

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE**  
**FILMES COMESTÍVEIS À BASE DE TOMATE**  
*(Lycopersicon esculentum)*

**KELY REGINA DE SOUZA AVELINO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**DOURADOS-MS**

**JANEIRO/2019**

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE  
FILMES COMESTÍVEIS À BASE DE TOMATE**  
*(Lycopersicon esculentum)*

**KELY REGINA DE SOUZA AVELINO**

**ORIENTADOR (A):DRA. FARAYDE MATTA FAKHOURI.**

**COORIENTADOR (A):DR. JOSÉ IGNÁCIO VELASCO**

**COORIENTADOR (A):DRA. CRISTINA TOSTES FILGUEIRAS**

**Dissertação de mestrado submetida ao  
programa de pós-graduação em Ciência e  
Tecnologia de Alimentos, como um dos  
requisitos necessários para a obtenção do título  
de mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**

**DOURADOS-MS**

**2019**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

A949d Avelino, Kely Regina De Souza

Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis à base de tomate  
(Lycopersicon esculentum) / Kely Regina De Souza Avelino -- Dourados:  
UFGD, 2019.

90f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Farayde Matta Fakhouri

Co-orientador: José Ignacio Velasco e Cristina Tostes Filgueiras

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) -Universidade  
Federal da Grande Dourados

Inclui bibliografia

1. Polpa. 2. Araruta. 3. Biodegradável. 4. Compostos bioativos. 5. Licopeno.  
I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

*“Se as portas da percepção fossem abertas, tudo  
apareceria ao homem como realmente é: infinito”*

*William Blake – Londres (1757-1827)*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela proteção e por iluminar meus caminhos. Deus é bom o tempo todo, e o tempo todo Deus é bom.

À Fundect pela concessão da bolsa, proporcionando o incentivo e apoio a pesquisa e desenvolvimento no Mato Grosso do Sul.

À minha querida orientadora, Farayde Matta Fakhouri, por ser essa pessoa apaixonada pelo que faz, e transmitir tanto conhecimento e inspiração. Tantas foram as barreiras colocadas no caminho, e você lutou com todas as forças, me proporcionando muito aprendizado e sendo a melhor orientadora que eu poderia ter. No decorrer deste trabalho tive mais que uma orientadora, tive uma amiga. Obrigada por confiar no meu trabalho, obrigada por tudo!

À meu querido coorientador, José Ignacio Velasco, tive o prazer de conhecê-lo pessoalmente, uma pessoa incrível. Participando ativamente de diversas etapas do trabalho, sempre preocupado e atento a tudo que estava acontecendo. Obrigada por mesmo longe ter demonstrado tanto carinho e zelo pelo trabalho que estava sendo desenvolvido, agradeço por abrir as portas dos laboratórios do Centro Catalão de Plástico, da Universidade Politécnic da Catalunha.

Às professoras, Daryne Lu Maldonado Gomes da Costa, por abrir às portas do laboratório no IFMT, e Claudia Andréa Lima Cardoso por abrir às portas do laboratório na UEMS, para a realização de análises. Às técnicas de laboratório Andressa, Priscila, Lígia e Mari, vocês são essenciais para o funcionamento dos laboratórios e muitas vezes não são valorizadas como deveriam, obrigada por toda ajuda.

Aos meus companheiros do mestrado, Lu e Mika, por serem tão queridos e por toda ajuda que me deram, foram muitos momentos complicados que passamos e sempre nos ajudando.

Ào meu pai, minha mãe, minha irmã e minha tia Dri, por serem porto seguros e por todo apoio nesta jornada, vocês são essenciais em minha vida, amo vocês! À Leona, por ter sido minha companhia, por todo carinho e brigadeiro dividido.

Ao Filipe, com você tudo se torna melhor, obrigada por me apoiar, me animar depois de um dia triste, pela paciência quando me falta paciência, “por essas e outras coisas que a gente acredita que Deus existe”. Te amo, meu bem!

## RESUMO

A crescente busca por alternativas às embalagens de fontes não renováveis impulsionam as pesquisas voltadas para o uso de polímeros provenientes de fontes renováveis no desenvolvimento de embalagens biodegradáveis. Dentre esses polímeros, destaca-se o amido, utilizado tanto na sua forma nativa como na sua forma modificada. Esses filmes podem ser incorporados de agentes antioxidantes, sendo a adição de polpa de frutas, uma alternativa viável, que concilia suas propriedades antioxidantes, aroma e a cor, funcionando como barreira a luz. No seu desenvolvimento, é importante o estudo de suas propriedades para garantir a conservação do alimento embalado. Nesse contexto, esse estudo teve como objetivo desenvolver filmes comestíveis a base de amido de araruta e polpa de tomate, buscando a interação entre as propriedades físicas do amido com as propriedades químicas da polpa. Para o desenvolvimento dos filmes, primeiramente analisou-se a polpa de 4 variedades de tomate (Holandês, Cereja, Longa vida e Rasteiro) quanto à sólidos solúveis, acidez, pH, atividade de água, umidade, licopeno,  $\beta$ -caroteno, compostos fenólicos, atividade antioxidante e cor, afim de escolher a variedade de apresentasse maior teor de compostos bioativos para desenvolver a embalagem. A polpa da variedade Rasteiro se destacou pelos altos teores de licopeno e  $\beta$ -caroteno, sendo a escolhida para a elaboração dos filmes. Os filmes foram elaborados variando o teor de amido de araruta (5% e 7%), utilizando como plastificantes (5% e 10%) glicerol e sorbitol. O uso da polpa como solvente influenciou diretamente na cor dos filmes, e consequentemente na opacidade (51,78 a 54,52%). Para a solubilidade (38,09 a 47,39%) foi possível verificar a influência do teor de amido e do tipo de plastificante nas propriedades estudadas. A permeabilidade ao vapor de água variou entre 0,76 a 1,08 ( $\text{gmm/m}^2\text{hKPA}$ ) para os filmes 5A5S e 7A10G, respectivamente. Foi possível quantificar compostos fenólicos (1984,53 a 2761,27 mg EA/kg), flavonoides (592,47 a 733,27 mg EQ/kg) e antioxidante nos métodos ABTS (12,95 a 17,64  $\mu\text{M}$  Trolox/g) e DPPH (6,72 a 9,64  $\text{EC}_{50}$  g amostra/ g DPPH) dos filmes estudados, para licopeno (198,88 a 342,12  $\mu\text{g/g}$  ms) e  $\beta$ -caroteno (151,09 a 223,58  $\mu\text{g/g}$  ms) não foi possível a extração total dos pigmentos em solvente devido as interações durante a geleificação e secagem dos filmes. A análise termo mecânica dinâmica mostrou que o sorbitol é melhor plasticante para esses filmes. A partir das características estudadas os filmes apresentam potencial como embalagem para alimentos.

Palavras-chave: Polpa; araruta; biodegradável; compostos bioativos; licopeno.

## ABSTRACT

The growing search for alternatives to packaging from non-renewable sources drives research into the use of biopolymers and the development of biodegradable packaging. In this context, several possibilities exist for the use of natural polymers, among them starch has been widely used, both in its native form and in its modified form. The incorporation of antioxidant agents, has been widely employed in the development of films,. A viable alternative is adding fruit pulp, reconciling its antioxidant properties, aroma and color functioning as a light barrier. In the development of edible films, it is important to study their mechanical, thermal and barrier properties in order to guarantee the preservation of the packed food. The study aimed to develop edible films based on arrowwood starch and tomato pulp, seeking the interaction between the physical properties of the starch and the chemical properties of the pulp. For the development of the films, the pulps of 4 tomato varieties (Dutch, Cherry, Long Life and Rasteiro) were analyzed for soluble solids, acidity, pH, aw, moisture, lycopene,  $\beta$ -carotene, phenolic compounds, activity antioxidant and color in order to choose the variety to present higher content of bioactive compounds to develop the packaging. The pulp of the variety Rasteiro was distinguished by the high contents of lycopene and  $\beta$ -carotene and has been chosen for the elaboration of the films. The films were prepared by varying the starch content of arrowroot (5% and 7%), using as plasticizers (5% and 10%) glycerol and sorbitol. The use of the pulp as solvent directly influenced the color of the films, and consequently the opacity (51.78 to 54.52%). For the solubility (38.09 to 47.39%), it was possible to verify the influence of the starch content and the plasticizer type in the studied properties. The water vapor permeability ranged from 0.76 to 1.08 (gmm / m<sup>2</sup>hKPA) for the films 5A5S and 7A10G, respectively. It was possible to quantify phenolic compounds (1984,53 to 2761,27 mg EA / kg), flavonoids (592,47 to 733,27 mg EQ / kg) and antioxidants in ABTS methods (12.95 to 17.64  $\mu$ M Trolox / g ) and DPPH (6.72 to 9.64 EC50 g sample / g DPPH) of the films studied for lycopene (198.88 to 342.12  $\mu$ g / gms) and  $\beta$ -carotene (151.09 to 223.58  $\mu$ g / g ms) it was not possible to fully extract the pigments in solvent due to the interactions during the gelation and drying of the films. Based on the characteristics studied, the films present potential as food packaging.

Keywords: Pulp; arrowroot; biodegradable; bioactive compounds; lycopene

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Propriedades mecânicas (tensão máxima na ruptura: $\sigma_{max}$ ; deformação máxima: $\epsilon_{max}$ ; módulo de elasticidade ou módulo de Young: (E) e de barreira (permeabilidade ao vapor d'água – WVP) para alguns filmes à base de polpa, conforme dados apresentados na literatura.....	17
<b>Tabela 2.</b> Propriedades químicas, físicas e funcionais do amido (CEREDA, 2002).....	27
<b>Tabela 3.</b> Variação no teor de licopeno entre frutas e vegetais .....	33
<b>Tabela 4.</b> Teor de licopeno em produtos à base de tomate.....	34
<b>Tabela 5.</b> Escala de coloração para frutos de tomate Pratt & Worman (1962) .....	35
<b>Tabela 6.</b> Código utilizado para as polpas de acordo com a variedade de tomate .....	35
<b>Tabela 7.</b> Formulações dos filmes com diferentes concentrações de amido e plastificante .....	40
<b>Tabela 8.</b> Características da composição químicas e física das polpas de tomate.....	46
<b>Tabela 9.</b> Teores de licopeno e $\beta$ -caroteno das polpas das quatro variedades de tomate .....	48
<b>Tabela 10.</b> Compostos Fenólicos e atividade antioxidante das polpas.....	50
<b>Tabela 11.</b> Valores médios da cor das quatro variedades de polpa .....	52
<b>Tabela 12.</b> Espessura dos filmes elaborados com polpa de tomate .....	56
<b>Tabela 13.</b> Opacidade dos filmes elaborados com polpa de tomate.....	60
<b>Tabela 14.</b> Transmitância na região visível (500 e 600 nm) dos filmes à base de tomate .....	62
<b>Tabela 15.</b> Permeabilidade ao vapor de água (Pva, 25°C) dos filmes.....	63
<b>Tabela 16.</b> Teores de licopeno e $\beta$ -Caroteno para a polpa e os filmes comestíveis .....	65
<b>Tabela 17.</b> Compostos fenólicos e flavonoides para a polpa e os filmes comestíveis...	66
<b>Tabela 18.</b> Capacidade antioxidante da polpa e dos filmes comestíveis .....	67



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estrutura molecular do sorbitol.....	22
<b>Figura 2.</b> Estrutura química do glicerol.....	23
<b>Figura 3.</b> Esquema estrutural do amido.....	26
<b>Figura 4.</b> Estrutura química do licopeno e seus isômeros Trans e Cis.....	33
<b>Figura 5.</b> Fluxograma de extração de amido de araruta. ....	39
<b>Figura 6.</b> Imagem fotográfica de filmes elaborados com amido de araruta e polpa de tomate, em fundo branco e fundo negro. ....	55
<b>Figura 7.</b> Solubilidade em água dos filmes à base de polpa de tomate .....	58
<b>Figura 8.</b> Transmitância UV-Vis para os filmes elaborados com polpa de tomate.....	61
<b>Figura 9.</b> Absorbância UV-Vis para os filmes elaborados com polpa de tomate .....	61
<b>Figura 10.</b> Extração de pigmentos dos filmes (A); Resíduo da extração (B); Obtenção de pigmentos (C) .....	65
<b>Figura 11.</b> Modulo de Armazenamento ( $E'$ ) .....	69
<b>Figura 12.</b> Modulo de Perda ( $E''$ ) .....	69
<b>Figura 13.</b> Tan delta.....	70
<b>Figura 14.</b> Histograma para aparência global dos filmes .....	71
<b>Figura 15.</b> Histograma para o brilho dos filmes .....	71
<b>Figura 16.</b> Histograma para cor dos filmes .....	72
<b>Figura 17.</b> Histograma para textura dos filmes .....	72
<b>Figura 18.</b> Histograma para o aroma dos filmes.....	73
<b>Figura 19.</b> Histograma para intenção de compra dos filmes .....	73

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. Objetivo Geral.....	14
2.2. Objetivos específicos.....	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1. Filmes comestíveis.....	14
3.2. Filmes a base de polpas.....	17
3.3. Tecnologia na produção de filmes.....	18
3.4. Plastificante.....	19
3.5. Sorbitol.....	21
3.6. Glicerol.....	23
3.7. Amido.....	24
3.8. Araruta.....	28
3.9. Tomate.....	31
3.10. Licopeno.....	32
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
4.1. Materiais.....	34
4.2. Ensaio preliminares.....	34
4.2.1. Obtenção da polpa de tomate.....	35
4.2.2. Caracterização polpas de tomate.....	35
4.2.4. Licopeno e $\beta$ -Caroteno.....	36
4.2.5. Preparo dos Extratos.....	37
4.2.6. Determinação de compostos fenólicos.....	37
4.2.7. Determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS.....	38
4.2.8. Determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH.....	38
4.2.9. Colorimetria.....	38

4.3. Extração do amido de araruta .....	39
4.4. Elaboração dos filmes .....	39
4.5. Caracterização dos filmes .....	41
4.5.1.Aspecto visual.....	41
4.5.2.Espessura .....	41
4.5.3.Solubilidade em água.....	41
4.5.4 Opacidade .....	42
4.5.5. Transmitância UV-vis.....	42
4.5.7. Licopeno e B-caroteno por HPLC .....	43
4.6. Preparo dos Extratos .....	43
4.6.1.Compostos fenólicos.....	43
4.6.2. Flavonoides .....	43
4.6.3.Determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS.....	44
4.6.4.Determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH.....	44
5. Análise Sensorial .....	45
6.Análise estatística .....	45
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	45
7.1. Análises das polpas.....	45
7.2. Obtenção e Aspecto Visual dos Filmes .....	54
7.3. Espessura .....	56
7.4. Solubilidade em água.....	57
7.5.Opacidade dos filmes.....	59
7.6. Transmitância UV-Vis.....	60
7.7.Permabilidade ao vapor de água (PVA).....	63
7.7.Licopeno e $\beta$ -Caroteno.....	64
7.8. Compostos fenólicos e Flavonoides .....	66
7.9.Atividade antioxidante (ABTS e DPPH).....	67

7.11. Análise térmica dinâmico- mecânica (DMTA) .....	68
7.12. Análise Sensorial .....	70
8. CONCLUSÃO .....	74
9. REFERÊNCIAS .....	75

## 1.INTRODUÇÃO

As embalagens têm papel importante no estilo de vida atual, onde a necessidade de bens e serviços a tornam um elemento imprescindível, e o seu aperfeiçoamento está diretamente ligado a evolução do pensar e estilo de vida de uma sociedade. A produção do plástico é feita a partir de materiais sintéticos derivados do petróleo, uma matéria prima não renovável. Atualmente, devido a maior conscientização da população mundial quanto a preservação ambiental, são realizadas diversas campanhas que visam a importância da reciclagem, com intuito de mobilizar a sociedade aos impactos ambientais causados pelo descarte incorreto de embalagens. No entanto, a diversidade de resinas empregadas na produção de plásticos, dificulta a separação e reaproveitamento do material reciclado, além disso a porcentagem de plástico reciclado continua muito baixa, apenas 3% do lixo produzido no Brasil é encaminhado para reciclagem. Em busca de soluções, diversas pesquisas foram direcionadas para o desenvolvimento de materiais que diminuam os impactos ambientais e ao mesmo tempo permita sua utilização como embalagem, surgindo então as embalagens biodegradáveis (CAO et al, 2018; MALI et al, 2010, SEBRAE,2017).

Um dos polímeros mais estudados no desenvolvimento de filmes comestíveis é o amido, sendo fatores como o baixo custo, fácil obtenção e boa capacidade de formação de filmes, que tornam a matéria prima com maior procura. Os filmes elaborados a partir de polissacarídeos ou proteínas apresentam boas propriedades de barreira ao oxigênio e ópticas, no entanto, devido à natureza hidrofílica de suas macromoléculas, suas propriedades podem ser prejudicadas pela umidade relativa do ar. Enquanto que os filmes compostos por lipídeos, apresentam boas propriedades ao vapor d'água, no entanto não apresentam boas propriedades mecânicas (ASSIS et al,2017; BERTAN, 2003, FAKHOURI et al, 2018).

A utilização de polpas de frutas para elaboração de filmes teve o início de seu desenvolvimento em 1996, com a obtenção de películas elaboradas com polpa de maçã. As polpas de frutas são uma alternativa para a produção de filmes comestíveis, pois podem ser obtidas da própria fruta ou do aproveitamento dos resíduos de seu processamento. A aplicação de polpas ou purês de frutas está relacionada com a presença de polissacarídeos em sua composição, como pectina, celulose e amido que mostram capacidade de agregação e formação de filmes, em que os açúcares presentes nas polpas de fruta atuam como plastificantes naturais na matriz polimérica. Sendo uma alternativa interessante de combinar as propriedades mecânicas e de barreira destes polímeros com as propriedades sensoriais e nutricionais das frutas (BARROS,2016; AZEREDO et al, 2012).

O uso do amido de araruta como biopolímero para formação de embalagens biodegradáveis e filmes comestíveis tem apresentado resultados adequados quanto as suas propriedade mecânicas e de barreira, além de apresentar alto teor de amilose, sendo relatado em até 35% (NOGUEIRA et al, 2018), em pesquisas anteriores feitas por esse grupo de estudos. Além disso, a procura pela diminuição da inserção de produtos químicos nos alimentos e por produtos mais saudáveis, justificam o uso da polpa de tomate como agente antioxidante pela presença de compostos bioativos, como o licopeno (NOGUEIRA et al, 2018; JYOTHI et al, 2009; SCHWARZ et al, 2013; CETKOVIC et al, 2012).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Desenvolver filmes comestíveis a base de amido de araruta, com incorporação de polpa de tomate, com intuito de agregar ao filme características nutricionais e funcionais presentes no fruto à embalagem

### **2.2. Objetivos específicos**

- Extração do amido de araruta (*Maranta arundinacea*)
- Caracterização química e física de polpas de quatro variedades de tomate e escolha da variedade mais adequada para a elaboração dos filmes
- Desenvolvimento de filmes comestíveis com amido de araruta e polpa de tomate
- Determinação de compostos bioativos dos filmes
- Caracterização morfológica dos filmes
- Caracterização de propriedades térmicas do filme
- Caracterização das propriedades físicas, químicas e de barreira dos filmes
- Análise sensorial

## **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1. Filmes comestíveis**

Dentre as pesquisas relacionadas a materiais biodegradáveis, juntamente com o conceito de filmes e revestimentos comestíveis já utilizados pela sociedade, como por exemplo o uso de gorduras e ceras para revestir alimentos como forma de conservação, surgiu então o aperfeiçoamento desta técnica, pois esses filmes apresentam comprovado potencial para aumentar a vida útil dos alimentos, podendo ser biodegradáveis.

Estes filmes e revestimentos comestíveis são produzidos a partir de biopolímeros, dentre esses, encontram-se as matérias primas provenientes de fontes renováveis, como polissacarídeos, proteínas e lipídeos, havendo uma diversidade de fontes naturais para se obter o polímero (MAIA et al,2000; VILLADIEGO et al,2005).

Por mais de 30 anos, os biopolímeros e filmes comestíveis são estudados, para a produção de filmes os materiais amplamente utilizados são os polissacarídeos, proteínas e lipídeos, ou podem ser feitas blendas entre estes polímeros, visando o aproveitamento das características de cada um dos materiais utilizados. Em relação à nomenclatura, os termos “filme” e “cobertura” são amplamente utilizados. Entretanto, filme é pré formado separadamente e aplicado posteriormente no produto, enquanto que a cobertura é um termo designado para uma fina camada de material aplicado e formado diretamente na superfície do produto, sendo as formas mais utilizadas para a sua elaboração a técnica de imersão e aspersão. A classificação depende dos seus constituintes, podendo ser considerados como comestíveis e/ou biodegradáveis (ZANG & HAN,2006; FAKHOURI et al, 2007).

O uso dos filmes comestíveis, atualmente, está relacionada ao seu uso como coadjuvante na melhoria da qualidade do produto alimentício, no aumento da vida útil e possibilidade de redução de custos com embalagens sintéticas, normalmente são utilizados como embalagem secundária ou terciária, uma vez que as embalagens convencionalmente utilizadas como embalagem primária possuem excelentes propriedades de barreira. Para atuarem como material de embalagem e parte integrante do alimento, é necessário o conhecimento de suas propriedades funcionais, como: qualidade sensorial e microbiológica, propriedades de barreiras, propriedades mecânicas, estabilidade da matriz (RIGO,2006; VILLADIEGO,2005).

A vantagem na utilização dos filmes comestíveis está diretamente ligada as suas propriedades funcionais como barreira semipermeável, sendo capaz de inibir ou reduzir a permeabilidade de vapor d'água, oxigênio, dióxido de carbono, dentre outros. Além disso, existe a possibilidade incorporação de aditivos como: antioxidantes, antimicrobianos e flavorizantes, de forma a melhorar suas características como embalagem (FAKHOURI et al, 2007; JIMENEZ et al, 2012).

Os filmes comestíveis apresentam aplicações tecnológicas que podem ir além de uma simples embalagem, podem ser aplicadas na interface de alimentos heterogêneos entre suas diferentes camadas, podem ser modificados para que evitem a imersão intercomponentes e migração de solutos em alimentos como pizzas e bolos, outra

alternativa seria seu uso como agente transportador de substâncias conservantes da superfície para o interior do alimento (BOURTOOM, 2008).

A formação de filmes, pela técnica de casting, está baseada na dissolução de uma macromolécula em solvente (geralmente água, etanol ou ácidos orgânicos) com adição de agentes plastificantes (glicerol, sorbitol, triacetina, entre outros), e um ajustador de pH, se necessário, obtendo-se assim uma solução filmogênica. Essa solução, posteriormente, passa por um processo de secagem (evaporação do solvente) para a formação do filme. As principais macromoléculas utilizadas para a formação de filmes são polissacarídeos (amidos, pectinas, alginatos, gomas e derivados de celulose), proteínas (colágeno, gelatina, zeína, glúten, proteínas do leite, entre outros) e lipídeos (ácidos graxos, ceras naturais, entre outros) (HENRIQUE et al,2008; MAIA et al, 2000).

As diferentes macromoléculas utilizadas para a formação de filmes apresentam vantagens e desvantagens, uma alternativa para melhorar as propriedades dos filmes é a combinação entre macromoléculas, sendo vantajoso uma blenda de proteínas ou polissacarídeos com lipídeos. Uma vez que estudos demonstram que as proteínas e polissacarídeos apresentam melhores propriedades mecânicas que combinadas com os lipídeos apresentariam melhores propriedades de barreira de vapor d'água, dependendo das concentrações adicionadas (FAKHOURI, et al, 2018). A partir disso, pode-se pensar em outros aditivos ou macromoléculas naturais que agreguem mais benefícios aos filmes, como ação antioxidante, antimicrobiana e nutracêutica, sendo uma possibilidade de uso de técnicas como a microencapsulação ou nanoencapsulação, além do uso de óleos essenciais (BERTAN,2003; EHIVET et al, 2011).

O solvente utilizado deve apresentar boa interação com a macromolécula para a formação do filme, mas também pode trazer outras funções agregadas, como exemplo seria a utilização de soluções de frutas ou frutos, seja concentrada ou diluída, as quais podem fornecer cor e sabor aos filmes, atividade antioxidante e/ou antimicrobiana, e ainda auxiliar nas propriedades mecânicas, devido a presença de pectina, açúcares, entre outros componentes. A incorporação de antioxidantes naturais, seja na forma livre, como nanocápsulas, como extrato ou polpa de frutas, podem interagir com a matriz polimérica e alterar de forma positiva a estrutura da matriz, fornecer maior barreira a luz visível e UV, menor permeabilidade ao vapor d'água correspondente a característica hidrofóbica do antioxidante adicionado, além de auxiliar na estabilidade de produtos com alto teor de gordura (MELO et al, 2017; ASSIS et al,2017).



### 3.2 Filmes a base de polpas

O uso de frutas para produção de filmes, é uma alternativa viável e uma forma de aproveitamento de perdas de pós colheita, de frutos sobremaduros, ou imaturos, ambos possuem compostos que podem ser aproveitados para produção de filmes, seja pela extração de compostos bioativos ou como reforço da matriz polimérica, pois a interação dos materiais escolhidos para a produção do filme, interfere diretamente nas propriedades de barreira, mecânicas e sensoriais, sendo importante a escolha da aplicação final deste produto (BARROS, 2017; MALI et al, 2010). Desde então diversas frutas e hortaliças têm sido estudadas quanto à sua capacidade filmogênica, a Tabela 1 agrupa resultados de caracterizações mecânicas e de permeação de alguns filmes, conforme dados obtidos na literatura.

**Tabela 1.** Propriedades mecânicas (tensão máxima na ruptura:  $\sigma_{max}$ ; deformação máxima:  $\epsilon_{max}$ ; módulo de elasticidade ou módulo de Young: (E) e de barreira (permeabilidade ao vapor d'água – WVP) para alguns filmes à base de polpa, conforme dados apresentados na literatura

Filmes de purês*	$\sigma_{max}$ (MPa)	$\epsilon_{max}$ (%)	E (MPa)	WVP (g.mm/kPa.h.m <sup>2</sup> )	Condições ambientais (WVP e O2P)
Manga <sup>1</sup>	4,1	44,1	19,9	2,7	UR=83% e T=25°C
Tomate + Pectina <sup>2</sup>	11,4	11,2	248	2,4	UR=81% e T=25°C
Banana <sup>3</sup>	3,2	23	21	3,95	UR=80% e T=25°C
Maça e alginato <sup>4</sup>	2,9	51,1	7,1	4,95	UR=83% e T=25°C
Farinha de banana <sup>5</sup>	6,0	8,2	1,8	-	UR=50% e T=25°C

\*1-AZEREDO et al, 2009; 2- DU et al, 2008; 3- MARTELLI et al, 2013; 4- ROJAS-GRAÜ et al, 2007; 5-SOTHORNVIT & PITAK, 2007.

A coloração e a opacidade que os filmes podem apresentar são resultantes da estrutura química ou morfológica da macromolécula utilizada, o tipo de solvente também pode influenciar na coloração final da matriz polimérica. Os parâmetros de cor e opacidade devem ser atrativos, e quando adicionados compostos que sofrem degradação da coloração ao longo do armazenamento, deve-se realizar um estudo deste parâmetro, afim de não comprometer a aceitação do produto acondicionado. Em filmes adicionados de polpas de frutas, pode-se obter diversas colorações provenientes dos pigmentos e compostos voláteis da fruta (BERTAN,2003; AZEREDO et al, 2009).

Dentre a escolha dos materiais utilizados para a produção de filmes, o plastificante apresenta grande importância, pois este deve ser compatível com a escolha do solvente e polímero utilizado, que apresente interação com a macromolécula de forma que não ocorra

separação durante a secagem. Os plastificantes são utilizados para melhorar aspectos como flexibilidade e resistência mecânica, melhorando a adesividade, diminuindo zonas descontínuas e quebradiças (FAKHOURI,2009). A quantidade de plastificante a ser adicionado à solução filmogênica é de extrema importância pois afeta diretamente as propriedades dos filmes, além disso, quando a quantidade adicionada é excessiva, ele pode, apesar de ter afinidade com a mistura, exsudar durante a secagem.

