



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA DE
ALIMENTOS

**INFLUÊNCIA DE *COATING* À BASE DE AMIDO E MANOSILERITRITOL
LIPÍDIOS (MEL) NA VIDA ÚTIL DE GOIABA *cv.* “PALUMA”**

HELOISA VANDERLINDE DE SOUZA

Florianópolis

2019

HELOISA VANDERLINDE DE SOUZA

**INFLUÊNCIA DE COATING À BASE DE AMIDO E MANOSILERITRITOL
LIPÍDIOS (MEL) NA VIDA ÚTIL DE GOIABA cv. “PALUMA”**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina apresentado como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Augusto Mattar Carciofi

Coorientadoras: Dra. Denise Adamoli Laroque e Dra. Jaqueline Oliveira de Moraes

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Souza, Heloisa Vanderlinda
INFLUÊNCIA DE COATING À BASE DE AMIDO E MANOSILERITRITOL
LIPÍDIOS (MEL) NA VIDA ÚTIL DE GOIABA cv. "PALUMA" / Heloisa
Vanderlinda Souza ; orientador, Bruno Carciofi,
coorientadora, Denise Laroque, coorientadora, Jaqueline
Moraes, 2019.
61 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia de Alimentos, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia de Alimentos. 2. Engenharia de Alimentos.
3. Coating de amido. 4. Biossurfactante. 5. Goiaba. I.
Carciofi, Bruno. II. Laroque, Denise. III. Moraes,
Jaqueline IV. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia de Alimentos. V. Título.

*Dedico este trabalho à minha
família que sempre me apoiou e
deu todo suporte necessário para
que eu pudesse chegar até aqui.*

AGRADECIMENTOS

A meus pais, por tudo que me ensinaram e por toda a dedicação. Sem vocês eu não teria chegado até aqui. Vocês são meus exemplos!

À minha irmã, por partilhar a vida comigo. Por todas as vezes que cuidou de mim e me apoiou.

A meu namorado, pela parceria e apoio. Obrigada por ser meu porto seguro!

Às amigas que construí durante a graduação. Sou uma pessoa melhor por ter aprendido tanto com vocês!

Ao professor Bruno Carciofi, por contribuir em minha formação acadêmica e pela orientação. Obrigada por me acompanhar durante essa trajetória.

Às coorientadoras, Denise Laroque e Jaqueline Moraes, por todo apoio, incentivo e sugestões. Obrigada por compartilharem os seus conhecimentos comigo!

Aos professores e funcionários que contribuíram direta ou indiretamente nesta jornada.

À todos do PROFI, por me receberem tão bem e pela contribuição ao desenvolvimento do nosso país por meio da pesquisa científica.

RESUMO

A goiaba (*Psidium guajava* L) é um fruto tropical, atrativo aos consumidores por suas características sensoriais e nutricionais. A fim de estender a vida útil de frutos, a aplicação de *coating* vem sendo amplamente discutida, principalmente, para frutos perecíveis, como as goiabas. O presente trabalho tem por objetivo estudar a influência de *coating* à base de amido com diferentes concentrações de manosileritritol lipídios (MEL) nas características físico-químicas de goiaba cv. "Paluma". As goiabas foram adquiridas em estágio de pré-maturação, avaliadas visualmente, e então revestidas com *coating* de amido e amido e MEL nas concentrações de 0,05, 0,15 e 0,30 g de MEL/ g amido seco. O *coating* foi preparado fazendo uma dispersão de amido (2%) e em seguida o MEL foi adicionado. As goiabas com e sem *coating* foram armazenadas a 25 ± 3 °C e $85 \pm 10\%$ de UR. A superfície das goiabas foi avaliada por ângulo de contato com a água e com as suspensões de *coating* por microscopia eletrônica de varredura (MEV). Análises de cor, testes de perfuração, pH, sólidos solúveis totais (SST) e perda de massa (%) foram avaliados durante o armazenamento. A taxa de respiração dos frutos foi acompanhada pela composição gasosa (%O₂ e %CO₂) utilizando-se recipientes de vidro. Os resultados mostraram que o ângulo de contato entre a superfície da goiaba e as suspensões contendo MEL diminuiu, o que representa uma maior molhabilidade da superfície quando o biossurfactante está presente na formulação. O uso de *coatings* mostrou-se eficiente quanto ao retardamento do escurecimento da casca da goiaba e da degradação da cor verde apresentando diferença significativa ($p < 0,05$) quando comparado à amostra controle. Esse comportamento foi acompanhado para a cor interna das goiabas, sendo que o parâmetro a^* da escala CieLab para as amostras controle apresentou-se superior no quarto e no sétimo dia de armazenamento quando comparado às amostras revestidas. Os frutos revestidos com 0,30 g de MEL/g de amido seco, a partir do quarto dia de armazenamento, apresentaram diferença significativa quanto à força de penetração, ou seja, maior resistência da casca ao rompimento. Da mesma forma, a dureza e a força média aumentaram com o aumento da concentração do biossurfactante no *coating*. Todas as amostras apresentaram perda de massa crescente e não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$). A taxa respiratória das amostras sem *coating* foi maior do que das amostras com *coating*. No 11º dia, o valor médio de produção de CO₂ para as amostras sem *coating* foi de 52,8%, enquanto para as amostras com 0,30 g de MEL/g de amido seco foi de 27,57%. De maneira geral, os *coatings* de amido com MEL afetaram de forma positiva os parâmetros de qualidade das goiabas acarretando no aumento da vida útil desses frutos.

Palavras-chave: *Coating*. Goiaba. Manosileritritol lipídios. Biossurfactante.

ABSTRACT

Guava (*Psidium guajava* L) is a tropical fruit, attractive to consumers for its sensory and nutritional characteristics. In order to maintain fruit quality longer, the application of coating has been widely discussed, especially for very perishable fruits such as guavas. The present work aimed to study the influence of starch-based coating with mannosylerythritol lipids (MEL) on the physicochemical characteristics of guava cv. Paluma. The guavas used in the study were purchased at the CEASA/SC unit located in São José, SC. Yoki Alimentos S / A brand cassava starch was purchased from local merchants and MEL biosurfactant was imported from Toyobo Co., Ltd., Osaka. Coating without addition of MEL was named Starch, whereas coatings containing biosurfactant were named MEL 0.05, MEL 0.15 and MEL 0.30, indicating the ratio of MEL mass to starch mass. (g MEL / g starch on wet basis). The coating was prepared by making a starch dispersion (2%) and then the MEL was added. After the coated guavas, all were stored at 25 ± 3 ° C and $85 \pm 10\%$ RH. Color analysis, mechanical tests, pH, total soluble solids (TSS) and mass loss (%) were evaluated on the 1st, 4th, 7th, 11th and 13th day of storage. Contact angle analyzes and scanning electron microscopy (SEM) were also performed. Measurements for gaseous composition evaluation (% O₂ and % CO₂) in the packages in which samples of each treatment were packed were made on the 1st, 3rd, 5th, 7th, 9th and 11th days of storage. Regarding surface properties, it was concluded that there was a decrease in contact angle and improved wettability with the incorporation of MEL to starch coating. The use of coatings proved to be efficient in delaying guava peel darkening and green color degradation, presenting significant difference ($p < 0.05$) in the control sample. For pulp, a^* values were observed for control samples significantly higher than the others on the fourth and seventh day of storage. Penetration tests showed that fruits with MEL 0.30, from the fourth day of storage, showed significant difference in penetration force, ie, greater peel resistance to breakage. For firmness, samples with coatings MEL 0.30 and MEL 0.15. Similarly, hardness and average strength increased with increasing biosurfactant concentration in the coating. Guava texture related parameters showed high deviations in the assays, which is possibly attributed to the great heterogeneity between the samples. No significant differences in pH and TSS were identified between the samples. All samples showed increasing mass loss and did not differ statistically. There was a much higher concentration of carbon dioxide in the control guava packaging during the analysis period, and on the last day the average value for these samples was 52.8% compared to 27.57% of the MEL 0,30. In general, the starch coatings with MEL positively affected the quality parameters of guavas, leading to increased shelf life of these fruits.

Keywords: *Coating*. Goiaba. Mannosileritritol lipids. Biosurfactant.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS	12
1.1.1	Objetivo Geral	12
1.1.2	Objetivos Específicos	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	GOIABAS	13
2.2	APLICAÇÃO DE <i>COATINGS</i> EM FRUTOS	14
2.3	<i>COATINGS</i> À BASE DE POLISSACARÍDEOS	16
2.3.1	<i>Coating</i> à base de amido	16
2.3.2	<i>Coating</i> à base de amido em frutos	18
2.4	<i>COATINGS</i> COMBINADOS	19
2.5	PREPARAÇÃO E APLICAÇÃO DE <i>COATINGS</i>	19
2.6	MANOSILERITRITOL LIPÍDIOS	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1	MATERIAL	24
3.2	MÉTODOS	24
3.2.1	Preparo dos <i>coatings</i>	24
3.2.2	Aplicação dos <i>coatings</i> nas goiabas	25
3.2.3	Cor	26
3.2.4	Testes mecânicos	26
3.2.5	Sólidos solúveis totais (SST)	28
3.2.6	Potencial hidrogeniônico (pH)	28
3.2.7	Perda de massa (%)	28
3.2.8	Determinação da composição gasosa (O₂ e CO₂)	28
3.2.9	Ângulo de contato	29

3.2.10 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 ÂNGULO DE CONTATO.....	30
4.2 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA.....	32
4.3 COR	34
4.4 TESTES MECÂNICOS	40
4.4.1 Força de penetração	40
4.4.2 Firmeza	42
4.4.3 Dureza	43
4.4.4 Força média da polpa das goiabas	44
4.5 SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS.....	46
4.6 pH.....	47
4.7 PERDA DE MASSA.....	48
4.8 COMPOSIÇÃO GASOSA.....	50
5 CONCLUSÃO	52
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	52

1 INTRODUÇÃO

A goiaba (*Psidium guajava* L.) é uma fruta tropical, encontrada em todas as regiões do Brasil, sendo os Estados de São Paulo e Pernambuco seus principais produtores (EMBRAPA). Trata-se de uma fruta com importante qualidade nutricional, sendo rica em ácido ascórbico, cálcio, vitamina E, fibra, licopeno, vitaminas A, B6 e B2 (LIMA; ASSIS; GONZAGA NETO, 2002). É um fruto muito perecível, com sua vida útil variando de 2 a 8 dias à temperatura ambiente. O armazenamento refrigerado é uma alternativa, porém não deve ocorrer em temperatura inferior a 10 °C, pois pode ocasionar injúria pelo frio com o escurecimento da polpa e amadurecimento irregular (SINGH; PAL, 2008; WANG; DUAN; HU, 2009).

Diante da elevada perecibilidade das goiabas, torna-se necessário o desenvolvimento de tecnologias que garantam que esses frutos cheguem ao consumidor com a qualidade esperada, ou seja, boa aparência, firmeza e odor característico. Um dos métodos que vem sendo amplamente estudado é a aplicação de *coatings* sobre a superfície dos frutos. Os *coatings* podem ser usados para retardar a migração da umidade, oxigênio, dióxido de carbono, aromas e lipídios, para o ambiente, diminuindo a taxa de respiração e alterações de textura, melhorando a integridade mecânica e a aparência dos frutos e promovendo proteção física contra injúrias (COSTA et al., 2017).

Dentre os *coatings* mais estudados estão aqueles à base de amidos, os quais têm demonstrado boa performance para atrasar o amadurecimento de goiabas (COSTA et al., 2017). No entanto, molhabilidade da superfície do fruto pelo revestimento pode ser um ponto crucial para garantir um bom revestimento e a qualidade final dos frutos. Neste sentido, biossurfactantes podem ser incorporados à suspensão com a finalidade de alterar as propriedades da suspensão, bem como a molhabilidade e a adesão dessa suspensão ao fruto (SAPPER; BONET; CHIRALT, 2019). O Manosileritritol lipídios (MEL) é um biossurfactante glicolipídico, que tem a capacidade de interagir com a matriz de amido devido à sua estrutura (ANDRADE et al., 2017; MANIGLIA et al., 2019). No entanto, são raros os estudos que utilizam o biossurfactante a fim de promover a interação entre suspensão e a casca da fruta, em geral, os biossurfactantes são usados para formar emulsões.

Com base nestas considerações, o presente trabalho tem por objetivo estudar a influência de *coating* à base de amido com MEL nas características físico-químicas de goiaba cv. “Paluma”.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o impacto da aplicação de *coating* à base de amido e manosileritritol lipídios (MEL) nas propriedades físico-químicas de goiaba cv. “Paluma” ao longo da sua vida útil.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Formular um *coating* utilizando amido e manosileritritol lipídios (MEL) para o recobrimento de goiabas;
- Analisar as propriedades físico-químicas das goiabas, revestidas e controles, ao longo do período de armazenamento;
- Correlacionar as propriedades físico-químicas dos frutos ao uso do *coating*;
- Avaliar o efeito de diferentes concentrações de MEL nos *coatings* à base de amido, sobre as propriedades físico-químicas das goiabas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 GOIABAS

Segundo a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), no Brasil, a goiaba (*Psidium guajava L.*) é cultivada principalmente nas regiões Sudeste e Nordeste, sendo os estados de São Paulo e Pernambuco os maiores produtores deste fruto (NACHTIGAL, 2015). A região Sul também tem destaque com significativa área plantada dessa cultura. Os cultivares de maior importância nacional são a Paluma, Rica, Pedro Sato, Kumagai, Sassaoka, Ogawa, Yamamoto e Século XXI. Com base no levantamento apresentado no Anuário Brasileiro de Fruticultura (2018), a área ocupada com a cultura da goiabeira, em 2016, foi de 17.199 hectares, o que corresponde a 414.960 toneladas de fruto, com valor de 508.573 mil reais. Desse montante, aproximadamente 172 toneladas do fruto foram destinadas à exportação (KIST et al., 2018).

A goiaba é um fruto tropical, que além de atrativa por suas características sensoriais também se destaca quanto às características nutricionais, devido aos teores de açúcares, vitaminas A, B e C, fibras e minerais como ferro, cálcio e fósforo (MELO; ARAÚJO, 2011). Os antioxidantes podem agir na neutralização da ação dos radicais livres ou participar indiretamente de sistemas enzimáticos, inibindo ou interrompendo a cadeia de propagação das reações oxidativas (SILVA et al., 2010). O estresse oxidativo, causado pelo desequilíbrio entre antioxidantes e a produção de radicais livres, aparentemente está associado com diversas doenças multifatoriais, especialmente diferentes tipos de câncer, doenças cardiovasculares e desordens inflamatórias (PODSĘDEK, 2007; SILVA et al., 2010).

Três fases fisiológicas são observadas em frutos, sendo elas o crescimento, a maturação e a senescência. A fase final da maturação é chamada de amadurecimento, nela os frutos são transformados em produtos atrativos e aptos para consumo, tratando-se de um processo normal e irreversível (RYALL; LIPTON, 1979).

Ao ser colhido o suprimento de água do fruto é encerrado, dessa forma a perda de água por transpiração resulta no seu murchamento e enrugamento, exercendo grande influência nas perdas quantitativas e qualitativas do produto.

Durante o amadurecimento da goiaba ocorrem diversas transformações em sua composição. Além de quantificarmos por meio de análises físico-químicas os parâmetros envolvidos nessas mudanças, elas podem ser identificadas facilmente, pois causam alterações na coloração, textura, sabor e aroma do fruto (AZZOLINI; JACOMINO; SPOTO, 2004; MORGADO et al., 2010).

