

USO DE COBERTURAS COMESTÍVEIS NA CONSERVAÇÃO PÓS-
COLHEITA DE GOIABA E MARACUJÁ-AZEDO

ANA PAULA DE OLIVEIRA SIQUEIRA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO - UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
SETEMBRO DE 2012

USO DE COBERTURAS COMESTÍVEIS NA CONSERVAÇÃO PÓS-
COLHEITA DE GOIABA E MARACUJÁ-AZEDO

ANA PAULA DE OLIVEIRA SIQUEIRA

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte de exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Jurandi Gonçalves de Oliveira

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
SETEMBRO – 2012

USO DE COBERTURAS COMESTÍVEIS NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE GOIABA E MARACUJÁ-AZEDO

ANA PAULA DE OLIVEIRA SIQUEIRA

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte de exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 10 de setembro de 2012.

Comissão examinadora:

Prof. Alexandre Pio Vianna (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF

Prof. Eliemar Campostrini (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF

Prof. Walter Ruggeri Waldman (D.Sc., Química) - UFSCar

Prof. Jurandi Gonçalves de Oliveira (D.Sc., Biologia Vegetal) - UENF
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus e sua providência em nossas vidas - "*Para aquele que crê, o impossível é tarefa que somente demora um pouco para ser realizada, já que o possível se pode realizar imediatamente.*" (Joanna de Ângelis/ psic. Divaldo Franco);

Aos meus pais, Fátima e Fernando, por fazerem das minhas batalhas, suas batalhas, sem mensurar esforços - esta conquista, como todas em minha vida, dedico a eles;

Aos meus irmãos, Marcelo e Carolina, e a minha cunhada Rose, pela força e pelas palavras amigas de sempre;

A minha sobrinha Nina, que em tão pouco tempo se tornou a alegria e a razão de nossas vidas;

Às amigas-irmãs Élide Ribeiro, Milena Carvalho, Priscila Nascimento e Zelita Gomes, por fazerem a diferença em minha vida;

Aos colegas do Instituto Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (E.L. São Gabriel da Palha e P.A. Vila Valério), especialmente a Diorrane Cozzer, Leone Timm, Aurinha Krause e ao chefe local Alex Krupka, pela compreensão, apoio e incentivo;

Aos colegas do curso de mestrado pela amizade e por contribuírem para o meu crescimento profissional através da troca de experiências;

A todos do laboratório que contribuíram para a realização deste trabalho, direta ou indiretamente, em especial a Marcos Góes, Anderson Souza, Adilson Jovanino e Ygor Gonçalves, pela boa convivência e pela amizade;

Ao aluno de Iniciação Científica Ygor de Souza Gonçalves, pela dedicação e pela seriedade na contribuição para conclusão deste trabalho;

Aos produtores de goiaba da região de Carabuçu (Bom Jesus do Itabapoana) e ao Sr. Evaldo Gonçalves Júnior do viveiro Itamudas, pelo apoio logístico;

Ao professor Alexandre Pio Viana, pelos frutos do pomar do Programa de Melhoramento do Maracujazeiro-azedo e pela solicitude na ajuda com a análise estatística;

Ao professor Walter Ruggeri Waldman, pelas contribuições e conselhos em relação aos ajustes na composição química das coberturas;

Aos funcionários da UENF que, anonimamente, contribuem de forma imprescindível para que a pesquisa aconteça;

À coordenadora do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, professora Cláudia Dolinski, pela boa vontade e empenho em resolver questões burocráticas na etapa final do curso;

Ao professor Jurandi, pela confiança e pelos ensinamentos durante mais de cinco anos de convivência, pela paciência na etapa final do curso de mestrado, e por tão significativa contribuição na minha formação profissional;

A CAPES e ao Cnpq, pela concessão da bolsa de estudos.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Revestimentos comestíveis	4
2.2. Características da goiaba e sua conservação	11
2.3. Características do maracujá-azedo e sua conservação.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1. Uso de coberturas comestíveis em goiaba	16
3.1.1. Material vegetal	16
3.1.2. Aplicação das coberturas comestíveis.....	16
3.1.3. Avaliação dos atributos de qualidade	17
3.1.3.1. Avaliações físicas.....	17
3.1.3.2. Avaliações químicas	19
3.1.4. Delineamento experimental e análise estatística	19
3.2. Uso de coberturas comestíveis em maracujá-azedo.....	19
3.2.1. Material Vegetal.....	19
3.2.2. Aplicação das coberturas comestíveis.....	20
3.2.3. Avaliação dos atributos de qualidade	20
3.2.3.1. Avaliações físicas.....	21
3.2.3.2. Avaliações químicas	21

3.2.4. Delineamento experimental e análise estatística	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1. Uso de coberturas comestíveis em goiaba	24
4.1.1. Perda de massa	24
4.1.2. Coloração da casca.....	27
4.1.3. Firmeza da polpa.....	31
4.1.4. Teor de sólidos solúveis	35
4.1.5. Teor de ácido ascórbico	38
4.1.6. Acidez titulável	41
4.1.7. pH da polpa	43
4.1.8. Razão teor de sólidos solúveis/acidez titulável	45
4.2. Uso de coberturas comestíveis em maracujá-azedo	49
4.2.1. Perda de massa	49
4.2.2. Rendimento de suco.....	52
4.2.3. Espessura da casca	52
4.2.4. Coloração da casca.....	55
4.2.5. Teor de sólidos solúveis	58
4.2.6. Teor de ácido ascórbico	60
4.2.7. Acidez titulável	60
4.2.7. pH da polpa	63
4.2.8. Razão teor de sólidos solúveis/acidez titulável	65
5. RESUMO E CONCLUSÕES	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

RESUMO

SIQUEIRA, Ana Paula de Oliveira. M.Sc. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, setembro de 2012. Uso de coberturas comestíveis na conservação pós-colheita de goiaba e maracujá-azedo. Orientador: Jurandi Gonçalves de Oliveira.

A fruticultura brasileira tem se destacado no cenário mundial e na região norte fluminense é possível ressaltar a promissora produção de goiaba e maracujá-azedo. Uma nova proposta para o aumento da conservação destes frutos é o uso de filmes ou coberturas comestíveis que ao serem aplicados sobre a superfície do fruto atuam como uma barreira semipermeável entre o fruto e o ambiente, restringindo as trocas gasosas, resultando em redução na respiração, na transpiração, na biossíntese e ação do etileno, além da diminuição do crescimento de microrganismos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de coberturas comestíveis à base de dois biopolímeros, quitosana e alginato de sódio, na conservação pós-colheita da goiaba e do maracujá-azedo. Os experimentos foram conduzidos seguindo um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x5, com quatro concentrações do biopolímero e cinco períodos de armazenamento. Depois de colhidos, os frutos receberam imersão nas soluções do biopolímero, nas concentrações 0; 0,5; 1,0 e 1,5 %, em seguida foram secos e armazenados, tendo seus atributos físicos e químicos avaliados durante o período de armazenamento, compreendendo oito dias para a goiaba e doze para o maracujá. O uso de coberturas de quitosana na

concentração de 1,5 % em goiabas causou uma tendência à retenção da coloração verde, mas esta diferença não pôde ser observada macroscopicamente. As goiabas cobertas com quitosana a 1,5 % também apresentaram uma tendência a maior firmeza de polpa ao longo dos dias, mas ao final do armazenamento se igualaram aos frutos dos demais tratamentos. Já as coberturas de alginato de sódio retardaram a perda de massa em goiabas e contiveram por mais tempo a coloração verde dos frutos. No sexto e oitavo dia, os frutos cobertos com este biopolímero na concentração de 1,5 % também apresentaram firmeza superior aos frutos controle. As coberturas de alginato influenciaram ainda na acidez titulável e na razão teor de sólidos solúveis/acidez titulável, com destaque para as concentrações de 1,0 e 1,5 %. Os maracujás ao serem cobertos por quitosana apresentaram menores valores de perda de massa no último dia de armazenamento. A cobertura com quitosana, no entanto, não influenciou os demais atributos de qualidade do maracujá. Já os frutos cobertos com alginato de sódio apresentaram diferença nos valores de croma da casca, mas esta diferença não foi evidente visualmente. A acidez titulável de frutos cobertos com alginato a 1,5 %, bem como os valores da razão teor de sólidos solúveis/acidez titulável, diferiu dos frutos dos demais tratamentos no 12^o dia de armazenamento, indicando possível efeito da cobertura sobre as características químicas dos frutos. Apesar de terem influenciado algumas características físicas ou químicas dos frutos, as coberturas com quitosana e alginato nas concentrações 0,5; 1,0 e 1,5 % não foram efetivas para aumentar a conservação de maracujá-azedo. Enquanto em goiabas, apenas o alginato de sódio foi efetivo na conservação dos frutos, com destaque para as concentrações 1,0 e 1,5 %.

Palavras-chave: amadurecimento, conservação, coberturas comestíveis.

ABSTRACT

SIQUEIRA, Ana Paula de Oliveira. M.Sc. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, setembro de 2012. Effects of edible coating in preserving postharvest quality of guava and passion fruit. Advisor: Jurandi Gonçalves de Oliveira.

The Brazilian fruticulture has excelled in the world stage and it's possible to stick out the guava and passion fruit production in the north of Rio de Janeiro. A new proposal to increase the quality of these fruits is the utilization of edible coating or films that in the fruit surface act like a semipermeable barrier between the fruit and the environment, restricting the gas exchange. The effects of coating in fruits are decreases in the respiration, perspiration, ethylene biosynthesis action, in addition to reduce the microorganism growth. The purpose of this work was evaluating the effect of edible coating composed of two biopolymers, chitosan and sodium alginate, in postharvest quality preservation of guavas and passion fruits. These experiments were conducted in a completely randomized designed with a factorial 4x5, with four biopolymer concentrations and five storage periods. After harvest, the fruits were dipped in biopolymers solutions, at 0; 0.5; 1.0 and 1.5 % concentrations, then were dried and storage. The physical and chemical characteristics were evaluated along the storage period that comprised eight days for guava and twelve days for passion fruit. The use of chitosan coating in a concentration of 1.5 % caused a tendency of retentioning the green colour of the peel, but these differences were unable to note macroscopically. Chitosan-coated guavas at 1.5 % concentration also showed a tendency to greatest pulp firmness over days, but at the end of storage these values were equal to the other treatments. Alginate coating reduced the mass loss in guavas and maintained the

green color peel. On the fourth and sixth day, fruits coating with these biopolymer at 1.5 % concentration also showed greatest pulp firmness than controls fruit. Alginate coating also influenced the titratable acidity and the ratio soluble solids/acidity, especially the 1.0 and 1.5 % concentration. Chitosan-coated passion fruit showed lower mass loss at the last storage day. Chitosan coating didn't influence other passion fruit quality attributes. Otherwise alginate-coated fruits showed significantly changed in chroma peel values, but these difference wasn't able to note visually. The titratable acidity in alginate-coated fruits at concentration 1.5 %, as ratio soluble solids/acidity values, differed from other treatments on the twelfth storage day, indicating possible effect of coating in fruits chemical characteristics. Although the fruits were influenced in some physical and chemical characteristics, chitosan and sodium alginate coating at 0.5; 1.0 and 1.5 % concentrations weren't effective in preserving passion fruit quality while in guavas, only sodium alginate was effective to preserve fruit quality, with emphasis for 1.0 and 1.5 % concentrations.

Key words: ripening, quality, edible coatings.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos grandes desafios da horticultura é a conservação da qualidade dos produtos após a colheita. Acompanhando a crescente demanda mundial por alimentos, não basta apenas o aumento da produção, mas a conservação da qualidade destes alimentos por um maior período de tempo. O período pós-colheita inicia-se após a separação do produto hortícola da planta e termina quando este é usufruído pelo consumidor final. Durante este período o produto continua metabolicamente ativo e sujeito a deteriorações e perdas em decorrência do metabolismo interno e/ou, da ação de patógenos (Irtwange, 2006).

Considerando-se que as frutas e as hortaliças são produtos altamente perecíveis, o emprego de técnicas adequadas no período pós-colheita tem papel fundamental em minimizar as perdas, que são estimadas em até 50% para alguns produtos (Chitarra & Chitarra, 2005). A eliminação ou minimização destas perdas implicaria em diversas vantagens, como o aumento no abastecimento de produtos sem aumento da área de cultivo, economia energética relacionada à produção e comercialização, redução da poluição e satisfação das necessidades do consumidor com a mesma quantidade de energia, terra, água e trabalho.

De modo geral, o termo qualidade pode ser definido como um conjunto de características físicas, químicas e estéticas, atingidas em determinado grau de desenvolvimento, que possui o máximo de aceitação pelo consumidor ao qual o produto se destina (Chitarra & Chitarra, 2005). Visando o desenvolvimento de

novas tecnologias que mantenham a qualidade dos produtos hortícolas por mais tempo, é necessário o conhecimento da estrutura, da fisiologia e das transformações bioquímicas que ocorrem durante o ciclo vital dos produtos.

Uma maior compreensão sobre o processo respiratório dos frutos permitiu que se desenvolvessem técnicas, tais como o uso de atmosfera controlada ou atmosfera modificada durante o armazenamento dos frutos como forma de aumentar a conservação (Park, 1999). Estes sistemas elevam a concentração de CO_2 e reduzem a concentração de O_2 , com objetivo de reduzir a respiração do produto, a transpiração, a biossíntese e ação do etileno e o crescimento de microrganismos, aumentando a vida útil do produto durante o armazenamento (Chitarra & Chitarra, 2005).

O uso da técnica de atmosfera controlada (AC) consiste na alteração da atmosfera em torno do produto, por meio de um ambiente especial com elevado grau de precisão de monitoramento da concentração de gases, temperatura, circulação de ar e umidade relativa. A AC é um método mais complexo e custoso, por isso geralmente é aplicado em armazenamento de produtos em larga escala. No uso de atmosfera modificada (AM) não há um controle ativo sobre a composição atmosférica, a qual vai se modificando em decorrência da atividade fisiológica dos frutos e das características do ambiente físico (composição gasosa, temperatura e umidade relativa) (Gorris & Peppelenbos, 1992).

Um dos métodos que tem sido utilizado para promover a AM é o uso de filmes ou coberturas comestíveis sobre a superfície dos frutos. Ao formarem uma fina película sobre a superfície dos produtos, estas substâncias funcionam como proteção, reforçando ou substituindo o revestimento de cera natural da cutícula (Chitarra & Chitarra, 2005). Nos últimos anos, esta técnica tem recebido considerável atenção em função de suas vantagens em relação às embalagens compostas por polímeros sintéticos, tais como, ser biodegradável, apresentar menor custo e poder transportar aditivos alimentares que o enriqueçam nutricionalmente (Tanada-Palmu et al., 2002).

No caso do uso de filmes ou coberturas comestíveis, o ambiente atmosférico desejado é atingido com a respiração do produto e as trocas gasosas com o meio externo através do revestimento, tendo a permeabilidade do material grande influência nestas trocas. A embalagem ideal é aquela que possibilita uma

concentração de O₂ suficientemente baixa para retardar a respiração, porém mais alta que a concentração crítica para o início da respiração anaeróbica.

A permeabilidade de um filme e demais propriedades dependem da natureza do polímero, da formulação, do processo de obtenção e da forma de aplicação no produto. Dentre as várias substâncias utilizadas como base para os biofilmes, é possível destacar o uso de dois polissacarídeos: a quitosana e o alginato de sódio. Trabalhos recentes tem explorado o uso destas substâncias para aumentar a conservação pós-colheita de frutos. Há relatos do uso de quitosana em cobertura de pêssego (Santos et al., 2008), manga (Abbasi et al., 2009), mamão (Mahmud et al., 2010), pimentão (Gholamipour Fard et al., 2010), uva (Ardakani et al., 2010), maracujá (Alves et al. 2010) e goiaba (Cerqueira et al., 2011). Ainda existem estudos com alginato de sódio em amora-preta (Meneghel et al., 2008), pêssego (Maftoonazad et al., 2008), uva (Miguel et al., 2009), morango (Fan et al., 2009), cereja (Díaz-Mula et al., 2011) e tomate (Zapata et al., 2010), além do amplo uso deste biopolímero na conservação de produtos minimamente processados.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de coberturas à base de quitosana e alginato de sódio, em diferentes concentrações, na conservação pós-colheita da goiaba e do maracujá-azedo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Revestimentos comestíveis

As embalagens são importantes na conservação pós-colheita de frutas e hortaliças. O principal objetivo da embalagem de alimentos é atuar como uma barreira contra os fatores ambientais, reduzindo a perda de qualidade causada pelas deteriorações microbiológica, química e física (Azeredo et al., 2010). O uso da embalagem adequada em produtos perecíveis pode contribuir consideravelmente para a manutenção da qualidade e, por conseguinte, para a redução das perdas (Chitarra & Chitarra, 2005).

Ultimamente, com o avanço tecnológico, foram desenvolvidas embalagens compostas por materiais que não apenas protegem o alimento, como interagem com o produto e com o meio ambiente, conservando melhor as funções e a qualidade do produto. Estas embalagens atuam como uma barreira semipermeável a gases, reduzindo a respiração, a produção de etileno e a transpiração dos frutos, retardando assim o processo de senescência. Entre os materiais utilizados com este propósito, encontram-se os filmes plásticos, as coberturas e filmes comestíveis aplicadas na superfície dos produtos (Chitarra & Chitarra, 2005).

Os filmes plásticos, embalagens compostas por polímeros sintéticos, como polietileno, policloreto de vinila e outros, se mostram eficientes em prolongar a vida pós-colheita de frutas e hortaliças. Estes materiais, entretanto, não são

biodegradáveis, o que representa um sério problema ambiental. A preocupação com o descarte destes materiais não renováveis tem motivado o desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao uso de coberturas e filmes compostos por materiais biodegradáveis (biopolímeros) com objetivo de substituir, pelo menos parcialmente, as embalagens de polímeros sintéticos (Azeredo et al., 2010).

O uso de filmes ou coberturas comestíveis sobre a superfície de frutos para aumentar a conservação é uma técnica que data do século XIII, quando chineses aplicavam ceras para conservar cítricos em viagens marítimas. A partir de 1930, as ceras de abelha, parafina e carnaúba e os óleos mineral e vegetal foram usados na conservação de frutas (Villadiego et al., 2005). Já na década de 60, o uso de polissacarídeos solúveis em água se tornou mais estudado e opção comercial para o uso em coberturas comestíveis de frutos com a função de aumentar a vida útil destes.

Em relação à nomenclatura, a maioria dos pesquisadores usa os termos “filme” e “cobertura” indiscriminadamente, no entanto, a cobertura é uma fina camada de material aplicado e formado diretamente sobre a superfície do produto, enquanto que o filme é pré-formado separadamente e aplicado posteriormente sobre o produto (Fakhouri et al., 2007). Podem ser classificados como comestíveis e/ou, biodegradáveis, dependendo dos constituintes utilizados para sua produção e da quantidade das substâncias empregadas.

Dentre as vantagens dos métodos de cobertura de frutos estão a simplicidade de equipamentos necessários para a preparação e o custo vantajoso em relação aos sistemas convencionais de embalagem, ambos muito pertinentes para o uso por pequenos produtores rurais. Uma outra vantagem é que os revestimentos podem ser incorporados com aditivos que melhorem as propriedades sensoriais e nutricionais, tais como antioxidantes, antimicrobianos e flavorizantes (Tanada-Palmu et al., 2002).