### **3.3 Tecnologia na produção de filmes**

Em escala laboratorial, a produção de filmes é realizada pela técnica chamada *casting*, devido a praticidade e facilidade do processo. Esta técnica consiste na aplicação da solução filmogênica em uma superfície de material liso, e no processo de secagem, há a reorganização das moléculas utilizadas, ocorrendo a solidificação e formação da matriz que origina o filme. No caso particular do amido, ocorre uma reorganização das moléculas de amilose e amilopectina. A técnica de *casting* não é viável quando se trata de grandes quantidades, uma alternativa que possibilita a produção em larga escala de filmes comestíveis é a extrusão termoplástica seguida de sopro (COSTA et al, 2016; FAKHOURI, 2009).

A primeira etapa para a produção de filmes, é por meio da solubilização da macromolécula e do plastificante em um solvente. Em filmes que se utiliza amido como macromolécula, é necessário que ocorra a destruição de sua estrutura granular, rompendo as ligações de hidrogênio que mantinham a estrutura inicial, de forma que a amilose e amilopectina fique dispersa em solução, para que ocorra o processo de interação entre os componentes e a gelatinização, ou seja, formação da solução filmogênica (COSTA et al,2016; MALI et al, 2010).

Após a gelatinização, e durante o resfriamento da solução, as moléculas de amido tendem a reassociar-se por meio de ligações de hidrogênio, ocorrendo a formação de uma estrutura novamente cristalina, o conjunto dessas alterações é denominada de retrogradação. Dependendo das características do amido, como a variação de amilose e amilopectina, pode ocorrer a formação de um filme com estrutura bifásica ou rígida e quebradiça. Dessa forma, em filmes a base de amidos, a adição de plastificantes se torna um fator importante para suas características mecânicas (MALI et al, 2010; MATTA, 2009). No processo de secagem, a solução filmogênica é dispersa em uma superfície, podendo ser utilizado diferentes materiais, por exemplo: placas de poliestireno, polietileno,

politetrafluoretileno, aço inoxidável e vidro, sendo considerados materiais inertes e possível de obter filmes com boa aparência, e a secagem ocorre em condições controladas, podendo ser utilizadas temperaturas elevadas (60°C) ou temperaturas mais baixas (JIMENEZ et al,2012).

Diversos fatores podem influenciar na qualidade final do filme, como por exemplo a temperatura de secagem, umidade relativa durante o processo de secagem, a viscosidade final da solução filmogênica, entre outros que estão correlacionados a estes fatores.

Temperaturas excessivas durante o processo de secagem aumenta a taxa de evaporação do solvente, com a imobilização prematura das moléculas para a formação do filme, pode ocorrer formação de cavidades ou variação da espessura, consequentemente, aumentando permeabilidade da matriz polimérica. A alta umidade residual do filme, é uma consequência da elevada umidade relativa do ar durante o processo de secagem, podendo ocorrer alterações durante seu armazenamento e na estrutura cristalina da matriz. A umidade relativa exerce grande influência nas propriedades de barreira, em altas taxas de umidade pode ocorrer o aumento da mobilidade da estrutura polimérica, consequência da natureza hidrofílica da matriz (MAIA et al,2000; MALI et al, 2010; VILLADIEGO et al,2005)

Soluções filmogênicas que apresentam alta viscosidade, comportam-se como fluidos de Bingham, ou seja, não flui sob a ação de seu próprio peso, sendo necessário auxílio de equipamento para espalhar a solução, este método apresenta a vantagem de ter o conhecimento da espessura final do filme. Em soluções diluídas, a partir do conhecimento da gramatura de solução no suporte é que se tem o controle da gramatura final do filme (SOBRAL, 2000).

Portanto, o conhecimento das propriedades de cada matéria prima utilizada é imprescindível, pois as características finais do filme comestível estará diretamente ligada com a interação entre os materiais utilizados como base de sua formação. A avaliação dos seus aspectos iram determinar sua aplicabilidade e funcionalidade como embalagem.

### **3.4. Plastificante**

Os agentes plastificantes são definidos como substâncias de alto poder de fusão e baixa volatilidade, capazes de interagir com um material provocando mudanças em suas propriedades físicas, químicas e mecânicas. Os plastificantes diminuem as forças de atração intermoleculares entre as cadeias de macromoléculas adjacentes, modificando a

organização molecular, provocando o aumento do volume do sistema e redução da temperatura de transição vítrea. Como resultado, a densidade da rede diminui com o decréscimo das forças, melhorando as propriedades e flexibilidade e extensibilidade dos filmes. (BERTAN, 2003; SOBRAL, 2000)

O amido nativo apresenta ponto de fusão acima da temperatura de degradação, a adição de plastificante diminui a temperatura de fusão, facilitando seu processamento. Os plastificantes mais eficientes apresentam características similares aos do polímero, por exemplo, a utilização de plastificantes higroscópicos mostram resultados satisfatórios em macromoléculas que tem afinidade com a água, como os amidos (CORRADINI et al, 2007; SCHLEMMER,2007).

Em polímeros semicristalinos, como o amido, a ação do plastificante ocorre primeiramente nas regiões amorfas, quanto maior o grau de cristalinidade de um polímero menor é a ação do plastificante. Os plastificantes podem ser caracterizados em primários, secundários e extensores. Os primários apresentam alta compatibilidade com o polímero, o qual rapidamente é gelificado na temperatura de processo, não havendo exsudação. Os secundários apresentam compatibilidade limitada e menor capacidade de gelificação, sendo recomendado o uso combinado com um plastificante primário. Os extensores apresentam baixa capacidade de gelificação, a exsudação ocorre com extrema facilidade, sendo utilizado em conjunto com plastificante primário. Entretanto, esta classificação depende em parte, do polímero utilizado, da concentração, do ambiente e das condições de uso (RABELLO,2000).

A ação do plastificante associada a altas temperaturas (90°-180°C), transformam o polímero em um material homogêneo, quando analisado microscopicamente, formando filmes flexíveis, enquanto que se água fosse o único plastificante utilizado, os filmes formados seriam quebradiços (SCHLEMMER,2007).

A adição de plastificante pode causar efeitos como o aumento da hidrofiliidade e permeabilidade ao vapor d'água, pois a maioria dos plastificantes utilizados em filmes de amido tem caráter hidrofílico. As propriedades mecânicas, e as temperaturas de transição vítrea ( $T_g$ ) e de fusão ( $T_m$ ), também são alteradas pela incorporação do plastificante, pois agem neutralizando ou reduzindo as forças intermoleculares, sem alterar a natureza química do polímero (SHIMAZU et al, 2007; ISOTTON,2013).

O uso blendas de plastificantes, com a adição de substâncias hidrofóbicas, pode originar na matriz polimérica do filme, regiões com menor polaridade que o amido, de forma a melhorar a barreira ao vapor d'água, essa eficiência está relacionada com a razão

entre as partes hidrofílicas e hidrofóbicas do filme, as características do elemento adicionado como a polaridade, instaurações ou ramificações também são fatores importantes (BRANDELERO et al, 2013).

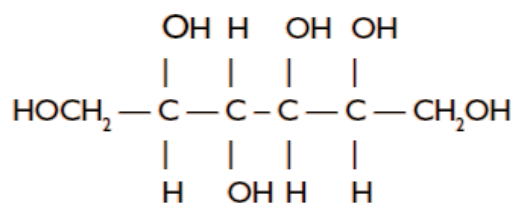
A compatibilidade do plastificante com o polímero e o solvente é um fator importante, este deve ser miscível ao polímero e solvente, afim de evitar a separação durante o processo de secagem. Em filmes de amido, os plastificantes que são amplamente estudados e utilizados são os polióis, como o sorbitol e o glicerol, que interagem com as cadeias dos grânulos de amido, aumentando a mobilidade molecular. Os plastificantes normalmente varia entre as proporções de 10 a 60 g/100g matéria seca, a quantidade utilizada depende do grau de rigidez do material. Se adicionados em pequenas concentrações podem causar efeito antiplastificante, ou seja, a quantidade não é suficiente para aumentar a mobilidade das cadeias de amido (BERTAN,2003; SHIMAZU et al, 2007).

Entre os plastificantes mais utilizados estão os mono-, di- e oligossacarídeos (mel, xaropes de glicose ou de glicose-frutose), polióis (sorbitol, polietilenglicol, glicerol e derivados), lipídeos e derivados (fosfolipídios, ácidos graxos, monoglicérides e seus ésteres, entre outros emulsionantes). As frutas apresentam em monossacarídeos (frutose, glicose) e pectina em sua composição, que podem atuar como plastificantes naturais em filmes de amido, melhorando a resistência a tração, diminuindo a permeabilidade ao vapor d'água e apresentando módulos de elasticidade similar ao uso de polióis como plastificante. O glicerol e o sorbitol, são polióis amplamente utilizados como plastificante em filmes de amido (RIGO,2006; BARROS,2016; MATTA,2009).

### **3.5. Sorbitol**

Dentre os polióis, o sorbitol é facilmente encontrado na natureza, sendo presente em concentrações relativamente elevadas em frutas como maçãs (0,2% a 1%), pêssegos (0,5% a 1,3%), peras (1,2% a 2,8%), ameixas (1,7% a 4,5%), entre outros. A extração comercial do sorbitol é a partir da sacarose (açúcar invertido) ou amido (xarope de glucose ou isoglucose), sendo o maior rendimento obtido por meio da hidrólise do amido seguida da hidrogenação catalítica da D-glucose. O sorbitol apresenta características importantes para a indústria de alimentos, como: espessante, estabilizante, inibidor de cristalização, edulcorante, umectante, condicionador de umidade, plastificante, anticongelante e crioprotetor (ATIDIVOS E INGREDIENTES,2008).

A molécula de sorbitol (Figura 3) apresenta é composta por seis grupos hidroxila, apresentando ótimo poder de interação com moléculas de amido, sendo menos hidrofílico que o glicerol (DIAS,2008).



Fonte: ADITIVOS E INGREDIENTES, 2008

**Figura 1.** Estrutura molecular do sorbitol

Dias (2008) em seu estudo com filmes de amido e farinha de arroz utilizando sorbitol e glicerol como plastificantes em concentrações de 20% e 30%, mostrou que os filmes adicionados de sorbitol apresentaram matriz filmogênica descontínua, apresentando rupturas durante o processo de secagem, apesar do caráter quebradiço, os filmes contendo sorbitol mostram-se mais homogêneos, não contendo partículas insolúveis, bolhas ou zonas de opacidade. A umidade de equilíbrio para os filmes de sorbitol mostram-se inferiores ao filmes contendo glicerol, o mesmo fato foi observado por Mali et al. (2008), em que os filmes de amido de mandioca contendo sorbitol apresentaram menor poder de hidratação comparado aos filmes de glicerol.

O sorbitol por apresentar maior peso molecular (PM=182,17 g/mol) e apresentar melhor interação com as moléculas de amido, diminuindo a capacidade de ligação com a água, resultando em uma menor mobilidade das cadeias formadoras de filme. Com isso, filmes plastificados com sorbitol tendem a apresentar-se mais espessos, com menor teor de umidade e menor solubilidade em água quando comparados com filmes plastificados com glicerol. (SHIMAZU et al, 2007; SANYANG et al, 2015).

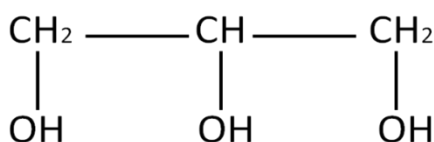
Marques (2005) em seu estudo em filmes de amido de mandioca, utilizou o sorbitol para avaliar o efeito da adição de plastificante nesses filmes, para isto foram produzidos filmes com diferentes concentrações de sorbitol (4%,14%, 24% e 34%) ,os resultados mostraram que a adição de plastificante não alterou o padrão de difração de raio x dos filmes, e a medida que aumenta a concentração de plastificante há a diminuição da temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ), de modo que se percebe os filmes mais maleáveis e de melhor manuseio. A absorção e a permeabilidade de água aumentaram de acordo com as proporções de sorbitol utilizadas. As diferentes concentrações de sorbitol e a

umidade a qual os filmes foram expostos, induziram mudanças nas propriedades mecânicas, como a diminuição da rigidez e da tensão máxima.

### 3.6. Glicerol

O glicerol em sua forma pura apresenta diversas aplicações industriais, sendo um aditivo para os setores industrial de cosméticos, alimentos, médicos e químicos em geral. A produção de biodiesel gera uma quantidade significativa de glicerol, em torno de 10% de seu volume total, sendo o principal coproduto do setor. O uso comercial do glicerol está diretamente ligado ao seu grau de pureza (igual ou superior a 95%), sendo um fator de grande relevância para o desenvolvimento do setor de biodiesel. Na indústria alimentícia, sua aplicação principal é como agente umectante e espessante (PEITER et al, 2016)

Quimicamente o glicerol (Figura 2) é um tri-álcool contendo três carbonos, comercialmente este líquido viscoso, incolor, sem cheiro e com gosto adocicado é conhecido por glicerina, sua principal via de obtenção é a partir da separação da glicerina do biodiesel por decantação (Figura 2), a glicerina bruta após o processo de separação ainda contém cerca de 30% de impureza. Devido ao número de grupos hidroxilas presentes, o glicerol é um plastificante bastante hidrofílico, sendo muito utilizado por ser solúvel e, água e ser capaz de reduzir as forças intermoleculares, levando o aumento da mobilidade das cadeias poliméricas. (SINGH & GRUPTA, 2016; PEITER et al, 2016).



Fonte: Modificado de ISOTTON, 2013

**Figura 2.** Estrutura química do glicerol

A presença de três grupos hidroxilas na cadeia de glicerol é responsável por sua natureza hidrofílica, de forma que seja solúvel em água, apresentando facilidade de interagir com moléculas de amido. O efeito antiplastificante do glicerol apenas é observado em sistemas relativamente secos, do contrário, na presença suficiente de água, o glicerol tem características típicas de plastificante (DIAS, 2003; SCHELEMMER, 2007).

Em seu estudo com amido e farinha de arroz, Dias (2003) desenvolveu filmes utilizando sorbitol e glicerol como plastificantes, os filmes contendo glicerol apresentaram matriz filmogênica sem rupturas. A manuseabilidade dos filmes foram melhores quando

comparadas com os filmes contendo sorbitol como plastificante. A umidade de equilíbrio dos filmes com glicerol foram superiores, devido a interação do sistema água-amido-glicerol, que devido sua natureza higroscópica, favorece a absorção de água.

Os filmes plastificados com glicerol, apresenta características que estão fortemente correlacionadas com o peso molecular ( $PM=92,09$  g/mol), em comparação com o sorbitol, por exemplo, os filmes adicionados de glicerol apresentam espessuras menores, maior teor de umidade e maior solubilidade em água devido a afinidade do glicerol com a água, são fatores que podem ser considerados positivos ou negativos, dependendo da aplicação final do filmes comestível (SANYANG et al, 2015).

De uma forma geral, o uso do glicerol como plastificante de biopolímeros hidrofílicos tem se mostrado mais eficiente que o sorbitol, o mesmo foi constatado por Shimazu (2007) em estudo dos efeitos plastificantes e antiplastificantes do glicerol e sorbitol em filmes de amido de mandioca, em que os filmes plastificados com glicerol foram mais flexíveis em diferentes atividades de água e apresentaram maiores valores de alongação, comparados aos filmes plastificados com sorbitol.

### **3.7. Amido**

O amido é um carboidrato de reserva, facilmente encontrado em diferentes espécies vegetais, nas plantas o depósito de amido se encontra nos órgãos de reserva, como os grãos, raízes e tubérculos, sendo as fontes onde se obtém maior rendimento de extração, as principais matérias primas de amido comercial são o milho, o trigo, a batata e a mandioca. Este polissacarídeo apresenta importância nutricional e industrial, fornece de 70 a 80% das calorias consumidas na alimentação humana, e grande responsável pelas propriedades e funções tecnológicas que exercem no processamento de diferentes produtos, dessa forma, o amido pode ser visto sob dois aspectos: (1) como constituinte do produto, por exemplo, massas alimentícias, produtos de panificação, feijão, arroz, mandioca, ou seja, faz parte da funcionalidade e das características do produto; e (2) como ingrediente, no qual é utilizado para fornecer propriedades tecnológicas, como em produtos embutidos, sopas, molhos para salada, etc. (LEONEL et al,2005; BELLO-PEREZ & AGAMA-ACEVEDO,2017).

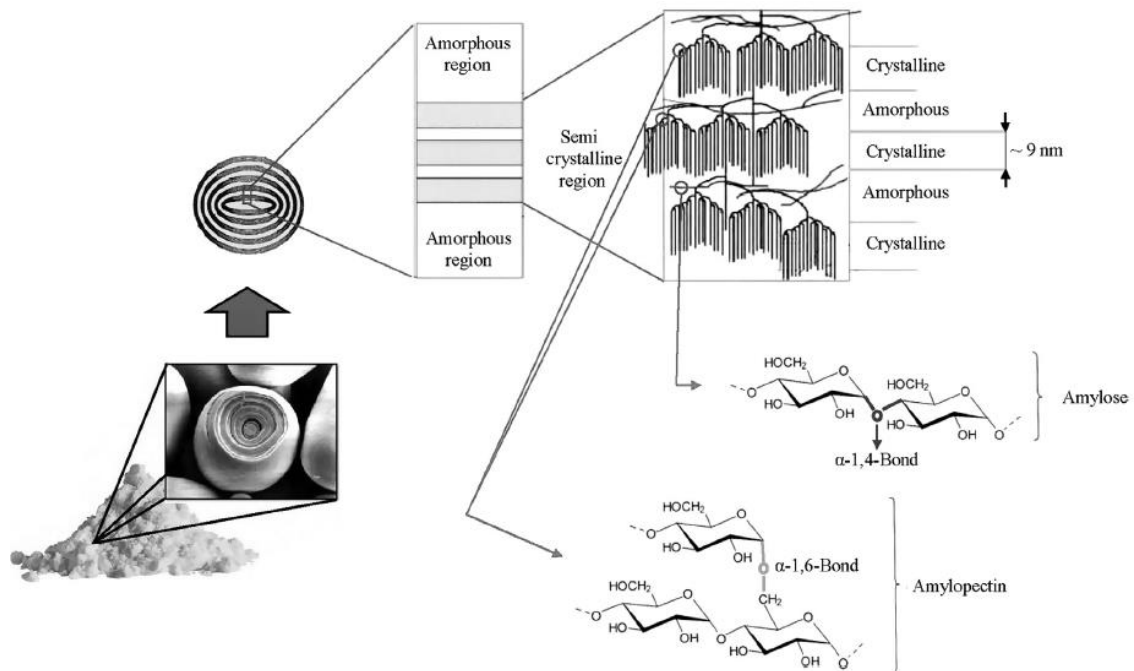
Comercialmente há três tipos de amidos: o resistente, modificado e pré gelatinizado. O termo “amido resistente” corresponde a fração de amido que resiste ao processo de gelatinização e a digestão no intestino delgado, ou seja, a hidrólise pela ação



da amilase pancreática e da pululanase, a degradação do amido resistente ocorre por sua fermentação no intestino grosso. A resistência do amido está relacionada a proporção de amilose e amilopectina, em que após o processo de retrogradação, a digestão da molécula de amilose é mais lenta, ao contrário da molécula de amilopectina. O amido modificado, consiste na modificação de características físicas e químicas do amido nativo, melhorando suas propriedades funcionais e versatilidade industrial, a modificação do amido pode ser por método químico, físico e enzimático (BELLO-PEREZ & AGAMA-ACEVEDO,2017; RAIGOND et al,2014).

O amido é estruturado em pequenas partículas denominadas de grânulos, que estão presentes em diversas formas e tamanhos, variando de acordo com a fonte botânica do qual é extraído. O tamanho e forma dos grânulos tem relação com a biossíntese dos dois principais componentes do amido: amilose e amilopectina (Figura 3). Dentre as diferenças básicas entre estes dois compostos, estruturalmente a amilose apresenta cadeia linear, enquanto que a amilopectina possui cadeia ramificada; o peso molecular da amilopectina (em torno de 108 g/mol) é maior que o da amilose (em torno de 106 g/mol). A amilopectina pode estar presente em maior quantidade, mas em cadeias de menor comprimento (ex: cereais) ou em cadeias longas e menor quantidade (ex: tubérculos). Nos primeiros estudos a respeito do amido, conclui-se que havia relação entre o tamanho do grânulo e sua funcionalidade. Em investigações mais recentes, mostram que o tamanho e a distribuição dos grânulos podem estar diretamente ligadas com as propriedades funcionais, físico-químicas e de digestibilidade do amido, e que pequenas diferenças na estrutura da amilopectina podem explicar grandes diferenças na funcionalidade do amido (BELLO-PEREZ & AGAMA-ACEVEDO,2017; LI et al, 2016; ZHANG et a, 2006). A amilose apresenta estrutura linear composta por ligações  $\alpha$ -1,4 de glicose, enquanto que a amilopectina, é formada por cadeias curtas de ligações  $\alpha$ -1,4 de glicose fortemente ramificadas por ligações de  $\alpha$ -1,6. A linearidade estrutural da amilose faz com que seu comportamento se assemelhe aos polímeros sintéticos convencionais, mesmo apresentando peso molecular cerca de 10 vezes superior a estes polímeros. No entanto, o peso molecular da amilopectina, sendo superior a amilose, reduz a mobilidade das cadeias do polímero, e essa interferência faz com que ocorra a tendência de orientação das moléculas sejam próximas o suficiente permitindo a formação de pontes de hidrogênio. Grande parte dos amidos nativos apresentam estrutura semicristalina, com grau de cristalinidade variando de 15-45%. As diferentes proporções de amilose e amilopectina no amido, implica em

diferentes comportamentos de transição de fases e nas propriedades reológicas (ZOU et al, 2012).



Fonte: BELLO- PEREZ & AGAMA-ACEVEDO,2017

**Figura 3.** Esquema estrutural do amido

A presença de regiões cristalinas e amorfas nos grânulos de amido, atribui a este polímero uma característica semicristalina. O modelo de “cluster”, propõe que a amilose se misture com a amilopectina nos pontos de ramificação, e em estudos de gelatinização, sugerem que a amilose é concentrada em direção à periferia dos grânulos, porém a localização da amilose e a natureza das regiões amorfas dentro dos grânulos ainda não são bem compreendidas. Grande parte dos grânulos de amido é composta pela alternância de regiões amorfas e semicristalinas, denominadas de “anéis de crescimento”. A organização radial da amilopectina dentro da estrutura causa polarização óptica visível, sendo esta polarização da ordem do comprimento de onda da luz visível (100-1000 nm), em estudos de difração de raio x, há uma periodicidade de 9 a 10 nm dentro do grânulo, sendo interpretada como as fases cristalinas e amorfas encontradas dentro dos casulos semicristalinos. Independente da fonte botânica, parecem ser uma característica universal da estrutura do amido. Normalmente, os amidos de cereais apresentam estrutura cristalinas denominadas de padrão do tipo A; tubérculos, rizomas e alguns cereais ricos em amilose formam o padrão do tipo B; e o amido de leguminosas, geralmente apresentam padrão do

tipo C, sendo uma mistura do padrão A e B (BELLO-PEREZ & AGAMA-ACEVEDO,2017; PEREZ & BERTOFT, 2010).

Normalmente, os amidos são compostos por frações de 25-30% de amilose e 70-75% de amilopectina, há amidos com alto teor de amilose (50-70%) e com alto teor de amilopectina (98-99%), sendo denominados de amidos “cerosos” A amilose apresenta como característica geleificação rápida, alta capacidade de retrogradação, produção de géis duros e filmes resistentes, enquanto que a amilopectina, seu processo de geleificação é lento, fácil dispersão em água e mais estável, no entanto produz filmes moles e frágeis (RINDLAV-WESTLIN et al, 2002; PEREZ & BERTOFT, 2010; BELLO-PEREZ & AGAMA-ACEVEDO,2017).

Li et al (2011) em sua investigação no processo de extrusão e caracterização de filme com diferentes proporções de amilose e amilopectina, verificou que as propriedades mecânicas dos filmes aumentaram a medida que havia o aumento dos níveis de amilose, ou seja houve o aumento da rigidez dos filmes, mas não houve alteração na tenacidade dos filmes. Os filmes com alto teor de amilose se mostraram mais flexíveis quando comparados com os filmes de baixo teor de amilose. No entanto, verificou-se que a processabilidade diminua a medida que se aumentava o teor de amilose, sendo a umidade e temperaturas mais altas fatores importantes no processo, devido à elevação da temperatura de gelatinização do amido.

A aplicação do amido na produção de filmes está ligada as propriedades químicas, físicas e funcionais (Tabela 2) da amilose para formar géis e na sua capacidade para formação de filmes. A característica linear das moléculas de amilose, quando em solução, tendem a se orientarem paralelamente, a aproximação entre a moléculas são suficiente para que formem ligações de hidrogênio entre hidroxilas de polímeros adjacentes. Consequentemente, se reduz a afinidade do polímero por água, propiciando a formação de pastas opacas e filmes resistentes (MALI et al,2010; CEREDA,2002).

**Tabela 2.** Propriedades químicas, físicas e funcionais do amido

Químicas	Físicas	Funcionais
Composição bioquímica	Estrutura	Tratamentos hidrotérmicos
Amilose	Cristalinidade	Solubilidade
Amilopectina	Aparência	Gelatinização
Outros	Condutividade térmica e elétrica; atividade óptica	Retrogradação e hidrólise

Fonte: CEREDA, 2002

O fenômeno de retrogradação varia com diversos fatores, temperatura e tempo de armazenamento, pH, fonte de amido, condições de processamento e presença de outros componentes (proteínas, lipídios, açúcares) (ELIASSON, 2004). Com isto, o estudo entre a interação do amido com outros componentes são de grande interesse na formação de filmes comestíveis, assim como para a indústria alimentícia.

O processamento de matérias-primas não convencionais como fonte de amido, surge como uma alternativa para as indústrias de amido que competem em um mercado extremamente exigente em relação as propriedades dos amidos naturais, além das restrições às modificações químicas. Indústrias de amido movimentam bilhões de dólares anualmente, em potências econômicas como Estados Unidos e Europa, a busca por novas fontes de amido iniciou devido ao número limitado de matérias primas amiláceas, havendo diversas pesquisas voltadas à modificação genética de matérias-primas e inserção de novas culturas. Alguns fatores são de extrema importância na obtenção de amidos não convencionais, como: o rendimento e eficiência do processo de extração; eficiência no processo de purificação, pois alguns componentes podem influenciar na característica do amido; e a interferência na qualidade do amido, devido ao uso de substâncias auxiliares na extração (LEONEL et al, 2002).

### **3.8. Araruta**

O termo araruta refere-se as plantas do gênero *Marantha*, um termo que normalmente é utilizado para descrever o amido obtido a partir dos rizomas de *Marantha arundinacea*. No entanto, há outros gêneros e espécies de plantas que produzem amidos semelhantes e são denominadas de araruta, como exemplo a Araruta do leste da Índia (*Cucurma angustifolia*), Araruta de Queensland (Família *Cannaceae*), Araruta Brasileira (Família *Euphorbiaca*) e Araruta da Flórida (*Zamia pumila*). A araruta (*Marantha arundinacea*) é uma planta herbácea, pode ser encontrada na forma nativa em florestas tropicais, cresce a uma altura de 0,9 a 1,5 metros (CHARLES et al,2016; ERDEMAN & ERDMAN, 1984).

Para o cultivo da araruta, as condições climáticas ideais são encontrados em regiões que apresentem clima mesotérmico úmido e sem estiagem, ou seja, regiões onde a média da temperatura mensal seja maior que 22°C e com boa distribuição de chuvas. Quanto ao solo, a preferência é por solos arenosos e profundos, solos soltos, rico em matéria orgânica. Dessa forma, devem ser evitados solos muito argilosos, devido a

umidade excessiva a planta não se desenvolve, e solos muito arenosos e secos, por ser pobre em nutrientes. O plantio da araruta é por meio de seus rizomas inteiros ou das extremidades finas dos rizomas maiores, podendo ser aproveitada a brotação natural de rizomas descartados durante a colheita. Após 9 a 12 meses do plantio pode ser realizado a colheita dos rizomas, quando as folhas murcham e apresentam coloração parda e tornando-se amarelo palha, podendo ser utilizadas para a adubação do próximo ciclo de plantio. A araruta pode ser consorciada com culturas que tenham duração de até 4 meses, como o feijão (LEONEL et al, 2005; NEVES et al, 2005).