Não há um consenso sobre o comportamento respiratório de goiabas. Estudos realizados com diferentes cultivares do fruto apresentam resultados para atividade respiratória e produção de etileno, tanto com padrão climatérico, quanto não-climatérico. São chamados de frutos climatéricos aqueles que apresentam um pico respiratório e produção de etileno durante o amadurecimento, os frutos que não apresentam esse comportamento são classificados como não climatéricos (CARVALHO, 1994).

A goiaba é um produto muito perecível, com sua vida útil variando de 2 a 8 dias à temperatura ambiente. O armazenamento refrigerado é uma alternativa, porém não deve ocorrer em temperatura inferior a 10 °C, pois pode ocasionar injúria pelo frio com o escurecimento da polpa e amadurecimento irregular (SINGH; PAL, 2008; WANG; DUAN; HU, 2009). Tendo isso em vista, ao longo dos anos, os métodos de cultivo e pós-colheita vêm sendo aprimorados a fim de estender a vida útil desse fruto. Dentre as tecnologias adotadas para essa finalidade, está a aplicação de *coatings* nos frutos.

2.2 APLICAÇÃO DE COATINGS EM FRUTOS

Coatings, como são denominados os revestimentos comestíveis, consistem em suspensões ou emulsões aplicadas diretamente sobre um produto, formando uma fina camada que age, principalmente, como barreira ao transporte de gases e vapor de água. Sua formulação, aplicação e caracterização ganhou visibilidade nas últimas décadas, ainda que existam relatos de sua utilização desde o século XV. É considerado um procedimento viável para aumentar o tempo de vida útil de frutas e hortaliças (DEBEAUFORT; QUEZADA-GALLO; VOILLEY, 1998).

Além da capacidade de estender a vida útil das frutas e hortaliças, alguns *coatings* têm influência na inibição do crescimento microbiano na superfície de produtos frescos e, também, podem atuar como carreadores de aditivos

alimentares, incluindo aromatizantes, antioxidantes, vitaminas e corantes (CAGRI; USTUNOL; RYSER, 2004).

Geralmente, o método empregado visando a conservação no pós-colheita é a refrigeração, que pode ser combinada à atmosfera modificada para aumentar a vida útil do alimento (ASSIS; BRITTO, 2014). No entanto, a cadeia do frio apresenta elevado grau de complexidade ao longo de toda a cadeia logística de frutas. Sendo assim, é importante buscar por alternativas que aumentem o tempo de vida útil dos produtos, como a combinação dos *coatings* e das baixas temperaturas.

Além das propriedades de barreira citadas, os *coatings* podem apresentar características mecânicas (flexibilidade e tensão), ópticas (brilho e opacidade), resistência estrutural a microrganismos, componentes funcionais e aceitabilidade sensorial. Tais atributos estão vinculados à estrutura do polímero formador do *coating* (composição e massa molecular), às condições de produção (solvente empregado, pH, concentração de componentes e temperatura) e à quantidade de aditivos (plastificantes, agentes de ligação cruzada, antimicrobianos, antioxidantes e emulsionantes) (FALGUERA et al., 2011).

Dentre os principais constituintes de *coatings* comestíveis estão os polissacarídeos, proteínas e lipídios. *Coatings* formados por compostos do primeiro grupo – como celulose, amido, pectina, alginato e carragena – ou do segundo grupo – gelatina, caseína e glúten, por exemplo – possuem propriedades mecânicas e ópticas relevantes, porém são sensíveis à umidade e apresentam baixa barreira ao vapor de água. Em contrapartida, quando compostos por lipídeos – destacando as ceras e os monoglicerídeos acetilados – fornecem alta barreira ao vapor de água, mas geralmente são opacos e instáveis em relação à rancidez (GUILBERT; GONTARD; GORRIS, 1996).

Como o *coating* passa a integrar o alimento a ser consumido, os materiais empregados em sua formação devem ser reconhecidos como GRAS (*Generally Recognized as Safe*), isto é, devem ser atóxicos e seguros para o uso em alimentos (FDA, 2013). Assim, por não existir na legislação normas específicas para *coatings*, eles são enquadrados como ingredientes, se melhorarem a qualidade nutricional do alimento, ou como aditivos, caso não interfiram no seu valor nutricional. Portanto, seu uso deve obedecer a regulamentação da classe à qual se encaixar (LUVIELMO; LAMAS, 2012).

2.3 COATINGS À BASE DE POLISSACARÍDEOS

De acordo com Luvielmo e Lamas (2012), a elaboração de *coatings* à base de polissacarídeos para aplicação em frutas são usados com maior recorrência. Sendo os polissacarídeos mais usados a fécula de mandioca, alginato, pectina, carragena, quitosana e derivados da celulose, como a metilcelulose, carboximetilcelulose e hidroxipropilmetilcelulose.

Polissacarídeos são carboidratos e apresentam caráter hidrofílico, propriedade que está associada à presença de grupos hidroxila e carboxila em sua formação. Em função das características desses grupos, a cadeia carbônica apresenta sítios parcialmente carregados positivamente, assim como carregados negativamente, fator que favorece o acúmulo e o rearranjo de moléculas polares, principalmente da água, em torno desses sítios. Com isso, materiais hidrofílicos costumam apresentar boa solubilidade em meio aquoso e, conseqüentemente, coberturas hidrofílicas preservam o aspecto hidratado da superfície de frutos, mantendo o brilho por mais tempo (ASSIS; BRITTO, 2014).

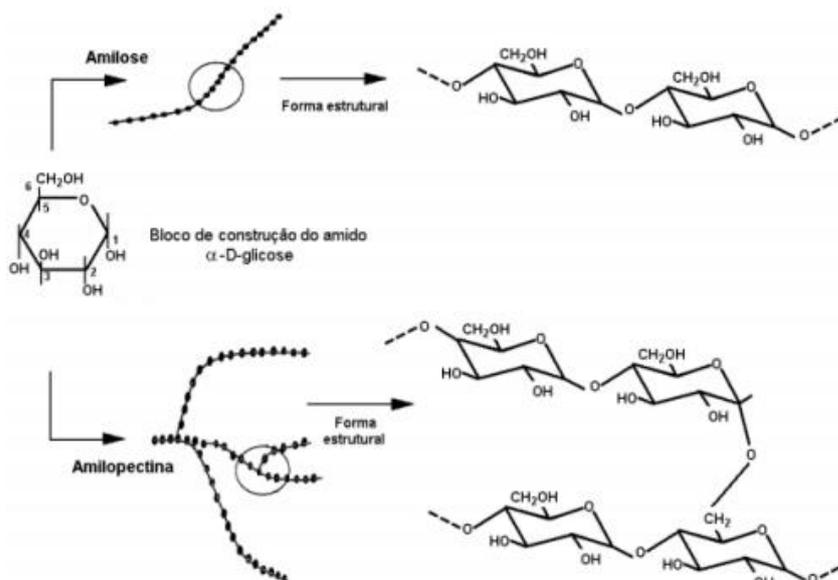
As propriedades de maior relevância associadas aos *coatings* à base de polissacarídeos relatadas na literatura são: boa barreira às trocas gasosas entre o fruto e o ambiente, manutenção da integridade da parede celular do fruto, retenção de vitamina C, além da possível ação bactericida e fungicida do *coating*. A utilização desse tipo de revestimento também pode conferir mais brilho à superfície e contribuir para a manutenção da cor e da textura. Com isso, melhora a aparência dos frutos, fator determinante na escolha desse tipo de alimento pelos consumidores (ASSIS; BRITTO; FORATO, 2008).

2.3.1 *Coating* à base de amido

O amido mostra-se uma alternativa viável para a elaboração de *coatings*, visto que apresenta diversas possibilidades de modificação química, física e enzimática. Além disso, é uma matéria-prima de fácil manipulação, amplamente produzida, facilmente encontrada e de baixo custo. O grânulo de amido é composto por amilose e amilopectina, polissacarídeos presentes em diferentes proporções em

função da origem botânica (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010) e cujas estruturas estão representadas na Figura 1.

Figura 1 – Estruturas amilose e amilopectina.



Fonte: Moraes (2013) apud Liu et al., 2009.

A gelatinização do amido ocorre por aquecimento em meio aquoso, causando a transformação irreversível do amido granular em um gel viscoelástico pela destruição da cristalinidade e da ordem molecular do grânulo, a partir do rompimento das ligações de hidrogênio (STEENEKEN; WOORTMAN, 2009). O amido gelatinizado pode formar filmes. Sendo assim, a utilização de amido na composição de *coatings* se embasa mais especificamente nas propriedades da amilose para formar géis.

As moléculas de amilose em solução tendem a se orientar paralelamente, por serem lineares, e assim, aproximam-se o suficiente para que sejam formadas ligações de hidrogênio entre as hidroxilas de polímeros adjacentes. Dessa forma, a diminuição da afinidade do polímero pela água favorece a formação de géis opacos (MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010 apud WURZBURG, 1986). As ligações de hidrogênio formadas ficam suscetíveis a ligações com aditivos, que podem ser adicionados com o intuito de reduzir a hidrofobicidade do *coating* (FERNANDEZ et al., 2017).

A difusão de gases é crucial para a sua permeabilidade, enquanto que tanto a sorção, quanto a difusão são essenciais para a transferência vapor de água (GUILBERT; CUQ; GONTARD, 1997 *apud* BANKER, 1966; KESTER; FENNEMA, 1989). De acordo com Ribeiro et al. (2007), o coeficiente de coesão de filmes à base de amido é alto quando em menor umidade de equilíbrio, resultando em fortes forças de atração entre as moléculas do polímero, formando um material com alta barreira aos gases, principalmente ao oxigênio. Já em maior umidade de equilíbrio, as cadeias das macromoléculas ganham maior mobilidade, causando aumento considerável na permeabilidade aos gases. Por isso, é comum observarmos diferença entre a permeabilidade ao vapor de água e aos gases, como o dióxido de carbono e o oxigênio, em um mesmo filme. Considerando a utilização desses materiais em frutos frescos, certa permeabilidade aos gases é importante, especialmente ao dióxido de carbono (GUILBERT; CUQ; GONTARD, 1997).

2.3.2 Coating à base de amido em frutos

Garcia et al. (2010) verificaram que *coatings* de amido (1%, 2% e 3%), com ou sem sorbato de potássio, não causaram alterações na textura e na coloração da superfície de morangos, quando comparados a morangos não revestidos. No entanto, todos os revestimentos mostraram aumento da resistência ao vapor de água das amostras, mas um aumento significativo foi obtido apenas com o uso de revestimento com 3% de amido. O sorbato de potássio melhorou significativamente a resistência ao vapor de água, não sendo observadas diferenças entre as duas concentrações estudadas (0,05% e 0,10%). Para a avaliação, os morangos foram acondicionadas em bandejas de polipropileno e embrulhadas em filme de cloreto de polivinila (PVC) e armazenados a 5 °C até a avaliação, realizada 24 horas após os tratamentos.

Frutos de mamão Formosa, a 27 °C e 70% UR, tiveram sua vida útil prolongada em quatro dias com o uso de *coatings* à base de fécula de mandioca a 1% e 3%, sem terem sua qualidade prejudicada em função do retardamento do processo de maturação. Houve atraso significativo no aumento da pigmentação alaranjada da casca dos mamões revestidos, assim como na perda de firmeza, no teor de sólidos solúveis e na acidez titulável (PEREIRA et al., 2006).

2.4 COATINGS COMBINADOS

Assis e Britto (2014) evidenciam o fato de não existir um *coating* que possa ser aplicado a qualquer fruto indiscriminadamente. O material adequado de revestimento irá depender das características do fruto, do biopolímero e dos objetivos almejados com o uso do *coating*.

Os materiais empregados na formação de *coatings*, como os polissacarídeos, as proteínas e os lipídeos, de origem animal e vegetal, podem ser combinados com o intuito de se obter funcionalidades diferentes, potencializando as vantagens e minimizando as desvantagens associadas ao seu uso individual (CHEN; A NUSSINOVITCH, 2001).

2.5 PREPARAÇÃO E APLICAÇÃO DE COATINGS

Geralmente, para a formulação de *coatings*, utiliza-se uma base lipídica, proteica ou de um carboidrato como agente formador, um solvente, podendo ser água, álcool ou ácido acético, e um plastificante, tal como sorbitol ou glicerol.

De acordo com Gontard e Guilbert (1994), existem alguns mecanismos para preparar *coatings*. As opções de formação de *coatings* a partir de polissacarídeos ou proteínas, consistem em:

- Coacervação simples: no qual a separação da fase líquida ocorre pela adição de um eletrólito ou de um hidrocolóide insolúvel à solução coloidal, ou ainda, pelo ajuste do pH;
- Coacervação complexa: caracterizada pela mistura de duas soluções de hidrocolóides com cargas de elétrons opostas, resultando na neutralização e precipitação do complexo polimérico;
- Gelificação ou coagulação térmica, que consiste na gelificação ou precipitação da macromolécula, previamente desnaturada pelo emprego de calor, ou também, na gelificação causada pelo seu resfriamento.

As condições de formação de um *coating* influenciam em sua coesão e conseqüentemente em suas propriedades mecânicas, como a resistência à ruptura e abrasão. Dessa forma, a estrutura do alimento pode ser mantida protegida durante

toda sua vida útil, já que os *coatings* podem se adaptar sem rompimento a possíveis deformações do alimento (GUILBERT; GONTARD; GORRIS, 1996).

Já a adesão do *coating* à superfície do alimento é afetada pelo método de aplicação utilizado, entre outros fatores. A aplicação desses materiais pode ser realizada por espalhamento manual com um pincel, pulverização, revestimento em película descendente, imersão e gotejamento subsequente, distribuição em uma panela rotativa, fluidização de leite ou *airbrushing*. (GUILBERT; GONTARD; GORRIS, 1996; LIU; WANG; YOUNG, 2014).

Em estudos laboratoriais, a técnica de imersão seguida de gotejamento é frequentemente escolhida como método de aplicação de *coatings* em frutos (AMARANTE; BANKS; GANESH, 2000; GARCÍA-BETANZOS et al., 2017; KLANGMUANG; SOTHORNVIT, 2018; MURMU; MISHRA, 2018), provavelmente pela quantidade de material disponível e pelo reduzido número de amostras.

Quando o revestimento precisa ser feito em grande quantidade de frutos, o que ocorre nos *packinghouses*, utilizam-se aspersores para a aplicação do *coating* (LIU; WANG; YOUNG, 2014). Processo análogo é descrito por Brasil (2019), no qual uma emulsão à base de cera de carnaúba é aplicada por aspersão, conforme os frutos passam por uma esteira. A secagem é feita em túnel com fluxo de ar a 45 °C em sentido contrário ao dos frutos. Após a secagem, o polimento é feito com escovas de crina.

2.6 MANOSILERITRITOL LIPÍDIOS

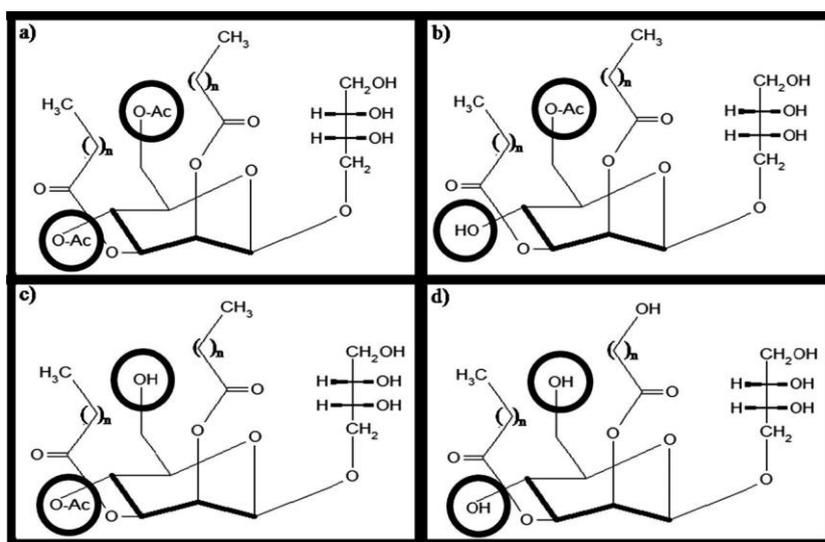
Os surfactantes são compostos anfifílicos, com porções hidrofílicas e hidrofóbicas, que se distribuem preferencialmente entre interfaces líquidas com diferentes graus de polaridade e pontes de hidrogênio. A fração apolar geralmente é uma cadeia de hidrocarbonetos e a fração polar pode ser iônica (catiônica ou aniônica), não iônica ou anfótera (SANTOS et al., 2016). Por essas características, esses compostos aumentam a solubilidade das moléculas hidrofílicas, reduzindo assim as tensões superficiais e interfaciais.

