análises fitopatogênicas é recomendável ser avaliadas novas condições



de tratamento, como concentração e tempo de exposição, para otimizar a eficiência de controle, tendo em vista que os agentes tiveram efeitos diferentes nas análises de qualidade.

Além disso, o revestimento com a nanopartícula de zinco apresentou bons resultados em parâmetros de qualidade, sendo assim trabalhos futuros também devem considerar testar o revestimento em outras concentrações, tipos de frutos de frutos, a fim de ampliar seu potencial e uso comercial.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEBE, Z.; TOLA, Y. B.; MOHAMMED, A. Effects of edible coating materials and stages of maturity at harvest on storage life and quality of tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) fruits. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 8, p. 550-565, 2017.

AHMET, I.; ÇEVİK, M. Y.; VURSAVUŞ, K. K. Effects of maturity stages on textural mechanical properties of tomato. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 9, n. 6, p. 200-206, 2016.

AL-ASKAR, A. A. et al. Occurrence and distribution of tomato seed-borne mycoflora in Saudi Arabia and its correlation with the climatic variables. **Microbial biotechnology**, v. 7, n. 6, p. 556-569, 2014.

AL-NAAMANI, L.; DUTTA, J.; DOBRETSOV, S. Nanocomposite zinc oxide-chitosan coatings on polyethylene films for extending storage life of okra (*Abelmoschus esculentus*). **Nanomaterials**, v. 8, n. 7, p. 479, 2018

ALI, M. H. et al. Biodiesel from Neem oil as an alternative fuel for Diesel engine. **Procedia Engineering**, v. 56, p. 625-630, 2013. ISSN 1877-7058

ALVES; SILVA, J. M., et al., Chemical composition and in vitro antimicrobial, antifungal and antioxidant properties of essential oils obtained from some herbs widely used in Portugal. **Food Control**, 32(2), 371-378.2013

ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. Zoneamento agroclimático para as culturas de milho e soja no Estado do Piauí. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 544-550, 2001.

ASSIS, O.B.G, DE BRITTO, D. coberturas comestíveis protetoras em frutas: Fundamentos e aplicações. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.17, p. 87-97, 2014.

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

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

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.

AZEVEDO, G.T.O.S., NOVAES, A.B., AZEVEDO, G.B., SILVA, H.F. Desenvolvimento de Mudanças de Nim Indiano sob Diferentes Níveis de Sombreamento. **Floresta e Ambiente**. v. 22, p. 249-255. 2015.

BARNARD, D.R.; XUE, R.D. Laboratory evaluation of mosquito repellents against *Aedes albopictus*, *Culex nigripalpus*, and *Ochlerotatus triseriatus* (Diptera: Culicidae). **Journal Economic Entomology**, n.41, v.4, p.726-30. 2004.

BARROS, J. C. S. M.; GOES, A. MINAMI, K. Condições de conservação pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 2, p. 363-368, 1994.

BATISTA, A. P.; BORGES, C. D. Conservation methods applied to fresh-cut melon. **Ciência Rural**, v. 43, n. 5, p. 915-923, 2013.

BENAVIDES, S.; VILLALOBOS-CARVAJAL, R.; REYES, J. Physical, mechanical and antibacterial properties of alginate film: Effect of the crosslinking degree and oregano essential oil concentration. **Journal of Food Engineering**, v. 110, n. 2, p. 232-239, 2012.

BITENCOURT, R. G. et al. Antimicrobial and aromatic edible coating on fresh-cut pineapple preservation. **Rural Science**, v. 44, n. 6, p. 1119-1125, 2014.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. Material de embalagem. In: **Química de processamento de alimentos**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. cap. 9, p. 189-202.

BYUN, Y.; WARD, A.; WHITESIDE, S. Formation and characterization of shellac-hydroxypropyl methylcellulose composite films. **Food hydrocolloids**, v. 27, n. 2, p. 364-370, 2012.

CARELI-GONDIM, Í. Uso de revestimentos comestíveis ativos com nanofibras celulósicas de casca de arroz na pós-colheita de frutas. 2017.