No Brasil, as três variedades de *Marantha arundinacea* mais conhecidas são a Comum, Crioula e Banana. As variedades Comum e Crioula, são facilmente encontradas, no entanto, a variedade Comum é a mais difundida comercialmente, pois seus rizomas são claros e cobertos por uma fina camada que solta com facilidade, a qual obtém-se amido de melhor qualidade; enquanto que a variedade Crioula os rizomas apresentam película de coloração escura, que se não foram bem lavados e retirados produzem um amido escuro e de baixa qualidade (ZÁRATE & VIEIRA,2005; NEVES et al, 2005).

A produção de araruta é voltada principalmente para a extração de seu amido, seus rizomas apresentam elevado teor de matéria amilácea, contendo de 10% a 25%. A popularidade do amido de araruta está relacionado à sua alta digestibilidade e propriedades medicinais, podendo ser utilizado em diversos produtos, como: bolos, pudins, biscoitos, geleias, molhos, sopas, entre outras formas, sendo um amido facilmente assimilado pelo organismo de crianças e pessoas com restrições alimentares, pois não há presença de glúten em sua composição. No entanto, o cultivo da araruta para extração de amido foi substituído pela cultura da mandioca, devido a maior facilidade de processamento, mas sem as mesmas características de fácil digestibilidade e capacidade de geleificação (NOGUEIRA et al, 2018; JYOTHI et al, 2009; NEVES et al, 2005).

O número de trabalhos a respeito da caracterização físico-química, térmica e microestrutural são limitados, sendo informação importantes que auxiliam para a aplicação como material polimérico ou ingrediente. Este amido possui potencial para substituir o amido convencional como agente hidrocolóide, espessante e geleificante, como agente encapsulante e como agente de revestimento, em embalagens biodegradáveis para uso farmacêutico ou em alimentos (NOGUEIRA et al, 2018).

A qualidade de um amido ou seu grau de pureza, está relacionado com sua composição química, apresentando baixos teores de cinzas, proteínas e lipídeos. Peroni et al (2006) obteve baixo teor proteico (0,15%), lipídico (0,17%) e cinzas (0,28%) para o

amido de araruta, Nogueira et al (2018) encontrou valor superior para proteínas (0,40%) e valores similares de lipídeos (0,12%) e cinzas (0,28%). De acordo com Moorthy (2002) amidos de raízes, tubérculos e rizomas têm como característica baixo conteúdo lipídico, e não apresenta efeito pronunciado nas propriedades funcionais comparada à amidos de cereais, e Hoover (2001) indica que proteínas e cinzas em pequenas quantidades não provoca mudanças relevantes em suas propriedades funcionais.

O fósforo é um componente que está presente em amidos de raízes, tubérculos e rizomas, principalmente na forma de monoéster de fosfato, o alto teor de fósforo em amidos pode contribuir para o aumento da viscosidade e leveza da pasta (JANE et al, 1996). Peroni et al (2006) e Villas-Boas & Franco (2016) obtiveram teor médio de fósforo para o amido de araruta, de 0,018% e 0,034% respectivamente, sendo superior ao encontrado para a mandioca (0,007%) e menor ao encontrado para batata (0,097%).

A proporção de amilose em amidos é um fator importante, pois está relacionada as propriedades de gelatinização e retrogradação, poder inchamento dos grânulos e em sua funcionalidade tecnológica (PERONI et al,2006). Erdman (1986) em seu estudo com araruta coletadas em St Vicente, W.I e Tifton, GA, o amido de ambas as amostras apresentaram 19,0% de amilose; Outros autores conseguiram valores superiores para o conteúdo de amilose, como Nogueira et al (2018) (35,2%), Leonel et al (2002) (23,93%) e Peroni et al (2006) (20,8%). O alto teor de amilose do amido de araruta permite sua aplicação em filmes comestíveis, sendo possível obter boas propriedades tecnológicas, principalmente propriedades mecânicas e de barreira.

Quanto à forma e tamanho dos grânulos de amido de araruta, a forma amplamente consolidada são grânulos com formatos circulares e ovalados, sendo o mesmo observado por Edman (1986), Leonel et al (2002) e Charles et al (2016). A distribuição do tamanho dos grânulos variaram de 10,05 a 16,62  $\mu\text{m}$  para Edman (1986), enquanto que para Leonel (2002) o tamanho predominante dos grânulos eram de 27  $\mu\text{m}$ , e para Charles et al (2016) os tamanhos variaram de 9,47 a 22,47  $\mu\text{m}$ .

O padrão de difração de raio-x do amido de araruta para Gordillo et al (2014) apresentou picos definidos típicos de estrutura cristalina tipo B, com um pico de intensidade em  $2\theta$  de  $19,6^\circ$  que foi associado à interação amilose-lipídeos, o mesmo foi observado por Charles et al (2016) e Valencia et al (2015), com grau de cristalinidade de 29,13%. Sendo a estrutura cristalina do tipo B comum em raízes, tubérculos e rizomas, no entanto, Nogueira et al (2018) observou para o amido de araruta estrutura cristalina do

tipo C, que consiste em um mistura de polimorfos de tipo A e tipo B, este tipo de estrutura é mais comum entre cereais e leguminosas.

Nogueira et al (2018) elaboraram filmes comestíveis com amido de araruta utilizando glicerol como glicerol, os filmes ficaram homogêneos, transparentes e inodoros, verificou-se que filmes mais espessos e solúveis foram obtidos com maiores concentrações de amido e plastificante, sendo que a solubilidades dos filmes foi fortemente influenciada pela concentração de plastificante.

### **3.9. Tomate**

O cultivo de tomate apresenta grande destaque mundialmente, por sua importância econômica e social, além de ser um produto versátil, podendo ser consumido “in natura” ou processado, na forma de molhos, catchup, enlatado, entre outros. Para a agroindústria, é de grande interesse frutos que não necessitem de manejo sofisticado, a produção em cultura rasteira é uma opção por não exigir tratos culturais refinados, além de reduzir os custos de produção, para isso é necessários que os frutos apresentem alta resistência ao transporte a granel. A viabilidade e sustentabilidade econômica da industrialização de tomate, depende exclusivamente da qualidade da matéria-prima, que em grande parte determina a qualidade do produto final. Durante o processamento de tomate uma quantidade considerável de resíduo é gerada, composta principalmente pela casca e sementes, sendo descartado diversos compostos importantes (FERREIRA et al, 2016; CETKOVIC et al, 2012).

O tomate é cultivado em diversas regiões, entretanto, para ótimo rendimento da lavoura, essa cultura exige condições climáticas adequadas. Dentre elas, a temperatura é um dos fatores mais importantes, o ideal para a produção de tomate é 21-28°C durante o dia e 15-20°C durante a noite, em temperaturas excessivas podem ocorrer danos na frutificação, produção de frutos pequenos e com poucas sementes, queimaduras no fruto e a transformação de licopeno em carotenoides, havendo redução na intensidade da coloração vermelha (COSTA et al, 2011).

A procura por tomate tem sido estimulada pela busca de alimentos saudáveis, por ser um fruto que contém uma variedade de compostos antioxidantes, compostos fenólicos e flavonoides, ácidos ascórbico, carotenoides, entre outras substâncias que fazem com que o tomate seja considerado um alimento funcional, favorecendo a venda do produto fresco e industrializado, além das evidências que seu consumo diminui o risco de doenças

cardiovasculares e alguns tipos de cânceres (SCHWARZ et al, 2013; CETKOVIC et al, 2012).

De uma forma geral, a atividade antioxidante do tomate varia consideravelmente de acordo com a variedade genética, grau de amadurecimento e condições de crescimento. Os níveis de vitamina C, por exemplo, apresentam grande variação entre as variedades de tomate. Dentre os sólidos solúveis, os açúcares solúveis e os ácidos orgânicos são os principais componentes, e sua interação são extremamente importantes na qualidade e característica do tomate, tendo forte relação com a doçura, acidez e intensidade do sabor (TIGIST et al, 2013).

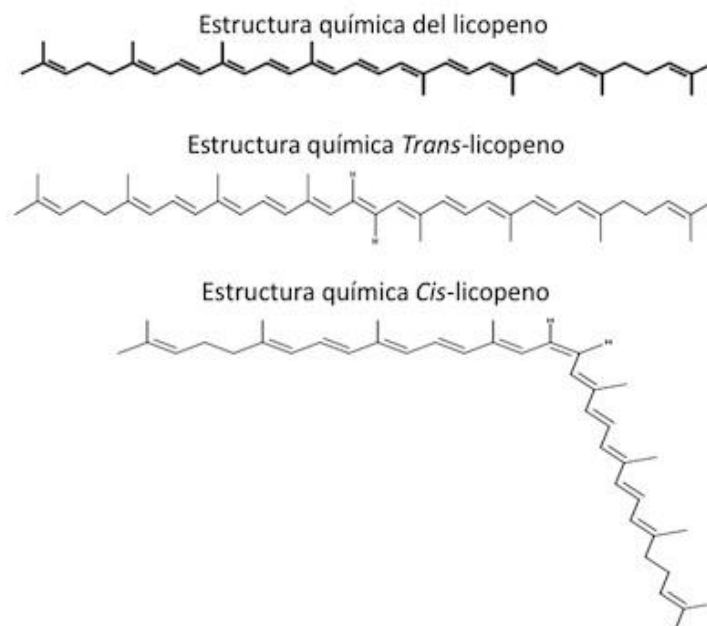
A potencial prevenção de doenças de um alimento, está relacionado ao sinergismo de vários compostos. O licopeno é uma biomolécula que mostrou excelente capacidade sequestrante de oxigênio singlet, uma forma reativa do oxigênio (radical livre causador de câncer), sendo duas vezes mais potente que o  $\beta$ - caroteno na neutralização do oxigênio singlet. O conteúdo de licopeno varia nos frutos de acordo com o grau de maturação, possuindo estabilidade ao armazenamento e ao cozimento (OLIVEIRA, 1999; THOMPSON et al. 2000).

### **3.10. Licopeno**

O licopeno age como um excelente agente antioxidante, protegendo as células contra danos oxidativos, contribuindo para a redução do risco de doenças crônicas. Estudos mostraram que o consumo dietético de licopeno está associado a redução de risco de câncer de próstata e mama, inibição de oxidação de lipoproteínas de baixa densidade, auxiliando na redução dos níveis de colesterol no sangue e ação anti-inflamatória (POOJARY &PASSAMONTI, 2015).

O licopeno (Figura 4) é um carotenoide acíclico, contendo 11 ligações duplas conjugadas no isômero *trans* e várias configurações *cis*. A forma isomérica do licopeno provavelmente não influencia em suas propriedades antioxidantes, porém pode influenciar na taxa de absorção e na quantidade máxima metabolizada pelo corpo humano (BURRI et al, 2009). O calor, a luz ou diversas reações químicas podem induzir a isomerização do isômero *trans* a várias formas mono- ou poli-*cis*. A configuração do licopeno nos alimentos é predominantemente a forma *all-trans*, e as formas do licopeno detectadas no soro e tecidos humano variam de isômeros *all-trans* a 9-, 13- e 15-*cis*, dessa forma, acredita-se que existem mecanismos de isomerização *in vivo* (HOLZAPFEL,2013).





Fonte: HERERRA-CORVARRUBIAS et al, 2013

**Figura 4.** Estrutura química do licopeno e seus isômeros *Trans* e *Cis*

Embora o licopeno seja encontrado em diversas frutas (Tabela 3.) como melancia, goiaba, mamão, toranja e damasco, a fonte mais rica é o tomate. Estudos analisaram qual seria a razão para a variação e os maiores níveis de licopeno em tomates, alguns indicaram que seria o método de cultivo orgânico ou convencional, no entanto, este não é o principal fator que influencia na quantidade de licopeno, e sim a variedade (HOLZAPFEL,2013).

**Tabela 3.** Variação no teor de licopeno entre frutas e vegetais

Conteúdo de licopeno (mg/100g base úmida)	Fonte
0,7-20	Tomates frescos
3,7	Tomates cozidos
2,3-7,2	Melancia fresca
2,0-5,3	Mamão fresco
5,2-5,5	Goiaba vermelha
0,4-3,4	Toranja rosa
0,01-0,05	Damasco

Fonte: HOLZAPFEL, 2013.

A assimilação do licopeno no organismo é maior na ingestão de molhos ou concentrados, do que no próprio no tomate fresco (Tabela 4). Isto ocorre pois, o processamento térmico induz a isomerização do licopeno, que passa da forma *trans* para

cis, conseqüentemente melhora sua biodisponibilidade, no entanto, temperaturas muito elevadas podem causar a degradação do licopeno mais rapidamente do que se utilizar temperaturas mais brandas. A biodisponibilidade de licopeno também aumenta com a presença de lipídeo (ex: azeite de oliva), favorecendo sua atividade antioxidante plasmática (COOPERSTONE et al, 2016; JUZWIAK & PASCHOAL,2004).

**Tabela 4.** Teor de licopeno em produtos à base de tomate

Conteúdo de licopeno (mg/100g) ±SD	Fonte
9.27 ± 1.02	Tomate cru
17.23 ± 2.18	Ketchup
15.99 ± 0.90	Molho de espaguete
55.45 ± 4.33	Pasta de tomate
16.67	Purê de tomate
17.98 ± 1.47	Molho de tomate

Fonte: HOLZAPFEL, 2013.

O processamento industrial de tomate produz grandes quantidades de resíduo em diversos estágios. O bagaço de tomate é o principal resíduo do despoldador, na forma úmida é composto por 33% de sementes, 27% de pele e 40% de polpa, na forma seca este resíduo é composto por 44% de sementes e 56% de pele e polpa. O teor de licopeno presente na pele do tomate é cerca de 5 vezes maior do que na polpa. Atualmente, o resíduo do processamento do tomate é descartado ou usado como forragem para animais, no entanto, o alto conteúdo de licopeno ainda presente, faz deste resíduo uma alternativa sustentável e promissora, além de ser uma fonte de baixo custo de um composto nutracêutico (PERRETTI et al, 2013; POOJARY & PASSAMONTI, 2015).

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Materiais

Tomate nas variedades Rasteiro, Holandês, Longa Vida e Cereja, adquiridos no mercado local de Dourados-MS; Araruta (*Marantha arundinacea*) coletada no Horto de Plantas Medicinais, da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD); glicerol (Synth) e sorbitol (Dinâmica).

### 4.2. Ensaios preliminares

Foram realizados ensaios preliminares com o objetivo de escolher a variedade de tomate que foi posteriormente utilizada para a elaboração dos filmes comestíveis. Para isto,

foram realizadas análises a partir da polpa das variedades de tomate em estudo. A escolha dos frutos foi de acordo com uma escala subjetiva de coloração preconizada por Pratt & Worman (1962), os frutos escolhidos encontravam-se entre os estádios 4 e 5, conforme a tabela a seguir.

**Tabela 5.** Escala de coloração para frutos de tomate

<b>Pontos</b>	<b>Etapa de maturação</b>
<b>0</b>	Frutos maduros, com coloração verde
<b>1</b>	Frutos com quebra de coloração verde
<b>2</b>	Frutos com igualdade de coloração entre verde e rosa
<b>3</b>	Frutos inteiramente rosa
<b>4</b>	Frutos totalmente vermelhos (qualidade comestível)
<b>5</b>	Frutos intensamente vermelhos e firmes
<b>6</b>	Frutos com amolecimento perceptível (início da senescência)

Fonte: PRATT & WORMAN, 1962

#### 4.2.1. Obtenção da polpa de tomate

Os tomates foram lavados em água corrente para retirada de sujidades superficiais, em seguida foram higienizados por 10 minutos com solução de hipoclorito de sódio da marca Agualim apresentando princípio ativo de 2,0 a 2,5% p/p. Após o processo de higienização, removeu-se o excesso de água, para então os tomates serem cortados e processados em liquidificador. Esta primeira polpa passou pelo processo de filtração em peneira superfina de inox tipo chinoy, para remoção das sementes e pele do tomate, obtendo-se a polpa para subsequentes análises (Tabela 6) e elaboração dos filmes.

**Tabela 6.** Código utilizado para as polpas de acordo com a variedade de tomate

<b>Variedade de tomate da polpa</b>	<b>Código</b>
<b>Holandês</b>	H
<b>Cereja</b>	C
<b>Longa Vida</b>	LV
<b>Rasteiro</b>	R

#### 4.2.2. Caracterização polpas de tomate

As análises de umidade, sólidos solúveis, atividade de água, potencial hidrogeniônico (pH) e acidez titulável, seguiram as metodologias descritas pelas AOAC (2005). A umidade foi determinada pelo método de gravimetria, as amostras foram colocadas em estufa com circulação de ar a 105 °C por 24 horas. O teor de sólidos solúveis foi determinado pela leitura direta das polpas a temperatura ambiente em refratômetro de

bancada ABBE modelo RTA-100, com escala em graus Brix. A atividade de água foi determinada por higrômetro Aqualab Series 3. A acidez titulável foi determinada pelo método de titulometria com NaOH (0,1 N), os resultados foram expressos sob a forma de porcentagem de ácido cítrico, assumindo ser o ácido orgânico presente em maior quantidade nos frutos de tomate. Os valores de pH foram obtidos com auxílio de potenciômetro Instrutherm modelo PH-2000, sendo previamente calibrado com as soluções padrão de pH ácido e neutro. Calculou-se também a relação dos sólidos solúveis totais pela acidez total (SS/AT).

#### 4.2.4. Licopeno e $\beta$ -Caroteno

O método de extração de pigmentos para a quantificação de licopeno e  $\beta$ -Caroteno foram os mesmos, uma vez que ambos os compostos pertencem a família dos carotenoides, para a determinação de cada compostos utilizou-se os comprimentos de ondas que os correspondem, 470 nm para determinação de licopeno e 450 nm para o  $\beta$ - Caroteno.

A concentração de licopeno e  $\beta$ -Caroteno para as polpas foram determinadas em espectrofotômetro Jenway modelo 7310, de acordo com método descrito por Carvalho et al (2005), com modificações.

A análise ocorreu em ambiente escuro, afim de evitar a foto-oxidação dos pigmentos. Para análise, pesou-se 5 gramas de polpa em erlenmeyers de 250 ml envoltos com papel alumínio. Em cada amostra adicionou-se 50 mL de acetona, e em seguida foram submetidas a agitação pelo período de 1 hora utilizando um agitador Teckhal modelo TE-420 a 200 rpm. Após este processo, procedeu-se a filtragem a vácuo com o auxílio de um Kitassato envolto em papel alumínio. Cada amostra foi lavada por mais três vezes com intuito de total extração dos pigmentos. O filtrado foi transferido para o funil de separação, e então adicionou-se 40 mL de éter de petróleo, havendo a transferência dos pigmentos da acetona para o éter de petróleo ao se adicionar frações de água destilada no funil de separação, descartando-se a fase inferior. As amostras foram lavadas por mais quatro vezes para remoção total de acetona. A solução dos pigmentos em éter de petróleo foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL, completando-se o volume com éter de petróleo.

O teor de licopeno e  $\beta$ -Caroteno foram obtidos pela equação:

$$\frac{mg}{g} = \frac{(A \times V \times 1.000.000)}{A_{1cm}^{1\%} \times M \times 100} \quad (3)$$

Onde A = absorvância da solução no comprimento de onda de 470 nm para licopeno e 450 nm para o  $\beta$ -Caroteno;

V = volume final da solução;

M = massa da amostra tomada para a análise.

$A_{1cm}^{1\%}$  é o coeficiente de extinção ou coeficiente de absorvidade molar de um pigmento em um determinado solvente específico, para o licopeno em éter de petróleo o valor do coeficiente de extinção é 3450 e para o  $\beta$ -Caroteno é 2592.

#### **4.2.5. Preparo dos Extratos**

Os extratos foram preparados para a determinação de compostos fenólicos, flavonoides, e atividade antioxidante foram determinadas pelos métodos ABTS<sup>++</sup> e DPPH, o procedimento para a obtenção dos extratos de cada filme e da polpa, foram realizados de acordo com método descrito por Rufino et al (2007). Foram pesados 5 gramas de cada amostra em béquer de 100 mL, e então adicionou-se 40 mL de metanol 50%, as amostras foram homogeneizadas e deixadas em repouso por 1 hora em temperatura ambiente. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 7.000 rpm por 30 minutos em centrífuga modelo Q222TM da marca Quimis, após a separação o sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL. Ao resíduo da primeira extração, foram adicionados 40 mL de acetona 70%, sendo homogeneizados e deixados em repouso por 1 hora à temperatura ambiente. Novamente, as amostras foram centrifugadas a 7.000 rpm por 30 minutos e o sobrenadante foi transferido para o balão volumétrico contendo o primeiro sobrenadante, o volume de 100 mL foi completado com água destilada.

#### **4.2.6. Determinação de compostos fenólicos**

O teor compostos fenólicos totais foi determinado empregando-se o método Woisky & Salatino (1998) , em que alíquotas de 0,5 mL em triplicata de cada extrato foram transferidas para tubos de ensaio envoltos de papel alumínio, em seguida adicionou-se 2,5 mL de Folin-Ciocalteu 10%, os tubos foram agitados e em seguida deixados em repouso por 5 min. Acrescentaram-se 2 mL da solução de carbonato de sódio 4% aos tubos, que foram agitados e deixados em repouso por 2 horas em local escuro para o desenvolvimento da reação. E então, realizou-se a leitura em espectrofotômetro Jenway modelo 7310 a 740 nm, A partir da equação da reta obtida na curva do gráfico do

padrão, realizou-se o cálculo do teor de compostos fenólicos totais, sendo os resultados expressos em mg de ácido gálico/ grama de matéria seca.

#### **4.2.7. Determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS**

O método para avaliar a atividade antioxidante, por meio da captura do radical ABTS<sup>+</sup> [2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)] foi conforme metodologia descrita por Rufino et al (2007). O radical ABTS<sup>+</sup> foi formado pela reação do ABTS (7mM) com persulfato de potássio (140 mM) e incubados a temperatura ambiente, em ausência de luz, durante 16 horas. Uma vez formado, o radical foi diluído com etanol até a obtenção do valor de absorvância de 0,700 nm ± 0,05 nm a 734 nm. Em ambiente escuro, um volume de 3,0 mL da solução de radical ABTS<sup>+</sup> foi acrescentado a 30 µL de cada amostra dos extratos dos filmes e da polpa (1:5 e 1:50) e as absorvâncias lidas em espectrofotômetro em comprimento de onda de 734 nm, após seis minutos de repouso. Como referência, foi utilizado o Trolox, um antioxidante sintético análogo à vitamina E, nas concentrações de 0 – 15 µM. Os resultados da atividades antioxidante foram expressos em TEAC (atividade antioxidante equivalente ao Trolox).

#### **4.2.8. Determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH**

A medida da capacidade sequestrante foi determinada pelo método DPPH descrita por Rufino et al (2007), a qual baseia-se no princípio de que o DPPH (1,1-difenil-2-picrilidrazil), sendo um radical estável, de coloração violeta, aceita um elétron ou um radical hidrogênio para tornar-se uma molécula estável, sendo reduzido na presença de antioxidantes e adquirindo coloração amarela. A mistura de reação foi realizada em ambiente escuro, em que alíquotas de cada extrato, na diluições de 1:5 ou 1:10, foram adicionadas a 3,9 mL da solução de DPPH em metanol (0,06 mM), após agitação, os tubos foram deixados em repouso. Ao final de 30 minutos, a absorvância foi medida a 515 nm. Os resultados da atividade antioxidante foram expressos em EC<sub>50</sub>/g DPPH, onde EC<sub>50</sub> indica a concentração mínima de amostra necessária para reduzir em 50% os radicais livres.

#### **4.2.9. Colorimetria**

A colorimetria das polpas foi realizada em colorímetro Konica Minolta modelo CR-410, configurado no sistema L\*, a\* e b\*. O valor L nos fornece a luminosidade, variando do branco (L=100) ao preto (L=0), o valor de a\* caracteriza coloração na região

do vermelho (+a\*) ao verde (-a\*), o valor b\* indica coloração no intervalo do amarelo (+b\*) ao azul (-b\*) (FERREIRA,1981).

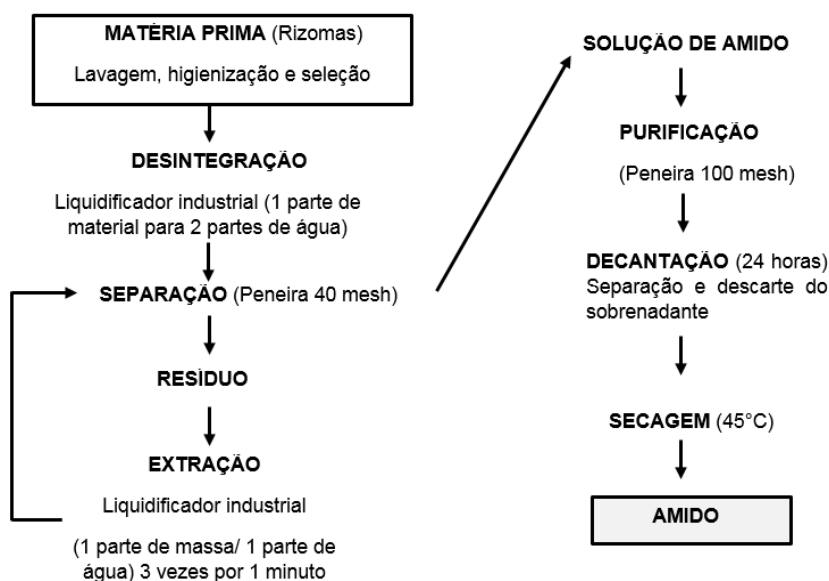
Sendo calculado o Cromo (C\*) e o ângulo Hue (H), de acordo com as respectivas equações (1) e (2). O Cromo é a relação entre os valores de a\* e b\*, onde se obtém a cor real do objeto analisado. Hue-Angle é o ângulo formado entre a\* e b\*, indicando a saturação da cor do objeto.

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (1)$$

$$H = \text{tg}^{-1} \left( \frac{b}{a} \right) \quad (2)$$

### 4.3. Extração do amido de araruta

A extração do amido dos rizomas seguiu a metodologia descrita por Leonel et al (2002) e as etapas de processamento são apresentadas na Figura 5.



Fonte: modificado de Leonel et al (2002).

**Figura 5.** Fluxograma de extração de amido de araruta.

### 4.4. Elaboração dos filmes

Para a escolha da variedade de tomate a ser utilizada levou-se em consideração o teor de licopeno, β-caroteno, compostos fenólicos, atividade antioxidante, cor da polpa e

melhor característica relacionada ao sabor (SS/AT). Após a decisão da escolha da variedade, foram realizados testes com variação na porcentagem de amido e plastificante, as formulações definidas totalizaram 8 amostras (Tabela 7).