Os antioxidantes, como o ácido ascórbico, por exemplo, podem ser veiculados na cobertura com o objetivo de evitar o escurecimento em frutas ou vegetais cortados a fim de evitar o escurecimento. Os antimicrobianos podem se incorporar aos filmes ou revestimentos para prevenir o crescimento de microrganismos, tanto os deterioradores quanto os patogênicos. Alguns antimicrobianos mais utilizados são o ácido sórbico, sorbato de potássio, ácido benzoico, benzoato de sódio e ácido cítrico (Villadiego et al., 2005)

Para que um material possa ser utilizado como revestimento comestível para frutas é importante que seja transparente, tenha boa adesão sobre a superfície do fruto, não seja perceptível ao paladar e, principalmente, não seja tóxico. Os filmes e coberturas comestíveis apresentam em sua composição substâncias reconhecidas como seguras, que devem ser processadas dentro das Boas Práticas de Fabricação e adicionadas em quantidades estabelecidas pela regulamentação vigente (Villadiego et al., 2005).

No Brasil, não existe uma legislação específica para filmes e revestimentos comestíveis, mas eles podem ser classificados como ingrediente, quando melhoram a qualidade nutricional do alimento, ou aditivo, quando não incrementam o valor nutricional (Villadiego et al., 2005). Segundo a Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), aditivo alimentar é qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, porém, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento.

Segundo a ANVISA (2012), com base em princípios da análise de risco, foram estabelecidos quais são os aditivos e os coadjuvantes de tecnologia permitidos para as diferentes categorias de alimentos e em que funções e limites máximos de uso, visando alcançar o efeito tecnológico sem oferecer risco à saúde humana. O emprego de aditivos alimentares é limitado ainda por normas específicas, fundamentadas em critérios restritos apoiados em regulamentações e sugestões emitidas em nível mundial por comitês de especialistas da Organização Mundial da Saúde – OMS – e da Organização para Alimentação e Agricultura – FAO, dentre outros.

As matérias primas dos revestimentos podem ser proteínas (gelatina, caseína, ovoalbumina, glúten de trigo, zeína e proteínas miofibrilares), polissacarídeos (amido e seus derivados, pectina, quitosana, celulose e seus derivados, alginato e carragena), lipídeos (monoglicerídeos acetilados, ácido esteárico, ceras e ésteres de ácidos graxos) ou a combinação dos mesmos (Cuq et al., 1995 citado por Fakhouri et al., 2007). Os filmes compostos à base de proteína mais lipídeos ou polissacarídeos mais lipídeos, podem existir como camadas separadas, ou associados, em que ambos os componentes são

adicionados ao filme. Estas embalagens compostas são utilizadas com o objetivo de combinar as vantagens de cada um dos componentes visando atender as condições específicas de um produto (Villadiego et al., 2005).

Os revestimentos elaborados à base de polissacarídeos ou proteínas são chamados de hidrocoloidais e possuem excelentes propriedades mecânicas, ópticas e sensoriais, porém são sensíveis à umidade e apresentam alto coeficiente de permeabilidade ao vapor d'água. Ao contrário, as coberturas compostas de lipídios apresentam boas propriedades de barreiras ao vapor d'água, mas são opacas e pouco flexíveis, além de apresentarem sabor residual, o que pode influenciar as características sensoriais do alimento (Fakhouri et al., 2007).

A composição de filmes e revestimentos deve conter substâncias que formem uma matriz resistente e que tenha capacidade de adesão à superfície do fruto (Villadiego et al., 2005). A aplicação de filmes e revestimentos na superfície do produto forma uma fina camada, na maioria dos casos, resultante da atração eletrostática entre espécies químicas ou pela secagem de soluções viscosas. Os revestimentos podem ser aplicados nos alimentos por pulverização, imersão ou aplicação com pincel, seguido de uma etapa de secagem para revestimentos hidrocoloidais ou esfriamento para revestimentos a base de lipídeos (Villadiego et al., 2005).

As propriedades mecânicas dos filmes comestíveis dependem da matéria-prima usada na obtenção do filme e, especialmente, da coesão estrutural. Coesão é o resultado da habilidade de um polímero formar uniões moleculares fortes entre as cadeias do polímero, dificultando a separação delas. Algumas características mecânicas são importantes em um filme, tais como, resistência à quebra e abrasão, para proteger a estrutura do alimento; e flexibilidade, para se adaptarem à possível deformação do alimento sem se romperem (Villadiego et al., 2005).

As modificações nas propriedades mecânicas dos filmes podem ser obtidas mediante a adição de algumas substâncias à formulação. Os plastificantes são agentes de baixo peso molecular que uma vez incorporados no filme polimérico são capazes de se posicionar entre as moléculas do polímero, interferindo com as interações polímero-polímero (Pinheiro et al., 2010). A adição de plastificantes leva a um decréscimo nas forças intermoleculares entre as

cadeias poliméricas o que melhora a flexibilidade e a mobilidade da cadeia, tornando os filmes menos quebradiços (Chitarra & Chitarra, 2005). Em contrapartida, muitos estudos têm apontado efeitos adversos no uso de plastificantes, como o aumento na permeabilidade de gases, solutos e vapor d'água do filme (Silva et al., 2009).

A molhabilidade da cobertura é fator chave para a eficácia, uma vez que afeta a espessura e uniformidade. Tem sido realizado o uso de surfactantes para reduzir a tensão superficial da solução do filme e aumentar a capacidade de adesão (Azeredo et al., 2010). Os surfactantes são substâncias anfipáticas devido às propriedades simultâneas de hidrofiliicidade e hidrofobicidade e são geralmente adicionados para aumentar a estabilidade da emulsão na formulação de biofilmes. Esses podem ser adicionados ao revestimento com o objetivo de reduzir a tensão superficial da solução, aumentando a capacidade de molhamento dos revestimentos (Pinheiro et al., 2010).

A cobertura do fruto por polímeros hidrossolúveis impede, parcialmente ou completamente, a troca gasosa, reduzindo a taxa de respiração e aumentando o tempo que o fruto leva para amadurecer. O uso de filmes e coberturas comestíveis modifica a atmosfera interna circundante ao produto e as trocas gasosas com o exterior. A composição da atmosfera interna irá depender das características de permeabilidade do material da embalagem e da velocidade de consumo ou de liberação de gases pelo produto embalado (Chitarra & Chitarra, 2005).

A modificação da atmosfera em torno do produto é um dos métodos mais usados para manter a qualidade. O ar normal contém 21% de O_2 , 0,03% de CO_2 , 78% de N_2 e pequenas concentrações de outros gases. Os sistemas com modificação de atmosfera reduzem a concentração de O_2 e elevam a concentração de CO_2 , com o objetivo de reduzir a intensidade da respiração e aumentar o tempo de vida útil, sem perda da qualidade (Chitarra & Chitarra, 2005). A modificação na atmosfera é criada como resultado da atividade respiratória, pelo consumo de O_2 e liberação de CO_2 , ocorrendo dentro de um ambiente selado, total ou parcialmente (Irtwange, 2006).

O balanço gasoso da respiração do fruto pode levar a resultados indesejados como amadurecimento defasado entre a casca e a polpa ou a alterações significativas na consistência ou em propriedades organolépticas do

fruto. As condições de anaerobiose podem induzir a respiração anaeróbica, levando ao sabor indesejável e ao crescimento de microrganismos anaeróbicos (Villadiego et al., 2005). O tipo ideal de embalagem é aquele que possibilita concentração de O₂ suficientemente baixa para retardar a respiração, porém, mais alta que a concentração crítica para o início da respiração anaeróbica. Deve também impedir o acúmulo de CO₂ em níveis que provocam distúrbios fisiológicos.

Dentre os polímeros estudados para a composição de coberturas comestíveis, a quitosana é um dos biomateriais promissores para substituir polímeros sintéticos no ramo de embalagem de alimentos (Azeredo et al., 2010). A quitosana é um polissacarídeo linear composto por unidades β-(1,4)-D-glucosamina, obtido comercialmente através da desacetilação química da quitina em meio alcalino. A desacetilação normalmente não ocorre de forma completa, então a quitosana geralmente constitui um copolímero de unidades D-glucosamina ligadas a resíduos de N-acetilglucosamina, com várias frações de unidades acetiladas. Dessa forma, a quitosana pode ser formada com uma ampla gama de pesos moleculares, desde oligômeros de quitosana até amostras de alto peso molecular (Aranaz et al., 2010). Comercialmente, a quitosana está disponível por fornecedores em diferentes graus de pureza, pesos moleculares e graus de desacetilação (Azeredo et al., 2010).

A quitina, por sua vez, é o segundo polímero mais abundante na natureza, sendo encontrado na estrutura de um amplo número de invertebrados (exoesqueletos de crustáceos e cutículas de insetos) e na parede celular de fungos. A quitosana, em contrapartida, ocorre naturalmente apenas em alguns fungos (*Mucoraceae*) (Aranaz et al., 2010). Os exoesqueletos de crustáceos são a fonte tradicional para obtenção comercial de quitina e quitosana, mas algumas pesquisas vêm apontando o uso de massa micelial de fungos como fonte alternativa para obtenção de quitina e quitosana (Fai et al., 2008).

O uso da quitosana como embalagem biodegradável de alimentos, *in natura* ou minimamente processados, tem grande importância econômica e ambiental, pois além de diminuir a quantidade de resíduos plásticos das embalagens convencionais, reduziria os abundantes resíduos de carapaças de crustáceos rejeitados pela indústria pesqueira, que em muitos casos os consideram poluentes (Azevedo et al., 2007).

A quitosana tem sido extensivamente estudada devido suas características peculiares, tais como: biodegradabilidade, não toxicidade, biocompatibilidade, atividade antimicrobiana, entre outras. Tais características lhe confere um aproveitamento bastante versátil em áreas como farmácia, biomedicina, agricultura, indústria de alimentos e biotecnologia (Aranaz et al., 2010). Dentre os usos da quitosana estão: carreador de fármacos de liberação controlada, regeneração de tecidos epiteliais, confecção de membranas artificiais, absorção de gordura e redução do colesterol sérico, recobrimento de sementes e agente floculante no tratamento de efluentes aquosos (Fai et al., 2008).

A vantagem adicional da quitosana em relação aos outros biopolímeros é sua ação antimicrobiana, atuando em oposição a uma ampla gama de microrganismos incluindo fungos, algas e algumas bactérias (Azeredo et al., 2010). O mecanismo de ação da quitosana sobre os microrganismos não está completamente elucidado, mas algumas pesquisas indicam que a atividade antimicrobiana está relacionada à formação de complexos polieletrólíticos, em função da interação de suas cargas positivas (grupos amínicos protonados) de suas moléculas com as cargas negativas de membranas celulares, afetando a sua integridade (Dutta et al., 2009).

O alginato é um polissacarídeo derivado de algas marinhas marrons (*Phaeophyceae*) e também sintetizado por microrganismos, sendo utilizado como espessante, estabilizante e geleificante na indústria alimentar e farmacêutica. Em termos moleculares, o alginato é um copolímero linear composto de resíduos de ácido β -D-manurônico (M) e de ácido α -L-gulurônico (G) unidos por ligações glicosídicas (1,4) (Pinheiro et al., 2010). Os grupos de blocos de homopolímeros de M e G e sua sequência alternada são coexistentes na molécula de alginato. A composição química e sequência dos blocos dependem da fonte biológica (Acevedo et al., 2010).

Uma das propriedades mais importantes do alginato é a sua capacidade de reagir com cátions divalentes, especialmente íons cálcios, para produzir géis fortes ou polímeros insolúveis (Pinheiro et al., 2010). O mecanismo de geleificação é um processo de troca iônica, no qual o sódio do alginato é trocado com o cálcio presente no meio geleificante por meio de uma ligação química entre dois grupos carboxila presentes em resíduos de ácido poligulurônico adjacentes. Os íons de cálcio têm por função manter as cadeias de alginato juntas,

produzindo gel com estrutura tridimensional (King, 1983 citado por Miguel et al., 2009).

O alginato de sódio é conhecido como um biopolímero hidrofílico que pode ter a função de cobertura devido às suas propriedades coloidais únicas, que incluem a utilização para o espessamento, estabilização de emulsões e formação de gel. A permeabilidade à água e as propriedades mecânicas do alginato de cálcio podem ser consideradas moderadas quando comparadas a filmes sintéticos (Acevedo et al., 2010). As coberturas compostas por este biopolímero são impermeáveis a óleos e gorduras e podem minimizar as perdas de umidade dos alimentos, haja vista que a umidade é perdida pela cobertura antes que o alimento se desidrate significativamente. Essas são boas barreiras ao oxigênio, capazes de retardar a oxidação lipídica dos alimentos e melhorar o sabor, a textura e a adesão (Miguel et al., 2009).

2.2. Características da goiaba e sua conservação

A goiabeira (*Psidium guajava*, L.) é originária da América tropical, com provável centro de origem localizado na região compreendida entre o sul do México e o norte da América do Sul. Atualmente, esta espécie encontra-se amplamente difundida por todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo (Medina, 1988). Esta é uma cultura de grande importância econômica para o Brasil, rendendo em 2011 o equivalente a 276 milhões de reais pela produção de 342,5 mil toneladas de frutos, com uma produtividade média aproximada de 21,5 t ha⁻¹, sendo cultivada principalmente nos Estados de São Paulo, Pernambuco e Minas Gerais, que juntos produziram em 2011 aproximadamente 69% da produção nacional (IBGE, 2011).

A goiaba destaca-se devido a suas qualidades nutricionais, sendo uma fruta rica em ácido ascórbico, cálcio, vitamina E, fibras, licopeno, vitamina A, B6 e B2 (Lima et al., 2002). No Brasil, embora os trabalhos relacionados à seleção de plantas de goiabeira tenham sido realizados em centros de pesquisa (UNESP, IAC, ESALQ, EMBRAPA e outros), as principais variedades destinadas ao consumo 'in natura' surgiram de trabalhos desenvolvidos por produtores de origem japonesa. Estes produtores, por meio de seleções, obtiveram plantas cujos frutos apresentam qualidades com grande aceitação pelo consumidor, como as variedades Kumagai, Ogawa, Pedro Sato, Sassaoka e Cortibel. Atualmente, a

cultivar Paluma é a mais plantada no país, sendo obtida a partir da polinização aberta de 'Rubi-Supreme'.

Dentre as diversas variedades de goiaba, aquelas que apresentam frutos com polpa vermelha são preferidas para a industrialização. As de polpa branca são preferidas para o consumo 'in natura' e se destinam tanto para o mercado interno, quanto para a exportação. Dentre as variedades de goiabeira exploradas no Brasil, a 'Cortibel' tem se destacado pela sua vida-útil mais longa em relação às demais, mesmo sob condições ambiente. Esta variedade foi selecionada pelo produtor Sr. José Corti, no município de Santa Tereza (ES), de uma população de plantas oriundas de sementes de uma variedade não identificada (Costa & Pacova, 2003). A partir desta seleção inicial, outros materiais foram selecionados resultando nas cultivares 'Cortibel 1', 'Cortibel 2' e 'Cortibel 3', todas de polpa vermelha e 'Cortibel 4' de polpa branca.

Pereira (2003) verificou que a goiaba 'Cortibel' passou por mudanças significativas na massa fresca e na firmeza do fruto, no teor de carotenoides e de clorofilas da casca, no pH, no teor de ácido ascórbico e dos açúcares solúveis, sacarose, frutose e glicose da polpa, durante o armazenamento dos frutos a temperatura ambiente (25 °C). Para Pereira et al. (2005), o armazenamento da goiaba 'Cortibel' de polpa branca embalada em filme flexível Xtend[®] sob refrigeração (temperatura de 8 °C ± 2 °C e UR de 88 % ± 2 %) foi eficiente na manutenção das características de qualidade dos frutos, conservando-os por 29 dias.

Gomes Filho (2009) observou aumento na taxa respiratória e de emissão de etileno em frutos de goiabeira armazenadas a 25°C, verificando-se uma coincidência na ocorrência dos picos respiratório (emissão de CO₂) e de emissão de etileno. Contrariando o observado por Mattiuz & Durigan (2001), que não verificaram ocorrência de pico climatérico em goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato'.

Pereira et al. (2005) verificaram perda de massa da goiaba Cortibel superior a 20% em frutos armazenados sob refrigeração (8°C e 88% de UR), durante 29 dias. Segundo estes autores, esta perda foi de pouco mais de 8 % para os frutos embalados em filme flexível, armazenados pelo mesmo período, sob condições de refrigeração.

O acompanhamento das características físico-químicas dos frutos permite caracterizar o processo de amadurecimento dos frutos.

2.3. Características do maracujá-azedo e sua conservação

O Brasil ocupa a posição de maior produtor e consumidor mundial de maracujá-azedo, sendo cultivados no país, de acordo com estimativas da ITI Tropicals (2010), aproximadamente 70% do total produzido no mundo. A produção brasileira de maracujá-azedo em 2011 foi de 923.035 t, em uma área plantada de 61.631 ha (IBGE, 2011).

A produção nacional de maracujá se estende por todos os Estados brasileiros e pelo Distrito Federal, com destaque para os Estados da Bahia, Ceará, Espírito Santo, Minas Gerais, Sergipe e São Paulo. A Região Nordeste é a maior produtora, seguida das regiões Sudeste, Norte e Centro-Oeste (IBGE, 2011). A evolução desta cultura no país foi bastante rápida. A cultura era plantada inicialmente apenas para uso medicinal e somente na década de 1970 teve início o cultivo em escala comercial (Souza et al., 2002).

O maracujá tem boa aceitação devido ao sabor, aroma e qualidade do suco, sendo consumido de diversas formas. O suco é o principal produto econômico obtido do fruto, sendo que também existe a possibilidade de uso da casca e das sementes. Da casca é extraída a pectina, utilizada na produção de geleias e produtos farmacêuticos (Jordão & Bonnas, 1996). As sementes constituem cerca de 10% do peso do fruto e são constituídas por até 25% de óleo (Matsuura & Folegatti, 2002).

No período de pós-colheita, a conservação dos frutos de maracujá é uma grande preocupação. Este fruto é muito perecível, em condições normais e sob temperatura ambiente suporta de três a sete dias de armazenamento. Após este período o fruto está sujeito a uma rápida murcha e tem início a fermentação da polpa (Resende et al., 2001), reduzindo a qualidade do produto.

As características físicas tais como: tamanho, forma do fruto e coloração da casca, responsáveis pela aparência externa do fruto são os requisitos básicos que constituem o primeiro critério para a aceitabilidade ou não dos frutos pelo consumidor (Botrel & Abreu, 1994). Segundo Chitarra & Chitarra (2005), tamanho, espessura da casca, relação polpa/casca e rendimento de suco são algumas características físicas importantes para determinar a qualidade do maracujá.

O maracujá, assim como a goiaba, são exemplos de frutos climatéricos, isto é, durante o desenvolvimento há um aumento significativo na atividade respiratória e na emissão de etileno por parte dos frutos. Iniciada a fase

climatérica, estes frutos amadurecem rapidamente seguindo a fase de senescência, não sendo mais possível paralisar estes processos.