Biossurfactantes são compostos produzidos por células vivas, incluindo bactérias, fungos e leveduras. Os biossurfactantes em sua maioria produzem menor tensão superficial em menores concentrações (comparados aos surfactantes

convencionais), apresentam tolerância à temperatura, pH e força iônica, além de serem biodegradáveis e possuírem baixa toxicidade, permitindo o uso em alimentos (NITSCHKE; PASTORE, 2002).

O manosilertitol lipídios (MEL) é um biossurfactante glicolipídico, sintetizado por vários microrganismos, como *Schizonella melanogramma*, *Candida sp.* (equivalente à *Pseudozyma sp.*) e *Ustilago sp* (ANDRADE et al., 2017). O MEL possui 4 homólogos, classificados como MEL-A, -B, -C e -D. O primeiro trata-se de um composto diacetilado, enquanto MEL-B e MEL-C são monoacetilados em C6 e C4, respectivamente. A estrutura completamente desacetilada é conhecida como MEL-D (ARUTCHELVI et al., 2008) (Figura 2).

Figura 2 – Estruturas dos homólogos MEL. Os grupos R1 e R2 estão circulos; (a) MEL-A (R1 = R2 = grupo acetilo), (b) MEL-B (R1= grupo acetilo, R2 = H), (c) MEL-C (R1= H, R2 = grupo acetilo), e (d) MEL-d (R1 = R2 = H).



Fonte: Andrade et al. (2017)

Maniglia et al. (2019) relataram que moléculas com estrutura química como a do MEL podem interagir com a matriz de amido, lavando à formação de filmes com propriedades únicas, alterando principalmente a molhabilidade. Além disso, apresenta atividade antimicrobiana contra *S. aureus* (Gram-positivo) e um amplo espectro contra fungos fitopatogênicos, permitindo seu uso na agricultura para proteção de plantas (INÈS; DHOUHA, 2015).

2.6.1 Aplicação de *coating* em goiaba

A fim de se retardar as mudanças que ocorrem durante o amadurecimento das goiabas que afetam suas características físico-químicas – como a mudança da coloração da casca, elevada incidência de podridões, murchamento, perda de firmeza e perda de brilho – o uso de *coatings* vem sendo apresentado como uma alternativa viável em goiabas.

Formiga et al. (2019) utilizaram *coatings* de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) e cera de abelha (BW), em diferentes concentrações, com o objetivo de prolongar a vida útil de goiabas vermelhas *Pedro Sato*. Goiabas com e sem *coating* foram armazenadas por 8 dias a 21 °C, e avaliadas a cada 2 dias. O HPMC + BW produziu uma atmosfera modificada ao redor da fruta, atrasando o processo de amadurecimento. Os revestimentos reduziram a perda de massa, mantiveram a cor verde e aumentaram a firmeza em comparação com o fruto controle. O tratamento com HPMC + 20% de BW proporcionou uma melhor manutenção da qualidade dos frutos. No oitavo dia, as frutas com este revestimento apresentaram as mesmas características físico-químicas das frutas controle no segundo dia de armazenamento.

Coatings à base de quitosana (100% Q), alginato (100% A) e a combinação deles em diferentes concentrações, foram adicionados de nanopartículas de óxido de zinco (nanoZnO) e aplicados a goiabas em estudo de Arroyo et al. (2019). Os frutos foram armazenados por 15 dias a 21 ± 1 °C e $80 \pm 2\%$ de UR. Os resultados mostraram que a aplicação dos *coatings* foi capaz de impedir o aparecimento de podridão em todas as amostras, confirmando a ação antibacteriana do nanoZnO. *Coatings* de quitosana protegeram os frutos contra a perda excessiva de massa e retardaram as alterações físico-químicas relacionadas à maturação. O estudo mostrou que é possível prolongar a vida útil da goiaba com *coatings* nanoestruturados com ZnO por até vinte dias, comparado aos sete dias para frutas não revestidas.

O *coating* à base de amido (2%) com óleo essencial de canela (0,01%), foi estudado pelas propriedades físicas, químicas e enzimáticas, bem como alterações na parede celular dos frutos armazenados a 25 °C e $76\% \pm 5$ de UR, durante 8 dias (BOTELHO et al., 2016). O tratamento com 2% de amido + 0,01% de óleo essencial

de canela (S+EO) reduziu a perda de massa em 30,2%, e apresentou uma firmeza de 12,2 N no final do armazenamento. A cor verde foi mantida até o 8º dia de armazenamento, quando comparado ao tratamento controle (C). A atividade da enzima pectinametilesterase (PME) foi menor no tratamento S+EO até o 8º dia, mostrando menor amolecimento do tecido da fruta. A degradação da parede celular dos frutos foi observada no tratamento C, confirmando a perda de firmeza.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste item serão apresentados os materiais e métodos utilizados na preparação dos *coatings*, nas análises das goiabas, assim como no tratamento estatístico dos dados experimentais.

3.1 MATERIAL

As goiabas (*Psidium guajava* L.) utilizadas nesse estudo foram adquiridas na unidade da CEASA/SC localizada no município de São José, Santa Catarina, Brasil. Os frutos, do cultivar Paluma, foram selecionados visualmente de acordo com o tamanho e cor a fim de que um padrão fosse mantido em relação à massa e ao estágio maturação.

Para os *coatings*, o amido de mandioca da marca Yoki Alimentos S/A foi comprado no comércio local de Florianópolis, Brasil, e o biossurfactante manosileritritol lipídios (MEL) foi importado da empresa Toyobo Co., Ltd., Osaka, Japão.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Preparo dos *coatings*

Quatro formulações de *coatings* foram preparadas em cada replicata de processo de acordo com as quantidades indicadas nas Tabela 1. O *coating* sem adição de MEL foi nomeado como Amido durante o estudo, ao passo que os *coatings* contendo o biossurfactante foram nomeados como MEL seguido do número que indica a razão entre a massa de MEL e a massa de amido (g de MEL/g de amido).

Tabela 1 – Composição dos *coatings* à base de amido e MEL utilizados nas goiabas.

	AMIDO	MEL 0.05	MEL 0.15	MEL 0.30
Amido	22,36 g	22,36 g	22,36 g	22,36 g
MEL	-	1 g	3 g	6 g
Água	980 g	960 g	960 g	960 g

Fonte: Elaborado pela autora.

Primeiramente, a umidade do amido de mandioca foi determinada em um analisador de umidade (CEM, *Smart Turbo*, EUA) e então calculou-se a massa de amido em base seca a ser adicionada à formulação.

Para o preparo de cada *coating*, em um *becker* foi feita a dispersão do amido em água, seguida do aquecimento em banho termostático (Dist, Brasil), sob agitação manual. Assim que as dispersões atingiram 71 ± 1 °C, foram mantidas nessas condições por 5 minutos, a fim de se garantir a gelatinização do amido. O MEL foi previamente solubilizado em 20 g de água destilada levemente aquecida e adicionado a dispersão de amido a temperatura ambiente e mantido sob agitação magnética (SPArbor, Brasil) durante 10 min.

3.2.2 Aplicação dos *coatings* nas goiabas

As goiabas foram sanitizadas em água contendo 0,015% de água sanitária e imersas por 10 minutos, conforme instruções descritas no produto. Na sequência, foram dispostas sobre grades e mantidas em uma sala com temperatura em torno de 22 °C até completa secagem.

Com os frutos preparados, foi realizada a aspersão dos *coatings* AMIDO, MEL 0,05, MEL 0,15 e MEL 0,30 utilizando um pulverizador automático (Techno GadGet, Brasil). Por fim, as goiabas recobertas foram secas em condições ambiente com temperatura em torno de 22 °C.

Em cada replicata de processo, para cada *coating* e o controle foram utilizadas 33 goiabas, as quais foram armazenadas em câmaras BOD (Dist, Brasil)

a 25 ± 2 °C e umidade relativa de 85 ± 5 %, monitoradas por datalogger (Modelo 174H, Testo, Brasil). Das quais, de cada tratamento, 5 goiabas foram destinadas para o monitoramento de perda de massa, 25 goiabas para as análises de cor, pH, sólidos solúveis totais e propriedades mecânicas e 3 goiabas para a análise de trocas gasosas. As análises foram realizadas em tempos pré-determinados.

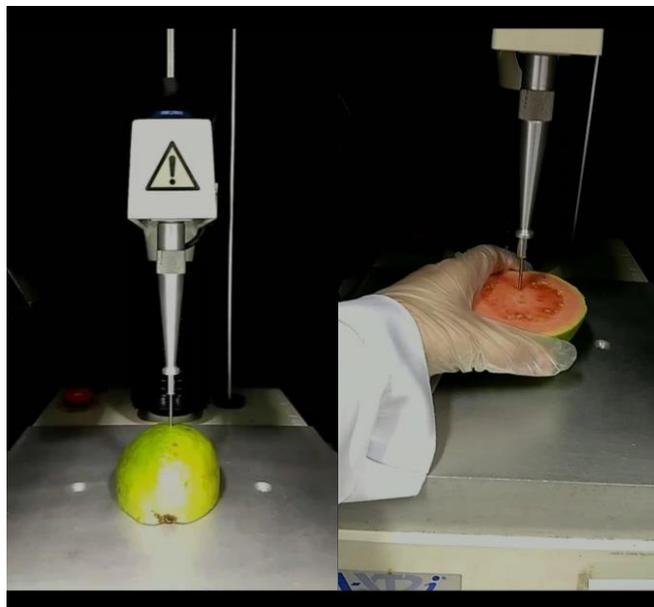
3.2.3 Cor

A análise de cor foi conduzida a partir de imagens de goiabas dos cinco grupos, obtidas com câmera fotográfica profissional (Nikon D5500, Nikon Corporation, Japão). As imagens foram convertidas para a escala CieLAB e os 3 parâmetros de cor: L^* , a^* e b^* obtidos, utilizando o *software* ImageJ v. 1.6.0 (National Institutes of Health, Bethesda, MD, EUA). Nessa escala, o parâmetro L^* representa a luminosidade da amostra e varia do branco, com $L^* = 100$, ao preto, com $L^* = 0$; o parâmetro a^* varia da região do vermelho ($+a^*$) ao verde ($-a^*$) e o b^* indica a região do amarelo ($+b^*$) ao azul ($-b^*$).

3.2.4 Testes mecânicos

Ensaio de perfuração foram realizados nas amostras em um texturômetro com célula de carga de 25 kg (Stable Micro System, Modelo - TA-XT2-Plus, Reino Unido), utilizando uma sonda mecânica cilíndrica de 2 mm de diâmetro, velocidade de teste de 1 mm.s^{-1} e distância de perfuração de 10 mm. As cinco goiabas de cada grupo foram partidas ao meio, longitudinalmente, e as perfurações feitas na casca e na polpa das duas metades dos frutos, totalizando 10 repetições. Em ambos os lados, evitou-se que o probe penetrasse nas sementes (Figuras 3 e 4).

Figura 3 – Testes das propriedades mecânicas de perfuração em goiabas.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 4 – Local de preferência para a perfuração das goiabas.



Fonte: Elaborado pela autora.

A partir dos ensaios de penetração, foram avaliados os resultados de força de penetração (N), firmeza (N/mm) e dureza (N.mm) para a casca da goiaba, enquanto que para a polpa foi avaliada a força média (N).

3.2.5 Sólidos solúveis totais (SST)

Utilizando um refratômetro digital (Pocket Refractometer PAL-1, Atago, Brasil), previamente calibrado com água destilada, o teor de sólidos solúveis totais (SST) foi determinado a 25 °C a partir da leitura do índice de refração das gotas do suco extraído da polpa das goiabas. Os resultados foram expressos em °Brix.

3.2.6 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH dos frutos com diferentes *coatings*, assim como os frutos controle, foi determinado em pHmetro para sólidos (Testo 205, Testo SE & Co. KGaA, Alemanha), devidamente calibrado com as soluções tampão de pH 7,0 e 4,0 a 20 °C.

3.2.7 Perda de massa (%)

A massa das goiabas foi medida em balança semi-analítica (Marte AS2000C, Marte Balanças e Aparelhos de Precisão LTDA, Brasil). Os dados foram avaliados como perda de massa em porcentagem, que é calculada pela razão entre a massa inicial do fruto e a massa do fruto no tempo de armazenamento, conforme a Equação 1.

$$PM (\%) = \left[\frac{(m_{FINAL} - m_{INICIAL})}{m_{INICIAL}} \right] * 100 \quad (1)$$

3.2.8 Determinação da composição gasosa (O₂ e CO₂)

Três goiabas de cada um dos cinco grupos estudados, foram acondicionadas individualmente em potes de vidro com tampa metálica e mantidas em BOD à temperatura de 25 °C e umidade relativa de 85%.

A determinação da composição gasosa consistiu na coleta de alíquotas de gás, utilizando uma seringa hermética, através de um pequeno furo na tampa do recipiente vedado por um septo (15 mm de diâmetro). O equipamento utilizado

nessa análise foi o analisador de gás Dansensor (Checkmate II, PBI-Dansensor, Dinamarca) que fornece de forma direta a porcentagem de oxigênio e gás carbônico que compõem a atmosfera dentro do embalagem durante o período de armazenamento. As medidas da composição gasosa foram feitas nos dias 1, 3, 5, 7, 9 e 11.

3.2.9 Ângulo de contato

Utilizando um goniômetro (Modelo 250, Ramé-Hart instrument co., EUA) da Central de Análises do Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos da UFSC, foram obtidos os ângulos de contato pelo método da gota sésil. Método que consiste em depositar uma gota de um líquido sobre uma superfície sólida e pela captura da imagem da gota, por uma câmera, obter o ângulo entre a tangente da interface líquido-ar e a tangente entre a interface do sólido-ar.

O procedimento descrito foi realizado com gotas de água destilada sobre a casca de goiaba revestida e também com gotas dos *coatings* sobre a casca de goiaba controle, sendo as medidas feitas em triplicata.

Quando a gota se espalha pela superfície do material seu ângulo de contato é de aproximadamente zero. Por outro lado, se não houver espalhamento ou se o mesmo for parcial, o ângulo de contato está entre 0 e 180 graus. Enquanto as superfícies hidrofílicas são caracterizadas por ângulos de contato menores que 90 ° as superfícies hidrofóbicas apresentam ângulo de contato acima desse valor.

3.2.10 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A casca das goiabas, revestidas ou não, foram liofilizadas e colocadas sobre *stubs* e recobertas com uma fina camada de ouro. As imagens foram capturadas com um microscópio eletrônico de varredura (JSM-6390, JEOL, EUA) utilizando aceleração de elétrons de 10 kV em diferentes ampliações. A análise foi realizada no Laboratório Central de Microscopia Eletrônica (LCME) da UFSC.