**Tabela 7.** Formulações dos filmes com diferentes concentrações de amido e plastificante

Formulação	Amido (%)	Plastificante (%)	Tipo de plastificante	Código
1	5	5	Sorbitol	5A5S
2	5	5	Glicerol	5A5G
3	5	10	Sorbitol	5A10S
4	5	10	Glicerol	5A10G
5	7	5	Sorbitol	7A5S
6	7	5	Glicerol	7A5G
7	7	10	Sorbitol	7A10S
8	7	10	Glicerol	7A10G

Com a variedade de tomate definida, os filmes foram elaborados de acordo com as formulações apresentadas pela técnica *casting*. A porcentagem de amido a ser utilizada foi expressa em relação ao volume de polpa utilizado, e a porcentagem de plastificante foi expressa em relação à massa seca de amido. Inicialmente, houve a prévia extração da polpa de tomate de acordo com o item 4.2.1. Em um bécker de 500 mL pesou-se o amido e o plastificante, de acordo com a formulação correspondente, e em seguida adicionou-se 100 mL de polpa, sendo realizada agitação manual para dissolução dos componentes secos. Após total dispersão, realizou-se o processo de gelatinização da solução em banho-maria a  $85^{\circ}\text{C} \pm 2$  (a temperatura de gelatinização do amido de araruta foi determinada em estudos preliminares), por cerca de 3 minutos  $\pm 0,5$ , sob agitação manual suave, afim de evitar a formação de bolhas, sendo mantido o pH natural da solução. Alíquotas de 25 mL da solução filmogênica foram aplicadas sobre placas acrílicas. O controle de espessura foi efetuado por meio do volume de solução filmogênica aplicado no suporte e submetida à secagem em temperatura de  $18^{\circ}\text{C}$  por 12 horas. Após a secagem, os filmes foram acondicionados em dessecadores e mantidos a temperatura ambiente e umidade relativa de  $50 \pm 2\%$  de umidade relativa (URE), durante 48 horas antes do início das análises.



## **4.5. Caracterização dos filmes**

### **4.5.1. Aspecto visual**

Para cada formulação produzida foram realizadas análises visuais e táteis, visando utilizar apenas os filmes que fossem homogêneos (avaliação quanto à presença de partículas insolúveis ou bolhas, e coloração uniforme), apresentassem continuidade (sem presença de rupturas ou zonas quebradiças) e possibilitassem o manuseio (facilidade em retirar os filmes do suporte). Os filmes que não apresentaram tais características foram descartados.

### **4.5.2. Espessura**

Foi determinada utilizando-se um micrômetro digital Fowler IP 54 (Newton, EUA). A espessura foi fixada como sendo a média aritmética de dez medidas aleatórias sobre a área do filme.

### **4.5.3. Solubilidade em água**

A solubilidade em água dos filmes foi determinada segundo o método proposto por Gontard et al (1994). Para o teste de solubilidade, foram cortados três discos de cada amostra, com 2 cm de diâmetro, sendo submetidas a um controle de umidade (50% UR) por três dias, e posteriormente pesados. A massa seca inicial dos filmes foi obtida após secagem em estufa com circulação de ar à temperatura de 105°C, por 24 horas. Após a determinação do teor de água, as amostras foram imersas em um recipiente contendo 50 ml de água destilada a 25°C, este sistema foi mantido sob agitação a 100 rpm em MultiShaker, por um período de 24 horas, a temperatura ambiente. Após esse processo, o conteúdo de matéria seca não solubilizada foi determinada retirando-se a amostra da água, por escoamento leve, e submetidas novamente a secagem (105°C) por 24 horas, para a obtenção da massa seca final. A solubilidade foi expressa de acordo com a equação:

$$\text{Solubilidade} = \frac{(M_i - M_f)}{M_i \times 100} \quad (3)$$

Onde:

M<sub>i</sub> = massa seca inicial

M<sub>f</sub> = massa seca final (após solubilização).

#### 4.5.4 Opacidade

A opacidade dos filmes foi determinada utilizando-se colorímetro Hunterlab modelo CR-400. As determinações foram realizadas em triplicata após a calibração do colorímetro com um fundo padrão branco e um fundo padrão preto. A opacidade foi determinada da equação (HUNTERLAB, 1997):

$$Op = \left( \frac{Op_N}{Op_B} \right) \times 100 \quad (4)$$

Onde:

Op = opacidade do filme (%)

Op<sub>N</sub> = opacidade o filme sobreposto a um fundo preto e

Op<sub>B</sub> = opacidade o filme sobreposto a um fundo branco.

#### 4.5.5. Transmitância UV-vis

É a razão entre a quantidade de luz que atravessa o meio e a quantidade de luz que incide perpendicularmente à superfície. A determinação de transmitância é feita pelos métodos ASTM D 1746 e D 1003, e medida em percentual (%). O equipamento utilizado foi o VARIAN CARY 50 CONC, o equipamento foi calibrado com água destilada, e o intervalo de comprimento de onda utilizado foi de 200 a 800 nm.

#### 4.5.6. Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) dos filmes foi determinada gravimetricamente a 25°C, de acordo com o método padrão E-96 ASTM (1980), com adaptações, no qual as células de alumínio foram substituídas por células de acrílico vedadas de borracha (O-ring) e tampa em acrílico com abertura no centro que foram fixadas com parafusos. Foram cortados de cada amostra três discos de 5 cm de diâmetro, e posteriormente acondicionados por dois dias em dessecadores com umidade relativa controlada de 50%.

As células de permeação, foram acondicionadas em dessecadores em ambiente controlado, com temperatura de 25°C ± 2 e umidade relativa de 75% ± 3. O vapor de água transferido através do filme foi determinado pelo ganho de massa do cloreto de cálcio, medido a cada 1 horas, totalizando 12 medidas, sendo levado em consideração o tempo de *overnight*. O efeito do espaço de ar, como descrito por McHugh e Krochta (1994) e

Gennadios et al (1993), entre a região abaixo do filme e a superfície do cloreto de cálcio nas células-teste, não será considerado para o cálculo da taxa de transmissão de vapor de água. Os testes foram realizados em triplicata.

#### **4.5.7. Licopeno e B-caroteno por HPLC**

A extração dos pigmentos ocorreu de acordo com o método de Carvalho et al (2005), descrito no item 4.2.4. As amostras foram analisadas em um sistema analítico de HPLC Shimadzu LC-6AD, com um solvente binário, um detector de arranjo de diodos (DAD) monitorado em  $\lambda = 200-800$  nm. A coluna empregada foi LiCrospher 100 RP 18 5  $\mu\text{m}$ , 125 mm x 4 mm. Todas as análises cromatográficas foram realizadas a 20°C. A eluição foi realizada empregando a fase móvel e programação de eluição descrita por Alves et al. 2010 com volume injetado de 20  $\mu\text{l}$ . A identificação dos compostos foi realizada comparando os tempos de retenção e os espectros dos padrões de licopeno e beta-caroteno na faixa de 200 a 800 nm com os picos obtidos em amostras reais. A quantificação das amostras foram feitas utilizando as curvas analíticas de composto. Os padrões de licopeno e beta-caroteno (>98, Sigma-Aldrich). As concentrações nas curvas analíticas variaram de 80,00- 300  $\mu\text{g L}^{-1}$  para o licopeno e de 30,00- 300  $\mu\text{g L}^{-1}$  para o  $\beta$ -caroteno.

#### **4.6. Preparo dos Extratos**

A obtenção dos extratos dos filmes para a determinação de compostos fenólicos, flavonoides, e atividade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH, foram de acordo com Rufino et al (2007), descrito no item 4.2.5, sendo utilizado 3 gramas de amostra.

##### **4.6.1. Compostos fenólicos**

O teor compostos fenólicos totais foi determinado empregando-se o método Woisky & Salatino (1998), conforme descrito no item 4.2.6.

##### **4.6.2. Flavonoides**

A concentração de flavonoides totais foi determinada de acordo com método descrito por Jurd & Geissman (1956), com modificações. O princípio da reação se baseia na formação de quelatos entre o metal alumínio e os flavonoides, principalmente os flavonols (3-hidroxi-flavonas), como a quercetina, em soluções alcoólicas, ocorre efeito batocrômico do espectro de absorção dos flavonoides, havendo alteração da coloração.

A reação colorimétrica foi realizada pela mistura de 0,5 mL do extrato, 4,3 mL de etanol 80%, 0,1 mL de nitrato de alumínio 10% e 0,1 mL de acetato de potássio 1M. Como controle para as amostras, foi utilizado 0,1 mL de acetato de potássio 1 M e 4,9 mL de etanol 80%. Após 40 minutos de repouso no escuro, a absorvância das amostras foi medida em espectrofotômetro Jenway modelo 7310 a 415 nm. A partir da equação da reta obtida na curva do gráfico do padrão, realizou-se o cálculo do teor de flavonoides totais, sendo os resultados expressos em termos de quercetina (mg EQ/kg de matéria seca).

#### **4.6.3. Determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS**

O método para avaliar a atividade antioxidante, por meio da captura do radical ABTS+ [2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)] foi conforme metodologia descrita por Rufino et al (2007), conforme descrito no item 4.2.7.

#### **4.6.4. Determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH**

A medida da capacidade sequestrante foi determinada pelo método DPPH descrita por Rufino et al (2007), conforme descrito no item 4.2.8.

#### **4.6.5. Análise térmica dinâmico- mecânica (DMTA)**

Para a análise de DTMA foi levado em consideração a solubilidade dos filmes dentre as concentrações de amido e de plastificante, escolhendo filmes mais solúveis: 5A10S, 5A10G, 7A10S e 7A10G. O comportamento viscoelástico dos filmes foi observado utilizando-se um equipamento de medição dinâmico mecânica (Dynamic Mechanical Analyser – DMA, 2980, TA Instruments, EUA), localizado no Centre Catala de Plastic, Terrassa, Espanha. Os filmes foram previamente condicionados em 25°C e 50 % UR. As medidas foram conduzidas considerando-se deformações de amplitude de 40 µm à frequência de 1 Hz; simultaneamente foi aplicada uma taxa de aquecimento de 2°C/min no intervalo de temperatura de 35 a 225°C. Foram avaliados os módulos de armazenamento, perda e a tangente do ângulo delta das amostras. Para os ensaios de DTMA foram utilizadas 4 formulações, baseadas na caracterização dos filmes, principalmente em relação a presença de compostos bioativos e a solubilidade. Em geral, através dessa análise pode-se determinar os valores do módulo de armazenamento ( $E'$ ) que é a componente elástica do sistema; e do módulo de perda ( $E''$ ) que é a componente viscosa do sistema. Com estes

dois módulos é possível calcular o valor da tangente de delta ( $Tan\delta$ ) que é o compromisso existente entre  $E'$  e  $E''$ , como demonstra a equação 6.

$$Tan \delta = E'' \div E' \quad (6)$$

## 5. Análise Sensorial

Para a análise sensorial foram utilizadas as mesmas 4 formulações previamente selecionadas: 5A10S, 5A10G, 7A10S e 7A10G. A análise foi realizada com provadores não treinados em teste laboratorial, ordem de apresentação das amostras e o número de provadores seguiu o delineamento proposto por MacFie, Bratchell (1989), que considera o balanceamento dos efeitos “first-order, carry-over”. O teste foi conduzido em ambiente com luz branca, e as amostras ficaram dispostos sobre um fundo branco, sendo avaliadas monadicamente. Os provadores avaliaram a aparência global, cor, brilho, textura, aroma e intenção de compra dos filmes comestíveis. Nas avaliações sensoriais, os provadores avaliaram o quanto gostaram ou desgostaram das amostras utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos, na qual os extremos representavam “gostei extremamente” (9) e “desgostei extremamente” (1) e o centro “nem gostei, nem desgostei” (5). Para o teste de intenção de compra, utilizou-se escala de cinco pontos, na qual os extremos representavam “certamente compraria” (5) e “certamente não compraria” (1).

## 6. Análise estatística

O programa Statistica® (StatSoft, USA) foi usado para calcular as diferenças significativas entre as variedades de polpas, e entre as propriedades de todos os filmes, no intervalo de 95% de confiança.

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1. Análises das polpas

A escolha de uma matéria-prima para processamento envolve uma série de atributos intrínsecos e extrínsecos que devem ser levadas em consideração, de forma que esta seja adequada à preparação do produto derivado. A utilização de matérias-primas na forma de polpas tem apresentado grande relevância na indústria alimentícia, uma vez que podem ser armazenadas e reprocessadas na forma de diferentes produtos, além das suas

características físicas, químicas e organolépticas serem similares ao fruto de origem. (VIEIRA, 2014; BUENO et al, 2002).

Em tomates, características como pH, sólidos solúveis e acidez são fatores que podem se distinguir entre as variedades do fruto. Assim como os frutos, é natural que as polpas das quatro variedades de tomate tenham diferenças em suas características (Tabela 8).

**Tabela 8.** Características da composição química e física das polpas de tomate

Polpa	Ph	AT (%)	SS (°Brix)	SS/AT	Aw	Umidade (%)
H	4,24 <sup>C</sup> ± 0,01	0,45 <sup>B</sup> ± 0,01	4,1 <sup>C</sup> ± 0,0	9,21 <sup>C</sup> ± 0,14	0,983 <sup>BC</sup> ± 0,001	97,04 <sup>AB</sup> ± 0,01
C	4,32 <sup>A</sup> ± 0,02	0,60 <sup>A</sup> ± 0,02	6,3 <sup>A</sup> ± 0,0	10,49 <sup>B</sup> ± 0,26	0,984 <sup>AB</sup> ± 0,001	95,18 <sup>C</sup> ± 0,07
LV	4,25 <sup>C</sup> ± 0,01	0,34 <sup>D</sup> ± 0,01	4,8 <sup>B</sup> ± 0,0	14,03 <sup>A</sup> ± 0,41	0,981 <sup>BC</sup> ± 0,001	97,19 <sup>A</sup> ± 0,05
R	4,30 <sup>B</sup> ± 0,01	0,38 <sup>C</sup> ± 0,01	3,9 <sup>D</sup> ± 0,0	10,25 <sup>B</sup> ± 0,02	0,985 <sup>A</sup> ± 0,001	96,97 <sup>B</sup> ± 0,02

AT- Acidez Titulável; SS- sólidos solúveis; Aw- atividade de água Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Todas as polpas avaliadas apresentaram pH dentro do intervalo considerado ideal para tomates, o qual varia de 3,7 a 4,5 (SILVA & GIORDANO, 2000). Valores de pH inferiores a 4,5 são desejáveis, uma vez que evitam a proliferação de microrganismos e diminui o intervalo de esterilização da matéria-prima (MONTEIRO et al, 2008). Figas et al (2015) avaliaram 69 acessos de tomate, obtendo valores para pH que variaram entre 4,19 a 4,28, valores similares foram obtidos por Costa et al (2011) em que o pH de 8 cultivares avaliados oscilaram entre 4,08 a 4,30. Dentre as polpas avaliadas, as variedades Holandês e Longa vida menores valores de pH, não sendo distintos entre si, enquanto a variedade Cereja apresentou maior valor para pH (4,32).

Assim como o pH, a acidez em tomates é um parâmetro importante quando se analisa o nível de aceitação pelo consumidor e sua aplicabilidade, frutos com excessiva acidez ou baixo pH normalmente apresentam menor preferência dos consumidores. Valores de acidez inferiores a 0,35% de fruto fresco necessitam de maior tempo e temperatura de processamento, afim de evitar proliferação de microrganismos nos produtos processados (VEIRA et al, 2014; SCHWARZ et al, 2013). Lambeth et al (1966) avaliaram 250 genótipos de tomate, a porcentagem de ácido cítrico variou entre 0,4% a 0,91%, Figas et al (2015) obteve valores oscilando entre 0,35% a 0,71% de ácido cítrico para os 69 acessos avaliados. As polpas apresentaram valores dentro de intervalos estudados, e houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras, sendo a polpa da

variedade Cereja (0,60%) com maior valor e a polpa de tomate Longa Vida (0,34%) apresentando menor valor.

Durante o processo de maturação dos frutos, normalmente ocorre a diminuição da acidez e aumento do teor de sólidos solúveis. Na maioria dos casos, o teor de sólidos solúveis indica a doçura do produto, e em frutos reflete o grau de maturidade. Aproximadamente 65 % dos sólidos solúveis totais são formados por sacarose, glicose e frutose que são acumuladas no final do processo de amadurecimento (BOHATCH et al, 2001; PINELI, 2009; LOURENÇO, 2011). Houve variação no teor de sólidos solúveis entre todas as polpas estudadas, a variedades Cereja apresentou maior teor de sólidos solúveis (6,3) enquanto que a variedade Rasteiro apresentou menor teor (3,9). Breska et al (2015) avaliaram 10 fenótipos de tomate, os valores para sólidos solúveis variaram de 3,16 a 5,28°Brix, e Fìgas et al (2015) analisaram 69 genótipos de tomates, os sólidos solúveis variaram de 3,58 a 8,68°Brix. Esta variação entre as polpas de cada cultivar é influenciada por diversos fatores que podem modificar a capacidade do fruto de importar assimilados fotossintéticos, como exemplo a pluviosidade (TIGIST et al, 2013).

O sabor do tomate é composto pela combinação de diversos constituintes químicos, destacando-se açúcares e ácidos. A polpa obtida da variedade Longa vida (14,03) apresentou maior relação SS/AT, as polpas das variedades Cereja (10,49) e Rasteiro (10,25) apresentaram valores similares e a polpa proveniente da variedade Holandês (9,21) obteve menor relação SS/AT, todas as polpas diferiram entre si. Altos valores na relação entre sólidos solúveis e acidez titulável, iguais ou superiores a 10, indicam excelentes combinações entre os açúcares e ácidos presentes no fruto, se correlacionando ao sabor suave e adocicado, enquanto que valores inferiores estão relacionados aos sabor ácido (NASCIMENTO et al, 2013; VIEIRA et al, 2014).

As polpas apresentaram resultados elevados para atividade de água e umidade, com aw apresentando valores de 0,981 a 0,985, para a umidade os valores ficaram entre 95,18 e 97,19%, sendo resultados esperados para as polpas. A atividade de água e a umidade dos alimentos são parâmetros importantes na indústria alimentícia, a partir dessas informações é possível definir o processo pelo qual a matéria-prima será submetida. A atividade de água tem maior relação com a água disponível nos alimentos para reações sejam enzimáticas ou microbiológicas, enquanto que a umidade indica a estabilidade do produto, sendo possível fazer uma associação entre os parâmetros (BRAGA, 2015). Como essas polpas irão servir de solvente para a elaboração de filmes

pela técnica de casting, não será necessário uso de nenhum conservante para a sua preservação, uma vez que essa tecnologia irá englobar o aumento dos sólidos totais da amostra e secagem, fatores que irão contribuir para a diminuição da atividade de água.

Licopeno e  $\beta$ -caroteno são os compostos de maior interesse quando se trata de tomate e seus derivados, a quantidade desses carotenoides podem variar de acordo com a cultivar e as condições de plantio. Os teores de licopeno e  $\beta$ -caroteno para as polpas (Tabela 9) apresentaram resultados diferentes entre si. A quantidade de água presente na polpa influencia nos teores apresentados para os carotenoides, considerando-se em matéria seca temos maiores teores para licopeno e  $\beta$ -caroteno devido a concentração da polpa, apresentando maior diferença entre os resultados.

**Tabela 9.** Teores de licopeno e  $\beta$ -caroteno das polpas das quatro variedades de tomate

Polpa	Licopeno* ( $\mu\text{g/g}$ )	$\beta$ -Caroteno* ( $\mu\text{g/g}$ )
H	43,50 <sup>C</sup> $\pm$ 0,29	32,11 <sup>B</sup> $\pm$ 0,19
C	40,58 <sup>D</sup> $\pm$ 0,84	28,93 <sup>C</sup> $\pm$ 0,31
LV	55,40 <sup>B</sup> $\pm$ 0,31	32,58 <sup>B</sup> $\pm$ 0,27
R	90,48 <sup>A</sup> $\pm$ 0,47	52,83 <sup>A</sup> $\pm$ 0,15

\*Base úmida. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fígas et al (2015) avaliaram 69 acessos de tomates, para o teor de licopeno apresentou valor mínimo de 10,46 mg/kg e máximo de 98,27 mg/kg. Adalid et al (2010) avaliaram 49 acessos de tomates, apresentando grande variação no teor de licopeno de 0,5 a 271 mg/kg. Neste estudo a polpa da variedade Rasteiro apresentou maior teor de licopeno (90,48 mg/kg), seguido das variedades Longa Vida (55,40 mg/kg), Holandês (43,50 mg/kg) e Cereja (40,58 mg/kg).

O teor médio de  $\beta$ -caroteno para as polpas da variedade Holandês e Longa vida não apresentou diferença significativa (Tabela 9), havendo diferença entre as variedades Rasteiro e Cereja. Fígas et al (2015) apresentaram para  $\beta$ -caroteno valor mínimo de 4,02 mg/kg e máximo de 21,98 mg/kg, entre os 69 acessos estudados. Adalid et al (2010) apresentaram maior variação entre os 49 genótipos estudados, variando de 0,79 a 14,6 mg/kg, valores abaixo dos encontrados para as polpas, sendo a variedade Rasteiro (52,83 mg/kg) com maior teor de  $\beta$ -caroteno e a variedade Cereja (28,93 mg/kg) com o menor teor.



Essa variação entre as concentrações dos carotenoides ocorre pois o  $\beta$ -caroteno atinge sua concentração máxima antes do final do amadurecimento, à medida que o licopeno continua sendo acumulado. Com o fruto inteiramente maduro, o licopeno pode representar cerca de 90% dos carotenoides visíveis no fruto, sendo o pigmento predominante (DAVIES; HOBSON, 1981; THOMPSON, 1961; SILVA et al, 2011).

A degradação destes carotenoides também pode ser influenciadas por condições de processamento e armazenamento, fatores ambientais como oxigênio, luz e temperatura, causando a isomerização e oxidação de compostos (DEMIRAY et al, 2013). Porém, o uso de tratamentos térmicos adequados durante a preparação, como cozinhar, aquecer ou ferver não apresenta alteração significativa nos teores de licopeno, enquanto que outros antioxidantes ( $\beta$ -caroteno, tocoferol, ácido ascórbico) diminuem em função do processamento térmico (SMITH et al, 2018; ABUSHIDA et al, 2000;). Quanto ao armazenamento em temperaturas baixas, tem-se a inibição da formação de licopeno (JAVANMARDI & KUBOTA, 2006).

Diversos são os constituintes de frutas e hortaliças, e os efeitos de defensivos de antioxidantes naturais estão associados a três grupos: compostos fenólicos e ácido ascórbico, como antioxidantes hidrofílicos, e carotenoides (antioxidantes lipofílicos). A ação antioxidante pode ocorrer em diferentes formas: diminuindo a concentração de oxigênio, evitando a fase de iniciação da oxidação, quelando íons metálicos e decompondo compostos primários a componentes que não são radicais (HALLIWELL, 1996; SUCUPIRA et al, 2012).

Os compostos fenólicos são considerados os antioxidantes mais ativos nos vegetais, pois atuam combatendo radicais livres por meio da doação de um átomo de hidrogênio da sua estrutura aromática; quelando metais de transição, como  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Cu}^+$ ; interrompendo reações de propagação de radicais livres e modificando o potencial redox do meio. A quantidade de compostos fenólicos, assim como outros fitoquímicos, podem variar de acordo com a variedade, condições climáticas, tratos culturais e nível de maturação (SUCUPIRA et al, 2012; PODSEDEK, 2007).

Dentre as variedades de polpas estudadas, a polpa Cereja (45,01 mg EAG/ 100g) apresentou maior teor de compostos fenólicos (Tabela 10), enquanto a variedade Longa Vida (20,16 mg EAG/ 100g) apresentou menor quantidade de fenóis, as amostras apresentaram diferença significativa entre si ( $p < 0,05$ ). Jez et al (2018) analisaram como

a alta pressão influência no teor de compostos fenólicos de purês de quatro variedades de tomate, os purês preparados não passou pelo processo de filtragem, fazendo parte de sua composição a pele e as sementes, dessa forma apresentaram teores de compostos fenólicos para os purês sem tratamento com alta pressão variando de 225 a 348 mg EAG/100 g, valores superiores aos encontrados neste estudo. Figas et al (2015) apresentaram entre os 69 acesso de tomate estudados, teores de compostos fenólicos variando de 34,62 a 137,46 mg/100g. Ilahy et al (2011a) analisaram os compostos fenólicos de quatro variedades de tomates em diferentes estágio de maturação, em frutos verdes o teor de compostos fenólicos variou entre 11,3 a 22,5 mg EAG/100 g, e para os frutos maduros os valores variaram de 16,8 a 21,5 mg EAG/ 100g.

Ilahy et al (2011a) observaram o aumento de compostos fenólicos ao longo da maturação em uma das variedades estudadas, enquanto nas demais variedades houve decréscimo no teor de compostos fenólicos nos frutos completamente maduros, os quais obtiveram concentração máxima antes da maturação completa. Raffo et al (2002) observaram o decréscimo gradual na concentração de ácido clorogênico, um composto fenol comum em tomates, durante o processo de amadurecimento de tomate cereja Naomi. De acordo com Buta & Spaulding (1997) a variação dos níveis de compostos fenólicos podem estar associadas a diferenciação na síntese fenólicos durante a maturação dos frutos de tomate.

**Tabela 10.** Compostos Fenólicos e atividade antioxidante das polpas

Polpa	Compostos Fenólicos (mg EAG/ 100g)	ABTS ( $\mu$ M trolox/g de amostra)	DPPH (EC <sub>50</sub> g amostra/g DPPH)
H	31,62 <sup>B</sup> $\pm$ 0,78	3,64 <sup>C</sup>	9,13 <sup>D</sup>
C	45,01 <sup>A</sup> $\pm$ 0,94	2,64 <sup>D</sup>	9,72 <sup>C</sup>
LV	20,16 <sup>D</sup> $\pm$ 0,65	4,23 <sup>B</sup>	26,70 <sup>B</sup>
R	26,51 <sup>C</sup> $\pm$ 0,40	4,53 <sup>A</sup>	17,17 <sup>A</sup>

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para a capacidade antioxidante das polpas pelo método ABTS, a polpa da variedade Rasteiro (4,53  $\mu$ M trolox/g) apresentou o melhor resultado dentre as variedades, enquanto a polpa da variedade Cereja (2,64  $\mu$ M trolox/g) e da variedade Holandes (9,72), apresentaram menor capacidade antioxidante. Dessa forma é possível associar a maior capacidade antioxidante da polpa da variedade Rasteiro em relação a polpa da variedade Cereja pelo método ABTS, pois a variedade Rasteiro apresentou maiores níveis de licopeno (90,48 mg/kg) e  $\beta$ -caroteno (52,83 mg/kg), havendo a possibilidade de maior transferência da fração lipofílica para o extrato, enquanto que a

variedade Cereja apresentou menor teor dentre as variedades para licopeno (40,58 mg/kg) e  $\beta$ -caroteno (28,93), e com maior teor de os compostos fenólicos (45,01 mg EAG/100), portanto é possível associar a fração hidrofílica como um dos fatores que exercem maior influência para sua capacidade antioxidante.

De acordo com Rufino et al (2007), com a metodologia ABTS é possível medir a capacidade antioxidante de compostos tanto de natureza hidrofílica, como os compostos fenólicos, e de natureza lipofílica, como os carotenoides. Zanfini et al (2017) avaliaram a atividade antioxidante de cinco variedades de tomate quanto à fração lipofílica e hidrofílica, a fração hidrofílica foi responsável por grande parte da capacidade antioxidante total (5,21 a 8,37  $\mu$ M trolox/g ft) com valores variando de 4,73 a 7,03  $\mu$ M trolox/g ft, enquanto a fração lipofílica a capacidade antioxidante variou de 0,05 a 1,31  $\mu$ M trolox/g ft. Ilahy et al (2011b) também relataram maior influência da fração hidrofílica para a capacidade antioxidante com valores para a fração hidrofílica variando de 4,06 a 5,72  $\mu$ M trolox/g ft, e a fração lipofílica variou de 1,34 a 5,4  $\mu$ M trolox/g ft, da capacidade antioxidante total (5,39 a 10,95  $\mu$ M trolox/g ft) a fração lipofílica contribuiu de 24,8 a 50%. Kotíková et al (2011) em estudo com oito cultivares de tomate, relataram que fração lipofílica foi responsável por 17% da capacidade antioxidante total, um fator que deve ser levado em consideração é a natureza polar ou apolar do solvente utilizado, o que facilita a extração de compostos lipofílicos ou hidrofílicos.

Pelo ensaio DPPH (Tabela 10), a polpa da variedade Holandês (9,13  $EC_{50}$  g amostra/g DPPH) apresentou maior capacidade antioxidante, seguido da polpa Cereja (9,72  $EC_{50}$  g amostra/g DPPH), enquanto as polpas Rasteiro (17,17  $EC_{50}$  g amostra/g DPPH) e Longa Vida (26,70  $EC_{50}$  g amostra/g DPPH) apresentaram menor poder antioxidante, havendo diferença significativa entre as amostras. A maior capacidade antioxidante da polpa Holandês pelo método DPPH, pode estar relacionada pelo balanceamento entre suas quantidades de compostos fenólicos, licopeno e  $\beta$ -caroteno.