O fruto de maracujá apresenta diversas transformações químicas durante a maturação, dentre elas: redução dos teores de ácidos orgânicos, de vitamina C e sólidos solúveis, além de mudança nos pigmentos da casca, como a intensificação da coloração amarela (Salomão et al., 2001; Vianna-Silva et al., 2008). Outros autores destacam variações diferentes nas transformações químicas em frutos de maracujazeiro-azedo ao longo da maturação. Gamarra-Rojas & Medina (1996) observaram que o teor de sólidos solúveis teve aumento durante a fase de maturação dos frutos e ligeiro declínio na parte final desta etapa. Marchi et al. (2000) não observaram mudanças da mesma característica durante a maturação enquanto Silva et al. (2005) observaram aumento dos sólidos solúveis durante a maturação, que depois mostrou-se constante. Silva et al. (2010) observou que a manutenção do maracujá na planta retarda a evolução da coloração em comparação ao colhido e armazenado.

A mudança de cor da casca é uma das mudanças mais evidentes, sendo muitas vezes o critério mais importante utilizado pelo consumidor para julgar o grau de maturação do fruto. Este atributo também é usado pelo produtor como indicador do ponto de colheita, já que essas mudanças de cor refletem as alterações físico-químicas que acompanham o processo de amadurecimento (Gamarra-Rojas & Medina, 1996; Salomão, 2002). A modificação da cor verde ocorre devido à degradação da estrutura da clorofila, associada com a síntese e/ou revelação de pigmentos amarelos e vermelhos. Muitos desses pigmentos são carotenoides, biossintetizados durante os últimos estádios de amadurecimento ou sintetizados durante os estádios de desenvolvimento do fruto na planta (Gamarra-Rojas & Medina, 1996).

De acordo com Silva (1998), o rendimento de extração do suco de maracujá-azedo apresenta grande variação (entre 19 e 38 %). Esta variação depende de muitos fatores, principalmente do material utilizado. Marchi (2000) observou rendimento médio de 31,4 % da cultivar Sul-Brasil adquirido de produtores de Marília, SP. Resultado semelhante foi encontrado por Sato et al. (1992), que encontraram um rendimento de polpa da ordem de 30%. Durante o amadurecimento dos frutos de maracujá observa-se aumento no rendimento de suco concomitante a uma redução da espessura da casca do fruto. Este fato

demonstra uma possível relação entre as duas características (Nascimento et al., 1999; Silva et al., 2005). Por este motivo, Nascimento et al. (1999) consideram a espessura da casca uma característica primordial, tanto para o fruto destinado à indústria, quanto para os frutos destinados ao consumo *in natura*.

A perda de massa dos frutos durante o armazenamento é uma grande preocupação por parte dos produtores e comerciantes, pois pode desqualificar o produto para o mercado. A perda de massa dos frutos é dada tanto pela perda de matéria seca (por ação da respiração) quanto de água (por ação da transpiração), sendo esta muito mais significativa que a perda de matéria seca. Sob condições ambiente, tanto o maracujá quanto a goiaba são frutos que perdem muita água, sendo importante a regulação deste processo, sob o risco de tornar o produto sem valor de mercado.

Entender melhor os fatores que atuam no desenvolvimento (Silva, 2008) e na pós-colheita do maracujá e que contribuem com a perda de qualidade, pode ajudar o setor produtivo no planejamento de colheitas com maior qualidade do fruto e prolongamento da vida-útil (Silva et al., 2005). Além disso, frutos de melhor qualidade resultam em aumento significativo no preço do produto. No caso do maracujá-azedo estima-se um aumento de mais de 150 % no valor final do produto em determinadas épocas do ano (Meletti et al., 2000).

Para Silva et al. (2009) o tratamento em pós-colheita do maracujá-azedo com cera de carnaúba, látex de seringueira, cloreto de cálcio e fécula de mandioca não influenciou na perda de massa fresca do fruto e nos atributos de qualidade como acidez titulável e teor de sólidos solúveis e de ácido ascórbico. Segundo estes autores, o uso da cera de carnaúba e o látex de seringueira foram responsáveis pela redução no índice de murchamento do maracujá, aumentando em 3 e 4 dias, respectivamente, a vida-útil dos frutos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Uso de coberturas comestíveis em goiaba

3.1.1. Material vegetal

Os frutos de goiabeira 'Cortibel 3' foram colhidos em uma propriedade rural localizada no distrito de Carabuçu no município de Bom Jesus do Itabapoana, região Noroeste Fluminense, situado nas coordenadas geográficas 21° 08' 02" S e 41° 40' 47" W. Foram utilizados frutos a partir de podas de frutificação, colhidos no estágio 3 de maturação, apresentando cor da casca verde-mate (Azzolini et al., 2004). Para a colheita e transporte dos frutos até o setor de Fisiologia Vegetal na UENF houve o apoio logístico do viveiro Itamudas.

3.1.2. Aplicação das coberturas comestíveis

No laboratório os frutos foram selecionados e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio 200 mg.L⁻¹, por 15 minutos, antes de receberem os tratamentos com as coberturas.

Foram realizados dois experimentos, um testando coberturas à base de quitosana e outro testando coberturas à base de alginato de sódio, sendo que em ambos os experimentos foram testadas quatro concentrações dos biopolímeros: 0% (controle); 0,5%; 1,0% e 1,5%.

Na composição das coberturas à base de quitosana foram utilizados: quitosana de peso molecular médio (Sigma-Aldrich, MO, USA), além dos aditivos

Tween 20 (surfactante) e ácido acético (Sigma-Aldrich, MO, USA) para acidificar o meio. A solução de quitosana foi preparada solubilizando-se o polissacarídeo em água destilada a temperatura ambiente, seguido de agitação e adição do ácido acético e do surfactante. A agitação foi mantida por aproximadamente 30 minutos para permitir a completa dissolução da quitosana.

Para a formação da cobertura à base de alginato de sódio foram necessárias duas soluções. A primeira constituída pelo polímero propriamente dito, possuindo em sua composição alginato de sódio de baixa viscosidade (Sigma-Aldrich, MO, USA) e o surfactante Tween 20 (Sigma-Aldrich, MO, USA). A segunda solução utilizada foi composta por 0,12 M de CaCl_2 atuando como formador do gel e 10 % (v/v) de glicerol como agente plastificante.

O método utilizado para aplicação de ambas as coberturas foi o de imersão. No caso da cobertura à base de quitosana, os frutos foram simplesmente imersos na solução por 30 segundos. No caso do alginato, os frutos foram imersos por 30 segundos na solução da cobertura e, imediatamente, imersos na solução de cloreto de cálcio por um minuto. Após a aplicação das coberturas, os frutos foram mantidos em temperatura ambiente durante um dia para secagem das coberturas por evaporação. Depois deste período, os frutos foram armazenados em câmaras sob controle de umidade relativa (85 % \pm 5 %) e temperatura (25 °C \pm 1 °C).

3.1.3. Avaliação dos atributos de qualidade

As avaliações dos atributos de qualidade foram realizadas de dois em dois dias por um período de oito dias, sendo a primeira avaliação realizada no dia seguinte à aplicação das coberturas. Nos dias das avaliações foram realizadas as análises físicas e a análise do teor de sólidos solúveis, enquanto as demais análises químicas foram realizadas posteriormente a partir de amostras congeladas.

3.1.3.1. Avaliações físicas

Perda de massa – A pesagem dos frutos foi realizada em uma balança semianalítica, sendo a percentagem de perda de massa (PM) dos frutos calculada por meio da expressão: $PM = [(P_{inicial} - P_{final}) \div P_{inicial}] \times 100$ e os resultados expressos em porcentagem;

Coloração da casca - A medição da coloração do fruto foi realizada diretamente sobre a casca. Para a determinação da coloração foi utilizado um colorímetro portátil (Croma meter, modelo CR-300, Minolta, Japão), sendo analisados a cromaticidade a partir dos parâmetros a^* e b^* e o ângulo de cor *hue* (McGuire, 1992). A partir dos parâmetros a^* e b^* foi obtida a variável *croma*, através da expressão: $C = \sqrt{(a^2 + b^2)}$ (McGuire, 1992);

Firmeza da polpa - Para medição da firmeza da polpa, cada fruto foi dividido ao meio no sentido longitudinal, sendo a firmeza determinada em três pontos equidistantes na polpa de uma das faces do fruto e distanciados da casca de cerca de 0,5 cm. Para medição da firmeza foi utilizado um penetrômetro digital de bancada (Fruit Pressure Tester, modelo 53205, TR, Italia) com ponteira de prova de 8,0 mm e os resultados expressos em Newton;

3.1.3.2. Avaliações químicas

Teor de sólidos solúveis (TSS) - Foram efetuadas em um refratômetro manual (Atago N° 1, Brasil), a partir de duas gotas do suco do fruto extraído por prensa manual. Os resultados foram expressos em °Brix;

Teor de ácido ascórbico (vitamina C) – Foi obtido a partir da determinação do teor de ácido ascórbico (AA) utilizando o método oficial da A.O.A.C (AOAC, 1970), que consiste na avaliação por meio da titulação com 2,6-dicloroindofenol (2,6-DCIP). O conteúdo de AA foi determinado ajustando-se os resultados da titulação à curva padrão preparada a partir de soluções de AA (Sigma Aldrich, USA) de concentrações conhecidas;

pH da polpa - Foi extraído uma amostra de 5 g de polpa que foi homogeneizada em 50 mL de água. A leitura do pH foi realizada por meio de um peagâmetro de bancada que possui correção automática dos valores em função da temperatura;

Acidez titulável (AT) – Foi empregado o método 14 descrito pela A.O.A.C. (AOAC, 1975) com concentração de álcali de 0,1 N de NaOH. Em função da coloração do suco que interfere com a cor rósea indicada pela fenolftaleína, utilizou-se o valor de pH 8,2, correspondente ao ponto de virada da fenolftaleína, para determinar o

ponto final da titulação. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico, sendo obtidos por meio da equação: $AT = [(V \times N \times mEq) \times 100] \div P$. Onde: AT = acidez titulável, em porcentagem de ácido cítrico; V = volume (mL) de NaOH gasto com a titulação; N = normalidade do NaOH = 0,1; mEq = miliequivalente do ácido cítrico (0,064) e P = peso (g) da amostra;

Razão TSS/AT (Ratio) – Foi obtida dividindo-se os valores médios do teor de sólidos solúveis pelas médias da acidez titulável.

3.1.4 Delineamento experimental e análise estatística

Ambos os experimentos foram realizados seguindo um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4x5, sendo quatro formulações de coberturas (0, 0,5, 1,0 e 1,5 %) e cinco períodos de armazenamento (0, 2, 4, 6 e 8 dias), com cinco repetições.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. As interações significativas foram desdobradas via análise de regressão e teste de médias quando a regressão não foi significativa ou o coeficiente de determinação (R^2) ficou abaixo de 0,6. A ANOVA e a análise de regressão foram realizadas através do programa SAS e o teste de médias utilizando o programa Genes (Cruz, 2006).

3.2. Uso de coberturas comestíveis em maracujá-azedo

3.2.1. Material vegetal

Os frutos de maracujazeiro-azedo foram colhidos na área experimental da Escola Técnica Estadual Antônio Sarlo no município de Campos dos Goytacazes (RJ), nas coordenadas geográficas 21° 42' 49" S e 41° 20' 33" W. Os frutos foram obtidos pela seleção recorrente de meios-irmãos do Programa de Melhoramento Genético do Maracujazeiro da UENF. O ponto de colheita definido foi quando o fruto atingisse aproximadamente 60 dias após a antese, a partir da observação das primeiras mudanças de coloração da casca. Depois da colheita, os frutos foram transportados para o Setor de Fisiologia Vegetal na UENF, onde foram selecionados e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio 200 mg.L⁻¹, por 15 minutos.

3.2.2. Aplicação das coberturas comestíveis

Antes de receberem os tratamentos com as coberturas os frutos foram sanitizados como descrito acima.

Foram realizados dois experimentos, um testando coberturas à base de quitosana e outro testando coberturas à base de alginato de sódio, sendo que em ambos os tratamentos foram testadas quatro concentrações dos biopolímeros: 0% (controle); 0,5%; 1,0% e 1,5%.

Na composição das coberturas à base de quitosana foram utilizados: quitosana de peso molecular médio (Sigma-Aldrich, MO, USA), além dos aditivos Tween 20 (surfactante) e ácido acético (Sigma-Aldrich, MO, USA) para acidificar o meio. A solução de quitosana foi preparada solubilizando-se o polissacarídeo em água destilada a temperatura ambiente, seguido de agitação e adição do ácido acético e do surfactante. A agitação foi mantida por aproximadamente 30 minutos para permitir a completa dissolução da quitosana.

Para a formação da cobertura à base de alginato de sódio foram necessárias duas soluções: a primeira constituída pelo polímero propriamente dito, possuindo em sua composição alginato de sódio de baixa viscosidade (Sigma-Aldrich, MO, USA) e o surfactante Tween 20 (Sigma-Aldrich, MO, USA); e a segunda solução utilizada foi composta por 0,12 M de CaCl_2 atuando como formador do gel e 10 % (v/v) de glicerol como agente plastificante.

O método utilizado para aplicação de ambas as coberturas foi o de imersão. No caso da cobertura à base de quitosana, os frutos foram simplesmente imersos na solução por 30 segundos. No caso do alginato, os frutos foram imersos por 30 segundos na solução da cobertura e, imediatamente, imersos na solução de cloreto de cálcio por um minuto. Após a aplicação das coberturas, os frutos foram mantidos em temperatura ambiente durante um dia para secagem das coberturas por evaporação. Depois deste período, os frutos foram armazenados em câmaras sob controle de umidade relativa (85 % \pm 5 %) e temperatura (25 °C \pm 1 °C).

3.2.3. Avaliação dos atributos de qualidade

As avaliações dos atributos de qualidade foram realizadas de três em três dias por um período de 12 dias, sendo a primeira avaliação realizada no dia

seguinte à aplicação dos biofilmes. Nos dias das avaliações foram realizadas as análises físicas e a análise do teor de sólidos solúveis, enquanto as demais análises químicas foram realizadas posteriormente a partir de amostras congeladas.

3.2.3.1. Avaliações físicas

Perda de massa – A pesagem dos frutos foi realizada em uma balança semianalítica, sendo a percentagem de perda de massa (PM) dos frutos calculada através da expressão: $PM = [(P_{inicial} - P_{final}) \div P_{inicial}] \times 100$ e os resultados expressos em porcentagem;

Coloração da casca - A medição da coloração do fruto foi realizada diretamente sobre a casca. Para a determinação da coloração foi utilizado um colorímetro portátil (Croma meter, modelo CR-300, Minolta, Japão), sendo analisados a cromaticidade a partir dos parâmetros a^* e b^* e o ângulo de cor *hue* (McGuire, 1992). A partir dos parâmetros a^* e b^* foi obtida a variável *croma*, através da expressão: $C = \sqrt{(a^2 + b^2)}$ (McGuire, 1992);

Espessura da casca - Após a divisão dos frutos na região mediana, a espessura foi medida em quatro pontos da casca utilizando-se um paquímetro e a média dos resultados expressada em milímetros (mm);

Rendimento em suco – A polpa foi filtrada em tecido tipo filó e passada em prensa de mão para a separação do suco da outra fração. A pesagem do suco foi realizada em balança semianalítica e os resultados foram expressos em termos percentuais em relação à massa total do fruto pela equação: *rendimento do suco* = $(\text{massa do suco} \div \text{massa total do fruto}) \times 100$.

3.2.3.2. Avaliações químicas

Teor de sólidos solúveis (TSS) - Foram efetuadas em um refratômetro manual (Atago N° 1, Brasil), a partir de duas gotas do suco do fruto extraído por prensa manual. Os resultados foram expressos em °Brix;

Teor de ácido ascórbico (vitamina C) – Foi obtido a partir da determinação do teor de ácido ascórbico (AA) utilizando o método oficial da A.O.A.C (AOAC, 1970), que consiste na avaliação através da titulação com 2,6-dicloroindofenol (2,6-DCIP). O conteúdo de AA foi determinado ajustando-se os resultados da titulação à curva padrão preparada a partir de soluções de AA (Sigma Aldrich, USA) de concentrações conhecidas;

pH da polpa - Foi extraído uma amostra de 5 g de polpa que foi homogeneizada em 50 mL de água. A leitura do pH foi realizada através de um peagâmetro de bancada que possui correção automática dos valores em função da temperatura;

Acidez titulável (AT) – Foi empregado o método 14 descrito pela A.O.A.C. (AOAC, 1975) com concentração de álcali de 0,1 N de NaOH. Em função da coloração do suco que interfere com a cor rósea indicada pela fenolftaleína, utilizou-se o valor de pH 8,2, correspondente ao ponto de virada da fenolftaleína, para determinar o ponto final da titulação. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico, sendo obtidos por meio da equação: $AT = [(V \times N \times mEq) \times 100] \div P$. Onde: AT = acidez titulável, em porcentagem de ácido cítrico; V = volume (mL) de NaOH gasto com a titulação; N = normalidade do NaOH = 0,1; mEq = miliequivalente do ácido cítrico (0,064) e P = peso (g) da amostra;

Razão TSS/AT (Ratio) – Foi obtida dividindo-se os valores médios do teor de sólidos solúveis pelas médias da acidez titulável.

3.2.4. Delineamento experimental e análise estatística

Ambos os experimentos foram conduzidos seguindo um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4x5, sendo quatro formulações de coberturas (0, 0,5, 1,0 e 1,5 %) e cinco avaliações ao longo do tempo de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 dias), com quatro repetições para o experimento com quitosana e cinco repetições para o experimento com alginato de sódio.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. As interações significativas foram desdobradas via análise de regressão e teste de médias quando a regressão não

foi significativa ou o coeficiente de correlação (R^2) ficou abaixo de 0,6. A ANOVA e a análise de regressão foram realizadas através do programa SAS e o teste de médias utilizando o programa Genes (Cruz, 2006).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Uso de coberturas comestíveis em goiaba

4.1.1. Perda de massa

Segundo a análise de variância (ANOVA), não houve efeito significativo ($p < 0,05$) das concentrações da cobertura à base de quitosana na perda de massa de goiabas 'Cortibel 3', tendo efeito apenas do período de armazenamento. Neste caso, optou-se por estimar as equações de regressão com base na média das concentrações em cada período (Figura 1).

Devido ao caráter hidrofílico dos polissacarídeos, os revestimentos compostos por estes biopolímeros não são considerados barreiras efetivas para a umidade (Villadiego et al., 2005). Cerqueira et al. (2011), no entanto, ao testarem a cobertura de quitosana nas concentrações de 2 %, 4 % e 6 %, com ou sem glicerol, em goiabas 'Kumagai', observaram que o tratamento com a cobertura de quitosana a 6 %, sem glicerol, retardou a perda de massa, indicando que concentrações mais elevadas da cobertura podem ser eficientes em minimizar a perda de massa causada pela transpiração dos frutos. Estes autores relatam ainda que, apesar da diferença estatística deste tratamento em relação aos demais, essa menor perda de massa não se mostrou visualmente relevante.