CATALÁ, R.; GAVARA, R. **Nuevos envases. De la protección pasiva a la defensa activa de los alimentos envasados.** Arbor CLXVIII, v. 661. p.109-127. 2001

COELHO, C. C. DE S.; FREITAS-SILVA, O.; ALCANTARA, I.; SILVA, J. P. L. da; CABRAL, L. M. C. Ozônio em morangos minimamente processados, uma alternativa ao uso do cloro na segurança de alimentos. **Visa em Debate**, v. 3, p. 61-66, 2015.

CHEVALIER, R. C. et al. Use of chitosan-based edible coating to increase shelf life of minimally processed melon. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 3, n. 3, p. 130-138, 2016.

CHITARRA, M. I. F. **Fisiologia e qualidade de produtos vegetais.** In: BOREN, F. M. (Ed.). Armazenamento e processamento de produtos agrícolas. Lavras: Ufla/SBEA, p.1- 57, 1998.

CHITARRA MIF, CHITARRA AB. **Post-harvest fruit and vegetables: physiology and handling.** Lavras, Brazil. 2005.

CHOI, W. S.; SINGH, S.; LEE, Y. S. Characterization of edible film containing essential oils in hydroxypropyl methylcellulose and its effect on quality attributes of 'Formosa' plum (*Prunus salicina* L.). **LWT-Food Science and Technology**, v. 70, p. 213-222, 2016. ISSN 0023-6438.

CORTEZ-VEGAL W. R.; PIOTROWICZ I.B. B.; PRENTICE C.; BORGES C. D.; **Conservação de mamão minimamente processado com uso de revestimento comestível à base de goma xantana,** Ciências Agrárias, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1753-1764, jul./ago. 2013

CUNHA JUNIOR, L.C.; JACOMINO, A.P.; OGASSAVARA, F.O.; et al. Armazenamento refrigerado de morango submetido a altas concentrações de CO<sup>2</sup>. **Horticultura Brasileira**, Piracicaba, v. 30, n. 4, p. 688-694, out – dez 2012.

CUQ, B.; GONTARD, N.; GUILBERT, S. **Edible films and coatings as active layers.** In Rooney, M.L. (Ed.): Active Food Packaging. London: Blackie Academic & Professional, p.111-135, 1995

DA SILVA, G. et al. Produção e Caracterização de Filmes Comestíveis à base de Alginato e Pectina. **Processos de engenharia química Blucher** v. 1, n. 2, p. 4658-4665, 2015.

DE OLIVEIRA GUILHERME, D. et al. Análise sensorial e físico-química de frutos tomate cereja orgânicos. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, 2014.

DE SOUZA, P. A. et al. Conservação pós-colheita de berinjela com revestimentos de fécula de mandioca ou filme de PVC. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 235–239, 2009.

DUARTE A. B.; Martins, J. C.; Ferreira, L. B.; Araújo, J. J. S.; Andrade, A. F. F.; Mizobutzi, G. P.; Utilização de Fécula de mandioca como alternativa de conservação pós-colheita do tomate em dois estádios de maturação. In: **Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças**,001. Anais... Aracaju-SE.2015

DZIEZAK, J. D. A. Focus on Gums. *Food Technology*, Chicago, v.45, p.115-132, 1991.

ECHEVERRIA, E.; VALICH, J. Enzymes of sugar and acid metabolism in stored Valencia Oranges. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, n.114, p.445-449, 1989.

FAGUNDES, C. et al. Hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings formulated with antifungal food additives to reduce alternaria black spot and maintain postharvest quality of cold-stored cherry tomatoes. **Scientia Horticulturae**, v. 193, p. 249-257, 2015

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo “Solo” comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília – DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 369-375, 2007.

FAKHOURI, F. M.; GROSSO, C. R. F. Efeito de coberturas comestíveis na vida útil de goiabas in natura (*Psidium guajava* L.) mantidas sob refrigeração. *Braz. J. Food Technology*. v. 6, n. 2, p. 203-211, 2003.