Sanchez-Moreno et al (2006) avaliaram a atividade antioxidante pelo método DPPH de sucos de tomates, e observaram a correlação entre a capacidade antioxidante da fração aquosa ter forte relação com compostos hidrofílicos (compostos fenólicos e ácido ascórbico), enquanto que a fração orgânica apresenta correlação com compostos lipofílicos (licopeno e  $\beta$ -caroteno). Četković et al (2012) apresentaram pelo método DPPH a relação da capacidade antioxidante pela fração hidrofílica e lipofílica de resíduos de seis genótipos de tomate, em que composto hidrofílicos são responsáveis pela

capacidade antioxidante da fração aquosa dos extrato, nesse estudos analisaram compostos fenólicos e concluíram que a atividade antioxidante não está relacionada à apenas um composto ou classe de fenólicos, e sim no conjunto e sinergismo entre eles; Savatović et al (2013) em continuação do estudo de Četković et al (2012), apresentaram para a fração lipofílica, que o licopeno e  $\beta$ -caroteno são os principais compostos que apresentam correlação com a atividade antioxidante. Savatović et al (2012) constataram que compostos hidrofílicos e lipofílicos apresentam diferentes ações cinéticas antirradicais, podendo ser consideradas rápidas, como a vitamina C, ou intermediários ou lentos, como os carotenoides. Portanto, pode-se considerar que o conjunto, a interação e a cinética dos componentes presentes nas polpas contribuíram na atividade antioxidante de forma particular entre as variedades.

Figas et al (2015) analisaram diferentes cultivares de tomate, sendo possível observar o contraste entre as quantidades e características de cada grupo de tomate estudado, havendo intercorrelações entre matéria seca, solúvel sólidos, acidez titulável e índice de sabor, e também correlação positiva com  $\beta$ -caroteno, ácido ascórbico e fenólicos totais, fazendo-se a associação de que os grupos que apresentaram melhores características relacionada ao sabor, também apresentaram alto conteúdo em compostos bioativos e atividade antioxidante.

A cor é um parâmetro que assume papel relevante na escolha de alimentos, o consumidor associa certas características de cor com o produto fresco e saudável. Em tomates e seus subprodutos, a cor assume atribuições para critério de qualidade total. Os pigmentos responsáveis pela coloração de tomates e seus derivados são o licopeno (coloração vermelha) e  $\beta$ -caroteno (coloração vermelho-alaranjado) (ROSA et al, 2011; REIS, 2016). Os parâmetros de cor para as polpas são apresentados na Tabela 11.

**Tabela 11.** Valores médios da cor das quatro variedades de polpa

Polpa	L	a*	b*	C	H
H	40,46 <sup>D</sup> ± 0,20	40,00 <sup>A</sup> ± 0,24	17,19 <sup>D</sup> ± 0,27	43,54 <sup>A</sup> ± 0,33	27,51 <sup>B</sup> ± 0,17
C	46,83 <sup>B</sup> ± 0,25	35,42 <sup>B</sup> ± 0,56	18,90 <sup>C</sup> ± 0,48	40,15 <sup>B</sup> ± 0,73	28,07 <sup>B</sup> ± 0,34
LV	50,32 <sup>A</sup> ± 0,68	28,76 <sup>C</sup> ± 0,48	24,53 <sup>A</sup> ± 0,25	37,80 <sup>C</sup> ± 0,39	42,24 <sup>A</sup> ± 0,53
R	42,34 <sup>C</sup> ± 0,44 <sup>C</sup>	39,62 <sup>A</sup> ± 0,18	20,63 <sup>B</sup> ± 0,29	44,67 <sup>A</sup> ± 0,21	23,26 <sup>C</sup> ± 0,32

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Com relação a luminosidade, a polpa da variedade Longa vida apresentou-se mais clara (50,32) que as demais polpas, todas as variedades foram distintas entre si. Antunes

et al (2013) para o tomate *in natura* obtiveram luminosidade de 47,60. Rosa et al (2011) para 4 acessos de tomate a luminosidade das amostras variou de 38,1 a 44,34, e Costa et al (2017) apresentaram para as polpas de tomate valores entre 44,66 a 95,70.

A polpa da variedade Holandês e da variedade Rasteiro apresentaram maior coloração vermelha, observando através dos valores médio de  $a^*$ , não diferindo entre si, apresentando valores de 40 e 39,62, respectivamente. As variedades Cereja e Longa vida apresentaram menor tom vermelho, quando comparadas as demais, sendo esses valores 35,42 e 28,76, respectivamente, se diferenciando estatisticamente das demais polpas. Breska III et al (2015) avaliaram 10 fenótipos de tomate, obtiveram valores variando de 29,29 a 40,95 para o parâmetro  $a^*$  entre as cultivares estudadas. Rosa et al (2011) em estudo com 4 acessos de tomate em cultivo orgânico, obtiveram variação de  $a^*$  em 16,03 a 21,84 para a coloração da polpa. Sanchez-Moreno et al (2006) avaliando sucos de tomates, apresentaram valores para o parâmetro  $a^*$  variando de 16,89 a 30,93.

Para a cromaticidade  $b^*$ , a polpa Longa vida apresentou maior valor (24,53) e a polpa Holandês menor valor (17,19) (Tabela 11), havendo diferença estatística entre as amostras, as variedades Cereja (18,90) e Rasteiro (20,63) apresentaram valores intermediários, os resultados obtidos se assemelham aos encontrados por outros autores. Rosa et al (2011) obtiveram valores de  $b^*$  para as polpas variando de 15,68 a 21,1; enquanto Sanchez-Moreno et al (2006) apresentaram valores variando de 15,70 a 22,07. Costa et al (2017) obtiveram valores menores para  $b^*$ , variando de 0,82 a 17,23.

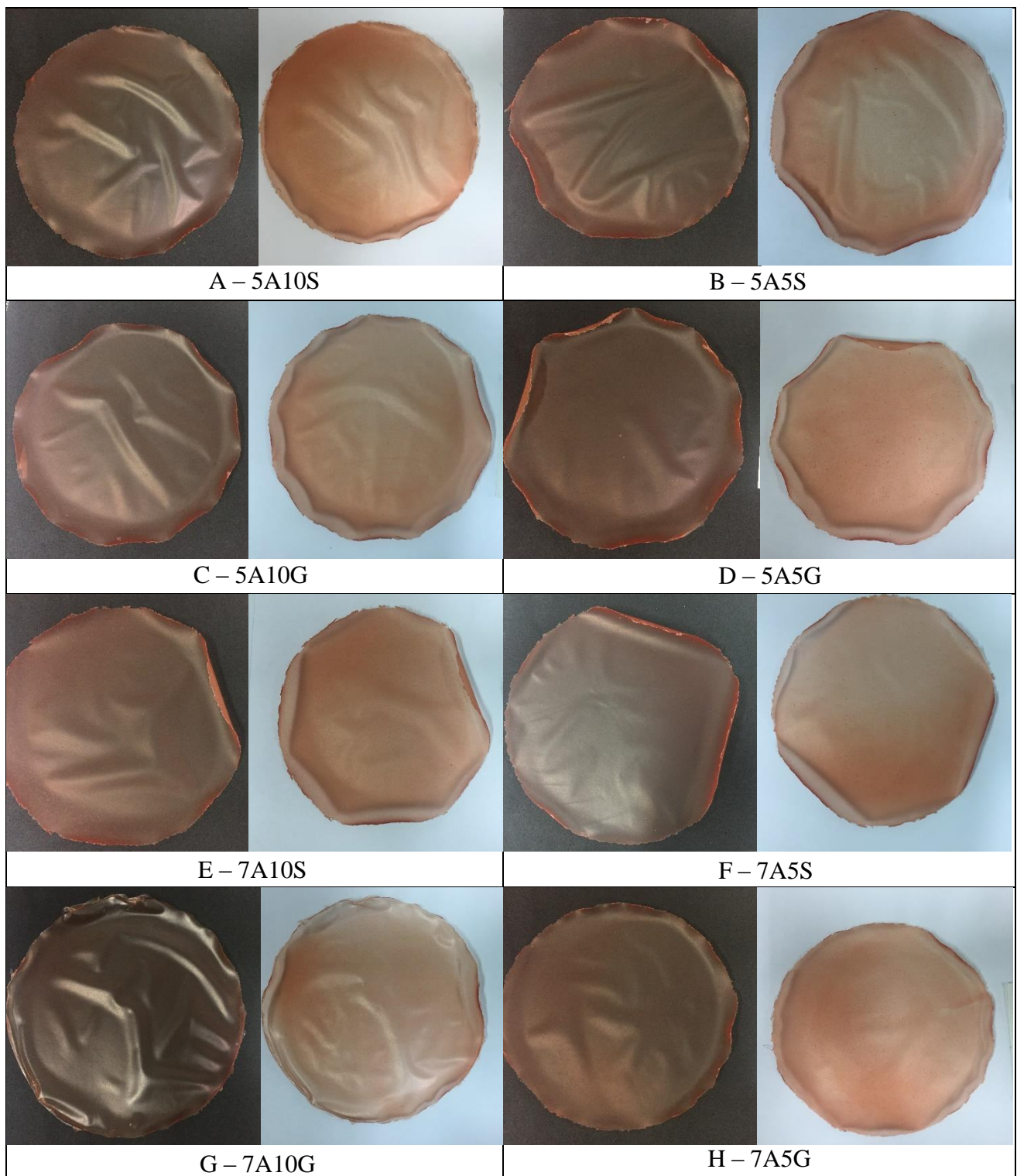
O croma (C) (Tabela 11) indica a saturação ou pureza da cor, sendo ela mais forte (100) ou mais fraca (0), de acordo com os valores, a polpa da variedade Rasteiro (44,67) e da variedade Holandês, apresentaram coloração com maior saturação, não apresentando diferença estatística entre si. As polpas Cereja (40,15) e Longa vida (37,80) apresentaram menor saturação, os valores encontrados foram superiores aos obtidos por outros autores. Sanches-Moreno (2006) obtiveram valores para croma (C) variando de 24,61 a 34,7 para os sucos de tomate. São José et al (2018) em tomates da variedade cereja obtiveram valores para (C) de 31,05 a 33,98.

O Ângulo de tonalidade (h) indica a coloração das amostras, em que valores mais próximos de  $0^\circ$  (vermelho puro) indicam tonalidades mais fortes de vermelho, e  $90^\circ$  representa o amarelo puro (PRECZENHAK et al, 2014). As polpas Holandês (27,51), Cereja (28,07) e Rasteiro (23,26) indicam colorações bem próximas ao vermelho (Tabela

11), sendo que as duas primeiras não diferem entre si, enquanto a polpa da variedade Longa vida (42,24) indica coloração próxima ao vermelho alaranjado. Sanchez-Moreno et al (2006) para o ângulo de tonalidade apresentou valores variando entre 26,92 a 50,72 para os sucos de tomate avaliados. São José et al (2018) apresentaram valores de 55,17 a 57,98 para tomates da variedade cereja.

## **7.2. Obtenção e Aspecto Visual dos Filmes**

Através dos resultados obtidos na caracterização das polpas, a variedade de tomate selecionado para a elaboração dos filmes foi o rasteiro, a qual apresentou maiores teores de licopeno e  $\beta$ -caroteno (90,48  $\mu\text{g/g}$  e 52,83  $\mu\text{g/g}$ ), o ângulo de tonalidade mais próximo ao vermelho (23,26), contém compostos fenólicos (26,51 mg EAG/ 100g), obteve capacidade antioxidante (4,53  $\mu\text{M}$  trolox/g de amostra e 17,17 EC50 g amostra/g DPPH) e a relação SS/AT (10,25) de acordo com o considerado ideal ( $\geq 10$ ). Foi possível obter filmes a partir da polpa de tomate rasteiro e amido de araruta. A concentração de plastificante utilizado foi menor quando comparados a outros filmes elaborados com amido de araruta encontrados na literatura, isso deve-se ao fato dos demais componentes existentes na polpa do tomate que foram incorporados a matriz filmogênica, provocando uma necessidade menor de plastificante no filme. Os filmes produzidos (Figura 6), independentemente do tipo e concentração do plastificante utilizado, apresentaram-se visualmente homogêneos, com ausência de rupturas e zonas de rupturas, ausência de bolhas e partículas insolúveis. A coloração dos filmes manteve-se entre as formulações, os filmes que aparentavam menor espessura apresentaram coloração mais clara a olho nu. Quanto aos aspectos táteis, todas as formulações apresentaram ótima manuseabilidade, sendo facilmente retirados dos suporte após a secagem. Nogueira et al (2018) elaboraram filmes com amido de araruta, apresentando filmes de ótima qualidade nos aspectos visuais, por ser um filme que utilizaram como solvente água destilada, estes se mostraram transparentes e inodoros. A utilização da polpa de tomate como solvente, influenciou em características como cor e odor dos filmes.



**Figura 6.** Imagem fotográfica de filmes elaborados com amido de araruta e polpa de tomate rasteiro, em fundo branco e fundo negro

### 7.3. Espessura

O controle de espessura das amostras foi realizada por meio do volume de solução adicionada nas placas de acrílico. Dessa forma há uma variação na espessura dos filmes com relação a concentração de amido e de plastificante utilizados. As soluções filmogênicas contendo 5% de amido apresentaram-se menos espessas comparadas as formulações contendo 7% de amido (Tabela 12), a concentração de plastificante utilizado, independente do plastificante utilizado, não influenciou a espessura dos filmes, já alterar de 5 para 7%, a concentração da macromolécula, influenciou de maneira significativa todas as composições.

Assis et al (2017) produziram filmes com amido de mandioca incorporados com nanocápsulas de licopeno, a espessura dos filmes variou entre 0,119 mm a 0,152 mm, em que o aumento na concentração de nanocápsulas contribuiu para o aumento da espessura. Singh et al (2018) com os filmes elaborados com alginato de sódio, caseína e purê de tomate, obtiveram filmes com espessura variando de 0,101 a 0,184 mm. Nogueira et al (2019) com os filmes de amido de araruta incorporados com polpa de amora, também observaram o aumento da espessura de aproximadamente 0,098 mm para em torno de 0,135 mm, conforme houve o aumento da concentração de polpa utilizada.

A espessura dos filmes (Tabela 12) variaram de 0,128 a 0,168 mm, os filmes contendo mesmo teor de amido não apresentaram diferença significativa entre si. Sendo importante ressaltar que a espessura apresentada pelos filmes é diretamente influenciada pela composição, quantidade de sólidos na solução filmogênica, volume de solução aplicada sobre a superfície de secagem, a retratibilidade da matriz polimérica e cinética de secagem (SINGH et al, 2018; NOGUEIRA et al,2019).

**Tabela 12.** Espessura dos filmes elaborados com polpa de tomate rasteiro

Amostra	Espessura (mm)
5A5S	0,139 <sup>C</sup> ± 0,01
5A10S	0,148 <sup>BC</sup> ± 0,01
5A5G	0,128 <sup>DC</sup> ± 0,01
5A10G	0,138 <sup>C</sup> ± 0,02
7A5S	0,161 <sup>A</sup> ± 0,02
7A10S	0,170 <sup>A</sup> ± 0,03
7A5G	0,167 <sup>A</sup> ± 0,01
7A10G	0,168 <sup>A</sup> ± 0,02

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.



#### 7.4. Solubilidade em água

A solubilidade em água de materiais biodegradáveis feitos a partir de biopolímeros naturais é um fator importante para definir as potenciais aplicações do material elaborado. Em filmes à base de amido, a insolubilidade e a resistência a água podem ser essenciais para que a embalagem garanta a integridade do produto. De outra perspectiva, a solubilidade do material em fase aquosa pode ser conveniente em aplicações para revestimentos ou encapsulação de materiais (BASIAK et al, 2017; SHEN et al, 2010). A solubilidade dos filmes é vantajosa quando o filme pode ser consumido juntamente com o produto embalado.

De acordo com Basiak et al (2017), alguns fatores podem influenciar na solubilidade de materiais, como o conteúdo de amilose, a origem do amido e o grupo de substituição no caso de amidos modificados. Havendo a relação, quanto maior o teor de amilose, maior a solubilidade. Os filmes com amidos de batata, trigo e milho, utilizando água destilada como solvente, apresentaram solubilidade em água em torno de 14,52%, 30,16% e 44,76%, respectivamente. Nogueira et al (2018) com a elaboração de filmes com amido de araruta utilizando água como solvente e glicerol como plastificante, obtiveram solubilidade em água variando de 6,46 a 16,71% para os filmes. Daza et al (2018) utilizando amido de ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas), água destilada e glicerol como plastificante, obtiveram solubilidade variando de 16,6 a 24,0% para os filmes.

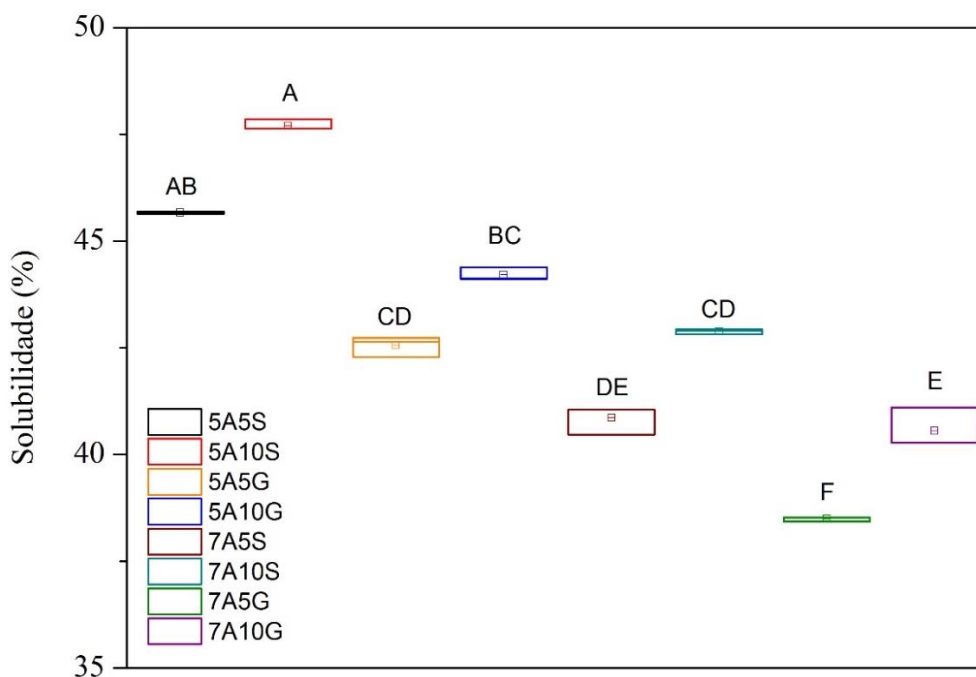
A adição de polpas de frutas na elaboração de filmes pode influenciar em determinadas características da matriz polimérica formada, diferenciando-a de materiais elaborados apenas utilizando água como solvente. As polpas apresentam características de sua fruta de origem, portanto em menores quantidades podem conter proteínas, lipídeos e açúcares, essas estruturas podem ser incorporadas durante a formação dos filmes, interrompendo e promovendo a descontinuidade da matriz polimérica (NOGUEIRA et al, 2019; BUENO et al, 2002).

Azeredo et al (2016) elaboraram filmes de pectina adicionados de suco de romã, e observaram que ao aumentar a relação suco de romã/água de 0/100 a 100/0 resultou no decréscimo da matéria insolúvel de 35% para 24%, ou seja, a adição do suco de romã aumentou a solubilidade dos filmes de pectina. Nogueira et al (2019) com filmes de amido elaborados com polpa de amora, observaram o aumento da solubilidade dos filmes conforme o aumento da proporção de polpa utilizada, em comparação aos filmes sem adição de polpa, com a solubilidade variando de aproximadamente 15% para cerca de

25%. Singh et al (2018) elaboraram filmes com alginato de sódio acrescentando diferentes proporções de caseína e purê de tomate, os resultados foram analisados por meio de superfícies de resposta, indicando que a adição de purê de tomate aumentou a solubilidade dos filmes, a diminuição no pH da solução por conta do purê de tomate diminuiu a coesão dos filmes resultando em uma matriz polimérica mais fraca, com solubilidade variando de 74,62 a 79,60%.

A solubilidade dos filmes (Figura 7) variou de 38,09 a 47,70%. Os filmes contendo menor concentração de amido (5%) apresentaram-se mais solúveis comparados aos filmes contendo 7% de amido, não houve diferença significativa entre as amostras 5A5G e 7A10S, que apresentaram maior solubilidade quando comparadas as demais. Antoniou et al (2014) estudaram o efeito do glicerol e sorbitol como plastificantes, variando suas proporções de 0,075 a 0,300 g/g. Os níveis de solubilidade para os filmes que continham glicerol variaram de 14,37 a 32,40%, enquanto pra o sorbitol a solubilidade variou de 13,62 a 34,16%, apresentando solubilidade semelhantes.

Outro detalhe que pode ser observado é o fator plastificante, os filmes adicionados de glicerol demonstraram menor solubilidade em relação aos filmes plastificados com sorbitol. Além da variação na concentração de amido e plastificante, a adição de polpa de tomate contribuiu para o aumento na solubilidade dos filmes.



**Figura 7.** Solubilidade em água dos filmes à base de polpa de tomate rasteiro

A variabilidade na solubilidade pode ser atribuída ao nível de interligações e interações moleculares entre os compostos presentes na solução do filme, um exemplo são os açúcares presentes na polpa de tomate que atuam como plastificantes. A incorporação de plastificantes modifica as interações entre as macromoléculas, resultando no aumento do volume livre do sistema e na mobilidade das cadeias, de forma que a rede se torne menos densa permitindo a permeação de água na estrutura, e conseqüentemente aumentando a solubilização dos filmes (SINGH et al, 2018; NOGUEIRA et al, 2019).

### **7.5.Opacidade dos filmes**

O desenvolvimento de embalagens opacas e/ou adição de compostos que absorvem luz no espectro UV-Vis, tem como objetivo evitar a oxidação e degradação de componentes nutricionais, a luz apresenta efeito catalisador para esses processos. A propriedade de barreira a luz está associada à cor e opacidade dos filmes (SILVA-WEISS et al, 2013)

A opacidade em filmes de amido, pode variar em função do teor de amilose dos amidos, a linearidade da molécula e sua tendência a orientar-se paralelamente, faz com a distância entre as moléculas sejam próximas o suficiente para formarem pontes de hidrogênio entre as hidroxilas de cadeias adjacentes. A redução da afinidade do polímero pela água propicia a formação de pastas opacas e filmes resistentes. A concentração de lipídeos e cinzas do amido utilizado também podem influenciar na opacidade dos filmes formados. A espessura dos filmes apresenta relação com a opacidade em filmes, em que o aumento da espessura resulta no aumento da opacidade. Deve-se considerar o processo de gelatinização do amido, em que a mudança na coloração ocorre devido a perda da estrutura e cristalinidade dos amidos, e adição de outros componentes favorecem a mobilidade das cadeias de amido (FAKHOURI et al, 2007; MALI et al, 2004, SILVA et al, 2007; SIGH et al, 2018).

Neste estudo, o aspecto visual e a opacidade dos filmes foram fortemente influenciadas pelos compostos presentes na polpa de tomate que caracterizam sua coloração, licopeno (pigmento vermelho) e  $\beta$ -caroteno (pigmento vermelho-alaranjado), quando comparados a filmes elaborados apenas com amido de araruta. A opacidade (Tabela 13) entre as amostras variou de 50,78 a 53,76%, ambas contendo 7% de amido e plastificadas com glicerol. O filme 7A5G (50,78%) diferiu da amostra 7A10G (53,76%)

que mostrou-se mais opaca quando comparada a plastificada com 5% de glicerol, ambas porem não diferiram das demais amostras estudadas.

**Tabela 13.** Opacidade dos filmes elaborados com polpa de tomate rasteiro

<b>Amostra</b>	<b>Opacidade (%)</b>
<b>5A5S</b>	51,1 <sup>AB</sup> ± 1,03
<b>5A10S</b>	53,50 <sup>AB</sup> ± 1,05
<b>5A5G</b>	51,87 <sup>AB</sup> ± 0,92
<b>5A10G</b>	52,38 <sup>AB</sup> ± 0,77
<b>7A5S</b>	52,77 <sup>AB</sup> ± 0,35
<b>7A10S</b>	51,49 <sup>AB</sup> ± 0,50
<b>7A5G</b>	50,78 <sup>B</sup> ± 0,61
<b>7A10G</b>	53,76 <sup>A</sup> ± 0,75

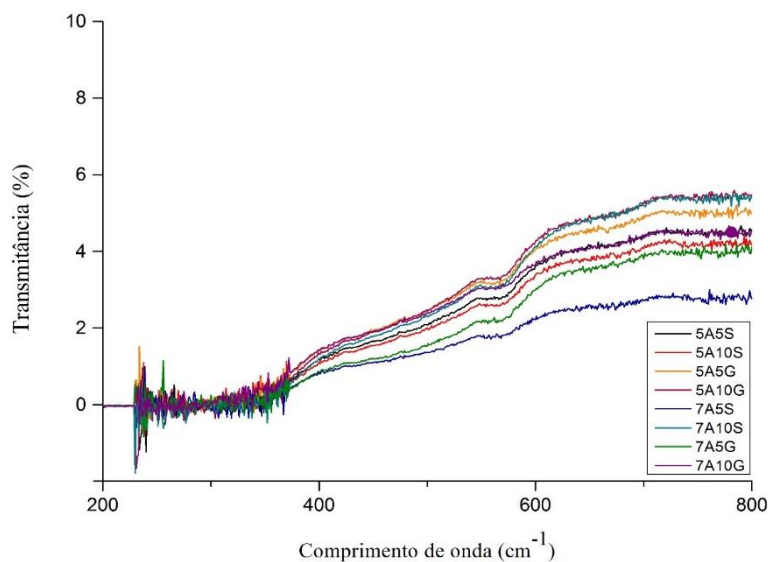
Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Dessa forma a adição de polpas e/ou extratos de frutas ou vegetais podem ser utilizados em filmes como forma de melhorar as propriedades de barreiras à luz. Rao et al (2010) demonstraram a relação entre opacidade e transparência como sendo inversamente proporcionais, ou seja, quanto menor a opacidade maior a transparência. Nogueira et al (2019) com a adição de proporções de amora apresentaram como resultado filmes coloridos e menos transparentes comparados aos filmes sem polpa de amora. Singh et al (2018) com a incorporação de polpa de tomate apresentaram filmes com transparência variando de 15,64 a 84,18%. Os resultados de opacidade dos filmes elaborados com polpa de tomate indicam potencial para serem utilizados como barreira à luz, evitando reações de fotoxidação e degradação de nutrientes fotossensíveis.

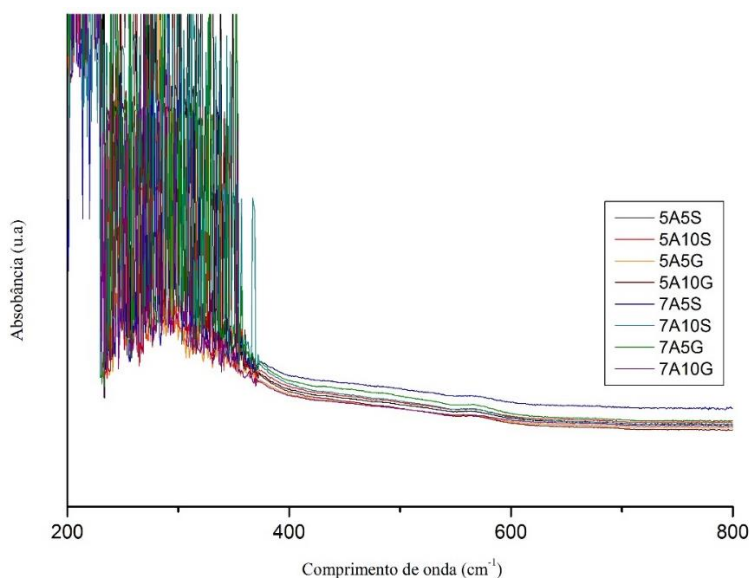
## **7.6. Transmitância UV-Vis**

A transmissão de luz e a opacidade dos filmes são fatores críticos para a aplicação como embalagens, principalmente se forem aplicados sobre a superfície de um alimento. A barreira à luz é medida em termos da transmissão de luz ultra violeta (UV) ou visível, sendo expressa em porcentagem de transmissão em uma faixa de comprimentos de onda, quanto maior o valor de transmitância, menor a opacidade dos filmes, e conseqüentemente a luz pode se tornar um agente catalisador de reações de oxidação e degradação de alimentos (PAREDA et al, 2014; SARANTÓPOULOS et al, 2002; SILVA-WEISS et al, 2013).