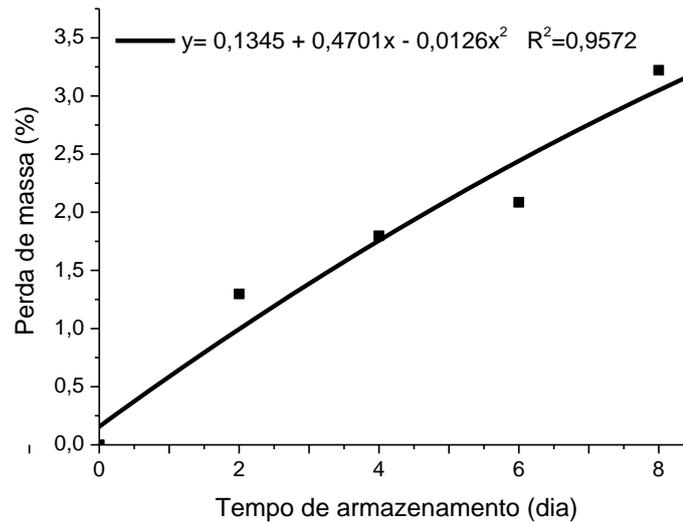


Figura 1: Perda de massa em goiabas 'Cortibel 3' em função do tempo de armazenamento, com base na média das concentrações de quitosana (0, 0,5, 1,0 e 1,5%).

A transpiração é um processo decorrente da diferença de pressão de vapor entre os espaços aéreos do produto e a atmosfera externa e a perda de água será mais acentuada quanto maior for esta diferença (Chitarra & Chitarra, 2005). Uma das formas de retardar esta perda é a manutenção de elevada UR no ambiente de armazenamento. Ao utilizar coberturas ou filmes, deseja-se que estes restrinjam a difusão do vapor d'água e criem uma atmosfera saturada entre a película e a superfície dos frutos, reduzindo a transpiração; entretanto, devido ao caráter hidrofílico dos recobrimentos à base de polissacarídeos e proteicos, estes geralmente não constituem barreiras ao vapor d'água.

Aqui neste trabalho foi possível observar uma perda de massa das goiabas, crescente, ao longo do período de armazenamento, atingindo valores médios de 3,2 % no oitavo dia. Diferente dos valores obtidos por Mendonça et al. (2007) ao avaliarem o efeito do tempo de armazenamento na perda de água em goiabas 'Cortibel 1' e 'Cortibel 4', observaram uma perda de aproximadamente 11,0 % no oitavo dia sob temperatura de $24,1 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $74,1\% \pm 4,3\%$.

Pela ANOVA houve efeito significativo ($p < 0,05$) das concentrações de alginato de sódio e dos períodos de armazenamento sob a variável perda de massa, sendo estimadas as equações de regressão desta variável para cada

cobertura em função do tempo (Figura 2). Os resultados mostram que frutos não cobertos com o revestimento de alginato (tratamento controle) apresentaram uma perda de massa maior ao final do armazenamento quando comparado aos frutos onde se aplicou o revestimento. Destaque para os frutos cobertos com a concentração de 1,0 % de alginato de sódio que apresentaram menor perda de massa no sexto e no oitavo dias de armazenamento.

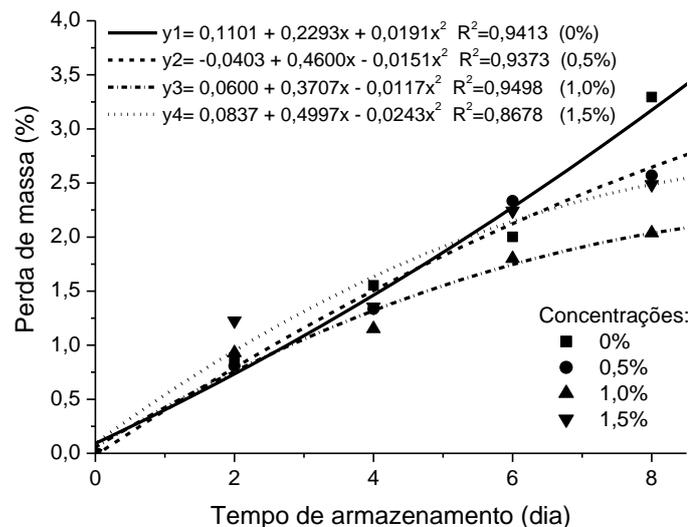


Figura 2: Perda de massa em goiabas 'Cortibel 3' em função das concentrações de alginato de sódio (0, 0,5, 1,0 e 1,5 %) e do tempo de armazenamento.

Apesar de permitirem a passagem das moléculas de vapor d'água, os revestimentos a base de polissacarídeos podem retardar a perda de água dos frutos para o ambiente por atuarem como agente sacrificante, ou seja, por permitirem que a umidade do gel evapore antes da desidratação do fruto (Bourtoom, 2007), o que possivelmente ocorreu nos frutos cobertos com alginato a 1,0 %. Fan et al. (2009) também relataram menor perda de massa em morangos tratados com alginato de sódio a 2,0 %, sendo este efeito ainda maior quando a cobertura foi incorporada com leveduras *Cryptococcus laurentii*, microrganismos antagonistas que auxiliam no controle do crescimento de fungos e mantêm a qualidade comercial do produto por mais tempo.

4.1.2. Coloração da casca

Segundo a ANOVA, a coloração da casca, expressa pelos parâmetros croma e ângulo *hue*, foi influenciada significativamente pelos tratamentos com o revestimento à base de quitosana e o tempo de armazenamento, sendo estimadas as equações de regressão para cada concentração do biopolímero (Figura 3). Os resultados mostram que todos os frutos, independente do tratamento, tiveram uma mudança crescente nos valores de croma e decrescente nos valores de ângulo *hue* em função do tempo, indicando a transição da coloração verde para o amarelo. A perda da coloração verde ocorre devido à degradação da clorofila e síntese e/ou, revelação dos carotenoides, responsáveis pela coloração amarelada. A via de degradação da clorofila normalmente aceita inclui a perda do grupo fitol pela enzima clorofilase, sendo removida parte da cadeia anexa à molécula tetrapirrólica e ocorrendo a liberação de Mg^{2+} do centro do núcleo forbina (Wang et al., 2005).

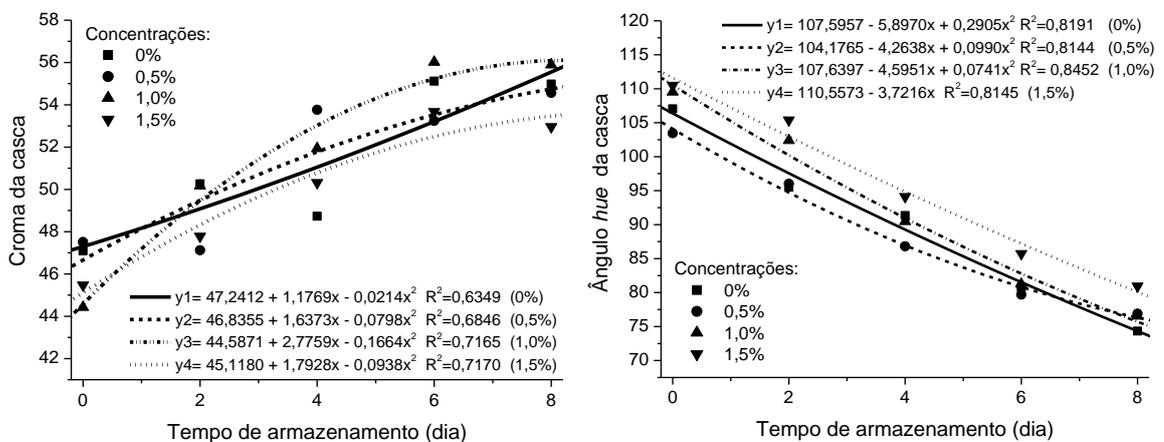


Figura 3: Croma (A) e ângulo *hue* (B) da casca em goiabas 'Cortibel 3' em função das concentrações de quitosana (0, 0,5, 1,0 e 1,5 %) e do tempo de armazenamento.

Ao observar os valores para o ângulo *hue*, nota-se que os frutos recobertos com quitosana na concentração de 1,5 %, apresentaram uma mudança de cor menos acentuada (o que pode ser verificado pela declividade da curva) que os frutos dos demais tratamentos ao longo do armazenamento. Estes resultados mostram que a aplicação de revestimento na superfície dos frutos

retardou a perda da coloração verde, ou o avanço da cor amarela na casca dos frutos, entretanto esta diferença não foi observada visualmente ao final do armazenamento.

No oitavo dia de armazenamento, os frutos tratados com 0 %, 0,5 %, 1,0 % e 1,5 % apresentaram valores médios de ângulo *hue* próximos a 74 °h, 77 °h, 76 °h e 81 °h, respectivamente. Valores de ângulo *hue* próximos a 90 °h indicam coloração amarela, enquanto valores próximos a 180 °h indicam coloração verde, no diagrama de nuances de cores (Chitarra & Chitarra, 2005). Cerqueira et al. (2011) observaram que ao tratar goiabas 'Kumagai' com revestimento de quitosana na concentração de 6 %, estas apresentaram valores do ângulo *hue* próximo a 114 °h no oitavo dia de armazenamento, o que indica um atraso de forma significativa na mudança de cor na casca dos frutos. Isso demonstra que a aplicação de revestimento com concentrações mais elevadas de quitosana pode ser mais eficiente na contenção da maturação, já que a coloração é um dos principais critérios para esta avaliação. Em contrapartida, é preciso avaliar se os revestimentos com concentrações mais elevadas do polímero não provocarão reações indesejadas como respiração anaeróbica, que resultam em odor alcoólico que desqualificam o produto.

Os frutos necessitam de O₂ para produzir energia suficiente para manter a integridade e a qualidade por meio do processo de respiração aeróbica, na qual carboidratos são convertidos a CO₂ e água a partir da redução do O₂. Quando o nível de O₂ diminui abaixo do mínimo necessário ou o CO₂ acumula-se acima do máximo, o fruto irá gerar energia por meio da respiração anaeróbica o que dará origem a produtos finais (acetaldeído e etanol) que causam sabor e aroma indesejados e perda da qualidade. Cada produto hortícola possui limite de tolerância ao aumento dos níveis de CO₂ e redução dos níveis de O₂ (Gorris & Peppelenbos, 1992).

No experimento com uso de revestimento a base de alginato de sódio, o tratamento e o tempo de armazenamento foram significativos ($p < 0,05$) para as variáveis cor e ângulo *hue*, segundo ANOVA. Os frutos revestidos com alginato de sódio nas concentrações de 0 % e 0,5 % apresentaram um aumento na intensidade da cor amarela ao longo do armazenamento (Figura 4A). Essa mudança também pode ser verificada ao analisar a variável ângulo *hue*, em que os valores variaram em torno de 100 °h antes do início do armazenamento, até 75

ºh no último dia (Figura 4B), com destaque para os frutos revestidos com filme na concentração de 0,5 % em que se verifica mudança mais rápida da cor no início do armazenamento.

O revestimento com alginato na concentração de 1 % proporcionou um atraso na evolução da cor quando comparado às preparações com as duas concentrações menores, indicando efeito benéfico do revestimento no atraso do amadurecimento. Resultados semelhantes foram encontrado por Zapata et al. (2010) ao trabalharem com tomates revestidos com alginato a 1 %, sozinho ou combinado com uma mistura de óleos essenciais. Esses autores constataram um atraso no processo de amadurecimento dos frutos expresso por uma mudança de cor mais lenta, principalmente nos frutos revestidos com alginato acrescido de óleos essenciais.

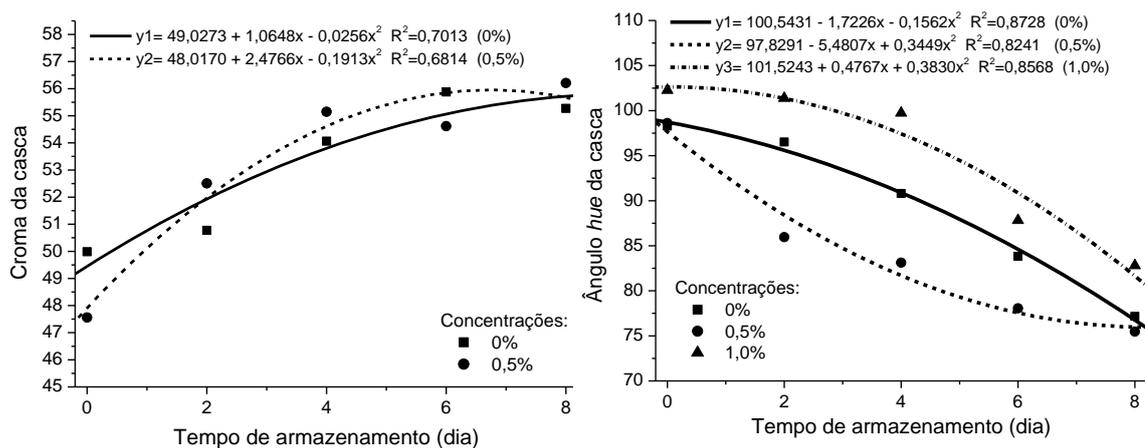


Figura 4: Croma (A) e ângulo *hue* (B) da casca em goiabas ‘Cortibel 3’ em função das concentrações de alginato de sódio (0, 0,5 e 1,0 %) e do tempo de armazenamento.

A tendência na evolução da cor ao longo do tempo em goiabas cobertas com o revestimento de alginato de sódio a 1,5 % não pôde ser demonstrada por análise de regressão, para as variáveis cromas ou ângulo *hue*. Ao analisar as médias de cromas da casca dos frutos deste tratamento ao longo do armazenamento, percebe-se que houve aumento significativo apenas no oitavo dia de armazenamento (Tabela 1). Ao comparar os valores médios de cromas entre os frutos cobertos com diferentes concentrações de alginato no último dia de estocagem, nota-se que os frutos cobertos com alginato a 1,5 % apresentaram

valores semelhantes àqueles cobertos com a concentração de 1,0 %, sendo que ambos apresentaram menor intensidade de cor que as outras concentrações, indicando eficiência das coberturas em retardar a mudança de cor.

Em relação aos valores médios do ângulo *hue*, os frutos cobertos com alginato a 1,5 % apresentaram transição na coloração ao longo dos dias, com menores valores de *hue* no último dia (Tabela 2). Ao comparar os frutos deste tratamento (1,5 %) com os frutos do tratamento controle, observa-se que aqueles que receberam a cobertura apresentaram casca mais verde no quarto e no sexto dias de armazenamento, mas não mantiveram esta diferença no último dia.

Tabela 1: Médias da variável croma da casca em goiabas ‘Cortibel 3’ cobertas com soluções de alginato de sódio em diferentes concentrações, em função do tempo de armazenamento dos frutos

Armazenamento (dia)	Croma da casca			
	Concentrações de alginato (%)			
	0	0,5	1,0	1,5
0	49,99 B a *	47,56 B ab	47,65 BC ab	45,60 B b
2	50,77 B ab	52,51 A a	47,10 C b	48,11 AB b
4	54,06 AB a	55,15 A a	48,48 ABC b	46,44 B b
6	55,88 A a	54,62 A a	52,77 A a	45,23 B b
8	55,27 A ab	56,21 A a	51,98 AB b	51,35A b

* As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula, na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Tabela 2: Médias da variável ângulo *hue* da casca em goiabas ‘Cortibel 3’ cobertas com soluções de alginato de sódio em diferentes concentrações, em função do tempo de armazenamento dos frutos

Armazenamento (dia)	Ângulo <i>hue</i> da casca			
	Concentrações de alginato (%)			
	0	0,5	1,0	1,5
0	98,28 A a *	98,62 A a	102,26 A a	105,88 A a
2	96,52 A a	85,96 B b	101,38 A a	96,10 B a
4	90,80 AB b	83,13 BC b	99,73 A a	101,40 AB a
6	83,83 BC bc	78,06 BC c	87,83 B ab	94,17 B a
8	77,18 C ab	75,48 C b	82,80 B ab	84,98 C a

* As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula, na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

4.1.3. Firmeza da polpa

Os resultados da ANOVA para firmeza da polpa em frutos revestidos com quitosana indicam que houve diferença ($p < 0,05$) entre as concentrações utilizadas para o recobrimento e entre o tempo de armazenamento (Figura 5). De um modo geral, os frutos apresentaram uma queda na firmeza da polpa ao longo dos oito dias de armazenamento, sendo esta queda mais acentuada nos quatro primeiros dias. Azzolini et al. (2004) constataram que a firmeza da polpa pode ser considerada um índice de maturação adequado para goiabas 'Pedro Sato'. Estes autores ao avaliarem frutos em três diferentes estádios de maturação obtiveram os seguintes resultados para a firmeza da polpa dos frutos: 100,8 N para frutos colhidos no estágio 1 (cor da casca verde-escura); 77,6 N para frutos colhidos no estágio 2 (cor da casca verde-clara) e 46,3 N para frutos colhidos no estágio 3 (cor da casca verde-amarela).

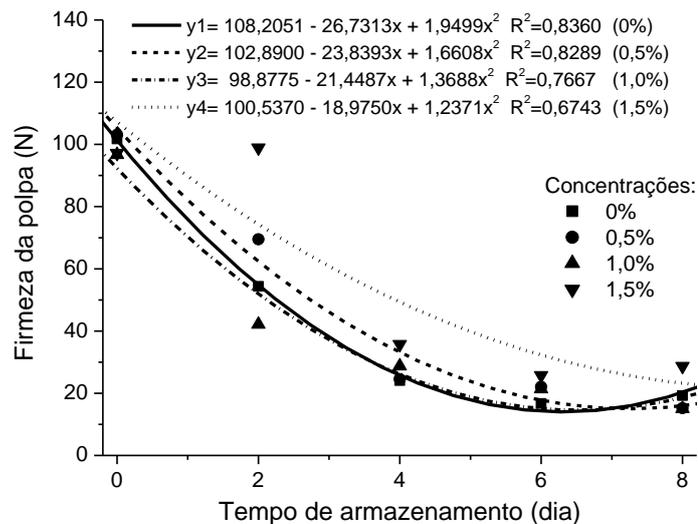


Figura 5: Firmeza da polpa em goiabas 'Cortibel 3' em função das concentrações de quitosana (0, 0,5, 1,0 e 1,5 %) e do tempo de armazenamento.

A diminuição da firmeza da polpa durante amadurecimento do fruto ocorre, principalmente, devido à perda da integridade da parede celular. A degradação das moléculas poliméricas constituintes da parede celular, como celulose, hemicelulose e, principalmente, a pectina, resultam em perda de aderência entre as células e alterações na parede celular, que modificam a textura da polpa. Outros processos também podem contribuir com a perda de

textura da polpa dos frutos, como a degradação do amido e a perda de turgor celular (Cavalini, 2004).

Ao analisar as curvas de regressão para os valores de firmeza da polpa, percebe-se que a concentração do revestimento não influenciou tanto nesta variável (Figura 5). Exceção para os frutos tratados com o revestimento a base de quitosana na concentração de 1,5 % que apresentaram uma ligeira retenção na perda de firmeza entre o segundo e o sexto dias, mas se igualando aos frutos cobertos com coberturas nas demais concentrações no oitavo dia. Diferentemente de Cerqueira et al. (2011) que constataram que ao final dos oito dias de armazenamento, goiabas tratadas com quitosana 6% estavam mais firmes que os demais tratamentos, indicando que a perda normal da firmeza decorrente do amadurecimento foi alterada. Essa diferença entre os resultados pode ser atribuída à alta concentração de quitosana (6 %) utilizada por Cerqueira et al. (2011) na composição da cobertura, o que aumentou a barreira às trocas gasosas de forma a reduzir eficientemente o metabolismo dos frutos.