3.3 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os resultados obtidos durante as análises físico-químicas das goiabas revestidas por diferentes *coatings* (média \pm desvio padrão) foram avaliados com o auxílio do programa STATISTICA® versão 6.0 (Statsoft, 2000), empregando a metodologia de análise de variância (ANOVA) a 5% de significância estatística, sendo as médias comparadas por teste de Tukey ($p < 0,05$).

Antecedendo a análise de variância, fez-se a identificação de *outliers* pelo método Escore z. *Outliers*, neste contexto, são os dados que se encontram a uma distância anormal dos demais dados coletados nas análises, acarretando em uma representação distorcida desse grupo de informações. Sendo assim, a tomada de decisão da exclusão de dados, identificados como *outliers*, baseou-se no resultado da Equação 2. Valores de z, em módulo, acima de 1 caracterizam um *outlier* e, conseqüentemente, o dado é desconsiderado.

$$z = \left| \frac{x - \bar{x}}{2 * \sigma} \right| \quad (2)$$

Sendo x uma das medidas obtidas, \bar{x} a média dos dados obtidos para o parâmetro avaliado, e σ é o desvio padrão dos dados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ÂNGULO DE CONTATO

Segundo Berg (1993) o ângulo de contato é determinado pela competição entre as forças coesivas e as forças adesivas. Enquanto as forças coesivas (do líquido) tendem a formar uma gota esférica, as forças adesivas (entre o sólido e o líquido) tendem a espalhar o líquido sobre o sólido.

A ideia de molhabilidade está associada à interação de um líquido com uma superfície sólida, podendo levar ao espalhamento do líquido sobre a superfície, a penetração do líquido nos poros ou ainda o seu escoamento sobre essa superfície sob a forma de gotas (JOHNSON; DETTRE, 1993).

A molhabilidade foi avaliada pela análise da interação de um líquido com a casca da goiaba. Primeiramente, foram medidos os ângulos de contato entre as cascas de goiaba (controle e revestidas) e a gota de água destilada, obtendo os valores apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Ângulos de contato entre a casca revestida e a gota de água.

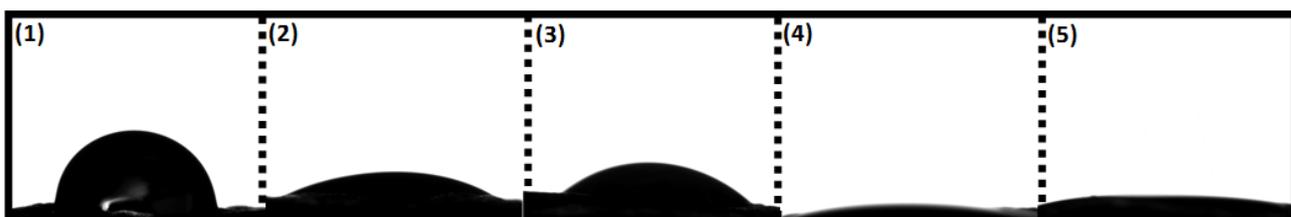
Amostra	Ângulo de contato (°)
Controle	83,34 ± 5,26
Amido	31,66 ± 9,44
MEL 0,05	24,98 ± 9,16
MEL 0,15	Não foi possível medir
MEL 0,30	Não foi possível medir

Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se pelos dados e pela Figura 5, que a amostra MEL 0,05 possui menor ângulo de contato quando comparada à amostra Amido e que não foi possível medir o ângulo das amostras com as maiores concentrações de MEL, pois a gota se espalhou completamente. Com isso, conclui-se que houve diminuição do ângulo de contato com a incorporação do MEL ao *coating* de amido.

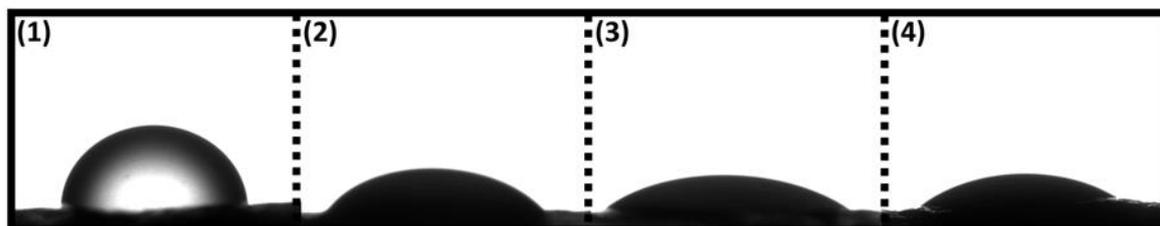
Efeito análogo foi verificado por Maniglia et al. (2019), com a diminuição significativa do ângulo de contato entre filmes de amido de mandioca com MEL.

Figura 5 - Imagens dos ângulos de contato de uma gota de água destilada sobre a casca das goiabas (1) Controle (2) Amido (3) MEL 0,05 (4) MEL 0,15 (5) MEL 0,30.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 6 - Imagens dos ângulos de contato de uma gota do *coating* sobre a casca da goiaba (1) Amido (2) MEL 0,05 (3) MEL 0,15 e (4) MEL0,30.



Fonte: Elaborado pela autora.

Na segunda análise, gotas dos *coatings* foram aplicadas sobre a casca de goiabas controle, sendo o maior ângulo de contato o medido entre a gota de *coating* à base de amido e a superfície (Figura 6). Além disso, como visto anteriormente, há indícios de que quanto maior for a concentração de MEL no *coating*, menor será o ângulo de contato entre ele e a superfície. Portanto, pode-se concluir que a adição de MEL ao *coating* de amido melhorou a sua molhabilidade.

Tabela 3 – Ângulos de contato entre a casca controle e a gota de *coating*.

Coating	Ângulo de contato (°)
Amido	95,81 ± 8,1
MEL 0,05	38,15 ± 5,3
MEL 0,15	39,5 ± 2,5
MEL 0,30	29,28 ± 3,6

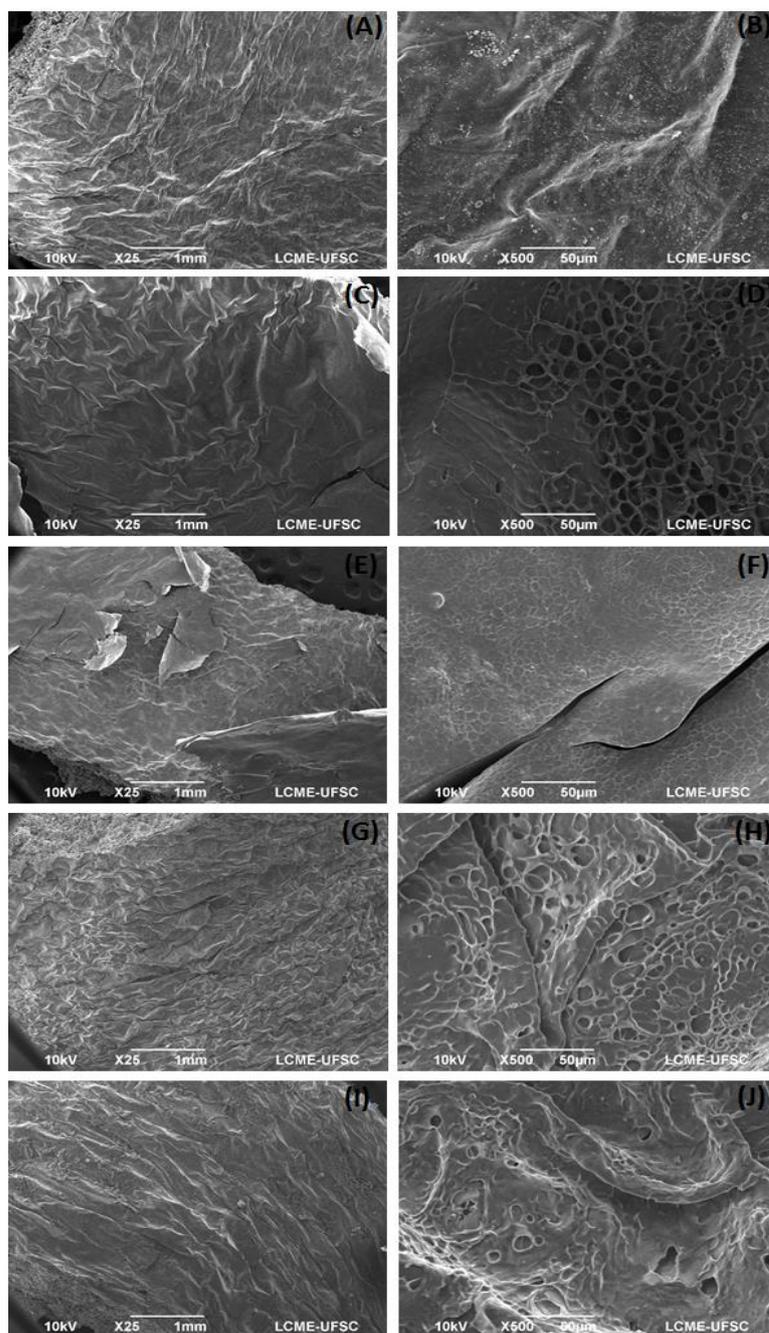
Fonte: Elaborado pela autora.

4.2 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Na Figura 7 são apresentadas as imagens obtidas por MEV para as goiabas sem *coating* (controle) e para as goiabas com diferentes revestimentos, com diferentes ampliações. A casca da goiaba sem o revestimento apresenta um aspecto mais liso quando comparada com a goiaba revestida, observando as imagens com ampliação de 25x. Enquanto que, na ampliação de 500x foi possível observar que o filme de amido formou sobre a goiaba uma espécie de rede, que

reveste apenas parte da casca. Os filmes com amido e o surfactante MEL apresentaram estruturas mais fechadas sobre a goiaba, o que pode estar relacionado à redução entre as tensões entre casca e suspensão formadora de filme.

Figura 7 - Microscopia Eletrônica de Varredura com ampliações de 25 e 500x, respectivamente, para as amostras controle (A,B) amido; (C,D) MEL 0,05; (E,F) MEL 0,15 e (G,H) MEL 0,30.



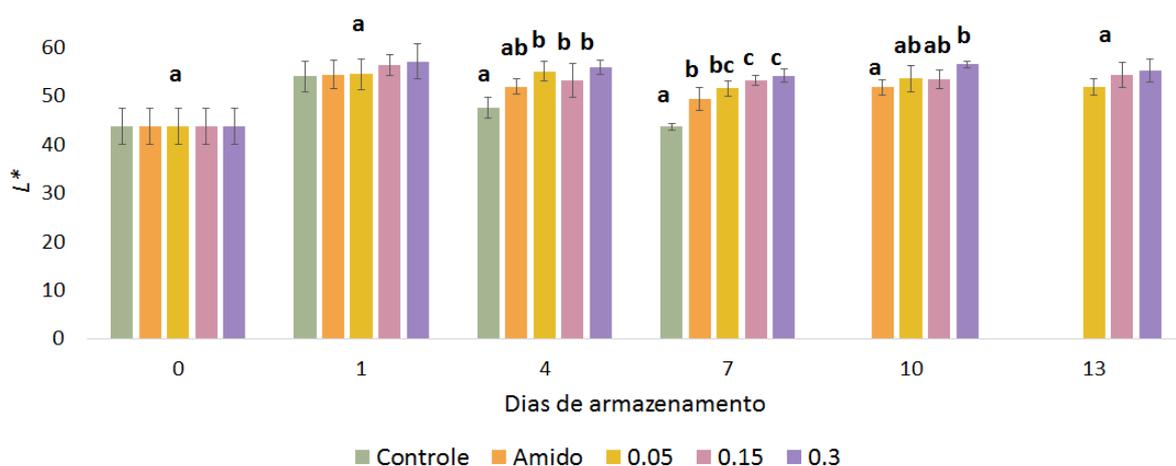
Fonte: Elaborado pela autora.

4.3 COR

A coloração da goiaba provém de pigmentos como a clorofila, caroteno, xantofila e licopeno (ADSULE; KADAM, 1995). A maioria dos frutos possui níveis mais elevados de carotenóides na casca do que na polpa, porém uma exceção é a goiaba de polpa vermelha, na qual o licopeno se concentra na polpa (RODRIGUES-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008). A composição dos carotenóides em frutas e vegetais é complexa e variável, sendo afetada por fatores como a variedade, o grau de maturação, as características edafoclimáticas da região produtora e também a parte do alimento avaliado (VIEIRA, 2010).

Segundo Azzolini, Jacomino e Bron (2004), a cor da casca é o melhor índice para indicar o estágio de maturação de goiabas. As alterações que ocorrem na coloração da casca têm como origem principal a degradação da clorofila, mas também são resultado da síntese de pigmentos como carotenóides e antocianinas (CERQUEIRA, 2007 *apud* TUCKER, 1993). Sendo a clorofila degradada em função das mudanças no pH, nos ácidos, no aumento dos processos oxidativos e da ação das clorofilases (CERQUEIRA, 2007 *apud* WILLS et al., 1998).

Figura 8 - Parâmetro de luminosidade (L^*) da casca das goiabas ao longo do período de armazenamento.



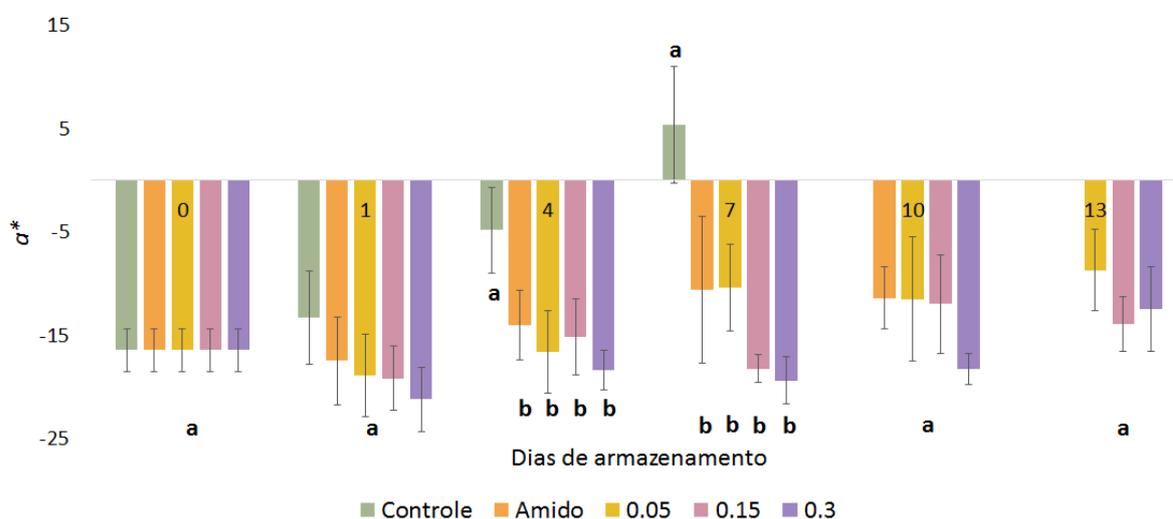
*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores diferentes indicam que as amostras não diferem significativamente ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pela autora.

Quanto aos resultados obtidos para os parâmetros de cor para a casca das goiabas, com relação ao parâmetro L^* , verificou-se que o valor diminuiu durante o armazenamento para as amostras controle. No sétimo dia de análises, final da vida útil dos frutos controle, eles apresentaram valor significativamente ($p < 0,05$) menor comparado aos demais tratamentos ($43,76 \pm 0,60$), indicando um maior escurecimento desses frutos quando comparados aos recobertos. A partir desse mesmo dia, é possível verificar que as amostras de MEL 0,30 possui valores de L^* maiores que os demais e diferem de forma significativa ($p < 0,05$) do amostras Amido.