FDA – Food and Drug Administration. Generally Recognized as Safe (GRAS), Silver Spring, 2015. Disponível em: <<https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/default.htm>> Acesso em: 10 de outubro de 2018.

FERRAZ, S. & VALLE, L.A. Controle de fitonematóide por plantas antagônicas. Viçosa. UFV. 1997. **Cadernos Didáticos**.

FERREIRA CARDOSO DE SOUZA, M.; LUCIA PENTEADO PESQUISADOR DA EMBRAPA MEIO AMBIENTE, A.; RENATA CASSOLI DE SOUZA, D. Brazilian Journal of Development. **J. of Develop**, n. 10, p. 17911, 2019.

FREIRE JR, M.; LEBRUN, M.; DUCAMP, M.N.; REYNES, M... **Evaluation of edible coating in fresh cut mango fruits.** *Alimentaria* n° 369 dec 2005, p. 80-86. 2005.

GOSH, D., MAHAPATRAS, S., KARNES, R.J. AND HOLME, M.W. Antibody response against neem leaf preparation recognizes carcino embryonic antigen. *Int. Immunopharmacology*, 7(3): 306-312, 2015.

GONÇALVES, D. C. et al. Cultivo do Tomate Cereja sob Sistema Hidropônico: Influência do Turno de Rega. **UNICIÊNCIAS**, v. 22, n. 1, p. 20-23, 2018.

GUERREIRO, A. C. et al. The use of polysaccharide-based edible coatings enriched with essential oils to improve shelf-life of strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 110, p. 51-60, 2015.

GUERREIRO, A. C. et al. Raspberry fresh fruit quality as affected by pectin-and alginate-based edible coatings enriched with essential oils. **Scientia Horticulturae**, v. 194, p. 138-146, 2015.

GÜNDÜZ, K.; ÖZDEMİR, E. The effects of genotype and growing conditions on antioxidant capacity, phenolic compounds, organic acid and individual sugars of strawberry. **Food chemistry**, v. 155, p. 298-303, 2014.

GUERRA, I. C. D., Eficácia de revestimentos a base de quitosana e óleos essenciais de menta SSP. No controle de fungos patógenos pós-colheita em frutos. 2015.

HOLEGAR, H. R. et al. Edible coatings on storage behaviour of guava Cv. Lucknow-49 under cold storage. **IJCS**, v. 7, n. 1, p. 1350-1352, 2019

HUNTERLAB. Measuring Color using Hunter L, a, b versus CIE 1976 L\*a\*b\*. Disponível em: < <https://www.hunterlab.com/pt/an-1005-4888.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2019

IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Censo Agropecuário 2017. Disponível: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?plange=&comum=150680&search=paras+antarem>. Acesso em: 25 de outubro de 2018.

International Standard ISO 1842: (E) segunda edição - Fruit and vegetable products  
Determination of pH. 1991

International Standard ISO 750:1998 (E) segunda edição - Fruit and vegetable products  
Determination of titratable acidity

International Standard ISO 2173:2003 (E) segunda edição - Fruit and vegetable products  
Determination of soluble solids content - Refractometric method,

JAISWAL, A.K., KUMAR, S. AND BHATNAGAR, T. 2018. Studies to Enhance the Shelf Life of Tomato Using Aloe Vera and Neem Based Herbal Coating. **Journal of Postharvest Technology**, 6(2): 21-28

KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 40, n. 5, p. 99- 104, 1986.

KESTER, J. AND FENNEMA, O. Edible Films and Coatings A Review. **Food Technology**, 40, 47-59. 1986. ATARÉS, L.; CHIRALT, A. Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging. **Trends in Food Science and Technology**, v. 48, p. 51–62, 2016.

KEITHELLAKPAM, L. SHELF-LIFE OF GUAVA ( PSIDIUMGUAJAVA ) AND AMLA ( EMBLICA SHELF-LIFE OF GUAVA ( PSIDIUMGUAJAVA ) AND AMLA ( EMBLICA OFFICINALIS ). n. April, 2019.