A goiaba é um fruto climatérico, ou seja, pode amadurecer depois de destacado da planta-mãe devido à elevada produção de etileno. O grande aumento na produção de etileno no início do amadurecimento de frutos climatéricos é considerado o fator iniciador de modificação de diversos atributos, dentre eles, o amaciamento da polpa. Cavalini (2004) ao avaliar a produção de etileno em goiabas 'Kumagai' e 'Paluma' observou que em ambas as variedades a intensa perda de firmeza acompanhou um aumento gradual da produção de etileno. As embalagens de atmosfera modificada tem efeito positivo na redução da produção e sensibilidade ao etileno, seja pela baixa concentração de O₂ ou pela alta concentração de CO₂, que afetam a atividade das enzimas ACC sintase e ACC oxidase, responsáveis pela regulação da produção de etileno (Chitarra & Chitarra, 2005).

A Figura 6 representa as curvas de regressão para a firmeza da polpa das goiabas cobertas com alginato de sódio em diferentes concentrações. Pode-se observar que ao longo do tempo de armazenamento houve uma queda na firmeza dos frutos tratados com esse polímero nas concentrações de 0 %, 0,5 % e 1,0 %. É possível destacar que nos frutos revestidos com o alginato na concentração de 1,0 % houve um decréscimo da firmeza mais lento ao longo dos oito dias quando comparado com os frutos revestidos com esse polímero nas duas concentrações

de 0 % e 0,5 %, que apresentaram uma queda mais acentuada nos quatro dias iniciais. Estes resultados demonstram que o revestimento a base de alginato de sódio a 1,0 % retardou a perda da firmeza da goiaba sem interferir na textura do fruto aos oito dias de armazenamento.

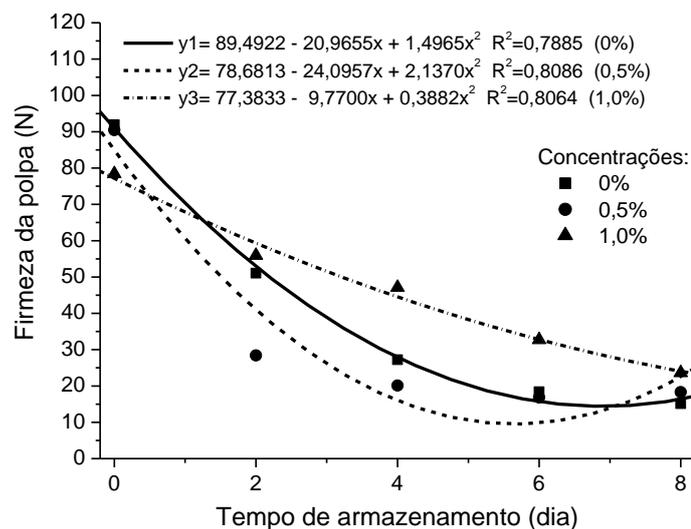


Figura 6: Firmeza da polpa em goiabas ‘Cortibel 3’ em função das concentrações de alginato de sódio (0, 0,5 e 1,0 %) e do tempo de armazenamento.

Os frutos tratados com a cobertura de alginato de sódio a 1,5 % não apresentaram uma tendência uniforme na variação da firmeza da polpa. Durante o período de avaliação registrou-se um aumento inesperado no sexto dia, o que provavelmente fez com que não fosse possível o ajuste dos dados seguindo um modelo linear ou quadrático. Ao comparar os frutos cobertos com a concentração de 1,5 % com aqueles que não receberam a cobertura (controle), em cada dia de avaliação, o teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) indicou que os frutos cobertos apresentaram valor médio de firmeza de polpa superior nos sexto e oitavo dias de armazenamento (Tabela 3), sendo que no oitavo dia esta diferença foi de 207 %.

Resultados semelhantes foram obtidos por Vila et al. (2006) ao trabalharem com goiabas ‘Pedro Sato’ tratadas com revestimento a base de fécula de mandioca nas concentrações de 0 %, 2 %, 3 % e 4 %. Estes autores afirmam que frutos envolvidos com o revestimento na concentração de 3 % e 4 % apresentaram menor evolução da atividade enzimática da pectinometilsterase (PME) e da poligalacturonase (PG), sugerindo que tais concentrações do

biopolímero foram capazes de reduzir o metabolismo dos frutos a ponto de diminuir o amaciamento da polpa.

As células são mantidas unidas pela lamela média, constituída principalmente por substâncias pécticas, que fornecem a coesão necessária para manter a unidade estrutural do tecido. Com a evolução da maturação dos frutos, ocorre a liberação do cálcio e a solubilização do polímero péctico pela ação de enzimas específicas, como a PME, responsável pelo rompimento das ligações metil-éster e a PG, que transforma os polímeros de ácido galacturônico em ácidos pécticos, solúveis em água (Chitarra & Chitarra, 2005). A solubilização das pectinas contribui para o amaciamento dos tecidos em decorrência da redução de força de coesão entre as células.

Grigio et al. (2011) ao trabalharam com atmosfera modificada em goiabas, estipularam um valor mínimo de 20 N de firmeza da polpa para que os frutos estivessem em condições adequadas para o transporte e comercialização. Dessa forma, considerando-se este valor, pode-se afirmar que apenas os frutos tratados com películas de alginato a 1,0 % e 1,5 %, possuíam qualidade suficiente, no que diz respeito à firmeza de polpa, para serem transportados e comercializados ao final dos oito dias de armazenamento. Para exportação ou transporte para mercados mais distantes, a firmeza dos frutos é um dos atributos primordiais, pois lhe confere maior resistência ao transporte e ao armazenamento, resultando em maior conservação pós-colheita e, conseqüentemente, em menores perdas (Choudhury et al., 2001).

Tabela 3: Média da variável firmeza da polpa em goiabas ‘Cortibel 3’ recobertas com soluções de alginato de sódio em diferentes concentrações, em função do tempo de armazenamento dos frutos

Armazenamento (dia)	Firmeza da polpa (N)			
	Concentrações de alginato (%)			
	0	0,5	1,0	1,5
0	81,35 A ab [*]	55,71 A b	78,42 A ab	94,38 A a
2	51,07 AB ab	28,42 AB b	65,16 AB a	66,56 AB a
4	27,23 BC ab	20,12 B b	57,43 AB a	49,99 B ab
6	23,02 BC b	16,81 B b	32,73 BC b	67,26 AB a
8	15,11 C b	18,32 B ab	23,64 C ab	46,37 B a

* As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula, na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

4.1.4. Teor de sólidos solúveis

Segundo a ANOVA os teores de SS de goiabas tratadas com diferentes concentrações de quitosana variaram significativamente apenas em função do tempo de armazenamento (Figura 7). Houve uma queda nos teores de SS ao longo dos dias, passando de 12,5 °Brix no início do armazenamento para 9,0 °Brix ao final. Valores semelhantes foram encontrados por Mendonça et al. (2007) ao avaliarem goiabas 'Cortibel 1' (de polpa vermelha) e 'Cortibel 4' (de polpa branca), entretanto, os resultados de Mendonça et al. (2007) indicam que os teores de SS aumentaram ao longo do armazenamento, variando de 8 °Brix a 12 °Brix. Outros autores relatam esta tendência ao aumento no teor de SS ao longo do amadurecimento de goiabas (Jacomino et al., 2003; Cavalini, 2004; Pereira et al., 2005).

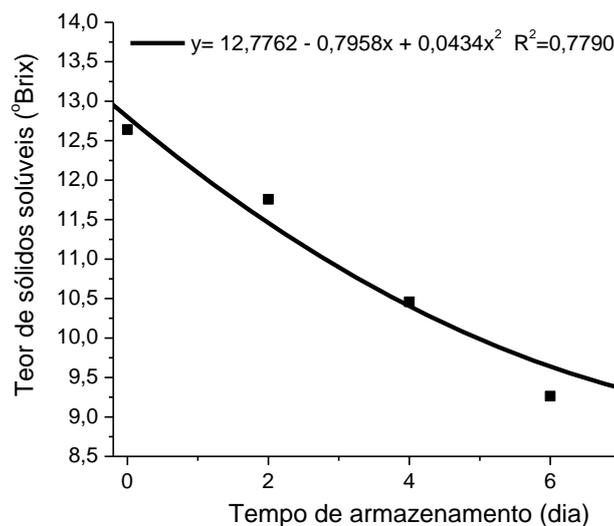


Figura 7: Teor de sólidos solúveis em goiabas 'Cortibel 3' em função do tempo de armazenamento, com base na média das concentrações de quitosana (0, 0,5, 1,0 e 1,5%).

O teor de SS é utilizado como uma medida indireta do teor de açúcares, apesar de estarem incluídas nesta medida outras substâncias que se encontram dissolvidas na suco celular (vitaminas, fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos, etc.) (Chitarra & Chitarra, 2005). Normalmente, os teores de açúcares aumentam com o amadurecimento das frutas por meio de processos biossintéticos ou pela degradação de polissacarídeos, quando há conversão de amido em açúcares

solúveis. Outro fator que contribui para o aumento no teor dos SS ao longo do amadurecimento é a perda de massa fresca, o que faz com que os sólidos fiquem mais concentrados no suco. O teor de SS na polpa do fruto pode diminuir após um período prolongado de armazenamento, caso o consumo de açúcares como substrato no processo respiratório seja superior aos processos de degradação de polissacarídeos.

A goiaba é um fruto com baixos teores de amido e, por conseguinte, espera-se que não haja grandes alterações no teor de SS ao longo do amadurecimento do fruto. Por este fato, o teor de SS não é um índice de maturação adequado para goiabas (Mercado-Silva et al., 1998 citado por Azzolini et al., 2004). Embora uma diminuição no teor de SS não seja um resultado normalmente encontrado, existem outros trabalhos que relatam esta resposta em goiabas. Yamashita & Benassi (1999) ao estudarem o uso de filmes plásticos e a aplicação de cálcio em goiabas 'Pedro Sato', observaram uma pequena redução no teor de SS de todas as goiabas em função do tempo de armazenamento. Grigio et al. (2011) ao avaliarem o efeito de modificação da atmosfera na redução de danos mecânicos em goiabas 'Paluma', observaram uma queda no teor de SS de goiabas submetidas a injúrias (queda e compressão) a partir da primeira avaliação quando os frutos estavam com 10 dias de frigoarmazenamento. Estes autores justificam os resultados afirmando que os frutos já utilizavam as macromoléculas como substrato para manter o metabolismo respiratório além de apresentarem indícios de senescência, entretanto não é possível afirmar que o mesmo ocorreu neste experimento, pois sinais de senescência foram observados apenas ao final do armazenamento.

O teor de SS em goiabas está sujeito a fatores que influenciem a síntese de frutose, o principal açúcar encontrado no suco celular (Azzolini et al., 2004). É possível que a frutose tenha servido de substrato para outra via metabólica, como por exemplo, a síntese de ácido ascórbico.

Os teores de SS de goiabas tratadas com alginato de sódio em diferentes concentrações variaram em função das coberturas aplicadas e do tempo de armazenamento, segundo ANOVA (Figura 8). Nos frutos recobertos com o alginato de sódio nas concentrações de 0 % e 1,5 %, verificou-se um decréscimo no teor de SS com o avanço do armazenamento. Os frutos recobertos com o polímero na concentração de 1,5 % apresentaram teor de SS mais alto no início

do armazenamento e mantiveram esses valores superiores ao controle até o sexto dia. Já os frutos revestidos com o alginato na concentração de 0,5 % apresentaram uma redução no teor de SS até o sexto dia, com um pequeno aumento no oitavo dia, mas que não se mostrou significativamente diferente das demais concentrações segundo o teste de médias (Tabela 4).

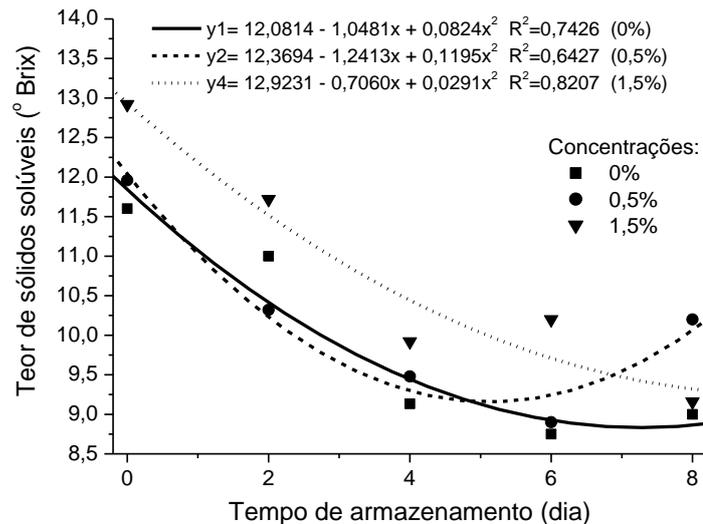


Figura 8: Teor de sólidos solúveis em goiabas 'Cortibel 3' em função das concentrações de alginato de sódio (0, 0,5, 1,0 e 1,5 %) e do tempo de armazenamento.

O teor de SS dos frutos tratados com alginato de sódio a 1,0 % se manteve quase constante ao longo do armazenamento, só diferindo estatisticamente no último dia (Tabela 4). Segundo o teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) não houve diferença significativa entre os teores de SS das goiabas revestidas com alginato de sódio em diferentes concentrações em qualquer dos dias de avaliação. Resultado semelhante foi observado em experimento realizado por Cerqueira et al. (2012), no qual o teor de SS em goiabas não foi influenciado por diferentes recobrimentos (quitosana, concentrado proteico de soro de leite e glúten), na avaliação realizada ao fim do armazenamento aos oito dias.

Tabela 4: Média da variável teor de sólidos solúveis em goiabas ‘Cortibel 3’ recobertas com soluções de alginato de sódio em diferentes concentrações, em função do tempo de armazenamento dos frutos

Armazenamento (dia)	Teor de Sólidos solúveis (°Brix)			
	Concentrações de alginato (%)			
	0	0,5	1,0	1,5
0	11,60 A a*	11,96 A a	11,60 A a	12,92 A a
2	11,00 A a	10,32 AB a	11,32 A a	11,72 AB a
4	9,13 B a	9,48 B a	10,08 AB a	9,92 C a
6	8,75 B a	8,90 B a	10,08 AB a	10,20 BC a
8	9,00 B a	10,20 B a	9,00 B a	9,16 C a

* As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula, na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

4.1.5. Teor de ácido ascórbico

A ANOVA demonstrou que o teor de AA dos frutos foi influenciado pelo revestimento destes com diferentes concentrações de quitosana e pelo tempo de armazenamento, porém, esta variação não se adequou significativamente a um modelo linear ou quadrático de regressão em qualquer das concentrações de quitosana utilizadas no revestimento dos frutos.

Por meio do teste de médias, pôde-se observar que houve diferença significativa entre as médias de teor de AA entre os tempos de armazenamento, exceto nos frutos revestidos com a solução de quitosana na concentração de 0,5 % (Tabela 5). Segundo Azzolini et al. (2004), os teores de AA em goiabas tendem a aumentar durante o amadurecimento, podendo decair com a senescência. Durante o amadurecimento, o aumento no teor de ácido ascórbico em goiabas pode estar associado à síntese de intermediários metabólicos, como por exemplo, a degradação de polissacarídeos da parede celular possivelmente resultando em aumento da galactose que é um dos precursores do AA (Mercado-Silva 1998 citado por Ribeiro et al., 2005). Já na senescência, ocorre uma queda nos teores de AA devido à oxidação destes compostos como substrato para respiração.

Pôde-se observar diferença significativa entre o teor de AA dos frutos do tratamento controle e aqueles revestidos com quitosana, no quarto e no sexto dias de armazenamento, com destaque para os frutos revestidos com o biopolímero nas concentrações de 1,0 % e 1,5 %. Ao comparar estes frutos com aqueles que não receberam cobertura, observa-se que o uso de quitosana sob a

superfície de goiabas causou uma menor síntese de AA. No oitavo dia, contudo, os teores de AA dos frutos de todos os tratamentos se igualaram estatisticamente. Ribeiro et al. (2005) ao tratarem goiabas com cera de carnaúba, observaram que o tratamento com cera à 100 % da concentração original foi capaz de retardar o aumento no teor de AA ao longo do tempo, sugerindo que estes frutos tiveram uma redução no metabolismo. Resultado semelhante foi encontrado por Jacomino et al. (2003), que observaram que goiabas do tratamento controle apresentaram teores de AA significativamente superior aos frutos tratados com cera de carnaúba, durante o armazenamento.

Tabela 5: Média da variável teor de ácido ascórbico em goiabas ‘Cortibel 3’ cobertas com soluções de quitosana em diferentes concentrações, em função do tempo de armazenamento dos frutos

Armazenamento (dias)	Teor de ácido ascórbico (mg.100g ⁻¹)			
	Concentrações de quitosana (%)			
	0	0,5	1,0	1,5
0	52,30 C a [*]	61,96 A a	55,96 B a	46,60 B a
2	69,60 BC a	63,69 A a	53,82 B a	56,37 AB a
4	90,97 AB a	82,42 A a	45,38 B b	67,36 AB ab
6	108,78 A a	85,54 A ab	68,58 AB bc	57,38 AB c
8	83,85 AB a	69,60 A a	82,83 A a	74,68 A a

* As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula, na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Em goiabas revestidas com alginato de sódio, não se observou influência significativa do tempo de armazenamento nos teores de AA, segundo ANOVA. Os resultados mostram que não houve diferença significativa no teor de AA dos frutos independente da concentração de alginato de sódio utilizada para recobri-los (Figura 9). Em geral, os valores médios do teor de ácido ascórbico encontrados estão próximos ao obtidos por Yamashita & Benassi (1999) no início do armazenamento, que foram da ordem de $88,60 \pm 6,63 \text{ mg.100g}^{-1}$. Estes autores consideram a goiaba como uma boa fonte de vitamina C e uma boa característica para acompanhar a longevidade deste fruto.

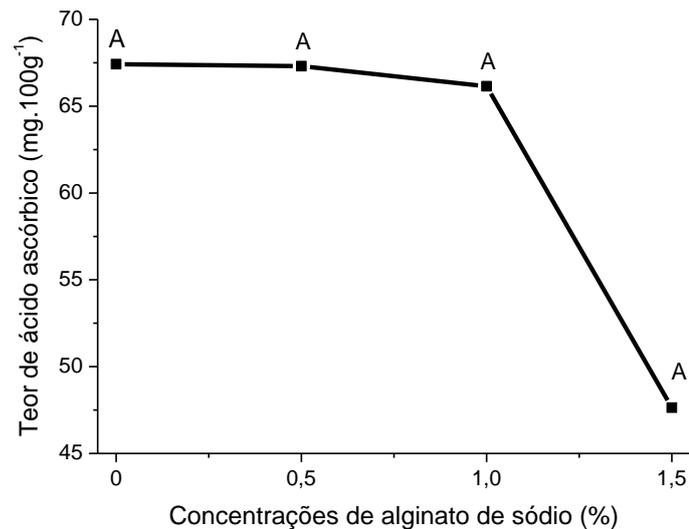


Figura 9: Teor de ácido ascórbico para goiabas 'Cortibel 3', tratadas com diferentes concentrações de cobertura à base de alginato de sódio, durante oito dias de armazenamento.