O parâmetro a^* positivo é indicativo de coloração vermelha e coloração verde quando o valor é negativo. Avaliando os valores de a^* , as goiabas com os diferentes *coatings* apresentaram valores negativos, ou seja, possuíam coloração tendendo ao verde. Já os frutos controle tiveram média positiva no sétimo dia de armazenamento, retratando o escurecimento de suas cascas pelo predomínio da cor vermelha.

Figura 9 - Parâmetro a^* da casca das goiabas ao longo do período de armazenamento.



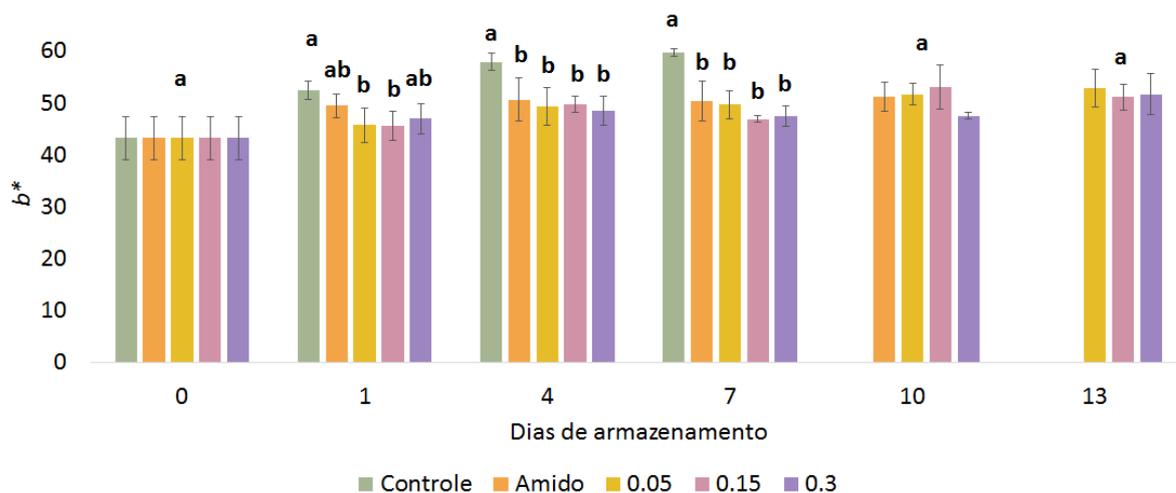
*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores diferentes indicam que as amostras não diferem significativamente ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao analisar o parâmetro b^* , que indica coloração amarela quando o valor é positivo, as amostras sem revestimento (controle) mostraram as maiores médias,

sinalizando que o processo de amadurecimento foi mais acelerado nesse grupo e que os revestimentos foram efetivos na diminuição da velocidade de amadurecimento das goiabas.

Figura 10 - Parâmetro b^* da casca das goiabas ao longo do período de armazenamento.

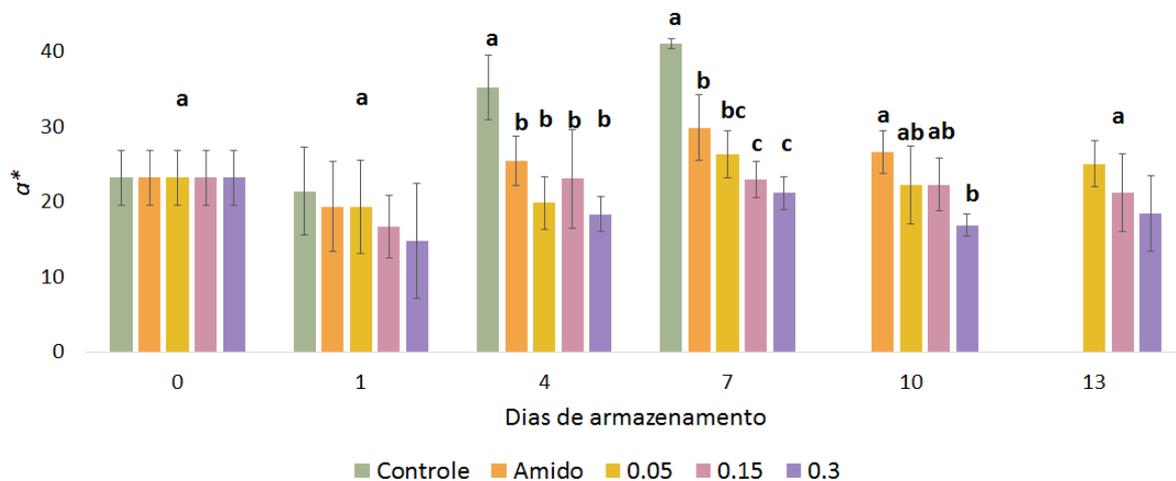


*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores diferentes indicam que as amostras não diferem significativamente ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pela autora.

Para os parâmetros de coloração obtidos das imagens da polpa das goiabas, destaca-se que para as amostras controle foram atingidos os maiores valores de a^* , com diferença significativa ($p < 0,05$) dos valores para os grupos com aplicação de *coating*, no quarto e sétimo dia de armazenamento. Confirmando, portanto, que essas amostras estavam com a polpas mais vermelhas do que as demais, como foi observado ao longo das análises (Figura 11).

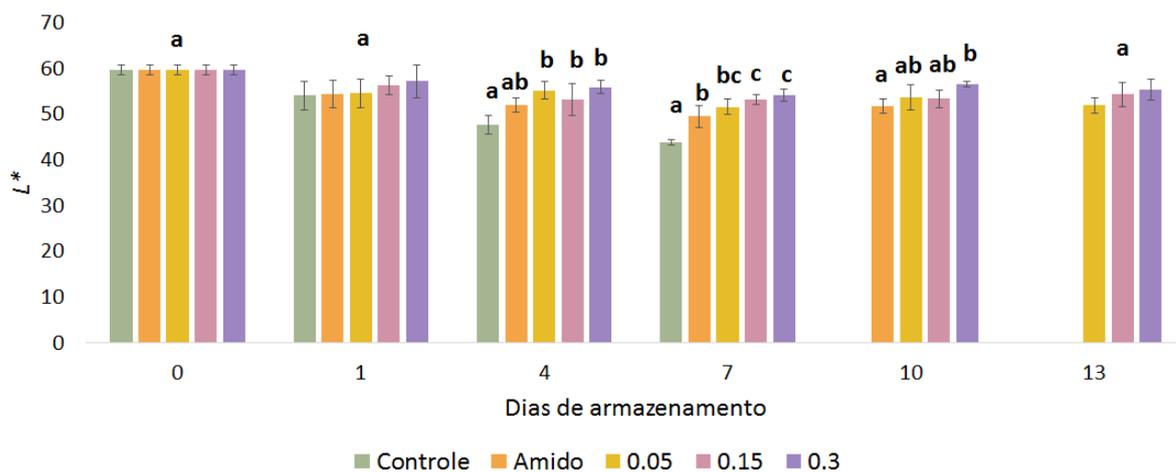
Figura 11 - Parâmetro a^* da polpa das goiabas ao longo do período de armazenamento.



*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores diferentes indicam que as amostras não diferem significativamente ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 12 - Parâmetro de luminosidade (L^*) da polpa das goiabas ao longo do período de armazenamento.



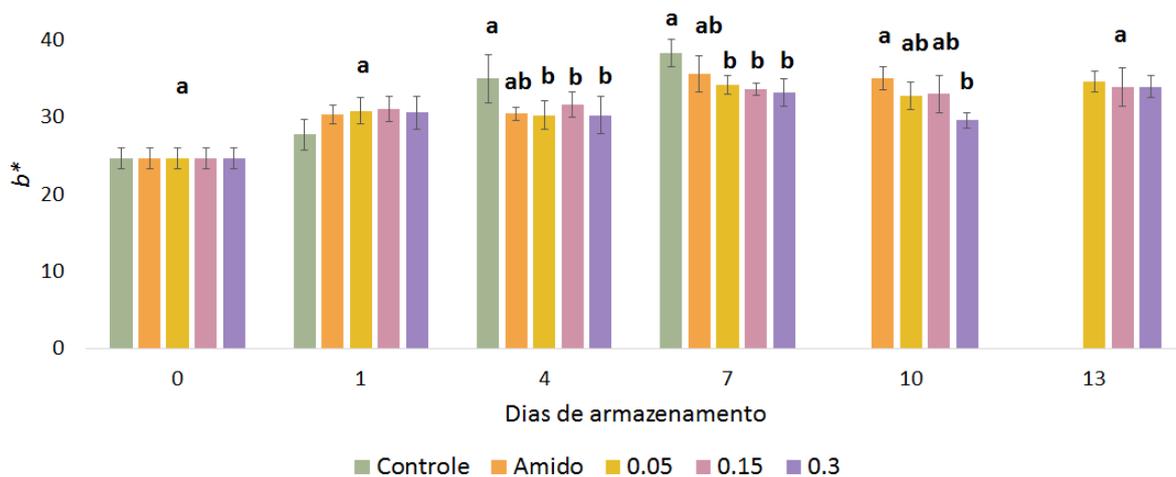
*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores diferentes indicam que as amostras não diferem significativamente ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pela autora.

A luminosidade (L^*) da polpa dos frutos, assim como a tendência à coloração amarela (b^*) são apresentadas graficamente nas Figuras 12 e 13, respectivamente.

O parâmetro L^* , as goiabas controle estavam significativamente ($p < 0,05$) mais escuras do que as amostras dos grupos MEL 0,05, MEL 0,15 e MEL 0,30.

Figura 13 - Parâmetro b^* da polpa das goiabas ao longo do período de armazenamento.

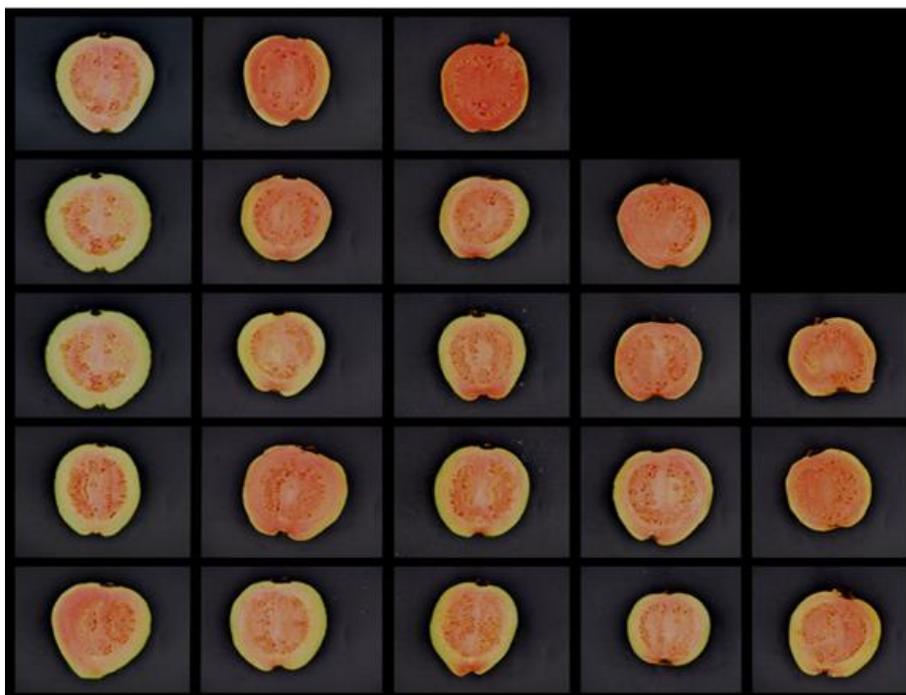


*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores diferentes indicam que as amostras não diferem significativamente ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pela autora.

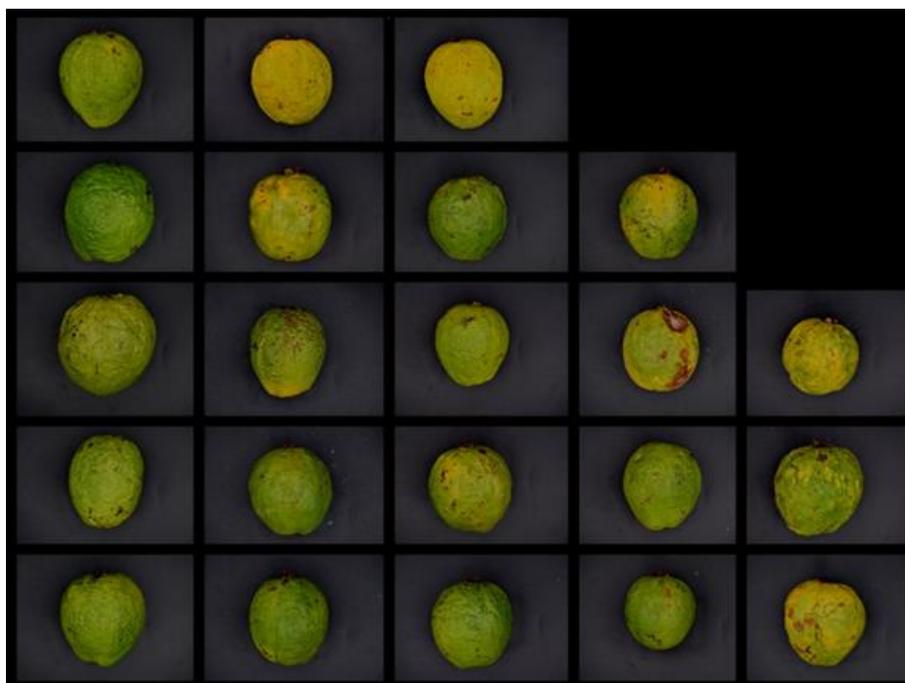
As alterações na cor da casca e da polpa das goiabas recobertas e controles, podem ser observadas a seguir nas Figuras 14 e 15.

Figura 14 – Fotos da polpa das goiabas ao longo do período de armazenamento. Da esquerda para a direita: dias de armazenamento 1, 4, 7, 10 e 13. De cima para baixo: amostras controle, amido, MEL 0,05, MEL 0,15 e MEL 0,30.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 15 – Fotos da casca das goiabas ao longo do período de armazenamento. Da esquerda para a direita: dias de armazenamento 1, 4, 7, 10 e 13. De cima para baixo: amostras controle, amido, MEL 0,05, MEL 0,15 e MEL 0,30.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.4 TESTES MECÂNICOS

Aspectos relacionados à textura de frutos são comumente avaliados por testes de curvatura, cisalhamento, compressão e penetração. A penetração é utilizada para simular o impacto incisivo de uma mordida. Neste caso, uma sonda cilíndrica de pequeno diâmetro perfura e penetra a amostra a uma velocidade constante e relativamente baixa. Independentemente do tipo de sonda ou método utilizado, os ensaios baseiam-se no registro da força quando uma determinada deformação é aplicada ao produto (ZOTARELLI, 2010).