KHATRI, D. et al. Attributes of Aloe vera gel and chitosan treatments on the quality and biochemical traits of post-harvest tomatoes. **Scientia Horticulturae**, v. 259, n. September 2019, p. 108837, 2020.

KING, A. H. Brown seaweed extracts (Alginates). In: **FOOD hydrocolloids**. Boca Raton: M.Glicksman, v. 2. 1983.

KLANGMUANG, P.; SOTHORNVIT, R. Barrier properties, mechanical properties and antimicrobial activity of hydroxypropyl methylcellulose-based nanocomposite films incorporated with Thai essential oils. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 609-616, 2016.

KLUGE, R. A.; NA-CHITIGAL, J. C. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Pelotas: UFPEL, 1997.

KOLE, C. et al. Nanobiotechnology can boost crop production and quality: First evidence from increased plant biomass, fruit yield and phytochemistry content in bitter melon (*Momordica charantia*). **BMC Biotechnology**, v. 13, 2013.

KROCHTA, J. M., AND DE MULDER-JOHNSTON, C. edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. **Food Technology**. 51:61-74. 1997

LEAL, A. S, JAD Lopes, D da Silva -Desenvolvimento de filmes de Carboximetilcelulose para encapsulamento de drogas: uma prospecção tecnológica - Gestão, Inovação e Tecnologias, 2014 - **Revista GEINTEC**. São Cristóvão/SE -. v. 4, n.1, p.467-479, 2014

LIMA, C. B. D. et al. Extractos vegetales y aceites esenciales para el control de *Alternaria alternata*, *Alternaria dauci* y sobre la germinación y emergencia de semillas de zanahoria. (*Daucus carota* L.). **Ciência Rural**, v. 46, n. 5, p. 764-770, 2016.

LIDSTER, P. D., FORSYTH, F. R., LIGHTFOOT, H. J. Low oxygen and carbon dioxide atmospheres for storage of McIntosh apples. **Journal Plant. Scienc.** Canada: Ottawa, v.60, p.299-301, 1980.

LIMA JÚNIOR, R. G. et al.- Desenvolvimento e caracterização de filmes à base de Poli (3hidroxibutirato) aditivado com ZnO nano- **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 19, e2015082, 2016

LOPES, F. F. Obtenção e caracterização de um filme compósito a partir da incorporação de argila em blendas de amido/carboximetilcelulose. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2017

MARPUDI, S. L.; PUSHKALA, R.; SRIVIDYA, N. Aloe vera gel coating for post-harvest quality maintenance of fresh fig fruits. **Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences**, v. 4, n. 1, p. 878-887, 2013.

MAYRINCK, C.; Raphael, E.; Ferrari, J. L.; Schiavon, M. A. Síntese, Propriedades e Aplicações de Óxido de Zinco Nano estruturado **Rev.Virtual Quim**, 6 (5), 1185-1204. 2014

MODOLON, T. A. et al. Qualidade pós-colheita de frutos de tomateiro submetidos a preparados em altas diluições. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 58–63, 2012.



MORAES, J. O.; SCHEIBE, A. S.; SERENO, A.; LAURINDO, J. B. Scale-up of the production of cassava starch based films using tape-casting. **Journal of Food Engineering**, London, v. 119, n. 4, p. 800–808, 2013

MORAES, K. S. D. et al. Conservación de Williams pear used edible coating con alginate y carrageenan. **Food Science and Technology**, v. 32, n. 4, p. 679-684, 2012.

MORITZ, A. R. Existe cor em nossas vidas: a colorimetria aplicada em nossos dias. 1. ed. [s.l.]: [s.n.], 2011. 176 p

NASCIMENTO, R. A. M. et al., Degradação térmica de fluidos de perfuração argilosos aditivados com polímeros e lubrificante Thermal degradation of clay drilling fluids with polymers and lubricant additives. **Matéria**, v. 18, n. 2, p. 1329–1339, 2013.

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

NICOUÉ, E.; EMOND, J.-P.; VUILLEMARD, J.-C.; NUNES, M. C. do N. Destruction de *Rhizopus stolonifer* et *Botrytis cinerea* par des traitements ozone/ions. **Phytoprotection**, v. 85, n. 2, p. 81-87, 2004.