Devido ao caráter antioxidante da vitamina C e a função nas reações redox como transportador de elétrons para cadeia transportadora de elétrons e de regenerador de substratos da forma oxidada para forma reduzida (Chitarra & Chitarra, 2005), a diminuição nos níveis de O_2 presentes no tecido vegetal poderia causar um aumento na concentração destes compostos devido a menor degradação. Por exemplo, Miguel et al. (2009) ao avaliarem o efeito de películas de alginato de sódio em uvas de mesa 'Itália', correlacionaram o aumento nos teores de AA com um aumento nas concentrações de alginato, indicando que o efeito positivo dos revestimentos foi reduzir a degradação do AA por criar uma barreira ao oxigênio. Vila et al. (2006) notaram que o uso de coberturas a base de fécula da mandioca nas concentrações de 3 % e 4 % minimizaram a perda de vitamina C em goiabas. Brackmann et al. (2012) ao testar o uso de atmosfera controlada em goiabas 'Paluma' observaram que a redução na pressão parcial de O_2 causaram um aumento no teor de AA. Na verdade, o processo de biossíntese de ácido ascórbico em plantas não está completamente estabelecido e pouco se conhece sobre a regulação e sobre os fatores que afetam a variação dos níveis de ácido ascórbico em frutos (Zamudio, 2007).

4.1.6. Acidez titulável

A ANOVA indicou que a acidez titulável (AT) em goiabas tratadas com quitosana não foi influenciada pelo tempo de armazenamento, apenas pela concentração do biopolímero utilizada nas coberturas. Ao comparar as médias de AT dos frutos submetidos a diferentes tratamentos foi observado que estas não apresentaram diferença significativa (Figura 10).

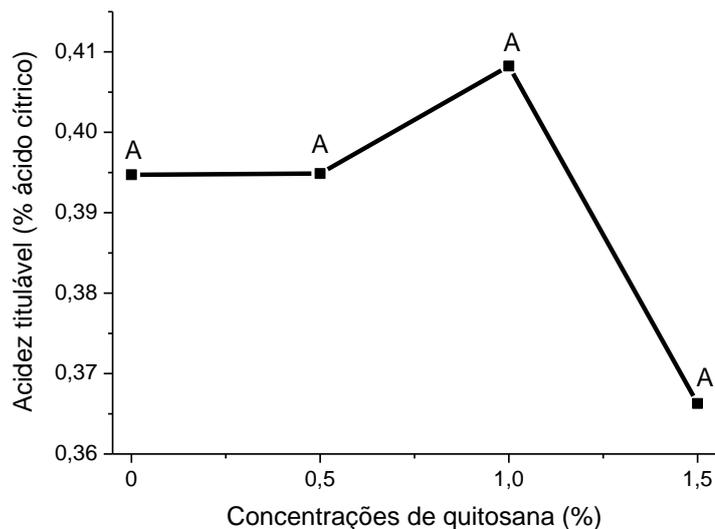


Figura 10: Acidez titulável (% de ácido cítrico) para goiabas ‘Cortibel 3’, tratadas com coberturas à base de quitosana em diferentes concentrações, em função do tempo de armazenamento.

Segundo Choudbury et al. (2001), a acidez em goiabas deve-se principalmente aos ácidos cítrico, málico e tartárico, sendo os valores de AT geralmente compreendidos entre 0,2 % a 1,0 %. O valor médio da AT encontrado em frutos cobertos ou não com quitosana e armazenados durante oito dias foi de 0,39 % de ácido cítrico, o ácido predominante em goiabas.

Como observado neste experimento, Cerqueira et al. (2011) ao avaliarem o efeito de revestimentos de quitosana, concentrado proteico de soro de leite e glúten em goiabas ‘Kumagai’, constataram que não houve diferença na AT entre frutos cobertos e aqueles controle, no último dia de armazenamento.

Com relação aos frutos cobertos com o alginato de sódio, observa-se diferença significativa na AT em função do tempo de armazenamento e da concentração do polímero aplicado, no entanto, somente foi possível observar

diferença estatística entre as médias ao longo dos dias de avaliação em frutos que não receberam cobertura (controle), notando-se um acréscimo na AT com o tempo (Tabela 6). Este acréscimo na AT apenas em frutos controle foi constatado também por Fakhouri & Grosso (2003), relatando que frutos tratados com biofilmes a base de gelatina, triacetina e ácido láurico apresentaram variações mínimas na AT ao longo de 20 dias, sob condição de refrigeração.

Tabela 6: Média da variável acidez titulável em goiabas ‘Cortibel 3’ cobertas com soluções alginato de sódio em diferentes concentrações, em função do tempo de armazenamento dos frutos

Armazenamento (dia)	Acidez titulável (% de ácido cítrico)			
	Concentrações de alginato (%)			
	0	0,5	1,0	1,5
0	0,3696 C ab [*]	0,4011 A a	0,3514 A b	0,3741 A ab
2	0,3777 BC a	0,3721 A a	0,3826 A a	0,3531 A a
4	0,4327 A a	0,4033 A ab	0,3742 A b	0,3677 A b
6	0,4170 AB a	0,3879 A ab	0,3532 A b	0,3750 A b
8	0,4304 A a	0,3779 A b	0,3816 A b	0,3852 A b

* As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula, na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Após a colheita e durante o armazenamento, a concentração dos ácidos orgânicos usualmente declina em decorrência da utilização destes compostos como substrato na respiração, entretanto, essa alteração varia com o fruto (Chitarra & Chitarra, 2005). Mendonça et al. (2007) observaram um aumento linear na porcentagem de acidez de goiabas ‘Cortibel 1’ e ‘Cortibel 4’ durante os 16 dias de armazenamento, com valores passando de 0,51 % para 0,95 % de ácido cítrico. Resultado semelhante foi observado por outros autores que avaliaram AT em goiabas (Jacomino et al., 2003; Pereira et al., 2005). O aumento da acidez durante o amadurecimento pode ser atribuído à formação de ácidos orgânicos provenientes da degradação da parede celular (Pereira et al., 2005). Com a quebra da estrutura do polímero péctico pela ação das enzimas PME e PG há a liberação dos ácidos galacturônicos solúveis em água e, conseqüentemente, o aumento da acidez.

Quanto ao efeito das coberturas, foi possível confirmar que frutos não cobertos com o revestimento biodegradável apresentaram valores médios de AT superiores em relação àqueles cobertos. Como mostram os resultados na Tabela 7, a partir do quarto dia de armazenamento dos frutos observa-se que os frutos tratados com alginato a 1,0 e 1,5 % já apresentavam menores valores de AT, quando comparados aos frutos não cobertos. No oitavo dia, este resultado também pôde ser observado para frutos cobertos com alginato a 0,5 %.

Levando-se em consideração que o aumento da degradação da parede celular durante o processo de amadurecimento acarreta no aumento da concentração de ácidos orgânicos no suco celular, é possível corroborar esta ideia ao observar as características dos frutos controle durante o período de prateleira. Estes frutos que não receberam cobertura apresentaram perda de firmeza mais acentuada acompanhada de um aumento na acidez titulável, ao longo do tempo.

4.1.7. pH da polpa

A ANOVA indicou efeito significativo do recobrimento dos frutos com revestimento a base de quitosana e do tempo de armazenamento sobre os valores de pH da polpa de goiabas 'Cortibel 3' (Tabela 7). Em frutos recobertos com quitosana nas concentrações de 0 %, 0,5 % e 1,0 %, os valores médios de pH diminuíram até o sexto dia de armazenamento e, em seguida, aumentaram no último dia. Os frutos cobertos com o revestimento de quitosana a 1,5 % tiveram valores de pH decrescentes até o quarto dia e se mantiveram constantes em seguida, indicando que esta concentração da cobertura foi capaz de retardar de alguma forma o metabolismo dos frutos. Esse resultado fica mais evidente ao comparar os frutos cobertos com quitosana a 1,5 % com os demais tratamentos no quarto e sexto dias, mas todos se igualaram na avaliação final.

Em frutos recobertos com alginato de sódio não foi possível observar uma tendência padrão de mudança no pH ao longo do tempo (Tabela 8). Os frutos cobertos com alginato a 0,5 % e 1,5 % apresentaram aumento no pH da polpa em determinado momento do armazenamento, enquanto aqueles cobertos com alginato a 1,0 % apresentaram decréscimo nos valores desta variável. Nos frutos não cobertos houve uma tendência ao aumento do pH, sendo acompanhada do aumento na concentração de ácidos orgânicos durante os oito dias de

armazenamento. Mendonça et al. (2007) observaram um aumento na acidez e no pH da polpa durante os oito primeiros dias de armazenamento e, ao analisar a relação entre estas duas variáveis, atribuíram este resultado ao aumento de ácidos fracos durante este período. Segundo estes autores, os ácidos fracos por não se dissociarem no pH do meio, não contribuem para o aumento da concentração hidrogeniônica do produto, mas são quantificados na titulação com hidróxido de sódio.

Tabela 7: Média da variável pH da polpa em goiabas ‘Cortibel 3’ cobertas com soluções de quitosana em diferentes concentrações, em função do tempo de armazenamento dos frutos

Armazenamento (dias)	pH			
	Concentrações de quitosana (%)			
	0	0,5	1,0	1,5
0	3,88 A a*	3,86 A a	3,86 A a	3,86 AB a
2	3,83 AB b	3,94 A ab	3,88 A ab	3,98 A a
4	3,63 CD c	3,66 B bc	3,77 AB ab	3,79 B a
6	3,55 D b	3,67 B ab	3,69 B a	3,79 B a
8	3,74 BC a	3,85 A a	3,84 A a	3,73 B a

* As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula, na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Tabela 8: Média da variável pH da polpa em goiabas ‘Cortibel 3’ cobertas com soluções de alginato de sódio em diferentes concentrações, em função do tempo de armazenamento

Armazenamento (dia)	pH			
	Concentrações de alginato (%)			
	0	0,5	1,0	1,5
0	3,70 C b*	3,82 B ab	3,85 AB a	3,74 B ab
2	3,79 BC b	3,79 B b	3,97 A a	3,84 AB ab
4	3,80 BC ab	3,76 B ab	3,75 B b	3,90 A a
6	3,97 A a	4,00 A a	3,80 B b	3,95 A a
8	3,90 AB a	3,79 B a	3,84 AB a	3,81 AB a

* As médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula, na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Fakhouri & Grosso (2003), ao avaliar goiabas 'Kumagai' tratadas com filmes comestíveis, consideraram mínimas as variações no pH da polpa tanto nos frutos cobertos quanto no controle, ao longo do tempo, mesmo havendo diferença significativa entre as médias nos dias de avaliação. Nos frutos controle, por exemplo, os maiores e menores valores de pH encontrados nos dias de avaliação foram de 3,84 e 4,17, respectivamente. Ao analisar os valores encontrados neste trabalho, observam-se variações semelhantes. 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).

4.1.8. Razão sólidos solúveis/acidez titulável

Goiabas cobertas com quitosana apresentaram diferença significativa entre os valores da razão TSS/AT (*ratio*) em função das concentrações do biopolímero e do tempo de armazenamento. Apenas nos frutos revestidos com as concentrações de 0,5 % e 1,0 % foi possível ajustar os valores médios de *ratio* a um modelo de regressão e, ainda assim, os modelos propostos apresentaram nível de confiabilidade em torno de 0,69 (Figura 11). Observa-se que nestes frutos houve uma tendência à diminuição nos valores do *ratio* com o tempo de armazenamento, principalmente devido ao decréscimo nos teores de SS, já que a AT apresentou-se constante ao longo do tempo de armazenamento nestes frutos.

A razão *ratio* é um dos indicadores utilizados para a avaliação do sabor de um fruto, sendo mais representativo que a medição isolada do teor de SS ou da AT, pois dá uma boa ideia do equilíbrio entre esses dois componentes (Chitarra & Chitarra, 2005). Em geral, a tendência do *ratio* é aumentar com o amadurecimento em função do aumento no teor de SS e da diminuição na AT, devido à degradação dos polissacarídeos e a oxidação dos ácidos no ciclo dos ácidos tricarboxílicos na respiração, respectivamente.

Cavalini (2004) ao avaliar goiabas 'Paluma' e 'Kumagai' em sete estádios de maturação diferentes observou que o *ratio* em 'Kumagai' manteve valores semelhantes com o avanço da maturação, enquanto em 'Paluma' houve um aumento no *ratio* principalmente por influência da diminuição da acidez. Azzolini et al. (2004) ao avaliar goiabas 'Pedro Sato' colhidas em três estádios de maturação, também observaram aumento do *ratio* quanto mais avançada a

maturação, influenciado tanto pelo aumento do TSS quanto pela diminuição da AT.

A diminuição do *ratio* durante o amadurecimento, observada neste trabalho testando a cobertura com quitosana, ocorreu principalmente devido à diminuição do teor de SS, resultado este divergente com aqueles encontrados na literatura.

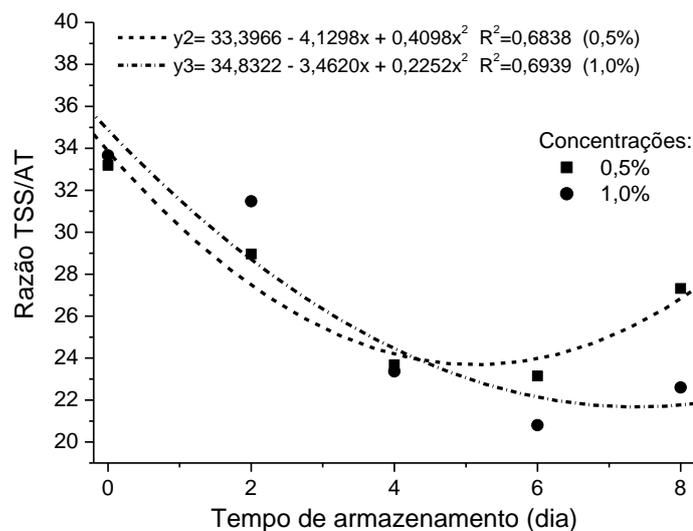


Figura 11: Razão teor de sólidos solúveis/acidez titulável (TSS/AT) em goiabas 'Cortibel 3' em função das concentrações de quitosana (0,5 e 1,0 %) e do tempo de armazenamento.

A partir do teste de médias (Tabela 9) é possível afirmar que a diminuição no *ratio* durante o amadurecimento não foi um efeito causado pelo recobrimento dos frutos com os revestimentos biodegradáveis, já que tal tendência também foi observada nos frutos controle. Ao avaliar o efeito dos tratamentos no *ratio* dos frutos em cada dia de avaliação, nota-se que não houve diferença significativa no *ratio* entre frutos cobertos ou não cobertos com quitosana nas diversas concentrações, exceto no quarto dia, em que frutos recobertos com quitosana na concentração de 1,5 % apresentaram maiores valores de *ratio*. Como este resultado não se prolongou ao longo do armazenamento, não é possível afirmar que esta concentração de quitosana em cobertura aumentou a conservação de goiabas.

Tabela 9: Média da variável razão teor de sólidos solúveis/ acidez titulável (TSS/AT) em goiabas 'Cortibel 3' cobertas com soluções de quitosana em diferentes concentrações, em função do tempo de armazenamento dos frutos

Armazenamento (dias)	Razão TSS/AT			
	Concentrações de quitosana (%)			
	0	0,5	1,0	1,5
0	34,36 A a [*]	33,19 A a	33,66 A a	32,74 AB a
2	28,80 AB a	28,96 AB a	31,48 A a	31,15 ABC a
4	25,72 B b	23,68 B b	23,36 B b	34,25 A a
6	24,72 B a	23,15 B a	20,80 B a	26,18 C a
8	23,59 B a	27,32 AB a	22,60 B a	27,84 BC a

* As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula, na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Os resultados mostram que os valores de *ratio* nos frutos recobertos com alginato de sódio apresentaram diferença significativa em função das concentrações do biopolímero e entre os tempos de avaliação, segundo ANOVA. Os frutos cobertos com o alginato de sódio nas concentrações de 0 %, 1,0 % e 1,5 % mostraram valores de *ratio* que se adequaram significativamente a modelos de regressão quadrática (Figura 12).

Nos frutos não cobertos com o alginato de sódio os resultados mostram uma diminuição mais acelerada de *ratio* nos quatro primeiros dias de armazenamento se comparado aos frutos cobertos com esse revestimento nas concentrações de 1,0 % e 1,5 %. Essa tendência se deve a uma diminuição intensa no teor de SS acompanhada da diminuição na AT, o que resultou na queda do *ratio*. Enquanto os frutos cobertos com o alginato de sódio nas concentrações de 1,0 % e 1,5 %, por manterem os valores de AT ao longo do tempo, apresentaram uma diminuição do *ratio* praticamente constante durante todo o período de armazenamento em função apenas das variações decrescentes no teor do SS. Estes resultados indicam que o revestimento dos frutos com o alginato de sódio foi benéfico por retardar o metabolismo dos frutos, embora não tenha sido possível explicar esta queda no teor de SS e na razão TSS/AT, bioquimicamente.

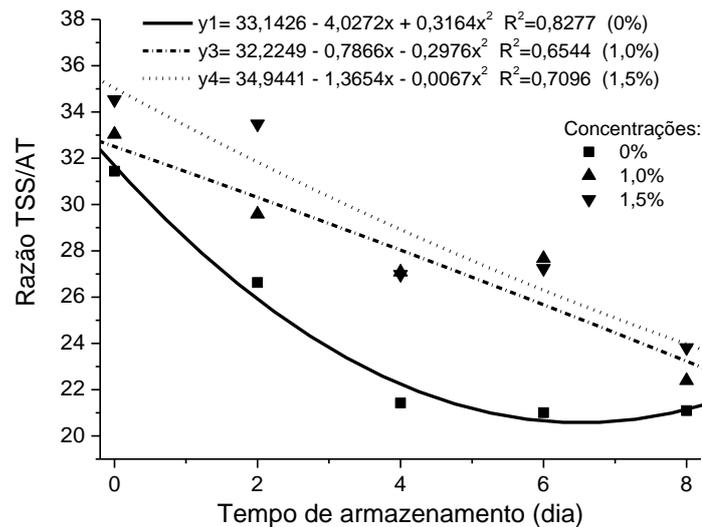


Figura 12: Razão teor de sólidos solúveis/acidez titulável (TSS/AT) em goiabas 'Cortibel 3' em função das concentrações de alginato de sódio (0, 1,0 e 1,5 %) e do tempo de armazenamento.

As goiabas recobertas com alginato de sódio a 0,5 % apresentaram diminuição na razão TSS/AT durante o armazenamento, com um pequeno aumento no último dia, porém não foi diferente estatisticamente dos demais dias (Tabela 10), entretanto, ao comparar os frutos recobertos com o alginato de sódio nas diferentes concentrações, no oitavo dia, os frutos cobertos com o polímero na concentração de 0,5 % apresentaram uma razão TSS/AT superior quando comparado aos frutos não recobertos.