A transmissão de luz na faixa de 200-800 nm dos filmes elaborados com polpa de tomate são apresentados na Figura 8. A transmissão de luz na faixa 200-380 nm dos filmes ficaram entre os valores de 0 e 1%, este resultado indica alta absorção de luz UV condizente com a Figura 9. A partir de 380 nm têm-se um aumento na transmissão de luz e decréscimo da absorbância.



**Figura 8.** Transmitância UV-Vis para os filmes elaborados com polpa de tomate rasteiro



**Figura 9.** Absorbância UV-Vis para os filmes elaborados com polpa de tomate rasteiro

Os baixos valores de transmitância dos filmes com polpa de tomate podem ser atribuídos à cor e opacidade que apresentam, correlacionado ao teor de licopeno,  $\beta$ -caroteno e outros compostos bioativos presente na polpa. Compostos orgânicos geram

cor e podem absorver radiação UV, atuando como agentes antioxidantes de forma a reduzir a quantidade de UV disponível para as reações de oxidação (GONÇALVES et al, 2003; SILVA-WEISS et al, 2013).

Na região visível (Tabela 14) no comprimento de onda de 500 nm, houve diferença significativa entre as amostras, o filme 7A5S (1,36%) apresentou menor transmitância, enquanto os filmes 5A5G (2,45%), 5A10G (2,44%) e 7A10G (2,40%) apresentaram maior transmitância. Para 600 nm houve diferença significativa entre as amostras, a formulação 7A5S (2,22%) apresenta menor transmitância, e os filmes 5A10G (4,26%) e 7A10S (4,11%), apresentaram maior transmitância.

**Tabela 14.** Transmitância na região visível (500 e 600 nm) dos filmes à base de tomate rasteiro

Amostra	Transmitância (%)	Transmitância (%)
	500 nm	600 nm
5A5S	2,08 <sup>C</sup>	3,63 <sup>C</sup>
5A10S	1,99 <sup>D</sup>	3,39 <sup>D</sup>
5A5G	2,45 <sup>A</sup>	4,04 <sup>B</sup>
5A10G	2,44 <sup>A</sup>	4,26 <sup>A</sup>
7A5S	1,36 <sup>F</sup>	2,22 <sup>F</sup>
7A10S	2,32 <sup>B</sup>	4,11 <sup>A</sup>
7A5G	1,53 <sup>E</sup>	3,00 <sup>E</sup>
7A10G	2,40 <sup>A</sup>	3,65 <sup>C</sup>

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Valero (2017) elaborou filmes com duas variedades de grãos canihua, sendo a extração da farinha realizada em meio neutro e meio alcalino, a transmitância dos filmes em 500 nm variou entre 15 a 25,64 %, sendo os valores atribuídos aos teores de proteínas, lipídios, compostos fenólicos e antioxidantes presente na farinha. Lucena et al (2017) elaboraram filmes à base de xilana e xilana/gelatina, para a transmitância dos filmes na região visível no comprimentos de onda de 500nm, os valores variaram de 33,46 a 74,5%, no comprimento de onda de 600 nm a transmitância variou de 45,58 a 82,28%, sendo valores superiores aos encontrados neste estudo. Dessa forma, a adição de polpa de tomate na elaboração dos filmes apresentou resultados promissores nas propriedades de barreira a luz, em que os compostos presentes na polpa podem ter atuado como agentes antioxidantes, promovendo a baixa transmissão de luz dos filmes.

### 7.7. Permeabilidade ao vapor de água (PVA)

A permeabilidade ao vapor de água dos filmes nas diferentes proporções de amido e plastificante são apresentados na Tabela 15, onde os valores variaram de 0,70 até 1,08 gmm/m<sup>2</sup>hKPA. De um modo geral, os filmes contendo glicerol se mostraram mais permeáveis ao vapor de água quando comparados ao sorbitol, a amostra 7A10G (1,08) apresentou maior permeabilidade ao vapor de água, e a amostra 5A10S (0,71 gmm/m<sup>2</sup>hKPA) menor valor para PVA. Esse resultado é devido ao fato do glicerol ser mais higroscópico que o sorbitol, ou seja, apresenta maior afinidade com água, sendo facilmente incorporada à matriz polimérica (MALI et al, 2005). Observando os resultados de cada concentração de amido, o aumento da concentração do plastificante na mistura so mostrou diferença significativa para as amostras contendo 7% de amido, plastificadas com glicerol. Já o aumento da concentração da macromolécula (de 5 para 7%) provocou um aumento no valor de PVA das amostras contendo 10% de plastificante (sorbitol ou glicerol).

A PVA pode ser influenciada pela adição de plastificante que atuam modificando as interações entre as macromoléculas, aumentando o volume livre do sistema, e conseqüentemente resulta no aumento da mobilidade das cadeias, a rede torna-se menos densa, o que facilita a permeação em sua estrutura. Além disto, os açúcares prevalentes nas frutas podem atuar como agentes plastificantes em filmes à base de frutas (BERGO et al, 2008; MCHUG et al, 1996).

**Tabela 15.** Permeabilidade ao vapor de água (Pva, 25°C) dos filmes à base de tomate rasteiro

Amostra	Permeabilidade ao vapor de água (gmm/m <sup>2</sup> hKPA)
5A5S	0,76 <sup>DE</sup> ± 0,05
5A10S	0,71 <sup>E</sup> ± 0,07
5A5G	0,89 <sup>BC</sup> ± 0,05
5A10G	0,99 <sup>CB</sup> ± 0,02
7A5S	0,87 <sup>BCD</sup> ± 0,03
7A10S	0,81 <sup>CD</sup> ± 0,06
7A5G	0,82 <sup>CD</sup> ± 0,06
7A10G	1,08 <sup>A</sup> ± 0,05

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

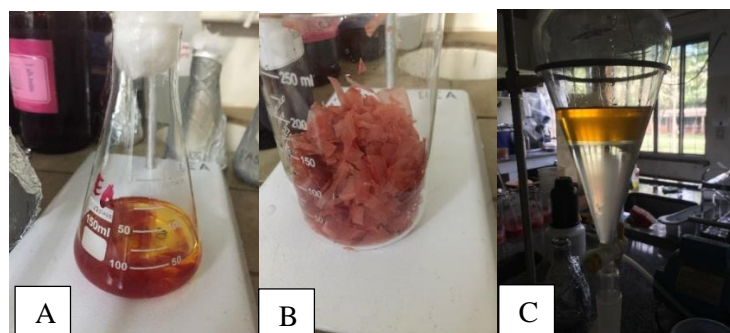
O efeito plastificante dos açúcares presentes nas polpas de frutas quando adicionado as filme poliméricos são relatados em alguns estudos. Azeredo et al (2016) observaram que o aumento da relação suco de romã/água de 0/100 a 100/0 em filmes de pectina resultou no aumento da permeabilidade ao vapor de água de 3,12 para 9,49 gmm/m<sup>2</sup>hKPA. Nogueira et al (2019) observaram o aumento da permeabilidade ao vapor com a adição de diferentes concentrações de polpa de amora a filmes de araruta, e que isso ocorreu devido a incorporação de componentes da polpa (compostos bioativos, lipídeos, proteínas, açúcares, entre outros) promoveram a descontinuidade da matriz polimérica. O mesmo foi observado por Singh et al (2018), a medida que diminuíram a concentração de purê de tomate a permeabilidade ao vapor de água foi reforçada.

### **7.7. Licopeno e $\beta$ -Caroteno**

As formulações mostraram a presença de licopeno e  $\beta$ -Caroteno, indicando que a temperatura de processamento foi adequada para manter parte dos compostos existentes na polpa. O conteúdo de licopeno e  $\beta$ -Caroteno para a polpa, no entanto, apresentou-se superior comparado aos filmes. Este fato está relacionado com as interações intermoleculares entre a polpa e o amido durante os processos de gelificação e secagem dos filmes, ocorrendo o encapsulamento de compostos, e conseqüentemente a diminuição da taxa de liberação dos pigmentos na solução extratora, não havendo a extração total de pigmentos. O amido é um agente encapsulante e na encapsulação diversos mecanismos podem acionar este processo, como mudança de pH, temperatura, estresse mecânico, força osmótica, entre outras (COOK et al, 2012).

A extração de compostos também apresentam relação com a solubilidade dos filmes, em que o solvente utilizado para a solubilização pode ser um fator limitante (Figura 10). Quando as forças moleculares favorecem o estado da substâncias separadas, têm-se a limitação da dissolução. Dessa forma, solventes polares tendem a solubilizar substâncias polares e solventes apolares tendem a solubilizar substâncias apolares. A disposição e a interações como as ligações de hidrogênio e forças de Van der Waals também são relevantes, pois moléculas que apresentam forças intermoleculares semelhantes, tendem a se solubilizar (EBBING, 1996).





**Figura 10.** Extração de pigmentos dos filmes (A); Resíduo da extração (B); Obtenção de pigmentos (C)

A relação que podemos observar (Tabela 16) entre os teores de licopeno e  $\beta$ -Caroteno nos filmes, é o aumento na quantidade de compostos extraídos de acordo com o aumento na concentração de plastificante. Entre as amostras de 5% de amido e 5% de plastificante não houve diferença significativa, o mesmo foi observado nas amostras contendo 7% de amido e 5% de plastificante, havendo diferença entre as amostras que contém 10% de plastificante. Portanto, a maior quantidade de compostos foi extraída nas amostras contendo maior concentração de plastificante, podendo estar relacionado à maior mobilidade da cadeia pelo efeito açúcares da polpa + plastificante, apresentando portanto maior solubilidade. Os valores para licopeno entre as formulações variaram de 198,88 a 342,12 ( $\mu\text{g}/\text{g ms}$ ), e para  $\beta$ -Caroteno variaram entre 151,09 a 201,19( $\mu\text{g}/\text{g ms}$ ), havendo diferença significativa entre as amostras.

**Tabela 16.** Teores de licopeno e  $\beta$ -Caroteno para os filmes comestíveis à base de tomate rasteiro

Amostra	Licopeno ( $\mu\text{g}/\text{g ms}$ )	$\beta$ -Caroteno( $\mu\text{g}/\text{g ms}$ )
5A5S	202,07 <sup>F</sup> $\pm$ 0,04	151,09 <sup>H</sup> $\pm$ 0,09
5A10S	219,33 <sup>D</sup> $\pm$ 0,68	201,19 <sup>B</sup> $\pm$ 0,02
5A5G	198,88 <sup>G</sup> $\pm$ 0,07	160,83 <sup>G</sup> $\pm$ 0,12
5A10G	247,51 <sup>C</sup> $\pm$ 0,28	176,19 <sup>E</sup> $\pm$ 0,12
7A5S	209,44 <sup>E</sup> $\pm$ 0,20	198,26 <sup>C</sup> $\pm$ 0,07
7A10S	305,64 <sup>B</sup> $\pm$ 0,10	223,58 <sup>A</sup> $\pm$ 0,06
7A5G	210,26 <sup>E</sup> $\pm$ 0,15	168,24 <sup>F</sup> $\pm$ 0,07
7A10G	342,12 <sup>A</sup> $\pm$ 0,19	193,6 <sup>D</sup> $\pm$ 0,06

Ms: matéria seca; médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Colivet e Carvalho (2017) analisaram a energia superficial de filmes elaborados com amido de mandioca, em que a energia superficial determina as possíveis interações de uma superfície sólida com outros biomateriais e também podem relacionar com

características de molhabilidade e adesão. Os filmes elaborados com amido de mandioca nativo apresentaram energia superficial superior aos filmes de amido modificado, e mostraram-se mais polares devido a quantidade de grupos hidroxilas disponíveis na superfície, conseqüentemente apresentou maior capacidade de interação com o meio aquoso. De acordo com Davanço (2007), filmes elaborados com polissacarídeos devido sua polaridade apresentam afinidade com a água.

Dessa forma, a baixa extração dos compostos (licopeno e b-caroteno) dos filmes pode estar associada a diferença de polaridade entre os filmes de amido, que apresentam fração polar, com o tipo de solvente utilizado para a extração, sendo a acetona um solvente apolar.

### 7.8. Compostos fenólicos e Flavonoides

Os compostos fenólicos contribuem para as características organolépticas de frutas e vegetais, os níveis significativos destes compostos biologicamente ativos são responsáveis pela ação antioxidante, atuando como agentes redutores, doadores de hidrogênio e inativadores de oxigênio. A divisão dos compostos fenólicos corresponde entre flavonoides e não flavonoides; os flavonoides é o maior grupo, representando mais da metade do total de polifenóis (BALASUNDRAM et al, 2006; HARBORNE & WILLIAMS, 2000).

A concentração de compostos da polpa no processo de secagem dos filmes, apresenta relação direta com os resultados para compostos fenólicos e flavonoides dos filmes (Tabela 17), outro fator que deve ser levado em consideração é o balanço entre as polaridades dos filmes e do solvente utilizado (metanol 50% e acetona 70%), permitindo a solubilidade parcial dos filmes, o que permitiu a liberação dos compostos.

**Tabela 17.** Compostos fenólicos e flavonoides para os filmes comestíveis à base de tomate rasteiro

	Fenólicos (mg EAG/kg ms)	Flavonoides (mg EQ/kg ms)
<b>5A5S</b>	2619,6 <sup>AB</sup> ± 76,8	691,5 <sup>B</sup> ± 7,3
<b>5A10S</b>	2581,4 <sup>AB</sup> ± 50,8	718,4 <sup>AB</sup> ± 16,0
<b>5A5G</b>	2761,2 <sup>A</sup> ± 31,3	691,9 <sup>B</sup> ± 4,6
<b>5A10G</b>	2447,4 <sup>B</sup> ± 22,5	733,2 <sup>A</sup> ± 10,0
<b>7A5S</b>	2130,1 <sup>C</sup> ± 93,6	592,8 <sup>C</sup> ± 16,7
<b>7A10S</b>	1984,5 <sup>C</sup> ± 26,5	592,4 <sup>C</sup> ± 10,0
<b>7A5G</b>	2138,8 <sup>C</sup> ± 56,3	733,4 <sup>A</sup> ± 9,0
<b>7A10G</b>	2059,3 <sup>C</sup> ± 23,6	691,89 <sup>B</sup> ± 15,4

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para o resultado de compostos fenólicos, os filmes contendo 5% de amido apresentaram diferença significativa entre si, apresentando valores superiores aos obtidos pelos filmes contendo 7% de amido, que não apresentaram diferença significativa entre si, enquanto que para flavonoides os resultados não apresentam uma relação direta entre o teor de amido. As quantidades de compostos fenólicos e flavonoides indicam capacidade antioxidante dos filmes.

### 7.9. Atividade antioxidante (ABTS e DPPH)

A atividade antioxidante total (ATT) de um alimento pode ser maior ou menor que a soma da atividade antioxidante de cada composto, além disso a ATT modifica-se substancialmente com a concentração dos extratos e solventes utilizados, o que dificulta a comparação entre os estudos (ABREU & BARCELOS, 2015).

Os filmes quando comparados a polpa apresentaram maior capacidade antioxidante, devido a concentração de compostos durante o processo de secagem dos filmes (Tabela 18). De acordo com Gómez-Estaca et al (2009) e Shojaee-Aliabadi et al (2013) a capacidade antioxidante é proporcional à concentração de compostos antioxidantes presente nos filmes. Dessa forma, os filmes por serem elaborados com polpa de tomate, que contém compostos fenólicos,  $\beta$ - caroteno e licopeno em sua composição, é esperável uma boa capacidade antioxidante dos filmes.

**Tabela 18.** Capacidade antioxidante da polpa e dos filmes comestíveis à base de tomate rasteiro

	ABTS ( $\mu\text{M}$ trolox/g de amostra)	( $\text{EC}_{50}$ g amostra/g DPPH)	$\text{EC}_{50}$ (mg/mL)
<b>5A5S</b>	15,41 <sup>BC</sup> $\pm$ 0,41	7,07 <sup>D</sup> $\pm$ 0,29	79,17 <sup>D</sup> $\pm$ 3,20
<b>5A10S</b>	15,70 <sup>BC</sup> $\pm$ 0,52	7,35 <sup>CD</sup> $\pm$ 0,05	81,81 <sup>CD</sup> $\pm$ 0,57
<b>5A5G</b>	16,61 <sup>AB</sup> $\pm$ 0,20	6,72 <sup>D</sup> $\pm$ 0,24	75,30 <sup>D</sup> $\pm$ 2,69
<b>5A10G</b>	15,01 <sup>BC</sup> $\pm$ 0,38	8,33 <sup>BC</sup> $\pm$ 0,09	93,24 <sup>BC</sup> $\pm$ 1,06
<b>7A5S</b>	14,15 <sup>CD</sup> $\pm$ 0,69	9,22 <sup>AB</sup> $\pm$ 0,31	103,24 <sup>AB</sup> $\pm$ 3,94
<b>7A10S</b>	12,97 <sup>D</sup> $\pm$ 0,17	8,69 <sup>AB</sup> $\pm$ 0,33	97,30 <sup>AB</sup> $\pm$ 3,67
<b>7A5G</b>	17,64 <sup>A</sup> $\pm$ 0,27	9,02 <sup>AB</sup> $\pm$ 0,33	101,05 <sup>AB</sup> $\pm$ 3,74
<b>7A10G</b>	12,95 <sup>D</sup> $\pm$ 0,59	9,64 <sup>A</sup> $\pm$ 0,33	107,95 <sup>A</sup> $\pm$ 3,71

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

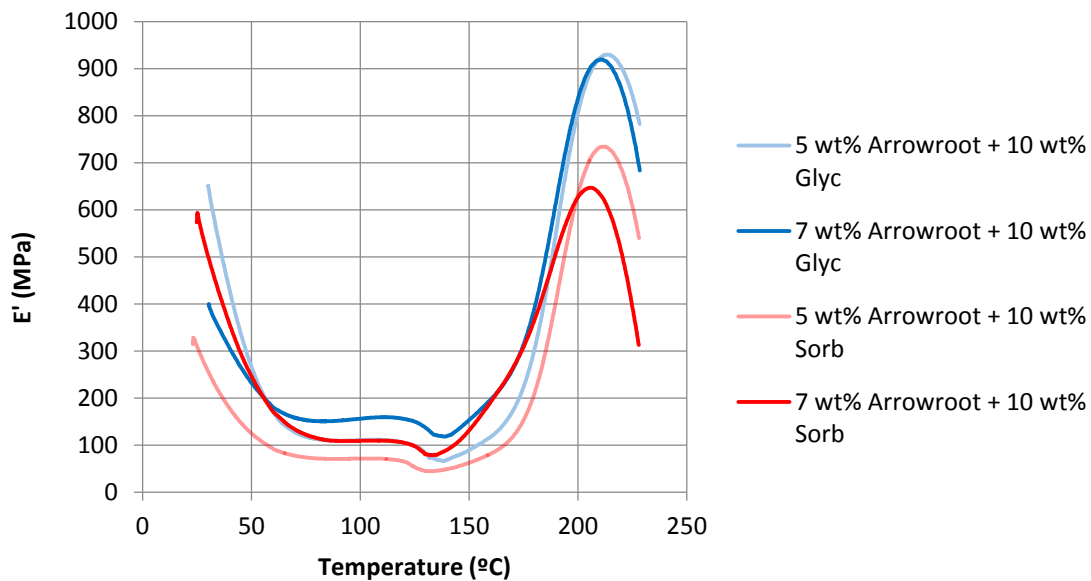
Os filmes apresentaram boa capacidade antioxidante, com resultados variando de 12,95 a 17,64  $\mu\text{M}$  trolox/g de amostra. Os filmes apresentaram diferença significativas entre si, é possível observar que os filmes contendo 5% de amido apresentaram melhor capacidade antioxidante comparados aos filmes contendo 7% de amido. Nogueira et al

(2019) com a elaboração de filmes a base de amido de araruta, obteve o aumento da capacidade antioxidante dos filmes com a adição de polpa de amora em diferentes proporções. Bitencourt et al (2014) elaboração filmes de gelatina, e também observaram o aumento da capacidade antioxidante dos filmes com a incorporação de extrato etanólico de cúrcuma.

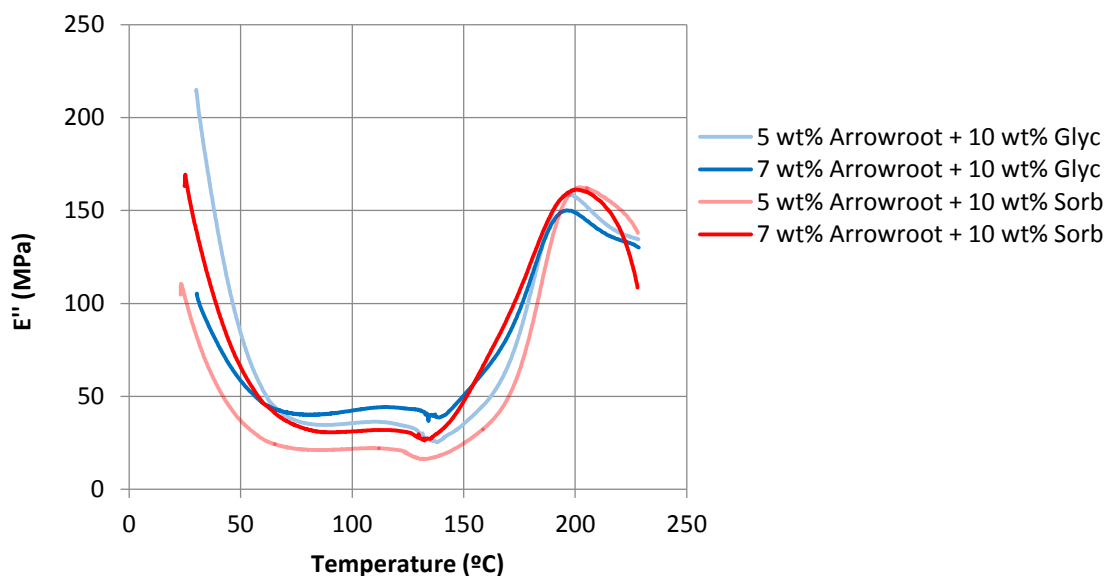
A atividade antioxidante, utilizando o método de captura dos radicais DPPH, os filmes também apresentaram melhor capacidade antioxidante comparados à polpa. Os resultados foram apresentados na forma  $EC_{50}$  (concentração de extrato em mg/mL capaz de reagir com 50% do radical presente na solução de DPPH) e  $EC_{50}/g$  de amostra. Sendo observada a relação de quanto menor o valor para  $EC_{50}$ , maior a capacidade antioxidante. A capacidade antioxidante dos filmes variaram entre 6,72 a 9,64 ( $EC_{50}/g$  de amostra), não havendo diferença significativa entre as amostras. A mesma relação para o método ABTS pode ser observada para o método DPPH, em que os filmes com 5% amido apresentam maior capacidade antioxidante que os filmes contendo 7% de amido, este fator está diretamente relacionado com a taxa de liberação dos compostos por meio da solubilidade dos filmes.

#### **7.11. Análise térmica dinâmico- mecânica (DMTA)**

Para esta análise, levou-se em consideração, além do teor de compostos ativos, a solubilidade dos filmes: as amostras selecionadas foram: 5A10G, 5A10S, 7A10G e 7A10S, em que menores concentrações de macromolécula e maiores concentrações de plastificantes formaram filmes mais solúveis. A análise de DTMA permite observar o comportamento viscoelástico dos polímeros, os resultados para os filmes estão demonstrados nas Figuras 11 ( $E'$ ), 12 ( $E''$ ) e 13 (Tan delta). Alguns estudos demonstram que os valores do módulo de armazenamento ( $E'$ ) diminuem enquanto que o pico de Tan $\delta$  aumentam, com a adição de agentes plastificantes (ex: mono, di e oligossacarídeos, polióis e lipídeos), podendo ser explicado pela capacidade de aumento da mobilidade das cadeias poliméricas (ZHANG & HAN, 2006; ARVANITTOYANNIS et al, 1998; SOBRAL et al, 2005; MENDIETA-TABOADA et al, 2008).



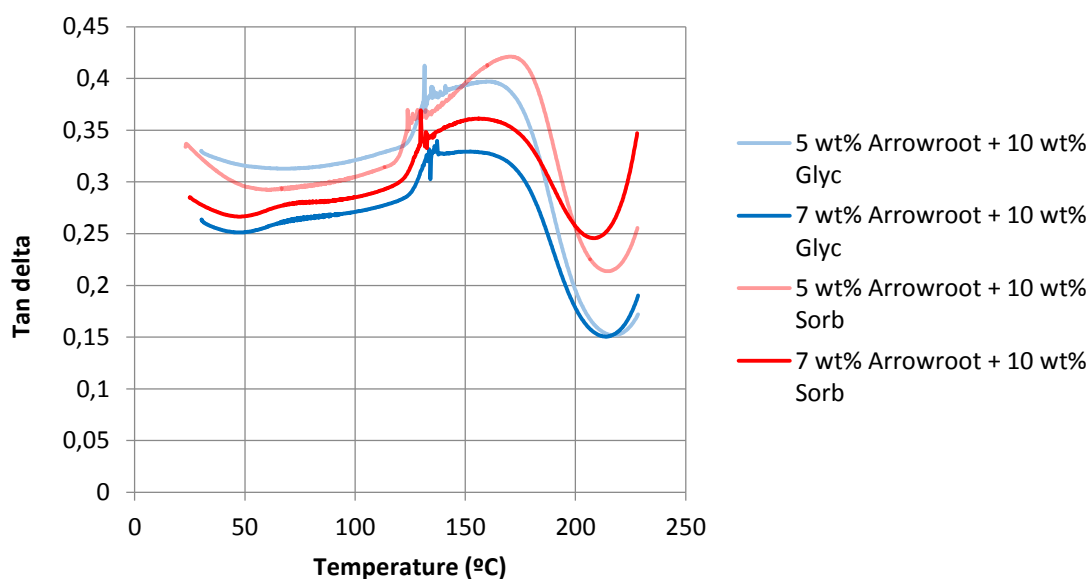
**Figura 11.** Módulo de Armazenamento ( $E'$ )



**Figura 12.** Módulo de Perda ( $E''$ )

Observando as Figuras 11 e 12, pode-se concluir que a utilização do sorbitol, bem como a menor quantidade de amido na mistura (amostras com 5% de amido) reduzem tanto o módulo de Armazenamento (Figura 11), quanto o módulo de Perda das amostras. Menores valores, em ambas as concentrações de amido são observadas quando o sorbitol é utilizado como plastificante, indicando que para essas composições têm-se maior plastificação das amostras quando comparado ao glicerol.