OLIVEIRA CM; CONEGLIAN RCC; CARMO MGF. Conservação pós-colheita de tomate cereja revestidos com película de fécula de mandioca. **Horticultura Brasileira** 33: 471-479. 2015.

ORIANI, V. B. **Desenvolvimento e caracterização de coberturas comestíveis à base de fécula de mandioca adicionadas de óleos essenciais**. 2013.

PATEL, K.; PATIL, S. Effect of organic coating on shelf-life and quality of organically-grown mango (*Mangifera indica*) cv. Kesar. **Current Horticulture**, v. 4, n. 2, p. 17-20, 2016.

PEREZ, F. S. et al. Nanotecnología: aplicaciones en el área de alimentos. **Disciplinarum Scientia| Saúde**, v. 13, n. 1, p. 97-110, 2016.

PBMH. PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA - Normas de classificação do tomate. São Paulo: Centro de Qualidade em Horticultura - CQH/CEAGESP, 2003. (Documentos, 26)

RAHMATZAI, N. et al. In vitro and in vivo antifungal activity of botanical oils against *Alternaria solani* causing early blight of tomato. **International Journal of Biosciences**, v. 10, n. 1, p. 91-99, 2017

RALIYA, R. et al. Mechanistic evaluation of translocation and physiological impact of titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles on the tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plant. **Metallomics**, v. 7, n. 12, p. 1584–1594, 2015.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. A guide to carotenoid in foods. Washington: Ilsi, 2001, 64p.

RODRÍGUEZ, F. et al. The increase in electrical conductivity of nutrient solution enhances compositional and sensory properties of tomato fruit cv. Patrón. **Scientia Horticulturae**, v. 244, p. 388-398, 2019.

ROSA, J. M. et al. Antimicrobial wound dressing films containing essential oils and oleoresins of pepper encapsulated in sodium alginate films. **Ciência Rural**, v. 48, n. 3, 2018.

RUIZ-NAVAJAS Y, VIUDA-MARTOS M, SENDRA E, PEREZ-ALVAREZ JA, FERNÁNDEZ-LÓPEZ J *In vitro* antibacterial and antioxidant properties of chitosan edible films incorporated with *Thymus moroderi* or *Thymus piperella* essential oils. **Food Control** 30:386–392, 2013.

SABA, M. K.; AMINI, R. Nano-ZnO/carboxymethyl cellulose-based active coating impact on ready-to-use pomegranate during cold storage. **Food chemistry**, v. 232, p. 721-726, 2017.

SABER, M. et al. Effects of azadirachtin on different stags adult life table parameters of *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Journal Economic Entomology**, n.97, v.3, p.905-10, 2004

SAEKOW, M. et al. Effect of carboxymethyl cellulose coating containing ZnO-nanoparticles for prolonging shelf life of persimmon and tomato fruit. **Journal of Food Science and Agricultural Technology (JFAT)**, v. 5, p. 41-48, 2019.

SANCHEZ-GONZALEZ, L. et al. Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 60, n. 1, p. 57–63, 2011.

SANUJA, S.; AGALYA, A.; UMAPATHY, M. Synthesis and characterization of zinc oxide–neem oil–chitosan bionanocomposite for food packaging application. **International journal of**

**biological macromolecules**, v. 74, p. 76-84, 2015. ISSN 0141-8130.

SIDDIQUI, B. S., et al. Two New Triterpenoids from *Azadirachta indica* and Their Insecticidal Activity. **Journal of Natural Products**, 65(8), 1216–1218, 2002.

SIQUERI, T. M.; OLIVEIRA, G. D. O.; MOTA, I. A. Estudo De Revestimentos Comestíveis Com Antimicrobianos Naturais Na Conservação De Frutas. **V Jornada Científica Ev Simpósio Caminhos Da Extensão**, p. 19, 2017.