4.4.1 Força de penetração

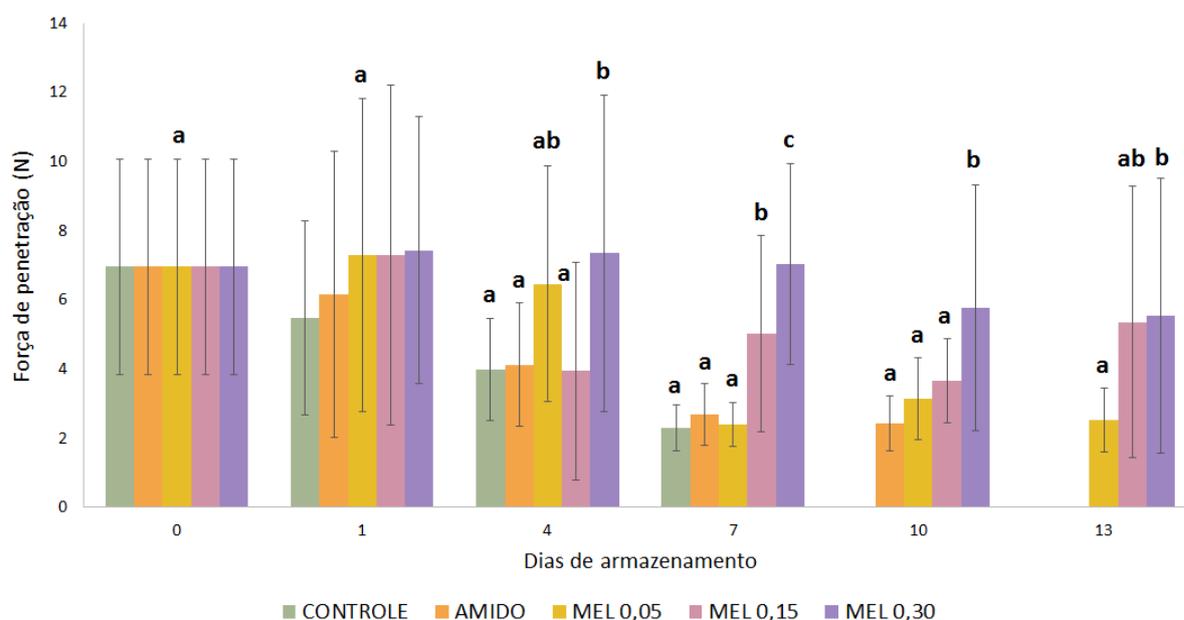
Existem autores que consideram que a força de penetração, obtida em Newtons, indica a firmeza dos frutos (CERQUEIRA, 2007; AZZOLINI; JACOMINO;

SPOTO, 2004) No entanto, uma outra interpretação para a força de penetração é que ela equivale à força necessária para que ocorra o rompimento da casca. No presente estudo, será admitida a segunda interpretação, que retrata a resistência da casca das goiabas à aplicação de uma força.

A resistência à penetração foi dada pelo maior valor da curva força/deformação. Dos resultados apresentados na Figura 16, verifica-se que as goiabas nas quais foram aplicadas os *coatings* MEL 0,30 e MEL 0,15 apresentaram as maiores forças de penetração a partir do quarto e sétimo dia de armazenamento, respectivamente. Com destaque aos valores obtidos dos frutos com MEL 0,30 que a partir do quarto dia de armazenamento apresentaram diferença significativa quanto à força de penetração, ou seja, maior resistência da casca ao rompimento.

Enquanto que os grupos de goiabas CONTROLE, e aplicadas com os *coatings* AMIDO e MEL 0,05, não apresentaram diferença significativa quanto à força máxima aplicada até o rompimento da casca.

Figura 16 - Força de penetração das goiabas ao longo do período de armazenamento.



*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores diferentes indicam que as amostras não diferem significativamente ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pela autora.

Os valores de força máxima de penetração dos cinco grupos analisados no sétimo dia de armazenamento foram de 2,30 N para o CONTROLE; 2,69 N para o AMIDO; 2,40 N para o MEL 0,05; 5,02 N para o MEL 0,15 e 7,03 N para o MEL 0,30. A força máxima de penetração é um bom indicador do grau de amolecimento de frutas frescas (VELASQUEZ et al., 2007). Sendo assim, ao compararmos os resultados obtidos no último dia de análises com amostras de todos os grupos, pode-se confirmar o melhor desempenho do *coating* MEL 0,30.

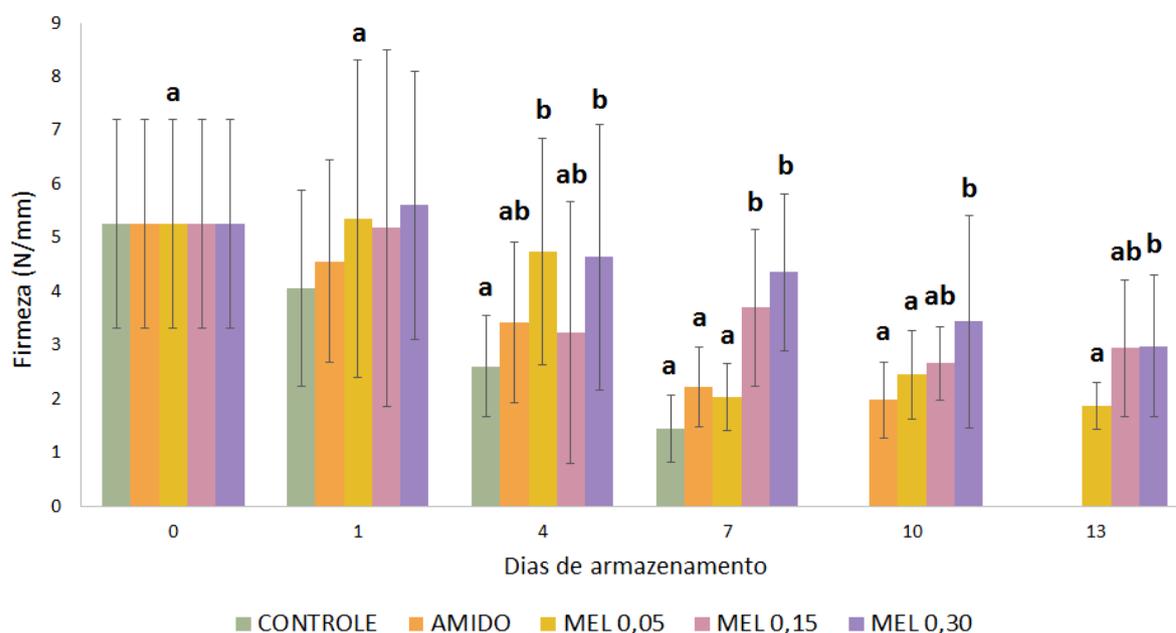
4.4.2 Firmeza

A firmeza é equivalente à força realizada pelo probe ao penetrar 10 mm da goiaba, a partir da sua casca, e conseqüentemente retrata o quão macio está o fruto. Lima e Durigan (2002) *apud* Brady (1987) relata que o amolecimento faz parte do amadurecimento da maioria dos frutos, tendo uma enorme importância comercial já que limita a vida pós-colheita dos mesmos, facilitando a ocorrência de danos mecânicos e aumentando a suscetibilidade a doenças.

As goiabas controle apresentaram menor firmeza do que os frutos com *coating*, provavelmente devido à maior degradação da parede celular, que por sua vez está associada à ação do etileno que propicia a atividade das enzimas pectinolíticas. Outro fator que também contribui para a diminuição de firmeza dos frutos é a perda de água, em consequência da perda de turgor celular (COSTA et al., 2017).

Os resultados da análise estatística mostram que as goiabas que mantiveram a maior firmeza durante o período de armazenamento foram as recobertas com o *coating* MEL 0,30, seguidas das frutas com MEL 0,15, conforme apresentado na Figura 17.

Figura 17 - Firmeza das goiabas ao longo do período de armazenamento.



*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores diferentes indicam que as amostras não diferem significativamente ($p < 0,05$).

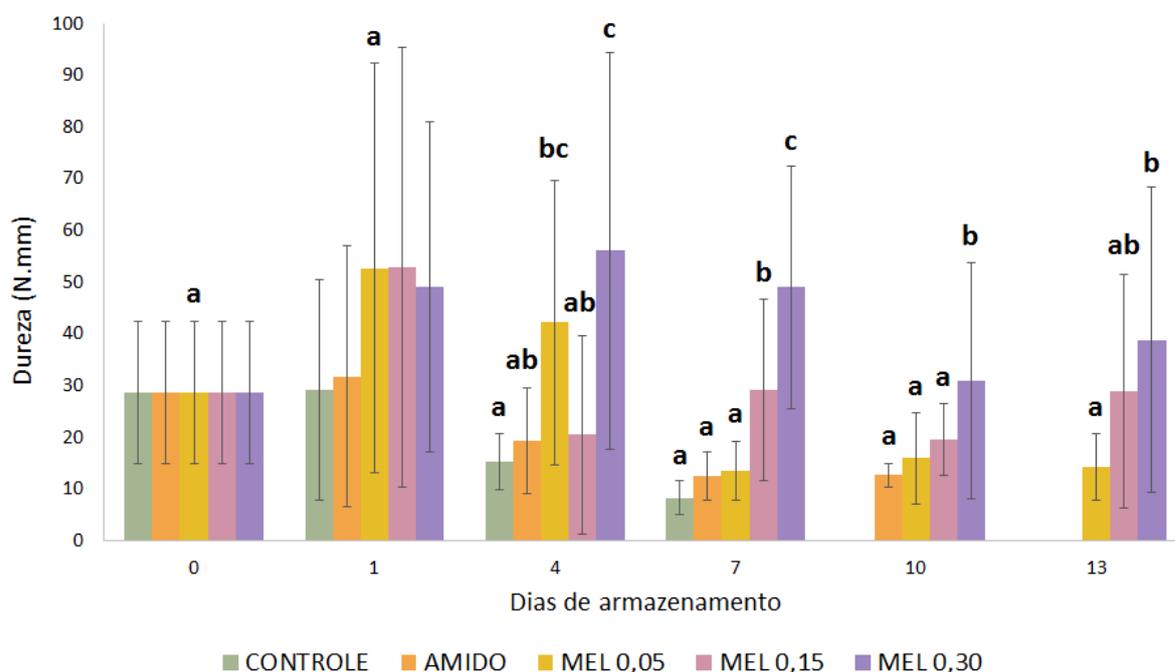
Fonte: Elaborado pela autora.

4.4.3 Dureza

A dureza trata-se da resistência à deformação permanente produzida pela perfuração. De maneira geral, os materiais duros são também frágeis por possuírem o comportamento elástico limitado.

Ao comparar os efeitos dos *coatings* nas goiabas quanto à dureza, a partir do quarto dia de análise houve diferença significativa entre o MEL 0,30, os demais *coatings* e os frutos controle. Assim como os parâmetros relacionados à textura vistos anteriormente, a dureza aumenta com o aumento da concentração do biossurfactante no *coating*.

Figura 18 - Dureza das goiabas ao longo do período de armazenamento.



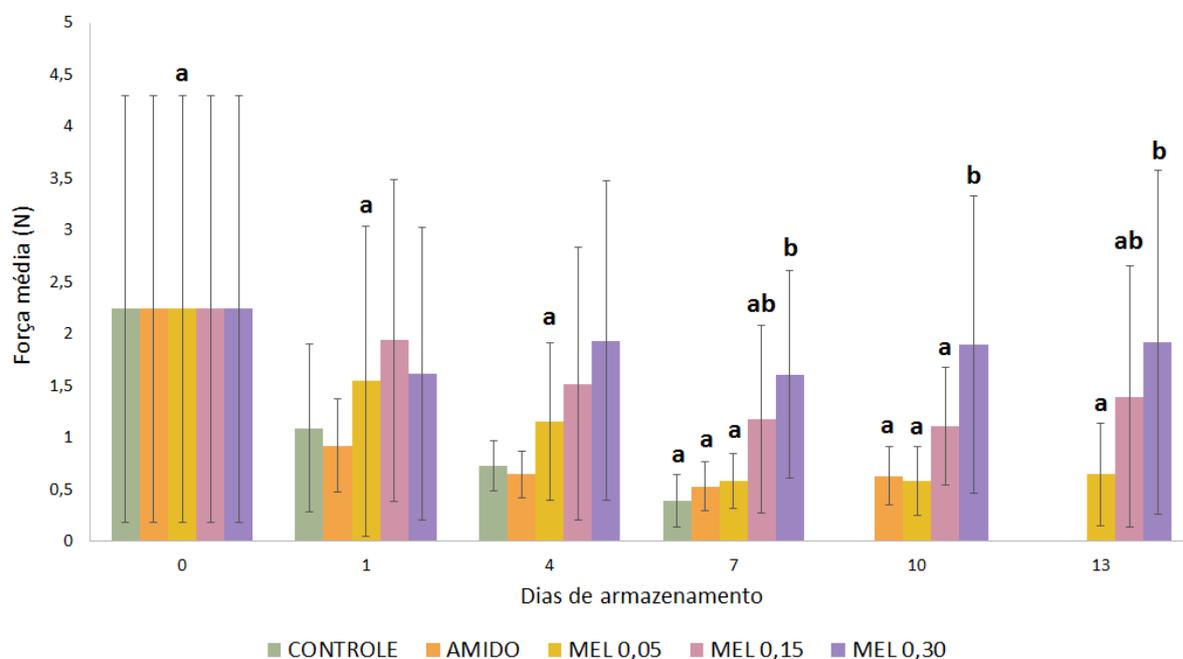
*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores diferentes indicam que as amostras não diferem significativamente ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pela autora.

4.4.4 Força média da polpa das goiabas

Houve um decréscimo da força média da polpa dos frutos durante o período de armazenamento para as amostras controle, Amido e MEL 0,05, conforme pode ser visto na Figura 19. Quanto maior a concentração de MEL menor variação desse parâmetro. No décimo e no décimo terceiro dia de armazenamento, as goiabas com MEL 0,30 apresentaram significativamente ($p < 0,05$) maior força média.

Figura 19 - Força média das polpas das goiabas ao longo do período de armazenamento.



*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores diferentes indicam que as amostras não diferem significativamente ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pela autora.

Todos os parâmetros relacionados à textura da goiaba apresentaram desvios elevados nos ensaios. Fato possivelmente atribuído a grande heterogeneidade entre as amostras e à não uniformidade da estrutura interna, uma vez que as propriedades mecânicas dos tecidos vegetais estão associadas a diferentes níveis estruturais e são determinadas principalmente pelos constituintes da parede celular, que por sua vez são influenciados pelas diferenças no nível de maturação, cultivar e período de colheita (VIEIRA, 2010).

Outro fator que chama a atenção é que os frutos com *coating* à base de amido contendo MEL apresentaram maiores valores para todos os parâmetros relacionados à textura. O impacto da adição de MEL às formulações dos *coatings* pode estar relacionado ao que avaliaram Andrade et al. (2017) sobre as características mecânicas do filme de amido de mandioca adicionado do biossurfactante. Os surfactantes podem formar complexos com o amido, no caso

do MEL isso ocorre devido às ligações de hidrogênio entre as moléculas, conferindo maior resistência aos frutos.

4.5 SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS

Na Figura 20, encontram-se dispostos os resultados da análise de teor de sólidos solúveis totais (SST), expresso em °Brix. Pode-se observar que todas as amostras tiveram redução dos SST durante o período das análises e não houve diferença significativa entre elas.