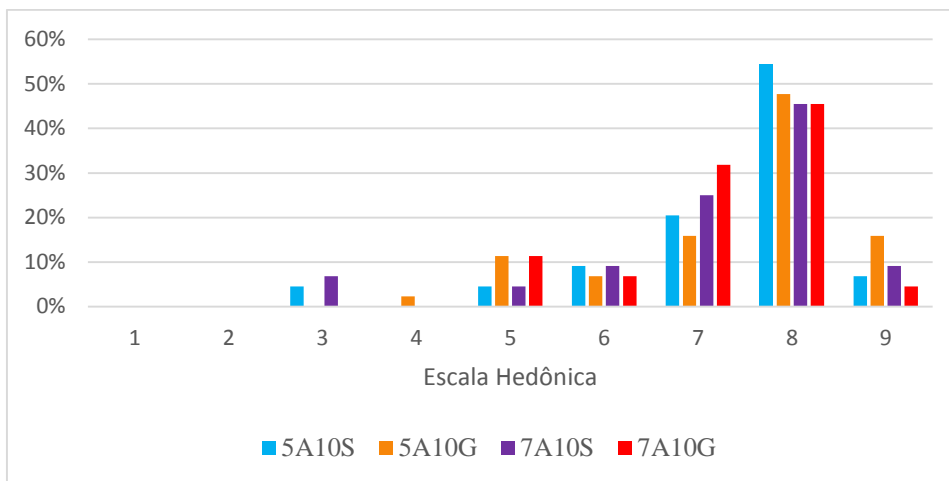
A última propriedade observada nas análises de DMA é a Tangente do ângulo delta e o comportamento desta propriedade foi demonstrado no gráfico da Figura 13. Quanto maior a  $Tan\delta$ , significa que maior é a componente viscosa em relação a componente elástica, nessas amostras, a concentração do amido na mistura bem como o tipo de plastificante influenciaram essa propriedade. Amostras com menor quantidade de amido e sorbitol como plastificante produziram maiores valores de  $Tan\delta$ , ou seja, filmes mais flexíveis.



**Figura 13.** Tan delta

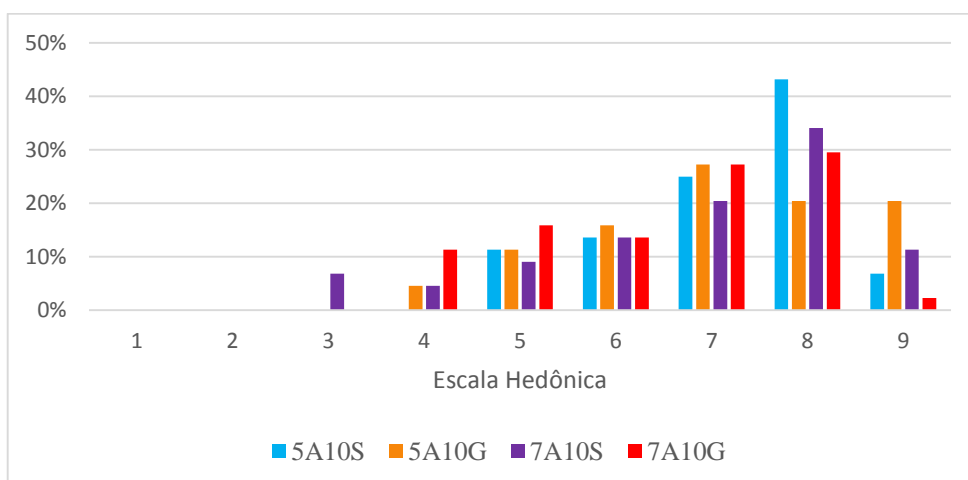
### 7.12. Análise Sensorial

Em relação a aparência global (Figura 14) para todas as amostras a maior porcentagem de notas se concentraram em 8 (gostei muito), onde 54,55% gostaram muito da amostra 5A10S, 47,73% da amostra 5A10G, e os filmes 7A10S e 7A10G apresentaram 45,45%. O intervalo 7-9 indica boa aceitação do produto pelos provadores, as amostras 5A10S e 7A10G apresentaram 81,82% da preferência, e as amostras 5A10G e 7A10S com 79,55%, indicando que a aparência global dos filmes agradou o provador.



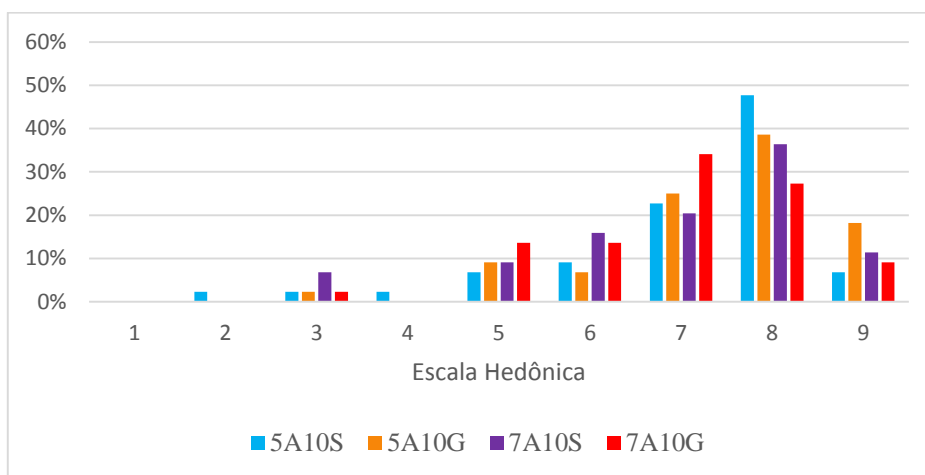
**Figura 14.** Histograma para aparência global dos filmes

Para a avaliação de brilho das amostras (Figura 15) os provadores levaram em consideração os dois lados da amostra, tanto para a superfície fosca, a qual não está em contato com a placa durante a secagem, quanto para a superfície que apresentava brilho (em contato com a placa), esse padrão também foi observado com Nogueira et al (2018) na elaboração de filmes com amido de araruta e por Basiak et al (2017) na elaboração de filmes com amidos de batata e milho. Para as notas do intervalo 7-9 (Figura 7), a amostra 5A10S (75%) obteve maior porcentagem de preferência entre os provadores, seguida das amostras 5A10G, 7A10S e 7A10G, com 68,18%, 65,91% e 59,09%, respectivamente. De acordo com Oliveira et al (1996) é desejável que embalagens apresentem elevado brilho e transparência, no entanto a cor não é um fator limitante, quando se faz necessário a proteção contra a incidência de luz.



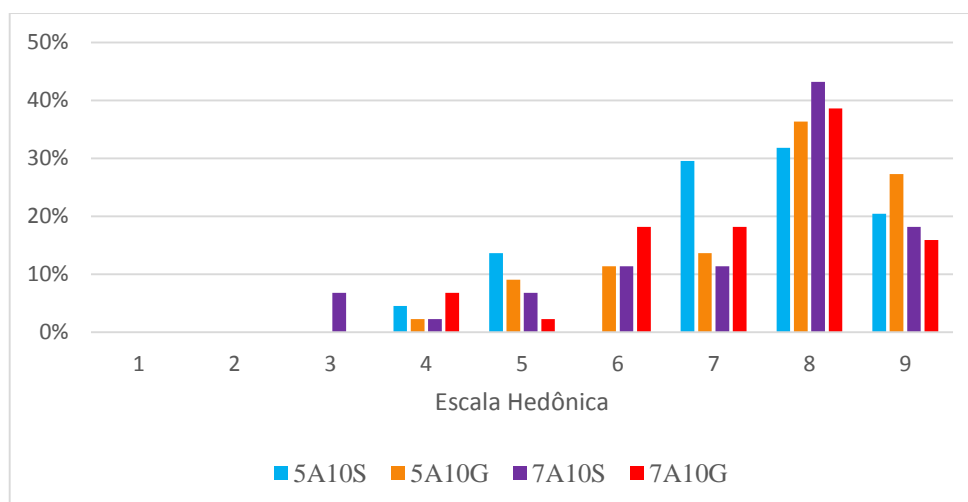
**Figura 15.** Histograma para o brilho dos filmes

A cor dos filmes agradou os provadores, de acordo com a Figura 16 no intervalo de notas 7-9, a amostra 5A10G obteve 81,82% da preferência dos provadores, seguido das amostras 5A10S (77,27%), 7A10G (70,45%) e 7A10S (68,18%). O uso de polpa de tomate agregou em características físicas do filme: como cor e opacidade, potencializando a propriedade de barreira a luz. A aplicação do filme como embalagem pode contribuir para minimização do processo de fotoxidação em alimentos.



**Figura 16.** Histograma para cor dos filmes

A textura dos filmes está relacionada com características táteis, de acordo com a Figura 17, todas as amostras apresentaram boa aceitação pelos provadores, o filme 5A10S 81,82% aferiram notas dentro do intervalo 7-9, em sequência os filmes 5A10G (77,27%), 7A10S (72,73%) e 7A10G (72,73%).

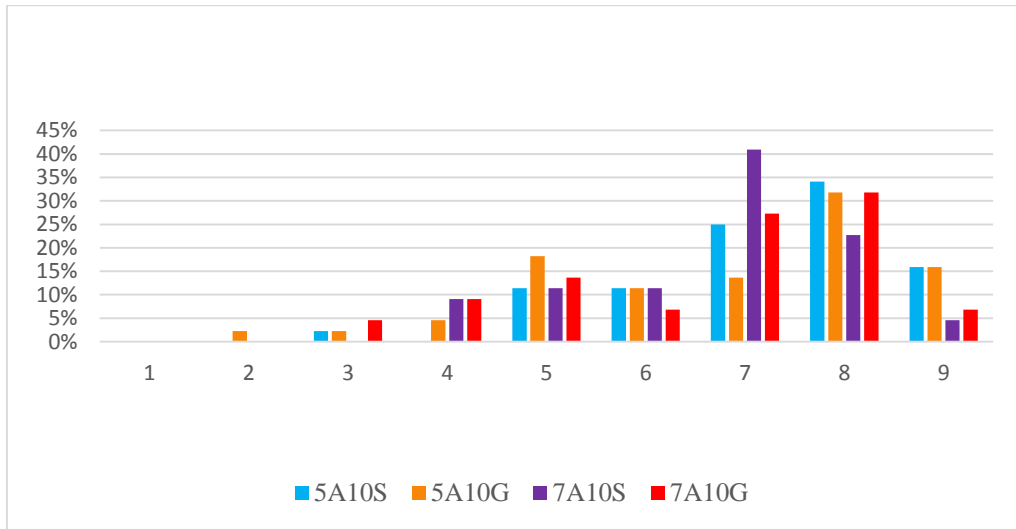


**Figura 17.** Histograma para textura dos filmes

Os filmes produzidos apresentam compostos aromáticos provenientes da polpa que não foram degradados durante o processo de geleificação, para aplicação como

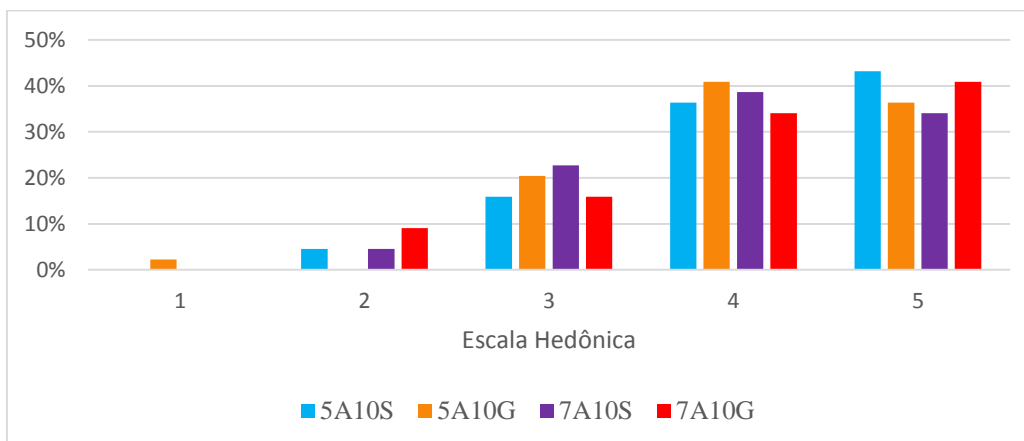


embalagem é necessário verificar se este é um fator negativo ou positivo. Para o intervalo de notas 7-9 (Figura 18), a amostras 5A10S obteve 75% da aprovação dos provadores, enquanto as amostras 7A10S, 7A10G, 5A10G apresentaram 68,18%, 65,91% e 61,36%, respectivamente.



**Figura 18.** Histograma para o aroma dos filmes

Para o teste de intenção de compra, os filmes apresentam potencial mercadológico apresentando boa intenção de compra (Figura 19), visto que 79,55% aferiram notas entre 4-5 para a amostra 5A10S, em seguida 77,27%, 75% e 72,73% para as amostras 5A10G, 7A10G e 7A10S, respectivamente, indicando que os compradores provavelmente comprariam a amostra.



**Figura 19.** Histograma para intenção de compra dos filmes

## 8.CONCLUSÃO

Dentre as variedades estudadas, a polpa do tomate Rasteiro melhores níveis de licopeno e  $\beta$ -caroteno, que as demais variedades estudadas, sendo a selecionada para a confecção dos filmes comestíveis.

A diferença na concentração de amido (5-7%) e do tipo e da concentração do plastificante (5-10%) interferiram em alguns aspectos dos filmes, como solubilidade, espessura, permeabilidade ao vapor de água (PVA) e compostos fenólicos. O filme contendo 5% de amido e 10% de sorbitol apresentou maior solubilidade 47,70% e menor PVA com 0,71 (gmm/m<sup>2</sup>hKPA). Foi possível associar a menor solubilidade e maior PVA aos filmes contendo glicerol. A espessura variou de 0,128 a 0,170 mm, sendo principalmente em função da concentração de macromolécula.

A formulação contendo 5% de amido e 5% de glicerol apresentou maior liberação de compostos fenólicos 2761,27 (mg EAG/ kg ms) e a formulação contendo 7% de amido e 10% de sorbitol, menor liberação de compostos com 1984,53 (mg EAG/ kg ms). De uma forma geral os filmes contendo 5% de amido apresentaram maiores teores de compostos fenólicos em relação as formulações com 7% de amido, está relação está diretamente ligada à solubilidade das formulações.

Para flavonoides a formulação contendo maior teor de amido (7%), plastificada com 5% de glicerol (7A5G), apresentou maior liberação com 736,49 (mg EQ/ kg ms), em contrapartida a formulação contendo 10% sorbitol como plastificante e o mesmo teor de amido (7A10S), apresentou liberação de 592,47 (mg EQ/ kg ms) para flavonoides, sendo esta com menor liberação de compostos, apresentando também, menor valor em relação a ABTS (12,97  $\mu$ M trolox/g de amostra).

Para DPPH, com 6,72 (EC<sub>50</sub> g amostra/g DPPH) a formulação contendo 5% de amido e 5% de glicerol apresentou melhor atividade antioxidante, enquanto a 7% de amido plastificado com 10% de glicerol, menor capacidade antioxidante (9,64 EC<sub>50</sub> g amostra/g DPPH).

A menor liberação de licopeno ocorreu na formulação ocorreu para a amostra contendo 5% de amido, plastificada com 5% de glicerol, com 198,88 ( $\mu$ g/ g ms) e a maior liberação na formulação contendo 7% de amido e 10% de glicerol, com 342, 12 ( $\mu$ g/ g ms). Já para  $\beta$ -caroteno a formulação 5% de amido e 5% de sorbitol apresentou menor

concentração com 151,09 ( $\mu\text{g}/\text{g ms}$ , e a contendo 7% de amido e 10% de sorbitol, com maior concentração 223, 58 ( $\mu\text{g}/\text{g ms}$ ). Demonstrando a influencia do tipo de plastificante nessas análises.

A adição de polpa de tomate influenciou positivamente nas características de opacidade e transmitância dos filmes. A opacidade variou de 50,78 a 53,72%, e transmitância na faixa de luz visível (600 nm) variou de 2,22 a 4,26%, demonstrando que os filmes apresentam excelente propriedade de barreira à luz.

Menores valores de módulo de perda e módulo de armazenamento foram observadas quando o sorbitol é utilizado como plastificante, indicando que para essas composições ele plastifica mais as amostras quando comparado ao glicerol. O aumento da concentração da macromolécula, para ambos os plastificantes estudados, aumentou os módulos, indicando filmes menos flexíveis.

De modo geral, na análise sensorial, todos os atributos avaliados agradaram os consumidores, sendo que a nota dos provadores variou, em sua maioria, de 7 a 9 (gostei moderadamente- gostei extremamente), enquanto que quando a intenção de compra foi avaliada, a maioria dos consumidores afirmou provavelmente comprar a amostra.

Os filmes comestíveis elaborados apresentaram resultados para permeabilidade ao vapor de água, opacidade, compostos bioativos e antioxidantes, além de alta aceitação pelo consumidor em todos os atributos estudados, o que mostra seu potencial como embalagem para alimentos.

## **9. REFERÊNCIAS**

1. ABUSHITA, A. A; DAOOD, H. G; BIACS, P. A. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.48, p.2075–2081, 2000.
2. ADALID, A.M; ROSELLÓ, S; NUEZ, F. Evaluation and selection of tomato accessions (*Solanum section Lycopersicon*) for content of lycopene, b-carotene and ascorbic acid. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.23, p.613–618, 2013.
3. ADITIVOS E INGREDIENTES. *Os pólios*. n.50, p.36-48, 2008.

4. AGAMA-ACEVEDO, E.; BELLO-PEREZ, L. Starch as an emulsions stability: the case of octenyl succinic anhydride (OSA) starch. *Current Opinion in Food Science*, v.13, p.78–83, 2017.
5. ANTONIOU, J; LIU, F; MAJEED, H; QAZI, H.J; ZHONG, F. Physicochemical and thermomechanical characterization of tara gum edible films: Effect of polyols as plasticizers. *Carbohydrate Polymers*, v.111, p.359–365, 2014.
6. ANTUNES, M.D.C; RODRIGUES, D; PANTAZIS, V; CAVACO, A.M; SIOMOS, A.S; MIGUEL, G. Nutritional quality changes of fresh-cut tomato during shelf life. *Food Sci. Biotechnol.* v.22(5), p.1229-1236, 2013.
7. AOAC. Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. 18.ed. Gaithersburg, Maryland, 2005.
8. ARVANITTOYANNIS I, NAKAYAMA A, AIBA S. Chitosan and gelatin based edible films: State diagrams, mechanical and permeation properties. *Carbohydr Polym.*v.37, p. 371–382, 1998.
9. ASSIS, R.Q.; LOPES, S.M.; COSTA, T.M.H.; FLÔRES, S.H.; RIOS, A.O. Active biodegradable cassava starch films incorporated lycopene nanocapsules. *Industrial Crops & Products*. v.109 p.818–8278, 2017.
10. ASTM. American Society for Testing and Materials (1980). Method E-96: Standard test methods for water vapor transmission of materials. In: *Annual Book of ASTM Standards*. Conshohocken, PA, 1980.
11. AZEREDO, H.M.C.; MATOSSO, L.H.C.; WOOD, D.; WILLIAMS, T.G.; AVENA-BUSTILLOS, R.J.; MCHUGH, T.H. Nanocomposite Edible Films from Mango Puree Reinforced with Cellulose Nanofibers. *Journal of Food Science*. v. 74, nr. 5, p.31-34, 2009.
12. AZEREDO, H.M.C.; MIRANDA, K.W.E.; ROSA, M.F.; NASCIMENTO, D.M.; MOURA, M.R. Edible films from alginate-acerola puree reinforced with cellulose whiskers. *Food Science and Technology*. v. 46, p.294-297, 2012.
13. AZEREDO, H.M.C; MORRUGARES-CARMONA, R; WELLNER, N; CROSS, K; BAJKA, B; WALDRON, K.W. Development of pectin films with pomegranate juice and citric acid *Food Chemistry*, v.198, p.101–106, 2016.
14. BALASUNDRAM, N; SUDRAM, K; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, v.99, p.191–203, 2006.

15. BARROS, T.T. Produção e caracterização de filmes de polpa de mamão com adições de nanoestruturas, processados em modo batelada. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos- SP,2016.
16. BARROS, T.T.; TOSI, M.M.; ASSIS, O.B.G. Aproveitamento de rejeitos da cadeia hortofrutícola no processamento de plásticos biodegradáveis. *Revista Gest. Industr.*, Ponta Grossa, v. 13, n. 2, p. 215-229, jun./ago. 2017
17. BASIAK, E; LENART, A; DEBEAUFORT, F. Effect of starch type on the physic-chemical properties of edible films. *International Journal of Biological Macromolecules*, v.98, p.348–356, 2017.
18. BELLO-PEREZ, L.A.B.; AGAMA-ACEVEDO, E. Chapter 1: Starch. *Starch-Based Materials in Food Packaging*. v.1, p.1-18, 2017.
19. BERGO, P. V. A., CARVALHO, R. A., SOBRAL, P. J. A., DOS SANTOS, R. M. C., DA SILVA, F. B. R., PRISON, J. M. HABITANTE, A. M. Q. B. Physical properties of edible films based on cassava starch as affected by the plasticizer concentration. *Packaging Technology & Science*, v.21, p.85–89, 2008.
20. BERTAN, L.C. Desenvolvimento e caracterização de filmes simples e compostos a base de gelatina, ácidos graxos e breu branco. Dissertação (mestrado)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP,2003.
21. BITENCOURT, C.M; FÁVARO-TRINDADE, C.S; SOBRAL, P.J.A; CARVALHO, R.A. Gelatin-based films additivated with curcuma ethanol extract: Antioxidant activity and physical properties of films. *Food Hydrocolloids*, v.40, p.145-152, 2014.
22. BOHATCH, A. MARCHI, J. F. CASAGRANDE A. Transformação artesanal de frutas: sucos, néctares e polpas. EMATER-PR, Série Produtor, 44 p., 2001.
23. BOURTOOM, T. Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal* Vol. 15, p.237-248, 2008.
24. BRAGA, A.V.U. Caracterização de atividade de água e cinética de dessorção de água em alimentos. Dissertação de Mestrado. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 159 p., 2015.
25. BRANDELERO, R.P.H.; GROSSMANN, M.V.; YAMASHITA, F. Hidrofilicidade de filmes de amido/poli (Butileno Adipato Co-Tereftalato) (Pbat) adicionados de tween 80 e óleo de soja. *Polímeros*, vol.23, n.2, p.270-275, 2013.

26. BRESKA III, A.P; ROBERTSON, L.D; LABATE, J.A; KING, B.A; KING, D.E. Physicochemical and morphological analysis of ten tomato varieties identifies quality traits more readily manipulated through breeding and traditional selection methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.42, p.16–25, 2015.
27. BUENO, S.M; LOPES, M.R.V; GRACIANO, R.A.S; FERNANDES, E.C.B; GARCIA-CRUZ, C.H. Avaliação da qualidade de polpas de frutas congeladas. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, v.62(2), p.121-126, 2002.
28. BURRI, B.J.; CHAPMAN, M.H.; NEIDLINGER, T.R.; SEO, J.S.; ISHIDA, B.K. Tangerine tomatoes increase total and tetra-cis-lycopene isomer concentrations more than red tomatoes in healthy adult humans. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. v.60, p.1-16, 2009.
29. BUTA, J.G; SPAULDING, D.W. Endogenous levels of phenolics in tomato fruit during growth and maturation. *Journal of Plant Growth Regulation*, v.16, p.43.1 , 1997.
30. CAO, L.; LIU, W.; WANG, L. Developing a green and edible film from Cassia gum: the effects of glycerol and sorbitol. *J. of Cleaner Production*. v.175, p. 276-282, 2018.
31. CEREDA, M. P. Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas. São Paulo: Fundação Cargil, 2002, v. 2.
32. ĆETKOVIĆ, G.S; SAVATOVIĆ, S.M; ČANADANOVIĆ-BRUNET, J.M; DJILAS, S.M; VULIĆ, J; MANDIĆ, A; ČETOJEVIĆ-SIMIN, D. Valorisation of phenolic composition, antioxidant and cell growth activities of tomato waste. *Food Chemistry*, v.133, p. 938-945, 2012.
33. CHARLES, A.L.; CATO, K.; HUANG, T.; CHANG, Y.; CIOU, J.; CHANG, J.; LIN, H. Functional properties of arrowroot starch in cassava and sweet potato composite starches. *Food Hydrocolloids*. v.53, p.187-191, 2016.
34. COOK, M. T.; TZORTZIS, G.; CHARALAMPOPOULOS, D.; KHUTORYANSKIY, V. V. Microencapsulation of probiotics for gastrointestinal delivery. *Journal Of Controlled Release*, v. 162, n. 1, p. 56-67, 2012.
35. COOPERSTONE, J.L.; FRANCIS, D.M.; SCHWARTZ, S.J. Thermal processing differentially affects lycopene and other carotenoids in cis-lycopene containing, tangerine tomatoes. *Food Chemistry*. v. 210, p.466–472, 2016.
36. CORRADINI, E.; LOTTI, C.; MEDEIROS, E. S. Estudo Comparativo de Amidos Termoplásticos Derivados do Milho com Diferentes Teores de Amilose. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 15, n. 4, p. 268-273, 2005.

37. COSTA, C.A.; SILVA, A.C.; SAMPAIO, R.A.; MARTINS, E.R. Productivity of determinate growth tomato lines tolerant to heat under the organic system. *Horticultura Brasileira*. v.29, p.590-593, 2011.
38. COSTA, E.K.C.; CONCEIÇÃO, I.S.R.; SILVA, R.J.; DRUZIAN, J.I. Estudo prospectivo relativo a depósitos de patentes relacionadas à produção de filmes elaborados pela técnica de casting. *Cad. Prospec.*, Salvador, v.9, n. 3, p. 256-262, jul./set. 2016.
39. COSTA, V.M.M; GARCIA, M.C; CALIARI, M; SOARES JÚNIOR, M.S; VIEIRA, D.A.P; DAMIANI, C. Morphological, mechanical and chemical aspects of processing tomatoes produced in Brazilian savanna. *Food Science and Technology*, DOI: 10.1590/1678-457x.10417, 2017.
40. DAVANÇO, T; TANADA-PALMU, P; GROSSO, C. Filmes compostos de gelatina, tracetina, ácido esteárico ou capróico: efeito do ph e da adição de surfactantes sobre a funcionalidade dos filmes. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.27, p. 408-416, 2007.
41. DAVIES, J. N.; HOBSON, G. E. The constituents of tomato fruit - the influence of environment, nutrition and genotype. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Cleveland, v. 3, p. 205-208, 1981.
42. DAZA, L.D; HOMEZ-JARA, A; SONILLA, J.F; VÁQUIRO, H.A. Effects of temperature, starch concentration, and plasticizer concentration on the physical properties of ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas)-based edible films. *International Journal of Biological Macromolecules*, v.120, p.1834–1845, 2018.
43. DEMIRAY, E; TULEK, Y; YILMAZ, Y. Degradation kinetics of lycopene.  $\beta$ -carotene and ascorbic acid in tomatoes during hot air drying. *LWT. Food Science and Technology*, v.50 (1), p.172-176, 2013.
44. DIAS, A.B. Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis obtidos de amido e de farinha de arroz. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis- SC,2008.
45. DU, W.X.; OLSEN, C.W.; AVENA-BUSTILLOS, R.J.; MCHUGH, T.H.; LEVIN, C.E.; FRIEDMAN, M., Antibacterial Activity against *E. coli* O157: H7, Physical Properties, and Storage Stability of Novel Carvacrol-Containing Edible Tomato Films. *Journal of food science*. v.73, n.7, p. M378-M383, 2008.
46. EBBING, D.D. Solutions. General Chemistry. Massachusetts: Houghton Mifflin Company, cap. 12, p. 465-506, 1996.