Tabela 10: Médias da variável razão sólidos solúveis/acidez titulável (TSS/AT) em goiabas 'Cortibel 3' cobertas com soluções de alginato de sódio em diferentes concentrações, em função do tempo de armazenamento dos frutos

Armazenamento (dia)	Razão TSS/AT			
	Concentração de alginato de sódio (%)			
	0	0,5	1,0	1,5
0	31,45 A ab [*]	28,92 A b	33,03 A ab	34,53 A a
2	26,63 A b	27,87 AB b	29,58 AB ab	33,48 A a
4	21,42 B b	23,57 B ab	27,08 BC a	26,98 B a
6	21,01 B c	23,01 B bc	27,67 B a	27,24 B ab
8	21,09 B b	27,05 AB a	22,39 C b	23,82 B ab

* As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula, na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Apesar da razão TSS/AT ter diminuído ao longo do amadurecimento, o que geralmente não é observado em outros trabalhos com goiabas em pós-colheita, os valores encontrados no dia seguinte à colheita, em frutos recobertos com ambos os polímeros (quitosana e alginato) estão próximos aos citados por Resende & Choudhury (2000) como ideais para o ponto de colheita da goiaba, em um intervalo de 25 a 30.

4.2. Uso de coberturas comestíveis em maracujá-azedo

4.2.1. Perda de massa

A aplicação de coberturas a base de quitosana e o tempo de armazenamento influenciaram significativamente ($p < 0,05$) na perda de massa dos frutos (Figura 13). Observando a tendência dos dados, nota-se que houve um aumento da porcentagem de perda de massa ao longo do tempo em todos os frutos, independente da concentração de quitosana aplicada como revestimento. Observa-se, ainda, que a melhor explicação da variação da perda de massa em função do tempo de armazenamento dos frutos segue o modelo quadrático que apresentou coeficiente de correlação (R^2) acima de 93%.

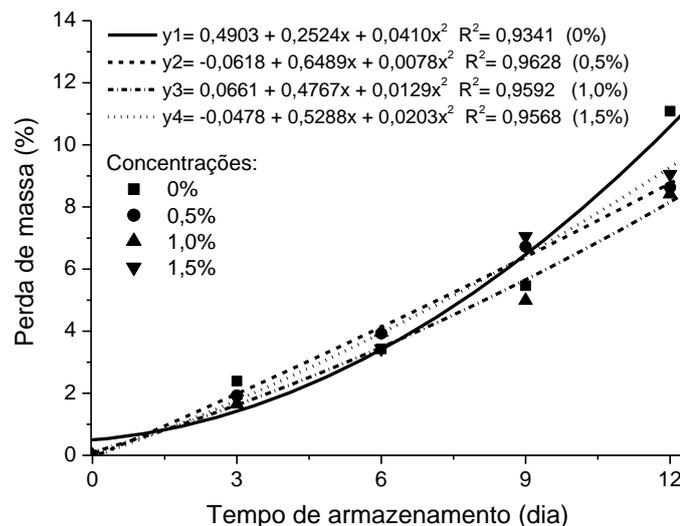


Figura 13: Perda de massa em maracujás-azedos em função das concentrações de quitosana (0, 0,5, 1,0 e 1,5 %) e do tempo de armazenamento.

Em relação ao efeito da aplicação do revestimento a base de quitosana, apenas no último dia foi possível observar que os frutos não cobertos com a quitosana apresentaram uma perda de massa mais acentuada que os demais revestidos com o polímero, com valor médio correspondente a 11,0 %, enquanto os cobertos com quitosana apresentaram perda de massa em torno de 8,5 %. Alguns trabalhos relatam efeito satisfatório do uso de revestimentos na contenção da perda de massa de maracujás-azedos, ficando evidente a diferença entre os frutos não cobertos e os frutos revestidos desde o início do armazenamento, evoluindo de forma linear ao longo do tempo (Mota et al., 2006; Silva et al., 2009; Hafle et al., 2010), diferentemente do que foi observado neste trabalho. O que pode ter contribuído para este resultado é o caráter hidrofílico das moléculas de quitosana, o que impede que as coberturas compostas por este biopolímero sejam barreiras efetivas contra a perda de água do fruto para o ambiente. Segundo Azeredo et al. (2010), este problema tem sido contornado pela adição de ácidos graxos saturados ou insaturados ou tocoferóis na formulação das coberturas, aumentando a resistência à transmissão do vapor d'água.

A perda de água é um fator de grande influência na vida de prateleira do maracujá, por ser a principal causa de perda de qualidade e de deterioração dos frutos. Após a colheita, inicia-se a desidratação dos frutos, o que os leva ao murchamento. Neste caso, mesmo a polpa estando em boas condições para o consumo, os frutos se tornam comercialmente desvalorizados (Campos et al., 2005), por isso, pesquisadores têm estudado a aplicação de emulsões ou ceras, bem como o uso de filmes plásticos em maracujás como tratamento de proteção contra a perda de água excessiva (Sigrist, 2002).

Maracujás revestidos com polímero a base de alginato apresentaram diferença significativa na variável perda de massa apenas em função do tempo de armazenamento, segundo ANOVA. A perda de massa em função do tempo se ajustou significativamente a um modelo quadrático de regressão, atingindo valores médios de 8,5 % no 12º dia de armazenamento (Figura 14). Santos et al. (2008) encontraram valores semelhantes ao avaliarem cinco progênies de maracujazeiro-azedo, quando os frutos atingiram valores de perda de massa entre 7,5% e 10,5% no 11º dia de armazenamento sob temperatura ambiente.

De acordo com o Programa Brasileiro de Melhoria dos Padrões Comerciais e de Embalagens de Hortigranjeiros (CEAGESP, 2001), o

enrugamento ou murchamento do maracujá pode ser classificado como um defeito leve, sendo o fruto considerado murcho a partir de uma perda de massa de 8 % em relação ao peso inicial. A partir desta característica é possível afirmar que por volta do 10º dia de armazenamento os frutos deste experimento se encontravam depreciados comercialmente, levando-se em consideração a variável perda de massa e sua influência na aparência do fruto.

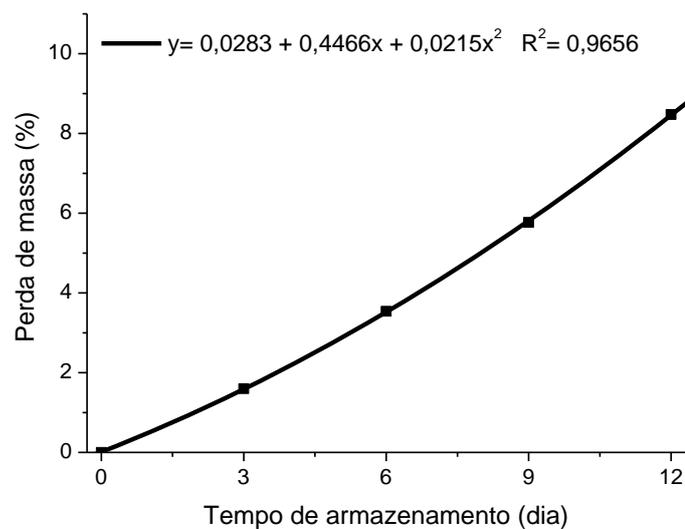


Figura 14: Perda de massa em maracujás-azedos em função do tempo de armazenamento, com base na média das concentrações de quitosana (0, 0,5, 1,0 e 1,5%).

Apesar do caráter hidrofílico das moléculas de alginato de sódio, tem sido relatado que o uso de películas compostas por este biopolímero tem causado efeito satisfatório sobre a contenção da perda de massa fresca de determinados frutos. Em pêssegos, a cobertura de alginato na concentração de 2,0 % reduziu pela metade a perda de massa dos frutos após 12 dias de armazenamento (Maftoonazad et al., 2008). Efeito positivo também foi observado em ensaios com uvas 'Itália', nos quais os cachos tratados com alginato de sódio apresentaram perdas de massa inversamente proporcionais às concentrações do biopolímero (0 %, 0,25 %, 0,50 % e 1,0 %), sendo observado pelos autores que o revestimento evitou o murchamento das bagas (Miguel et al., 2009). Estes benefícios do alginato de sódio na perda de massa podem ser atribuídos à capacidade de

alguns polissacarídeos de desidratar-se antes do produto revestido, o que, no entanto, não pôde ser observado neste trabalho.

4.2.2. Rendimento de suco

O rendimento do suco não foi influenciado significativamente pelos tratamentos com coberturas ou pelo tempo de armazenamento, em ambos os experimentos, segundo ANOVA. Nos frutos tratados com quitosana o valor médio de rendimento de suco foi de $24,80 \pm 5,39$ %, enquanto nos frutos tratados com alginato de sódio foi observada uma média de $31,44 \pm 4,87$ %, ambos armazenados por um período de 12 dias, sendo avaliados de três em três dias.

Alguns autores relatam o aumento do rendimento de suco durante o período de armazenamento do maracujá. Hafle et al. (2010) ao avaliarem o rendimento de suco de maracujás-azedos tratados com cera comercial Sparcitrus[®] e armazenados durante 12 dias, observaram diferença significativa entre os dias de avaliação, com valores ascendendo de 32,81 % a 35,84 %. Mota et al. (2006) observaram que, durante o período pós-colheita, a perda de massa na casca foi mais significativa que na polpa em maracujás-azedos, o que explicaria a redução na porcentagem da casca e elevação no teor da polpa.

Segundo Chitarra & Chitarra (2005), a proporção entre o epicarpo (casca), o mesocarpo (polpa) e o endocarpo (caroço) pode ser interessante em algumas frutas, podendo ser utilizada, em conjunto com outras características, como coeficiente de maturação ou como indicativo de rendimento da matéria prima. No caso do maracujá, existe uma alta correlação inversa entre espessura da casca e rendimento de suco (Oliveira et al., 1988 citado por Vianna-Silva, 2008a), como será abordado em seguida.

4.2.3. Espessura da casca

Segundo a ANOVA, a espessura da casca dos maracujás revestidos com quitosana não foi influenciada pelas concentrações do biopolímero nas coberturas, tampouco pelo tempo de armazenamento dos frutos. Estes resultados corroboram a ideia de que não houve movimento osmótico da água da casca para a polpa durante o amadurecimento dos frutos, ou seja, não houve diminuição da espessura da casca e tampouco o aumento do rendimento do suco, indicando que a perda de massa ocorreu de forma uniforme nas frações casca e polpa. A

perda de massa na casca em detrimento da polpa é um resultado desejável tanto para comercialização do fruto *in natura* quanto para fins industriais, por significar o aumento da fração de interesse econômico (Chitarra & Chitarra, 2005), entretanto, não foi possível observar semelhante resultado neste experimento.

Os valores médios de espessura de casca encontrados em frutos cobertos com quitosana, avaliados durante 12 dias de armazenamento, foram de $8,21 \pm 1,21$ mm, similares aos encontrados por Vianna-Silva (2008) em maracujás-azedos colhidos no estágio 3 de maturação (coloração totalmente amarela na casca), cujo valor médio foi de 8,26 mm. Segundo Durigan & Durigan (2002), a espessura da casca de frutos do maracujazeiro-azedo varia entre 8 e 12 mm.

Segundo ANOVA, houve influência significativa das concentrações de alginato de sódio e dos tempos de avaliação na variável espessura de casca, sendo esta variável analisada por meio do teste de médias (Tukey, $p > 0,05$) (Tabela 14). Observa-se que houve uma diminuição na espessura da casca durante o período pós-colheita, exceto para frutos tratados com coberturas a 1,0 % de alginato que manteve valores constantes de espessura de casca.

Tabela 14: Médias da variável espessura da casca em maracujás tratados com coberturas à base de alginato de sódio em diferentes concentrações, em função do tempo de armazenamento dos frutos

Armazenamento (dias)	Espessura da casca (mm)			
	Concentrações de alginato (%)			
	0	0,5	1,0	1,5
0	9,10 A ab*	9,50 A a	7,63 A b	8,06 AB ab
3	9,17 A a	8,45 AB a	7,95 A a	9,00 A a
6	8,75 A a	8,75 AB a	7,25 A a	8,15 AB a
9	7,94 AB a	7,88 AB a	7,50 A a	7,69 AB a
12	6,88 B a	7,63 B a	7,63 A a	6,50 B a

* As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula, na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Como nos frutos cobertos com quitosana, estes também não apresentaram aumento no rendimento de suco durante o armazenamento, podendo-se afirmar que a perda de massa também ocorreu de forma semelhante

em ambas as frações casca e polpa. Vianna-Silva et al. (2010), ao avaliar maracujás-azedos colhidos em três diferentes estádios de maturação, observou que houve diminuição na espessura da casca e aumento no rendimento do suco ao longo dos nove dias de armazenamento, independente do ponto de colheita dos frutos, sugerindo uma transferência de água da casca para a polpa.

Apesar dos frutos cobertos com alginato a 1,0 % não apresentarem alteração na espessura da casca ao longo do tempo, não é possível afirmar que houve um efeito satisfatório da cobertura na conservação dos frutos. Ao comparar os valores médios de espessura de casca dos frutos de diferentes tratamentos, nota-se que esta se mostrou distinta apenas na avaliação realizada antes do início do armazenamento (tempo 0), indicando uma possível heterogeneidade no lote dos frutos utilizados no experimento.

Hafle et al. (2010) ao revestirem maracujás-azedos com cera comercial Sparcitrus[®], cera de origem não revelada, não observaram influência das coberturas sobre a espessura da casca, apresentando variação de 5,81 mm a 5,14 mm apenas em função do armazenamento. Nota-se que os valores encontrados por estes autores são inferiores aos encontrados neste trabalho, o que pode ser atribuído à influência de fatores pré-colheita nas características dos frutos. Nascimento et al. (1999) afirmam que a casca possui grande capacidade de absorver água, dependendo das condições ambientais. Estes autores ao avaliarem o efeito das épocas de produção na espessura da casca, observaram que a menor espessura de casca foi obtida nos frutos produzidos na época de menor precipitação e temperatura baixas.

De acordo com Gillaspay et al. (1993), na maioria das plantas o desenvolvimento dos frutos pode ser dividido em três fases: a primeira, quando ocorre o desenvolvimento do ovário; a segunda, quando ocorre o crescimento do fruto, principalmente em função da divisão celular; e a terceira, quando o fruto cessa a divisão celular, mas continua a crescer devido à expansão celular, até atingir seu tamanho final. Ainda segundo estes mesmos autores, nesta última fase, o aumento nos níveis de auxina causa uma maior extensibilidade da parede celular dos frutos e induz a absorção e retenção de água e solutos. Assim, a disponibilidade de água no solo neste período vai afetar o crescimento e o desenvolvimento das plantas e, portanto, o rendimento e a qualidade do fruto (Chitarra & Chitarra, 2005).

4.2.4. Coloração da casca

Frutos cobertos com quitosana em diferentes concentrações não apresentaram diferença significativa na coloração em função dos tratamentos, indicando que possivelmente as coberturas não foram efetivas em retardar o amadurecimento destes frutos. Segundo ANOVA, a variável cromática destes frutos não diferiu significativamente em função dos tratamentos ou do tempo, enquanto o ângulo *hue* apresentou diferenças entre o tempo de armazenamento (Figura 15).

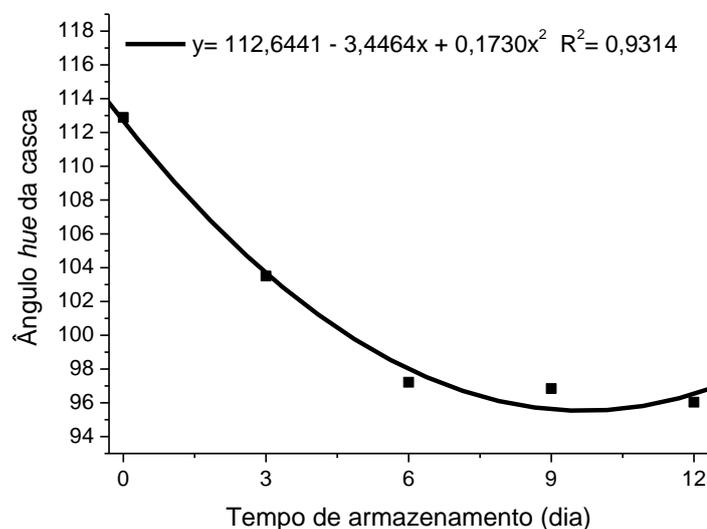


Figura 15: Ângulo *hue* da casca em maracujás-azedos em função do tempo de armazenamento, com base na média das concentrações de quitosana (0, 0,5, 1,0 e 1,5%).

Em maracujás-azedos, inicialmente a coloração externa mostra predominância do verde, misturado com áreas brancas que, com o amadurecimento, torna-se amarelo-intenso com distribuição uniforme (Souza et al. 2002). A modificação na coloração das frutas ocorre em função de processos degradativos e sintéticos característicos do amadurecimento, sendo um dos principais critérios de julgamento para identificação desta etapa do desenvolvimento fisiológico dos frutos (Chitarra & Chitarra, 2005).

No dia seguinte à colheita, os frutos apresentavam valores de *hue* próximos a 113 °h, tendo uma queda acentuada nos seis primeiros dias de armazenamento, até atingir valores médios de 96 °h ao final do período pós-

colheita, caracterizando a mudança da coloração verde-amarelada para amarela. Ao longo de nove dias de armazenamento, Vianna-Silva (2008) avaliou a mudança de coloração em maracujás-azedos colhidos em três diferentes estádios de maturação, observando variações de 112,05 °h a 88,73 °h em frutos do estádio 1, 107,70 °h a 88,55 °h em frutos do estádio 2 e 97,18 °h a 80,18 °h para frutos do estádio 3.

Os frutos do maracujazeiro-azedo possuem um padrão climatérico de respiração, com aumento da taxa respiratória e da emissão de etileno, que acarretam na rápida senescência destes frutos após a colheita. Segundo Durigan & Durigan (2002), as mudanças na coloração acontecem antes do início da ascensão climatérica, com rápida transição da cor de verde-amarelada para amarela, sendo a degradação da clorofila associada com a evolução do etileno autocatalítico. Vianna-Silva (2008) observou a existência de dois picos climatéricos no 7º e no 14º dia de armazenamento, mas o indicativo de amarelecimento da casca (dado pelo ângulo de cor *hue*) ocorreu apenas no 14º dia de armazenamento.

No experimento testando coberturas à base de alginato de sódio, houve diferença significativa no croma da casca de maracujás-azedos em função do tratamento e do tempo de armazenamento. Ao avaliar estatisticamente a diferença entre as médias de croma, constata-se a mudança da coloração em todos os tratamentos com o decorrer do armazenamento (Tabela 15).

Tabela 15: Médias da variável croma da casca de maracujás-azedos tratados com coberturas à base de alginato de sódio em diferentes concentrações, em função do tempo de armazenamento dos frutos

Armazenamento (dia)	Croma da casca			
	Concentrações de alginato (%)			
	0	0,5	1,0	1,5
0	37,52 B a *	33,51 C a	30,42 B a	35,44 B a
3	39,24 B a	37,42 BC ab	39,54 A a	30,98 B b
6	44,23 AB a	41,96 AB ab	40,04 A ab	36,38 B b
9	44,87 AB a	37,06 BC b	42,44 A ab	34,91 B b
12	47,76 A a	46,82 A a	44,46 A a	50,22 A a

* As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula, na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Os maracujás revestidos com cobertura de alginato a 1,5% mantiveram valores semelhantes de croma até o nono dia de prateleira, apresentando uma mudança acentuada no último dia. Apesar destes resultados indicarem um possível atraso na mudança de cor devido ao efeito das coberturas, não foi possível observar diferença ao final do armazenamento ao comparar as médias de croma dos frutos tratados com diferentes concentrações de alginato.