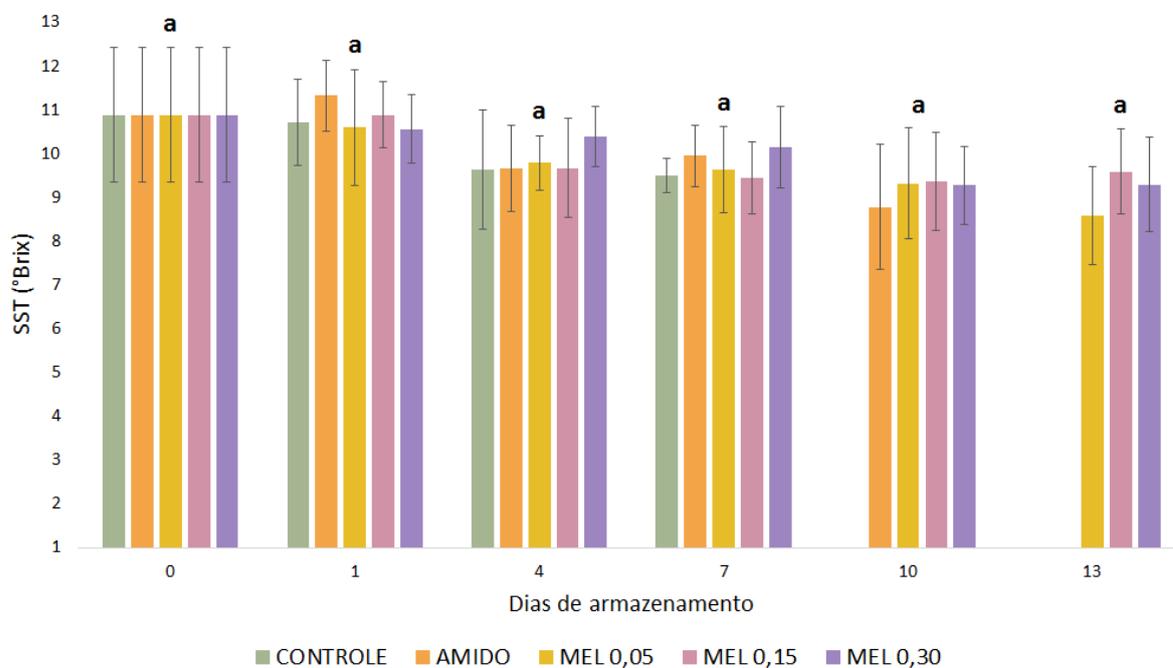
O teor de sólidos solúveis totais (SST) é utilizado como uma medida indireta do teor de açúcares, uma vez que aumenta de valor à medida que esses vão se acumulando na fruta. Porém, a sua quantificação não representa o teor exato dos açúcares, pois outras substâncias também se encontram dissolvidas no suco da fruta (vitaminas, fenólicos, pectinas e ácido orgânicos). No entanto, os açúcares representam de 85% a 90% dos sólidos solúveis (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Geralmente ao longo da maturação dos frutos ocorre o aumento da concentração de açúcares simples devido à hidrólise do amido à glicose, o que aumenta o grau de doçura das frutas. Na sequência, ocorre o declínio da concentração de açúcares em função de sua utilização como fonte de energia (ORDÓÑEZ et al., 2004).

No entanto, a goiaba apresenta um comportamento distinto, uma vez que o amido equivale a apenas 1% a 3% do total dos carboidratos não estruturais das goiabas, não sendo relevante no teor de sólidos solúveis totais. Nesse fruto, os açúcares totais representam de 51% a 91% do teor de sólidos solúveis, sendo o principal açúcar a frutose. Sendo assim, o teor de SST em goiabas está sob influência de fatores que afetam a síntese da frutose (CHITARRA; CHITARRA; CARVALHO, 1981; AZZOLINI; JACOMINO; BRON, 2004).

Esse comportamento foi identificado por Jacomino e Minami (1999) ao estudar a conservação de goiabas 'Kumagai' sob diferentes temperaturas e embalagens, e também por Azzolini, Jacomino e Bron (2004) ao avaliar a influência dos estádios de maturação nas transformações físico-químicas de goiabas 'Pedro Sato' após a colheita.

Figura 20 - Teor de sólidos solúveis (°Brix) ao longo do período de armazenamento das goiabas.



*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores diferentes indicam que as amostras não diferem significativamente ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pela autora.

4.6 pH

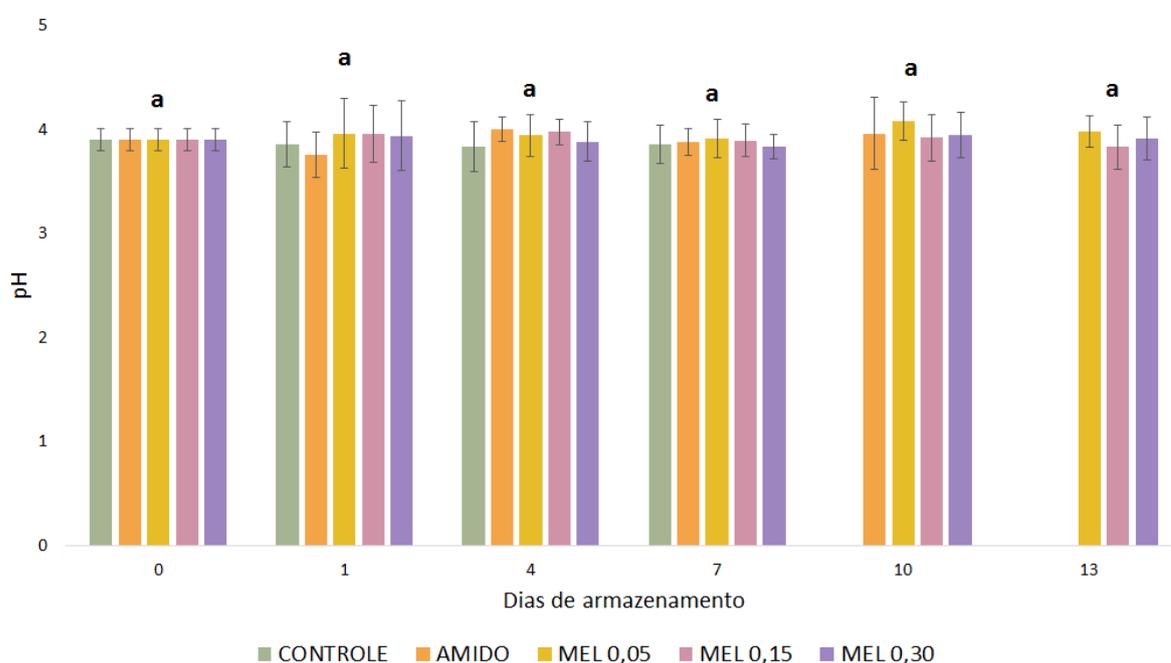
Em relação ao pH, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras que receberam *coating*, com e sem MEL, e as amostras controle. Com base na Figura 21, é possível observar que o pH para todos os grupos se manteve praticamente constante durante a vida útil das goiabas. As médias do pH para as goiabas dos grupos controle, Amido, MEL 0,05, MEL 0,15 e MEL 0,30 foram, respectivamente $(3,85 \pm 0,21)$, $(3,87 \pm 0,21)$, $(3,96 \pm 0,19)$ e $(3,91 \pm 0,20)$.

Fakhouri e Grosso (2003), ao avaliarem goiabas 'Kumagai' tratadas com *coatings* à base de diferentes amidos nativos e à base de gelatina, consideraram mínimas as variações no pH da polpa durante o tempo de armazenamento, tanto nos frutos recobertos quanto nos controle. Nos frutos controle, por exemplo, os valores extremos de pH encontrados foram de 4,17 e 3,84. Siqueira (2012), ao

avaliar o efeito de *coatings* à base de quitosana e alginato de sódio na conservação pós-colheita de goiaba, obteve como resposta um comportamento similar.

Essa pequena variação no pH ocorre em função da capacidade tampão de alguns sucos, pois a presença simultânea de ácidos orgânicos e seus sais impede que o acréscimo na acidez titulável altere de forma relevante os valores de pH (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Figura 21 - pH das goiabas ao longo do período de armazenamento.



*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores diferentes indicam que as amostras não diferem significativamente ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pela autora.

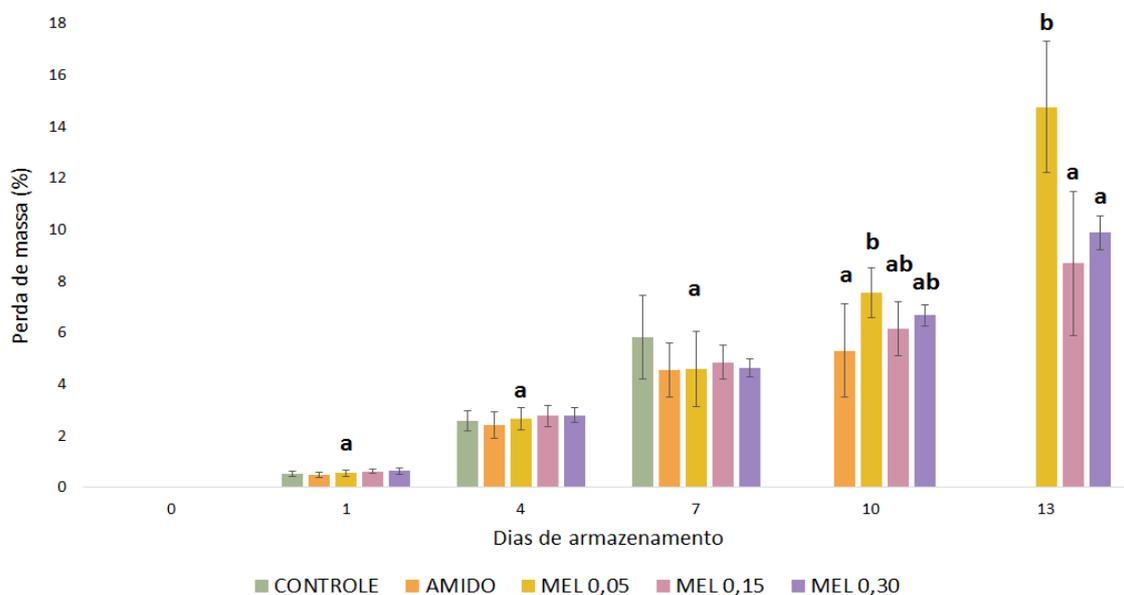
4.7 PERDA DE MASSA

Um dos principais problemas durante o armazenamento de frutas é a perda de massa por causa do processo de transpiração. Visto que a perda de água leva ao amolecimento dos tecidos, tornando os frutos mais suscetíveis à deterioração e a alterações na cor e sabor (BEN-YEHOSHUA, 1985). Afetando assim, a aparência e aceitabilidade do produto.

Os valores de perda de massa das goiabas com diferentes *coatings* armazenados por 13 dias estão apresentados na Figura 22. Todas as amostras apresentaram perda de massa crescente e não diferiram estatisticamente. Porém, avaliando o sétimo dia de armazenamento, tem-se o indício de que a presença dos *coatings* retarda a perda de massa, devido ao maior valor obtido para as goiabas controle 5,83(±1,62)%. O que fica ainda mais evidente quando relacionamos esse resultado ao da cor das goiabas controle no mesmo dia.

Quanto aos resultados do décimo terceiro dia, os frutos MEL 0,05 tiveram perda de massa significativa ($p < 0,05$) comparado aos MEL 0,15 e MEL 0,30. O valor elevado pode ser explicado pelo aparecimento de pontos de podridão em alguma das goiabas avaliadas nesse dia, principalmente nas MEL 0,05.

Figura 22 - Perda de massa (%) ao longo do período de armazenamento das goiabas.



*Letras minúsculas iguais nas colunas de cores diferentes indicam que as amostras não diferem significativamente ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pela autora.

4.8 COMPOSIÇÃO GASOSA

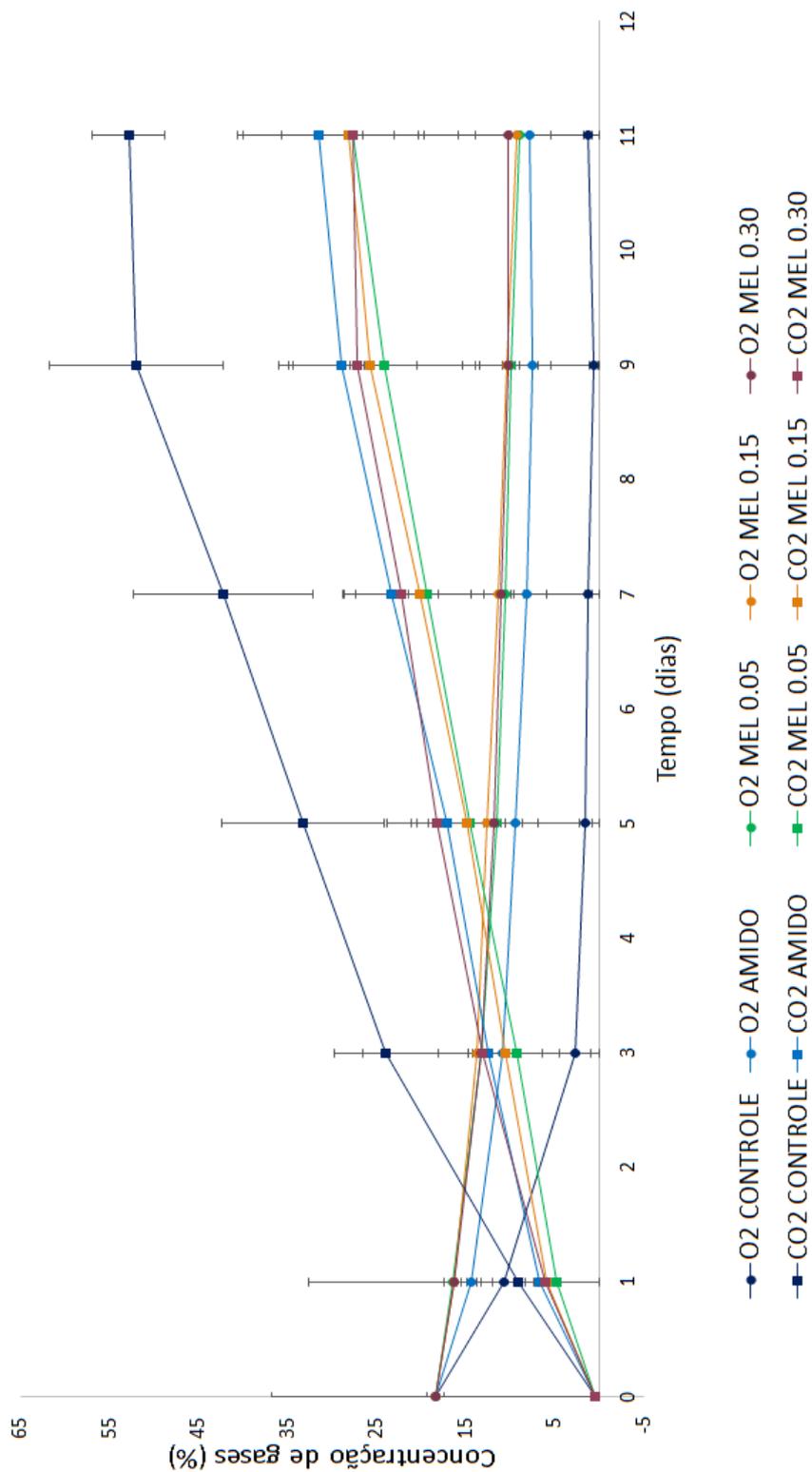
A respiração é um processo metabólico, que ocorre em todos os tecidos vegetais, e consiste em um conjunto de reações biológicas que visam a obtenção de energia. Este processo corresponde às reações oxidativas de compostos orgânicos que são transformados em água e dióxido de carbono com produção de energia química, associada à liberação de calor (MORAES, 2013).

Há uma relação entre velocidade da respiração e a conservação de frutos. Um rápido consumo de oxigênio e elevada produção de gás carbônico são indicativos de que os frutos são muito perecíveis. Em contrapartida, os que possuem respiração mais lenta são mais fáceis de serem conservados por períodos mais longos de tempo (MORAES, 2013 *apud* DE CAMARGO et al., 1984).