47. EHIVET, F.E.; MIN, B.; PARK, M.; OH, J. Characterization and antimicrobial activity of sweetpotato starch-based edible film containing *Origanum* (*Thymus capitatus*) oil. *Food Chemistry*. v.76, n.1, p. C 178-184, 2011.
48. ELIASSON, A.C. *Starch in food – Structure, function and applications*. New York: Boca Raton, CRC, p. 605, 2004.
49. ERDMAN, M. D.; ERDMAN, B. A. Arrowroot (*Maranta arundinacea*), food, feed, fuel and fiber resource. *Economic Botany*, v.38, p.332-341, 1984.
50. ERDMAN, M.D. Starch from Arrowroot (*Maranta arundinacea*) grown at Tifton, Georgia. *Cereal chemistry*. v.63, n.3, p. 277-279, 1896.
51. FAKHOURI, F. M. Bioplásticos flexíveis e biodegradáveis à base de amido e gelatina. (Tese de Doutorado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
52. FAKHOURI, F. M., MARTELLI, S. M., CAON, T., VELASCO, J. I., BUONTEMPO, R. C., BILCK, A. P., & INNOCENTINI MEI, L. H. The effect of fatty acids on the physicochemical properties of edible films composed of gelatin and gluten proteins. *LWT - Food Science and Technology*, v.87,p. 293–300, 2018.
53. FAKHOURI, F.M.; FONTES, L.C.B.; GONÇALVES, P.V.M.; MILANEZ, C.F.; STEEL, C.J.; QUEIROZ-COLLARES, F.P. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 27(2): 369-375, abr.-jun. 2007.
54. FATTORE, D. M; PAGANO, E; TETA, R; BORRELLI, F; MANGONI, A; SECCIA, S; ALBRIZIO, S. (2016). Carotenoid and flavonoid profile and antioxidant activity in “Pomodoro Vesuviano” tomates. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 53(1), p.61-68, 2016.
55. FERREIRA, N.C.; VENDRUSCOLO, E.P.; SELEGUINI, A.; DOURADO, W.S.; BENNETT, C.G.S.; NASCIMENTO, A.R. Crescimento, produção e qualidade de frutos de tomateiro em cultivo adensado com uso de paclobutrazol. *Revista Colombiana de Ciências Hortícolas*. v. 11 - n. 1 - p. 72-79, 2017
56. FERREIRA, V.L.P. *Princípios e aplicações da colorimetria em alimentos*. Campinas: ITAL, Instruções Técnicas, 19., 85 p, 1981.
57. FÌGAS, M.R; PROHENS, J; RAIGÓN, M.D; FITA, A; GARCIA-MATÍNEZ, M.D; CASANOVA, C; BORRÀS, D; PLAZAS, M; ANDÚJAR, I; SOLER, S. Characterization of composition traits related to organoleptic and functional quality for the differentiation, selection and enhancement of local varieties of tomato from different cultivar groups. *Food Chemistry*, v.187, p.517–524, 2015.



58. GENNADIOS, A., WELLER, C. L.; TESTIN, R. F. Property modification of edible wheat, gluten-based films. *Transactions of the American Society of Agriculture Engineers*, 36: 465-470, 1993.
59. GÓMEZ-ESTACA, J.; BRAVO, L.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; ALEMÁN, A.; MONTERO, P. Antioxidant Properties of Tuna-Skin and Bovine-Hide Gelatin Films Induced by the Addition of Oregano and Rosemary Extracts. *Food Chemistry*, London, v. 112, n. 1, p. 18-25, 2009.
60. GORDILLO, C.A.S.; VALENCIA, G.A.; ZAPATA, R.A.V.; HENAO, A.C.A. Physicochemical characterization of arrowroot starch (*maranta arundinacea* linn) and glycerol/arrowroot starch membranes. *International Journal of Food Engineering*. v.10, p.727–735, 2014.
61. HALLIWELL, B. Antioxidants in human health and disease. *Annual Review of Nutrition*, v.16, p.33-50, 1996.
62. HARBORNE, J.B.; WILLIAMS, C.A. Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*. v. 52, p. 481-504, 2000.
63. HENRIQUE, C.M.; CEREDA, M.P.; SARMENTO, S.B.S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v.28, p. 231-240, jan.-mar. 2008.
64. HERRERA-COVARRUBIAS, D.; POMARES, C.F.; ABREU, G.E.A.; ORTIZ, M.A.D.; AGUILAR, M.E.H. El licopeno y su papel en la prevención del cáncer de próstata. *Revista eNeurobiología*. v.4, p. 1-16, 2013
65. HOLZAPFEL, N.P.; HOLZAPFEL, B.M.; CHAMP, S.; FELDTHUSEN, J.; CLEMENTS, J.; HUTMACHER, D.W. The potential role of lycopene for the prevention and therapy of prostate cancer: from molecular mechanisms to clinical evidence. *Int. J. Molecular. Science*. v.14, p.14620-14646, 2013.
66. HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydrate polymers*. v.45, p. 253-267, 2001.
67. HUNTERLAB. The color management company. Universal software, version 3.2. Reston, 1997.
68. ILAHY, R; HDIDER, C; LENUCCI, M.S; TLILI, I; DALESSANDRO, G. Antioxidant activity and bioactive compound changes during fruit ripening of high-lycopene tomato cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.24, p.588–595, 2011a.

69. ILAHY, R; HDIDER, C; LENUCCI, M.S; TILILI, I; DALESSANDRO, G. Phytochemical composition and antioxidant activity of high-lycopene tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars grown in Southern Italy, *Scientia Horticulturae*, v.127, p. 255-261, 2011b.
70. ISOTTON, F. Desenvolvimento e caracterização de filmes de amido de milho eterificado com plastificante glicerol, sorbitol e poli (álcool vinílico). Dissertação (mestrado)- Universidade Caxias do Sul, Caxias do Sul- RS, 2013.
71. JANE, J.; KASEMSUWAN, T.; CHEN, J.F.; JULIANO, B.O. Phosphorus in rice and other starches. *Cereal foods world*. v.41, n.11, p. 827-832, 1996.
72. JAVANMARDI, J; KUBOTA, C. Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Bioland Technol*. v.41 (1), p.151-155, 2006.
73. JEZ, M; WICZKOWSKI, W; ZIELINSKA, D; BIALOBRZEWSKI, I; BLASZCZAK, W. The impact of high pressure processing on the phenolic profile, hydrophilic antioxidant and reducing capacity of purée obtained from commercial tomato varieties. *Food Chemistry*, v.261, p. 201-209, 2018.
74. JIMÉNEZ, A.; FABRA, M.J.; TALENS, P.; CHIRALT, A. Edible and Biodegradable Starch Films: A Review. *Food Bioprocess Technology*. v.5, p. 2058–2076, 2012.
75. JURD, L.; GEISSMAN, T.A. Absorption spectra of metal complex of flavonoid compounds. *J. Org. Chem.*, v.21, p.1395-1401, 1956.
76. JUZWIAK,C.R; PASCHOAL,V. Tomate e Goiaba. *Nutrição Saúde e Performance: Anuário de Nutrição e Alimentos Funcionais*; a. 4, n.22, trimestral, jul-ago-set 2004, p.50-52.
77. JYOTHI, A.N.; SHERIFF, J.T.; SAJEEV, M.S. Physical and Functional Properties of Arrowroot Starch Extrudates. *Journal of food science*. v. 74, n. 2, p. 97-104, 2009.
78. KOTÍKOVÁ, Z; LACHMAN, J; HEJTMÁNKOVÁ, A; HEJTMÁNKOVÁ. Determination of antioxidant activity and antioxidant content in tomato varieties and evaluation of mutual interactions between antioxidants. *Food Science and Technology*, v.44, p.1703-1710, 2011.
79. LAMBETH, V.N; STRATENAND, E.F; FIELDS, M.L. Fruit quality attributes of 250 foreign and domestic tomato accessions. *Rev Bull Mon Agric. Exp. Sta. Univ. Mossuri* No. 908, 1966.

80. LEONEL, M., CEREDA, M.P.; SARMENTO, S.B.S. Processamento de araruta (*Maranta arundinacea*) para extração e caracterização da fração amilácea. *Brazilian Journal*, p. 151-155, 2002.
81. LEONEL, M.; OLIVEIRA, M.A.; FILHO, J.D. Espécies tuberosas tropicais como matérias-primas amiláceas. *Botucatu*, v. 1, p. 49-68, 2005.
82. LEONG, L.P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruit in Singapore markets. *Food Chem.*, Washington, v.76, p.69-75, 2002.
83. LI, H.; PRAKASH, S.; NICHOLSON, T.M.; FITZGERALD, M.A.; GILBERT, R.G. The importance of amylose and amylopectin fine structure for textural properties of cooked rice grains. *Food Chemistry*. v.196, p.702–711, 2016.
84. LI, M.; LIU, P.; ZOU, W.; YU, L.; XIE, F.; PU, H.; LIU, H.; CHEN, L. Extrusion processing and characterization of edible starch films with different amylose contents. *Journal of Food Engineering*. v.106, p. 95–101, 2011.
85. LOURENÇO, G. A. Desidratação Parcial de Tomate Cereja em Secador de Bandejas Vibradas com Reciclo. Dissertação de Mestrado. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 95 p., 2011.
86. LUCENA, C. A. A; COSTA, S. C; ELEAMEN, G. R. A; MENDONÇA, E. A. M; OLIVEIRA, E. E. Desenvolvimento de biofilmes à base de xilana e xilana/gelatina para produção de embalagens biodegradáveis. *Polímeros*, v.27, p.35-41, 2017.
87. LUTEROTTI, S; MORKOVIC, K; FRANKO, M; BICANIC, D; MADZGALJ, A; KLJAK, K. Comparison of spectrophotometric and HPLC methods for determination of carotenoids in foods. *Food Chemistry*, v.140, p.390–397, 2016.
88. MAIA, L.H.; PORTE, A.; SOUZA, V.F. Filmes comestíveis: aspectos gerais, propriedades de barreira a umidade e oxigênio. *B.CEPPA, Curitiba*, v. 18, n. 1, p. 105-128, jan./jun.2000.
89. MALI, S.; GROSSMANN, M.A.E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 31, n. 1, p. 137-156, jan./mar. 2010.
90. MALI, S.; SAKANAKA, L. S.; YAMASHITA, F.; GROSSMANN, M. V. E. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect. *Carbohydrate Polymers*, Kidlington Oxford, v. 60, n. 3, p. 283-289, 2005.

91. MALI, S; GROSSMANN, M. V. E; GARCÍA, M. A; MARTINO, M. M; ZARITZKY, N. E. Antiplasticizing effect of glycerol and sorbitol on the properties of cassava starch films. *Braz. J. Food Technol.*, v. 11, n. 3, p. 194-200, 2008.
92. MALI, S; GROSSMANN, M. V. E; GARCÍA, M. A; MARTINO, M. M; ZARITZKY, N. E. Barrier, mechanical and optical properties of plasticized yam starch films. *Carbohydrate Polymers*, Barking, v. 56, n. 2, p. 129-135, 2004.
93. MARQUES, P. T. Propriedades térmicas, mecânicas e reológicas de filmes de amido de mandioca: efeito da adição de plastificante e de agentes reticulantes. Dissertação (doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-DC, 2005.
94. MARTELLI, M.R.; BARROS, T.T.; DE MOURA, M.R.; MATTOSO, L.H.C.; ASSIS, O.B.G., Effect of chitosan nanoparticles and pectin content on mechanical properties and water vapor permeability of banana puree films. *Journal of food science*. v.78, n.1, p. N98-N104, 2013.
95. MARTÍNEZ-VALVERDE, I; PERIAGO, M.J; PROVAN, G; CHESSON, A. activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *J. Sci. Food Agric.*, v.82, p.323-330, 2002.
96. MATTA JUNIOR, M..D. Caracterização de biofilmes obtidos a partir do amido de ervilha (*Pisum stivum*) associado à goma xantana e glicerol. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.
97. MCHUGH T. H, KROCHTA, J. M. Permeability properties of edible films. In: KROCHTA, J. M., BALDWIN, E. A., NISPEROS-CARRIEDO, M. (eds). *Edible coatings and films to improve food quality*. Technomic Publishing Co, Inc. Lancaster USA, 1994.
98. MCHUGH, T. H.; HUXSOLL, C. C.; KROCHTA, J. M. Permeability properties of fruit puree edible films. *Journal of Food Science*, v. 61, n. 1, p. 88–91, 1996.
99. MELO, P.T.S.; AOUADA, F.A.; MOURA, M.R. Fabricação de filmes bionanocompósitos à base de pectina e polpa de cacau com potencial uso como embalagem para alimentos. *Quim. Nova*, Vol. 40, No. 3, p.247-251, 2017.
100. MENDIETA-TABOADA, O; CARVALHO, R.A; SOBRAL, P.J.A. Análise dinâmico-mecânica: aplicações em filmes comestíveis. *Quim. Nova*, v. 31, n. 2, p.384-393, 2008.
101. MONTEIRO, C.S; BALBI, M.E; MIGUEL, O.G; PENTEADO, P.T.P.S; HARACEMIV, S.M.C. Qualidade nutricional e antioxidante do tomate “tipo italiano”. *Alim. Nutr.*, v.19, n.1, p. 25-31, 2008.

102. MOORTHY, S.N. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: a review. *Starch/Stärke* v.54, p. 559–592, 2002.
103. NASCIMENTO AR; SOARES JÚNIOR MS; CALIARI M; FERNANDES PM; RODRIGUES JPM; CARVALHO WT. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. *Horticultura Brasileira*, v. 31, p. 628-635, 2013.
104. NEVES, M.C.P; COELHO, I.S.; ALMEIDA, D.L. Araruta: resgate de um cultivo tradicional. Brasília: Embrapa comunicado técnico n°79, 4 p., 2005.
105. NOGUEIRA, G.F; SOARES, C.T; CAVASINI, R; FAKHOURI, F.M; OLIVEIRA, R.A. Bioactive films of arrowroot starch and blackberry pulp: Physical, mechanical and barrier properties and stability to pH and sterilization. *Food Chemistry*, v. 275, p.417–425, 2019. Available online 10 September 2018.
106. NOGUEIRA, G.F.; FAKHOURI, F.M.; OLIVEIRA, R.A. Extraction and characterization of arrowroot (*Maranta arundinaceae* L.) starch and its application in edible films. *Carbohydrate Polymers*. v.186, p. 64–72, 2018.
107. OLIVEIRA, L.M; ALVES, R.M.V; SARANTÓPOULOS, C.I.G.L; PADULA, M; GARCIA, E.E.C; COLTRO, L. Ensaios para avaliação de embalagens plásticas flexíveis. Campinas: Centro de tecnologia de embalagem-CETEA. 219p.1996.
108. OLIVEIRA, T. T. et al. Ação antioxidante de flavonoides modificados. *Pesqu. Agropec. Brasil*, Brasília, v. 34, p.879-883, maio 1999.
109. PEITER, G.C.; ALVES, H.J.; SEQUINEL, R.; BAUTITZ, I.R. Alternativas para o uso do glicerol produzido a partir do biodiesel. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v.5, n.4, p.519-537, 2016.
110. PEREDA, M; DUFRESNE, A; ARANGUREN, M.I; MARCOVICH, N.E. Polyelectrolyte films based on chitosan/olive oil and reinforced with cellulose nanocrystals *Carbohydr. Polym.*, v.101, p. 1018-1026, 2014.
111. PEREZ, S.; BERTOFT, E. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: A comprehensive review. *Starch/Stärke*. v. 62, p.389–420, 2010.
112. PERONI, F.H.G.; ROCHA, T.S.; FRANCO, C.M.L. Some Structural and Physicochemical Characteristics of Tuber and Root Starches. *Food Science Technology Int.* v.12, n.6, p.505–513, 2006.

113. PERRETTI, G.; TROILOA, A.; BRAVI, E.; MARCONI, O.; GALGANO, F.; FANTOZZI, P. Production of a lycopene-enriched fraction from tomato pomace using supercritical carbon dioxide. / *J. of Supercritical Fluids*. v. 82, p.177–182, 2013.
114. PINELI, L. L. O. Qualidade e potencial antioxidante in vitro de morangos in natura e submetidos a processamentos. Tese de doutorado. Brasília, Universidade de Brasília. Brasília. 222 p., 2009.
115. PODSEDEK A. Natural antioxidants capacity of brassica vegetables: a review. *J Food Compos Anal*, v.40, p.1-11, 2007.
116. POOJARY, M.M.; PASSAMONTI, P. Extraction of lycopene from tomato processing waste: Kinetics and modelling. *Food Chemistry*. v.173, p. 943–950, 2015.
117. PRATT, H. K.; WORKMAN, M. Studies on the physiology of tomato fruits. III. The effects of ethylene on respiration and ripening behavior of fruits stored at 20°C after harvest. *Proceedings American Society for Horticultural Science*, v.81, p.467-478, 1962.
118. PRECZENHAK AP; RESENDE JTV; CHAGAS RR; SILVA PR; SCHWARZ K; MORALES RGF. Caracterização agrônômica de genótipos de minitomate. *Horticultura Brasileira*, v.32, p. 348-356, 2014.
119. RABELLO, M. Aditivção de polímeros. v.1, p.242. São Paulo: Artliber, 2000.
120. RAFFO, A; CHERUBINO, L; VINCENZO, F; AMBROZINO, P; SALUCCI, M; GENNARO, L; BUGIANESI, R; GIUFFRIDA, F; QUAGLIA, G. Nutritional value of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1) harvested at different ripening stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.50, p. 6550Naomi, 2002.
121. RAIGOND, P.; EZEKIEL, R.; RAIGOND, B. Resistant Starch in Food: A Review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. v. 95, p. 1968–1978, 2014.
122. RAO, M.S; KANATT, S.R; CHAWLA, S.P; SHARMA, A. Chitosan and guar gum composite films: Preparation, physical, mechanical and antimicrobial properties. *Carbohydrate Polymers*, v.82, p.1243–1247, 2010.
123. REIS, H.S. Avaliação do teor de pigmentos naturais em diferentes espécies de tomate cherry. Dissertação de Mestrado. Universidade Fernando Pessoa. Porto, 2016.
124. RIGO, LISANDRA NAIARA. Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis. 130 p. Dissertação (mestrado)– Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões –URI. Erechim, 2006.

125. RINDLAV-WESTLING, A.; STADING, M.; GATENHOLM, P. Crystallinity and Morphology in Films of Starch, Amylose and Amylopectin Blends. *Biomacromolecules*. v. 3, n. 1, p.84-91, 2002.
126. ROJAS-GRAÜ, M.A.; AVENA-BUSTILLOS, R.J.; OLSEN, C.; FRIEDMAN, M.; HENIKA, P.R.; MARTÍN-BELLOSO, O.; PAN, Z.; MCHUGH, T.H. Effects of plant essential oils and oil compounds on mechanical, barrier and antimicrobial properties of alginate–apple puree edible films. *Journal of Food Engineering*. v.81, n.3, p. 634-641, 2007.
127. ROSA, C.L.S; SOARES, A.G; FREITAS, D.D.G.C; ROCHA, M.C; FERREIRA, J.C.S; GODOY, R.L.O. Caracterização físico-química, nutricional e instrumental de quatro acessos de tomate italiano (*lycopersicon esculentum mill*) do tipo ‘heirloom’ produzido sob manejo orgânico para elaboração de polpa concentrada. *Alim. Nutr., Araraquara*, v. 22, n. 4, p. 649-656, 2011.
128. SÁNCHEZ-MORENO, C; PLAZA, L; ANCOS, B; CANO, M.P. Nutritional characterisation of commercial traditional pasteurised tomato juices: carotenoids, vitamin C and radical-scavenging capacity. *Food Chemistry*, v. 98, p.749–756, 2006.
129. SANYANG, M.L.; SAPUAN, S.M.; JAWAID, M.; ISHAK, M.R.; SAHARI, J. In Bulucea, a(Ed). *Proceedings of the 13th International Conference on Environment, Ecosystems and Development (EED ‘15)*, p. 157. Kuala Lumpur: WSEAS Press.
130. SÃO JOSÉ, J.F.B; MEDEIROS, H.S; ANDRADE, N.J; RAMOS, A.M; VANETTI, M.C.D. Effect of ultrasound and chemical compounds on microbial contamination, physicochemical parameters and bioactive compounds of cherry tomatoes. *J. Food Sci.*, vol. 30, p. 467-486, 2018.
131. SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; PADUA, M.; COLTRO, L.; ALVES, R. M.; GARCIA, E. E. C. Embalagens plásticas flexíveis principais polímeros e avaliação de propriedades. 1. Ed. Campinas: CETEA/ITAL p. 180-181,209, 2002.
132. SAVATOVIĆ, S.M; ĆETKOVIĆ, G.S; ČANADANOVIĆ-BRUNET, J.M; DJILAS, S.M. Kinetic behavior of the DPPH radical-scavenging activity of tomato waste extracts. *Journal of the Serbian Chemical Society*, v.77, p.1381-1389, 2012.
133. SAVATOVIĆ, S.M; ĆETKOVIĆ, G.S; DJILAS, S.M; ČANADANOVIĆ-BRUNET, J.M. Kinetic study of the dpph antiradical activity of lipophilic tomato waste extracts. *Acta Periodica Technologica*, v.44, p.301-312, 2013.

134. SCHIMAZU, A.A.; MALI, S.; GROSSMANN, V.E. Efeitos plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 28, n. 1, p. 79-88, jan./mar. 2007.
135. SCHLEMMER, D. Preparação, caracterização e degradação de blendas de poliestireno e amido termoplástico usando glicerol e óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) como plastificante. Dissertação (mestrado). Universidade de Brasília, Brasília- DF, 2007.
136. SCHWARZ, K.; RESENDE, J.T.V.; PRECZENHAK, A.P.; PAULA, J.T.; FARIA, M.V.; DIAS, D.M. Desempenho agrônomo e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. *Horticultura Brasileira*. v.31, p. 410-418, 2013.
137. SEBRAE. *Minha Empresa Sustentável: 1. Cooperativa de Reciclagem*. Cuiabá, MT: Sebrae, 2017.
138. SHEN, X.L.; WU, J.M.; CHEN Y; ZHAO,, G. Antimicrobial and physical properties of sweet potato starch films incorporated with potassium sorbate or chitosan, *Food Hydrocoll.* v.24, p.285–290, 2010.
139. SHOJAEE-ALIABADI, S, HOSSEINI, H; MOHAMMADIFAR, M. A; MOHAMMADI, A; GHASEMLOU, M; OJAGH, S. M. Characterization of antioxidant-antimicrobial  $\kappa$ -carrageenan films containing *Satureja hortensis* essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, v.52, p.116 - 124, 2013.
140. SILVA, E.C; MACIEL, G.M; ALVARENGA, P.P.M; PAULA, A.C.C.F.F. Teores de  $\beta$ -caroteno e licopeno em função das doses de fósforo e potássio em frutos de diferentes genótipos de tomateiro industrial. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 247-252, 2011.
141. SILVA, W.A; PEREIRA, J; CARVALHO, C.W.P; FERRUA, F.Q. 4 SILVA, W. A. determinação da cor, imagem superficial topográfica e ângulo de contato de biofilmes de diferentes fontes de amido. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 31, n. 1, p. 154-163, 2007.
142. SILVA-WEISS, A; IHL, M; SOBRAL, P.J.A; GÓMEZ-GUILLÉN, M.C; BIFANI, V. Natural additives in bioactive edible films and coatings: functionality and applications in foods. *Food Eng Rev.*, v.5, p.200–216, 2013.
143. SINGH, S.; GUPTA, B. Physicochemical characteristics of glycerol-plasticized dextran/soyprotein isolate composite membranes. *Appl. Polym. Science*. v.133, p.43847 (1-9), 2016.
144. SINGH, T.P; CHAUHAN, G; AGRAWAL, R.K; MENDIRATTA, S.K. Response surface modeling and optimization of tomato puree–casein bio-composite films. *Iranian Polymer Journal*, v.27, p.861–879, 2018.



145. SMITH, J.C; BIASI, W.V; HOLSTEGE, D; MITCHAM, E.J. Effect of passive drying on ascorbic acid,  $\alpha$ -tocopherol, and  $\beta$ -carotene in tomato and mango. *Journal of Food Science*, v.83, iss. 5, 2018.
146. SOBRAL, P.J.A. Influência da espessura de biofilmes feitos à base de proteínas miofibrilares sobre suas propriedades funcionais. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.35, n.6, p.1251-1259, jun. 2000.
147. SOBRAL, P.J.A.; SANTOS, J.S.; GARCIA, F.T. Effect of protein and plasticizer concentrations in film forming solutions on physical properties of edible films based on muscle proteins of a Thai Tilapia. *Journal of Food Engineering*, Oxford, v. 70, n. 1, p. 93-100, 2005.
148. SOTHORNVIT, R.; PITAK, N. Oxygen permeability and mechanical properties of banana films. *Food Research International*. v.40, n.3, p. 365-370, 2007.
149. SUCUPIRA, N.R; SILVA, A.B; PERERIRA, G; COSTA, J.N. Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. *UNOPAR Cient Ciênc Biol Saúde*, v.14, n.4, p.263-269, 2012.
150. THOMPSON, A. E. A comparison of fruit quality constituents of normal and high pigment tomatoes. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, Beltsville, v. 78 p. 464-473, 1961.
151. THOMPSON, K.A; MARSHALL, M.R; SIMS, C.A; WEI, C.I; SARGENT, S.A; SCOTT, J.W. Cultivar, maturity, and heat treatment on lycopene content in tomatoes. *Journal of Food Science*. v.65, n.5, 791- 795 p., 2000.
152. TIGIST, M.; WORKNEH, T.S.; WOLDETSADIK, K. Effects of variety on the quality of tomato stored under ambient conditions. *J. Food Sci. Technol*. v.50, n.3, p.477–486, 2013.
153. VALENCIA, G.A.; MORAES, I.C.; LOURENÇO, R.V.; BITTANTE, A.M.Q.; SOBRAL, P.J.A. Physicochemical Properties of Maranta (*Maranta arundinacea* L.) Starch. *International Journal of Food Properties*, v.18, p.1990–2001, 2015.
154. VALERO, L.M.S. Produção e caracterização de filmes biodegradáveis a base do pseudocereal canihua (*Chenopodium pallidicaule*) Tese de Doutorado. p.241, UNICAM. Campinas, 2017.
155. VALLVERDÚ-QUERALT, A; MEDINA-RÉMON, A; CASALS-RIBES, I; LAMUELA-RAVENTOS, R.M. Is there any difference between the phenolic content of organic and conventional tomato juices? *Food Chemistry*, v.130, p.222–227, 2012.

156. VIEIRA, D.A.P; CARDOSO, K.C.R; DOURADO, K.K.F; CALIARI, M; JÚNIOR, M.S.S. Qualidade física e química de mini-tomates Sweet Grape produzidos em cultivo orgânico e convencional. *Revista Verde (Pombal - PB - Brasil)*, v.9, n. 3 , p. 100 -108, 2014.
157. VILLADIEGO, A.M.D.; SOARES, N.F.F.; ANDRADE, N.J.; PUSCHMANN, R.; MINIM, V.P.R.; CRUZ, R. Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. *Revista Ceres*, vol. 52, núm. 300, p.221-224, 2005.
158. VILLAS-BOAS, F., FRANCO, C. M. L. Effect of bacterial  $\beta$ -amylase and fungal  $\alpha$ -amylase on the digestibility and structural characteristics of potato and arrowroot starches. *Food Hydrocolloids*, v.52, p.795–803, 2016.
159. WANG, X.; SUN, X.; LIU, H.; ZHONGSU, M., Barrier and mechanical properties of carrot puree films. *Food and Bioproducts Processing*. v.89, n.2, p.149-156, 2011.
160. WOISKY, R. G; SALATINO, A. Analysis os propolis: some parameters ond prodecore for chemical fuality control. *Journal Apicultural Research*, 1998.
161. ZANFINI, A; FRANCHI, G.G; MASSARELLI, P; CORBINI, G; DREASSI, E. Phenolic compounds , carotenoids and antioxidant activity in five tomato (*lycopersicon esculentum mill.*) cultivars. *Italian Journal of Food Science*, v.29, p. 90-99, 2017.
162. ZANG, Y.; HAN, J.H. Plasticization of pea starch filmes with monosaccharides and polyols. *Journal of food science*, vol.71, nr.6, p. 253-261, 2006.
163. ZÁRATE, N.A.H.; VIEIRA, M.C. Produção da araruta ‘comum’ proveniente de três tipos de propágulos. *Ciênc. agrotec., Lavras*, v. 29, n. 5, p. 995-1000, 2005.
164. ZHANG, G.; VENKATACHALAM, M.; HAMAKER, B.R. Structural basis for the slow digestion property of native cereal starches. *Biomacromolecules*. v.7, p. 3259-3266, 2006.
165. ZOU, W.; YU, L.; LIU, X.; CHEN, L.; ZHANG, X.; QIAO, D.; ZHANG, R. Effects of amylose/amylopectin ratio on starch-based superabsorbent polymers. *Carbohydrate Polymers*. v. 87, p.1583– 1588, 2012.