SILVA, R. A., PEREIRA, R.E. A., NAKANO, M A. S.- Inibição do Crescimento Micelial e Germinação de *Colletotrichum gloeosporioides* na Serigueira pelo óleo de neem - **Nucleus**, v.8, n.1, abr.2011

SILVA, Élida Ramalho da. Efeito do uso de revestimento na conservação pós-colheita de Banana *musa paradisiaca* L. (Banana prata). 2017. 65f. . (Dissertação de Mestrado Profissional), Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais, **Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar**, Universidade Federal de Campina Grande – Pombal – Paraíba – Brasil, 2017.

SHALABY, S.W, SHAH, K.R. **Chemical modifications of natural polymers and their technological relevance in Water Soluble Polymers: Synthesis, Solution Properties, and Applications**. ACS Symposium Series, American Chemical Society, Washington, DC, 1991. 467p.

SOARES, N. D. F. F. et al. Antimicrobial edible coating in post-harvest conservation of guava. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. SPE1, p. 281-289, 2011.

SEBASTIAN, S.; BALA, K.; KUMAR, A. Effect of essential oil coatings and storage conditions on shelf-life of guava (*psidiumguajava*) and amla (*emblica officinalis*). **The Allahabad Farmer**, v. 74, n. 3, 2018

SOGVAR, O. B. et al. Influence of nano-ZnO on microbial growth, bioactive content and postharvest quality of strawberries during storage. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 35, p. 168-176, 2016.

SUN, X.; ZHOU, B.; LUO, Y.; FERENGE, C.; BALDWIN, E.; HARRISON, K.; BAI, J. Effect of controlled-release chlorine dioxide on the quality and safety of cherry/grape tomatoes Gaseous. **Food Control**, v. 82, p. 26-30, 2017.

TEIXEIRA, G. H. A. et al.. Caracterização Pós-Colheita de Seis Cultivares de Carambola (Averrhoa carambola L.) **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 23, n. 3, p. 546-550, dez. 2001.

TESFAY, S. Z.; MAGWAZA, L. S. Evaluating the efficacy of moringa leaf extract, chitosan and carboxymethyl cellulose as edible coatings for enhancing quality and extending postharvest life of avocado (*Persea americana* Mill.) fruit. **Food Packaging and Shelf Life**, Frisinga, v. 11, n. 1, p. 40–48, 2017.

VALERO, D., DÍAZ-MULA, M., ZAPATA, P.J., GUILLÉN, F., MARTÍNEZ-ROMERO, D., CASTILLO, S., SERRANO, M., Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. **Postharvest Biol. Technol.** 77, 1–6; 2013

VANIN, ADRIANA BIASI. *et al.* Toxicity of clove essential oil and its ester eugenyl acetate against *Artemia salina*. **Brazilian Journal of Biology**. p.155-156, 2017.

VEBERIC, R. et al. Anthocyanin composition of different wild and cultivated berry species. **LWT-Food Science and Technology**, v. 60, n. 1, p. 509-517, 2015.

VIANA, P. A.; PRATES, H. T.; RIBEIRO, P. E. A. **Uso do extrato aquoso de folhas de nim para o controle de Spodoptera frugiperda no milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006.

VIEITES, R. L. 1998. Conservação pós-colheita de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Botucatu: Fepaf.

VIEIRA, R. C. et al. Mapeamento Prospectivo Das Tecnologias Envolvidas Na Modelagem E Simulação Do Fermentado Alcoólico Do Tomate E Seus Resíduos. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, n. 5, p. 1712, 2018.

WHISTLER, R. L.; DANIEL, J. R. Molecular Structure of Starch. **Starch: Chemistry and Technology**, p. 153–182, 1984.

ZHANG, H., JUNG, J., & ZHAO, Y. Preparation and characterization of cellulose nanocrystals films incorporated with essential oil loaded  $\beta$ -chitosan beads. **Food Hydrocolloids**, 69, 164–172, 2017.

ZHAO, Y., Application of commercial coatings. In: Baldwin, E., Hagenmaier, R., Bai, J. (Eds.), *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*, seconded. **CRC Press/Taylor & Francis**, pp. 319–329, 2010.