A Figura 23 apresenta a concentração de gases (O_2 e CO_2) de amostras de goiaba, revestidas e controles, armazenadas em embalagens de vidro durante onze dias, a $25 \pm 2^\circ C$. As goiabas controle e com o *coating* Amido apresentaram maior consumo de O_2 e produção de CO_2 , com valores maiores para a concentração de CO_2 do que de O_2 entre o primeiro e o terceiro dia, indicando o aumento da taxa respiratória. Já as amostras MEL 0,05; MEL 0,15 e MEL 0,30 mostraram um consumo de O_2 mais lento, sendo que a inversão da concentração dos gases, dentro da embalagem, aconteceu no terceiro dia para as MEL 0,30 e entre o quarto e o quinto dia para as MEL 0,05 e MEL 0,15.

Verificou-se uma concentração muito superior de dióxido de carbono nas embalagens das goiabas controle durante o período da análise, sendo que no último dia o valor médio para essas amostras foi de 52,8%. Enquanto que para as amostras Amido, MEL 0,05, MEL 0,15 e MEL 0,30 os valores obtidos foram, respectivamente, 31,47%, 27,63%, 28,20% e 27,57%.

Figura 23 - Concentração de O₂ e CO₂ ao longo do período de armazenamento das goiabas.



Fonte: Elaborado pela autora.

5 CONCLUSÃO

A partir do presente estudo, foi possível verificar que os *coatings* com diferentes concentrações do biossurfactante MEL afetaram de forma positiva os parâmetros de qualidade de goiabas, devido ao retardamento das trocas gasosas e alterações de cor, assim como da manutenção das propriedades mecânicas. O aumento de vida útil das goiabas recobertas com 0,05, 0,15 e 0,30 g de MEL/ g de amido seco, provavelmente está associado à capacidade do MEL e do amido de se ligarem formando um *coating* mais hidrofílico, que se adere e espalha melhor sobre a casca dos frutos.

Frutos sem revestimento apresentaram fim da vida útil no sétimo dia de armazenamento a 25 °C, enquanto que as goiabas recobertas com *coating* à base de amido e MEL até o décimo terceiro dia de armazenamento apresentavam-se em cor aceitável, porém já apresentavam mudanças nas propriedades mecânicas. As amostras cobertas com o *coating* à base de amido, sem o MEL, apresentam vida útil intermediária às citadas anteriormente.

Com isso, a incorporação de MEL em *coatings* de amido pode promover um melhor revestimento de goiabas, sendo efetivo para aumentar a vida útil desses frutos.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros, o estudo da estabilidade da suspensão formada pode colaborar para a viabilidade do processo industrial, assim como o conhecimento dos custos gerados por esse surfactante considerado ainda novo.

Além disso, são necessários mais estudos para avaliar a influência do MEL em células vegetais, o que levaria a uma melhor compreensão dos resultados e também a outras aplicações.

REFERÊNCIAS

AMARANTE, Cassandro; BANKS, Nigel H.; GANESH, Siva. Effects of coating concentration, ripening stage, water status and fruit temperature on pear susceptibility to friction discolouration. **Postharvest Biology And Technology**, [s.i.], p.283-290, ago. 2000.

ANDRADE, Cristiano José de et al. A novel approach for the production and purification of mannosylerythritol lipids (MEL) by *Pseudozyma tsukubaensis* using cassava wastewater as substrate. **Separation And Purification Technology**, [s.i.], v. 180, p.157-167, jun. 2017.

ARROYO, Betty Jarma et al. Antimicrobial active edible coating of alginate and chitosan add ZnO nanoparticles applied in guavas (*Psidium guajava* L.). **Food Chemistry**, [s.i.], out. 2019.

ARUTCHELVI, Joseph Irudayaraj et al. Mannosylerythritol lipids: a review. **Journal Of Industrial Microbiology & Biotechnology**, [s.i.], v. 35, n. 12, p.1559-1570, 21 ago. 2008.

ASSIS, Odílio Benedito Garrido; BRITTO, Douglas de. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas. **Brazilian Journal Of Food Technology**, Campinas, v. 17, n. 2, p.87-97, jun. 2014.

ASSIS, Odílio Benedito Garrido; BRITTO, Douglas de; FORATO, Lucimara Aparecida. Revestimentos comestíveis protetores em frutos minimamente processados. **Revista Higiene Alimentar**, São Carlos, v. 22, n. 160, p.99-106, abr. 2008.

AZZOLINI, Marisa; JACOMINO, Angelo Pedro; BRON, Ilana Urbano. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.i.], v. 39, n. 2, p.139-145, fev. 2004.

AZZOLINI, Marisa; JACOMINO, Angelo Pedro; SPOTO, Marta Helena Fillete. Estádios de maturação e qualidade pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s.l.], v. 26, n. 1, p.29-31, abr. 2004.

BRASIL. JOSTON SIMÃO DE ASSIS. **Aplicação de cera**. 2019. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_41_24112005115222.html>.

BEN-YEHOSHUA, Shimshon. Individual seal-packaging of fruit and vegetables in plastic film: a new postharvest technique. **HortScience**, v.20, p.32-37, 1985.

BERG, John. C. **Wettability**. New York: Marcel Dekker Inc., 1993.

BOTELHO, Lucimara Nazaré Silva et al. Quality of guava cv. 'Pedro Sato' treated with cassava starch and cinnamon essential oil. **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 209, p.214-220, set. 2016.

CAGRI, Arzu; USTUNOL, Zeynep; RYSER, Elliot T. Antimicrobial Edible Films and Coatings. **Journal of Food Protection**, [s.l.], v. 67, n. 4, p.833-848, abr. 2004.

CARVALHO, V. D. de. Qualidade e conservação pós-colheita de goiabas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 179, p. 48-54, 1994.

CERQUEIRA, Thales Sandoval. **Recobrimentos comestíveis em goiabas cv. 'Kumagai'**. 2007. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

CHEN, S; A NUSSINOVITCH. Permeability and roughness determinations of wax-hydrocolloid coatings, and their limitations in determining citrus fruit overall quality. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 15, n. 2, p.127-137, jan. 2001.

CHITARRA, Maria Isabel Fernandes; CHITARRA, Adimilson Bosco. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.

CHITARRA, Maria Isabel Fernandes; CHITARRA, Adimilson Bosco, CARVALHO, Vânia Déa. **Algumas características dos frutos de duas cultivares de goiabeira (Psidium guajava L.) em fase de maturação.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, Recife, 1981. Anais. Recife: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1981. v.2, p.771-780.

COSTA, Larissa Cristina et al. Aplicação de diferentes revestimentos comestíveis na conservação pós-colheita de goiabas (Psidium guajava L.). **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 8, n. 2, p.16-31, 21 out. 2017.

DAMODARAN, Srinivasan; PARKIN, Kirk L.; FENNEMA, Owen R. **Química de Alimentos de Fennema.** 4. ed. - Editora Artmed, 2010.

DEBEAUFORT, Frédéric; QUEZADA-GALLO, Jesús-alberto; VOILLEY, Andrée. Edible Films and Coatings: Tomorrow's Packagings. **Critical Reviews In Food Science And Nutrition**, [s.l.], v. 38, n. 4, p.299-313, maio 1998.

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

FALGUERA, Víctor et al. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. **Trends In Food Science & Technology**, [s.l.], v. 22, n. 6, p.292-303, jun. 2011.

FERNANDEZ, Natalia Marcela et al. Estado actual del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. **Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial**, [s.l.], v. 15, n. 2, p.134-141, 2017.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION - FAD. Generally recognized as safe (GRAS). Silver Spring: 2013. Disponível em: <<https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/generally-recognized-safe-gras>>.

FORMIGA, Anderson S. et al. Use of edible coatings based on hydroxypropyl methylcellulose and beeswax in the conservation of red guava 'Pedro Sato'. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 290, p.144-151, ago. 2019.

GARCÍA-BETANZOS, Claudia Idalid et al. Physicochemical, total phenols and pectin methylesterase changes on quality maintenance on guava fruit (*Psidium guajava* L.) coated with candeuba wax solid lipid nanoparticles-xanthan gum. **Food Research International**, [s.l.], v. 101, p.218-227, nov. 2017.

GARCIA, Lorena Costa et al. Selection of an Edible Starch Coating for Minimally Processed Strawberry. **Food and Bioprocess Technology**, [s.l.], v. 3, n. 6, p.834-842, 13 jan. 2010.

GONTARD, Nathalie; GUILBERT, Stbphane. Bio-packaging: technology and properties of edible and/or biodegradable material of agricultural origin. In: MATHLOUTHI, M. **Food Packaging and Preservation**. Salisbury: Springer, 1994, p.159-181.

GUILBERT, Stéphane; CUQ, Bernard; GONTARD, Nathalie. Recent innovations in edible and/or biodegradable packaging materials. **Food Additives And Contaminants**, [s.l.], v. 14, n. 6-7, p.741-751, ago. 1997.

GUILBERT, Stéphane; GONTARD, Nathalie; GORRIS, Leon G.m. Prolongation of the Shelf-life of Perishable Food Products using Biodegradable Films and Coatings. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 29, n. 1-2, p.10-17, jan. 1996.

INÈS, Mnif; DHOUHA, Ghribi. Glycolipid biosurfactants: Potential related biomedical and biotechnological applications. **Carbohydrate Research**, [s.l.], v. 416, p.59-69, out. 2015.

JACOMINO, Angelo Pedro; MINAMI, Keigo. **Conservação de goiabas 'Kumagai' em diferentes temperaturas e materiais de embalagem**. 1999. 90p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1999.

JOHNSON, Rulon E; DETTRE, Robert H. Wetting of low-energy surfaces. In: BERG, John C. **Wettability**. New York: Marcel Dekker Inc., 1993.

KIST, Benno Bernardo et al. **Anuário brasileiro da fruticultura 2018**. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2018. 88 p.

KLANGMUANG, Ploy; SOTHORNVIT, Rungsinee. Active coating from hydroxypropyl methylcellulose-based nanocomposite incorporated with Thai essential oils on mango (cv. Namdokmai Sithong). **Food Bioscience**, Kamphaengsaen, v. 23, p.9-15, jun. 2018.

LIMA, Maria Aparecida; DURIGAN, José Fernando. Reguladores vegetais na conservação pós-colheita de goiabas 'Paluma'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s.l.], v. 24, n. 2, p.370-375, ago. 2002.

LIMA, Maria Auxiliadora Coêlho de; ASSIS, Joston Simão de; GONZAGA NETO, Luiz. Caracterização dos frutos de goiabeira e seleção de cultivares na região do submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p.273-276, abr. 2002.

LIU, Kun; WANG, Xueling; YOUNG, Matthew. Effect of bentonite/potassium sorbate coatings on the quality of mangos in storage at ambient temperature. **Journal of Food Engineering**, [s.l.], v. 137, p.16-22, set. 2014.

LUVIELMO, Márcia; LAMAS, Susana. Revestimentos comestíveis em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, Pelotas, v. 8, n. 1, p.8-15, 28 nov. 2012.

MALI, Suzana; GROSSMANN, Maria Victória Eiras; YAMASHITA, Fábio. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p.137-156, mar. 2010.

MANIGLIA, Bianca Chiericato et al. Production of active cassava starch films; effect of adding a biosurfactant or synthetic surfactant. **Reactive and Functional Polymers**, [s.l.], v. 144, nov. 2019.

MELO, Enayde de Almeida; ARAÚJO, Cristiane Rodrigues de. Mangas das variedades espada, rosa e tommy atkins: compostos bioativos e potencial antioxidante. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p.1451-1450, 19 out. 2011.

MORAES, Jaqueline Oliveira de. **Produção e caracterização de filmes de amido-glicerol-fibras de celulose elaborados por tape-casting**. 2013. 175 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

MORAES, Kessiane Silva de. **Influência da atmosfera modificada e cobertura comestível na qualidade de physalis (Physalis peruviana L.) armazenada em diferentes temperaturas**. 2013. 297 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

MORGADO, Cristiane Maria Ascari et al. Conservação pós-colheita de goiabas 'Kumagai': efeito do estágio de maturação e da temperatura de armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p.1001-1008, dez. 2010.

MURMU, Sanchita Biswas; MISHRA, Hari Niwas. The effect of edible coating based on Arabic gum, sodium caseinate and essential oil of cinnamon and lemon grass on guava. **Food Chemistry**, Kharagpur, v. 245, p.820-828, abr. 2018.

NACHTIGAL, Jair Costa. **Sistema de produção de goiabas para pequenos produtores do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2015. 105 p.

NITSCHKE, Marcia; PASTORE, Gláucia Maria. Biossurfactantes: propriedades e aplicações. **Química Nova**, [s.l.], v. 25, n. 5, p.772-776, set. 2002.

ORDÓÑEZ, Juan A. et al. **Tecnologia de Alimentos: Componentes dos Alimentos e Processos**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

PEREIRA, Márcio Eduardo Canto et al. Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p.1116-1119, dez. 2006.

PODSĘDEK, Anna. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. **Lwt - Food Science and Technology**, [s.l.], v. 40, n. 1, p.1-11, jan. 2007.

RODRIGUES-AMAYA, Délia B.; KIMURA, Mieko; AMAYA-FARFAN, Jaime. **Fontes brasileiras de carotenóides: tabela brasileira de composição de carotenóides em alimentos**. 2. ed. Brasília: MMA/SBF, 2008.

RIBEIRO, Clara et al. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. **Postharvest Biology and Technology**, [s.l.], v. 44, n. 1, p.63-70, abr. 2007.

RYALL, Albert Lloyd; LIPTON, Werner J. **Handling, Transportation, and Storage of Fruits and Vegetables: Vegetables and melons**. 2. ed. Connecticut: Avi Publishing, 1979.

SANTOS, Danyelle et al. Biosurfactants: Multifunctional Biomolecules of the 21st Century. **International Journal Of Molecular Sciences**, [s.l.], v. 17, n. 3, 18 mar. 2016.

SAPPER, Mayra; BONET, Mar; CHIRALT, Amparo. Wettability of starch-gellan coatings on fruits, as affected by the incorporation of essential oil and/or surfactants. **Lwt**, [s.l.], v. 116, dez. 2019.

SILVA, Marília Lordêlo Cardoso et al. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p.669-682, set. 2010.

SINGH, S.P.; PAL, R.K. Response of climacteric-type guava (*Psidium guajava* L.) to postharvest treatment with 1-MCP. **Postharvest Biology And Technology**, [s.l.], v. 47, n. 3, p.307-314, mar. 2008.

SIQUEIRA, Ana Paula de Oliveira. **Uso de coberturas comestíveis na conservação pós-colheita de goiaba e maracujá-azedo**. 2012. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos de Goytacazes, 2012.

STEENEKEN, Peter A.M.; WOORTMAN, Albert J.J. Superheated starch: A novel approach towards spreadable particle gels. **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 23, n. 2, p.394-405, mar. 2009.

VELASQUEZ, Héctor José Ciro; GIRALDO, Omar Hideki Buitrago; ARANGO, Sebastián Adolfo Pérez. Estudio preliminar estudio preliminar de la resistencia mecánica de la resistencia mecánica a la fractura y fuerza de firmeza a la fractura y fuerza de firmeza para frut para frut para fruta de uchuva (*Physalis peruviana* L.). **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, Medellín, v. 60, n. 1, p.3785-3796, abr. 2007.

VIEIRA, Gláucia Santos. **Otimização do processo de desidratação osmótica de goiaba e avaliação do uso de pulso de vácuo e sais de cálcio**. 2010. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

WANG, Zhi-wei; DUAN, Hua-wei; HU, Chang-ying. Modelling the respiration rate of guava (*Psidium guajava* L.) fruit using enzyme kinetics, chemical kinetics and artificial neural network. **European Food Research and Technology**, [s.l.], v. 229, n. 3, p.495-503, maio 2009.

ZOTARELLI, Marta Fernanda. **Desenvolvimento de processo combinado de desidratação e modificação da textura de manga por secagem convectiva e pulsos de vácuo**. 2010. 52 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.