Os valores de ângulo *hue* variaram em função do tempo apenas, segundo ANOVA. Os valores médios se ajustaram a um modelo quadrático de regressão, com variação de 115 °h antes do armazenamento, até 94° no 12º dia (Figura 16). Segundo o diagrama de nuances de cores (Chitarra & Chitarra, 2005), valores ligeiramente superiores a 90 °h correspondem a nuance amarelo esverdeado, coloração observada nos frutos ao final do armazenamento, segundo a média apresentada. Ao analisar visualmente, observou-se certa heterogeneidade na coloração dos frutos ao final do armazenamento, quando alguns frutos ainda apresentavam coloração esverdeada, o que não significou, entretanto, que estes deixaram de apresentar sintomas de deterioração decorrente da incidência de doenças pós-colheita em função do prolongado período de armazenamento.

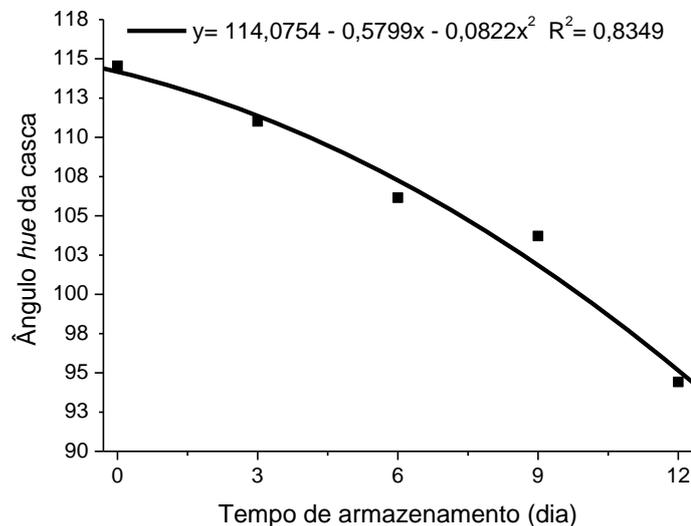


Figura 16: Ângulo *hue* da casca em maracujás-azedos em função do tempo de armazenamento, com base na média das concentrações de alginato de sódio (0, 0,5, 1,0 e 1,5%).

4.2.5. Teor de sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis (TSS) em maracujás submetidos à aplicação de coberturas a base de alginato de sódio apresentou diferença significativa em função do tempo de armazenamento. Ao obter os valores médios de TSS em cada dia de avaliação, observou-se valores em torno de 8,0; 9,0 e 6,5 °Brix, no início, no sexto dia e ao final do armazenamento, respectivamente (Figura 17). Apesar destas variações ao longo do tempo, não houve diferença estatística entre as médias, o que pode ser explicado pelo alto coeficiente de variação (20,77%) apresentado pela ANOVA para esta variável.

Segundo Durigan & Durigan (2002), os principais componentes dos sólidos solúveis do suco do maracujá-azedo são os açúcares: sacarose (32,4 %), glicose (38,1 %) e frutose (29,4 %). Os teores encontrados geralmente situam-se entre 13,0 °Brix e 16,0 °Brix (Folegatti & Matsuura, 2002). De modo geral, os teores de TSS encontrados neste trabalho estão abaixo dos citados na literatura. A composição química dos frutos é influenciada por diversos fatores, tais como: estágio de maturação, época de colheita, condições de armazenamento, variabilidade genética, práticas culturais e adubação.

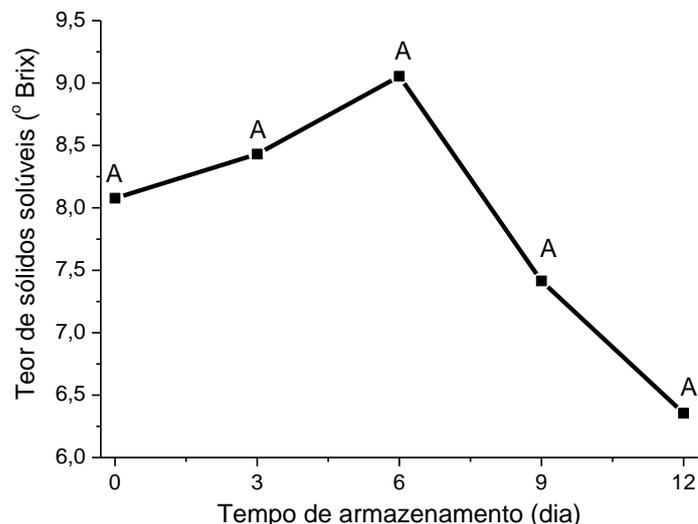


Figura 17: Médias da variável teor de sólidos solúveis (° Brix) em maracujás-azedos tratados com coberturas à base de quitosana nas concentrações 0, 0,5, 1,0 e 1,5 %, em função do tempo de armazenamento.

Vianna-Silva et al. (2008a) ao avaliarem a qualidade do suco de maracujás-azedos colhidos em diferentes épocas do ano e em diferentes estádios de maturação, constatou que ambos os fatores influenciaram significativamente no teor de TSS dos frutos. Segundo estes autores, os frutos colhidos com até 65 % de coloração amarela na casca tiveram os teores de TSS influenciados pela época de colheita, onde aqueles colhidos na época de temperaturas mais amenas e menor precipitação apresentaram maiores valores de TSS. Apesar disso, Veras et al. (2000) ao quantificarem açúcares redutores e não redutores observaram que não houve efeito das épocas de colheita e dos estádios de maturação (verde e 'de vez') nestas variáveis.

Segundo Vianna et al. (2005) maracujás ao atingirem 65% da casca amarela (76 dias após a antese) chegam aos teores máximos de TSS, permanecendo constantes até atingirem coloração 100% amarela. Os frutos deste experimento foram colhidos com o início de coloração amarela na casca, sendo possível que neste estágio de maturação os frutos ainda não tivessem atingido seus teores de TSS máximos, justificando os baixos teores encontrados.

Maracujás tratados com alginato de sódio não apresentaram diferença nos teores de SS em função das concentrações de alginato nas coberturas ou em função do tempo de armazenamento dos frutos. A média encontrada para estes frutos foi de $10,34 \text{ }^\circ\text{Brix} \pm 2,09 \text{ }^\circ\text{Brix}$. De modo semelhante, Silva et al. (2009) ao avaliarem o efeito do uso de revestimentos à base de cera de carnaúba, látex de seringueira e fécula de mandioca na conservação pós-colheita de maracujás, observaram que tanto os tratamentos quanto o tempo de prateleira não tiveram efeito sobre o teor de SS dos frutos, obtendo-se uma média de $14 \text{ }^\circ\text{Brix}$.

Mota et al. (2006), entretanto, ao avaliarem maracujás submetidos ao uso de cera de carnaúba e saco plástico poliolefínico, observaram redução dos teores de SS apenas em função do tempo de armazenamento. A tendência dos teores de SS em maracujás-azedos é de permanecerem constantes ou diminuir durante o armazenamento (Tavares et al., 2003; Hafle et al., 2010). O mesmo foi observado por Vianna-Silva (2008) em maracujás colhidos nos estádios 2 e 3 de maturação, nos quais os teores de SS do suco diminuíram durante os nove dias de armazenamento, sugerindo que este resultado pode ter ocorrido devido à utilização dos açúcares como fonte de carbono para a respiração dos frutos.

4.2.6. Teor de ácido ascórbico

Em ambos os experimentos, o teor de AA dos maracujás não foi influenciado pelas coberturas compostas por diferentes concentrações dos biopolímeros (quitosana ou alginato de sódio), tampouco pelo tempo de armazenamento dos frutos. O teor de vitamina C do suco é importante indicador do valor nutricional, podendo ser utilizado como um índice de qualidade do alimento, já que varia de acordo com as condições de cultivo, armazenamento e processamento (Chitarra & Chitarra, 2005).

Os teores de AA em maracujás-azedos costumam variar entre 20 e 30 mg.100g⁻¹ de matéria fresca (Folegatti & Matsuura, 2002). A média geral de AA dos frutos recobertos por quitosana foi de 12,75 ± 4,84 mg.100g⁻¹ de suco, enquanto os frutos recobertos com alginato de sódio apresentaram valor médio correspondente a 9,71 ± 4,21 mg.100g⁻¹ de suco. Apesar dos valores obtidos estarem abaixo do mínimo citado, Mamede et al. (2011) obtiveram valores em torno de 13 mg.100g⁻¹ de suco, ao determinar os teores de AA em novos híbridos de maracujás-azedos pelo método de cromatografia líquida de alta eficiência.

Segundo Chitarra & Chitarra (2005), o teor de vitamina C tende a diminuir com a maturação e o armazenamento de muitos hortícolas, devido à atuação direta da enzima ácido ascórbico oxidase, ou pela ação de enzimas oxidantes como a peroxidase. Em maracujás-azedos, no entanto, o teor de AA apresenta uma tendência ao aumento durante o processo de amadurecimento (Mota et al., 2003; Campos et al., 2005; Silva, 2008).

Em relação ao efeito da atmosfera modificada nos teores de AA, Silva et al. (2009) ao avaliarem o uso de revestimentos alternativos na conservação de maracujá-azedo, relatam que não houve influência das coberturas no teor de ácido ascórbico, assim como observado neste trabalho. Cerqueira et al. (2011) ao avaliarem a qualidade de maracujás-azedos armazenados sob refrigeração em atmosfera controlada, observaram um decréscimo geral no teor de vitamina C ao longo de 30 dias de avaliação. Estes autores relatam que a redução nos níveis de O₂ abaixo de 5 % foi capaz de preservar os teores de AA.

4.2.7. Acidez titulável

Em maracujás tratados com coberturas à base alginato de sódio, houve uma redução linear nos valores de acidez titulável (AT) ao longo dos 12 dias de

armazenamento (Figura 18). O teor de ácidos orgânicos, em geral, diminui com a maturação das frutas, em decorrência do uso como substrato no processo respiratório ou da conversão em açúcares, sendo essa diminuição observada também em maracujá-azedo (Bora e Narain, 1997 citado por Silva et al., 2009).

Os valores de AT apresentaram variação de 3,59% a 2,15%, no primeiro e no último tempo de avaliação, respectivamente. Segundo Folegatti e Matsuura (2002) o elevado teor de ácidos do suco de maracujá é a mais distinta característica deste fruto, ainda segundo os autores, os valores de AT normalmente encontrados variam em uma faixa de 2,5% a 4,6% de ácido cítrico, o ácido orgânico predominante. Além do ácido cítrico, compõem a acidez do maracujá-azedo em menores proporções o ácido málico (16%), o láctico (0,87%), o malônico (0,20%) e o succínico (traço) (Durigan & Durigan, 2002).

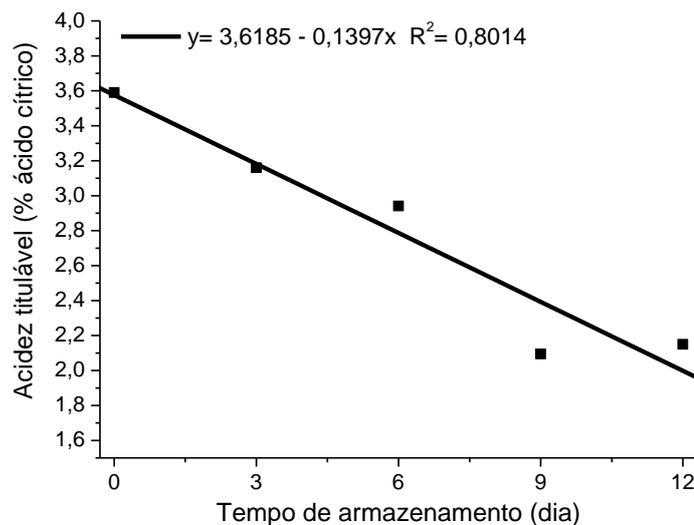


Figura 18: Acidez titulável (% de ácido cítrico) em maracujás-azedos em função do tempo de armazenamento, com base na média das concentrações de quitosana (0, 0,5, 1,0 e 1,5%).

Não foi observado efeito da cobertura de quitosana sobre a AT dos frutos. Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores. Resende et al. (2001) ao proporcionarem atmosfera modificada a frutos de maracujazeiro-azedo através do uso de embalagem com filme de PVC, não observaram efeito dos tratamentos na variável AT. Silva et al. (2009), ao testarem revestimentos alternativos em maracujá, também não constataram diferença na AT entre frutos

tratados e controle. Hafle et al. (2010) ao trabalharem com cera comercial Sparcitrus® observaram variações na AT apenas em função do tempo.

Segundo ANOVA, a acidez titulável em frutos tratados com alginato de sódio foi influenciada tanto pelo uso das coberturas quanto pelo tempo de armazenamento, porém não se ajustaram significativamente a um modelo de regressão linear ou quadrática. Por meio do teste de médias foi possível observar uma diminuição no teor de ácido cítrico ao longo dos doze dias, exceto na concentração de 1,5 % do biopolímero (Tabela 3). Frutos tratados com alginato a 1,5% apresentaram maior valor médio de AT no 12º dia, indicando que possivelmente a cobertura retardou alterações na composição dos frutos causadas pelo processo de amadurecimento.

Tabela 16: Médias de variável acidez titulável em maracujás-azedos tratados com coberturas à base de alginato de sódio em diferentes concentrações, em função do tempo de armazenamento dos frutos

Armazenamento (dia)	Acidez Titulável (% de ácido cítrico)			
	Concentrações de alginato (%)			
	0	0,5	1,0	1,5
0	4,64 A a [*]	4,07 A a	4,33 A a	4,26 AB a
3	4,01 AB a	4,23 A a	4,25 A a	4,49 AB a
6	4,06 AB a	4,13 A a	4,37 A a	3,79 B a
9	3,17 B ab	3,72 AB a	2,68 B b	3,72 B a
12	3,49 B b	2,95 B b	3,55 AB b	4,97 A a

* As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula, na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Maftoonazad et al. (2008) observaram que o uso de alginato de sódio a 2% como cobertura em pêssegos retardou o decréscimo da AT ao longo do tempo. Díaz-Mula et al. (2011) também relatam que cerejas-doce cobertas com alginato de sódio, nas concentrações 1 %, 3 % e 5 %, apresentaram maiores valores de acidez ao final do armazenamento. Estes autores atribuem esse efeito a uma possível diminuição na taxa respiratória nos frutos cobertos, já que os ácidos orgânicos são substrato para as reações relacionadas à respiração aeróbica em células vegetais.

4.2.8. pH da polpa

O pH do suco de maracujás tratados com quitosana, assim como a AT, foi influenciado apenas pelo tempo de armazenamento. Como as médias não se ajustaram a uma equação linear ou quadrática foi realizado o teste de médias (Figura 19). Do quarto para o sexto dia de armazenamento, houve um acréscimo nos valores médios de pH, sendo este aumento compatível com o decréscimo no teor de ácido cítrico em função do consumo no metabolismo respiratório.

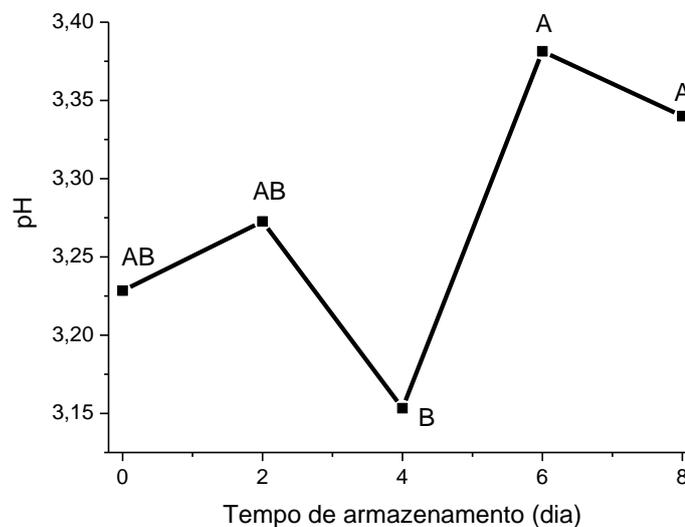


Figura 19: Média da variável pH em maracujás-azedos tratados com cobertura à base de quitosana nas concentrações 0, 0,5, 1,0 e 1,5 %, em função do tempo de armazenamento.

Os valores de pH encontrados estão de acordo com aqueles citados por Folegatti e Matsuura (2002) para maracujá-azedo que compreende a faixa entre 2,3 a 3,3. Resultado semelhante foi obtido por Campos et al. (2005), que não observaram diferença significativa nesta variável em função dos tratamentos hidrotérmicos utilizados e dos dias de avaliação, obtendo um média geral de pH de 3,01.

Para frutos cobertos com alginato de sódio, a variável pH apresentou diferença significativa em função das concentrações do biopolímero e em função do tempo de armazenamento. Apenas as médias de pH dos frutos do tratamento controle se ajustaram significativamente a um modelo de regressão em função do

tempo, como apresentado na Figura 20. Houve uma tendência ao aumento do pH até o sexto dia, seguida de um leve decréscimo até o final do armazenamento.

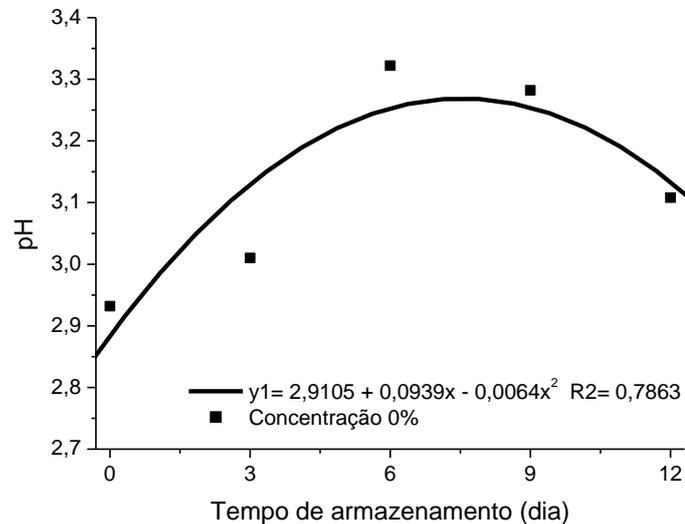


Figura 20: pH em maracujás-azedos em função do tempo de armazenamento, com base na média da concentração de quitosana de 0% .

As demais concentrações foram analisadas por teste de médias (Tabela 17). Observa-se que os frutos tratados com quitosana na concentração de 0,5% apresentaram resultado semelhante ao controle em função do tempo, ou seja, um aumento seguido de uma leve queda, mas o coeficiente de correlação encontrado na regressão quadrática foi baixo ($R^2 = 0,4437$). Frutos tratados com as concentrações de 1,0% e 1,5% não apresentaram variação no pH ao longo dos dias de avaliação. Apesar desta diferença na evolução do pH ao longo do tempo entre os tratamentos de maiores concentrações (0% e 0,5%) em relação aos de menores concentrações (1,0% e 1,5%), ao comparar as médias entre todos no 12º dia, não houve diferença significativa.

Tabela 17: Médias da variável pH em maracujás-azedos tratados com coberturas à base de alginato de sódio em diferentes concentrações, em função do tempo de armazenamento dos frutos

Armazenamento (dias)	pH			
	Concentrações de alginato (%)			
	0,0	0,5	1,0	1,5
0	2,93 C a	2,96 C a	3,05 A a	3,08 A a
2	3,01 BC a	3,05 BC a	3,12 A a	3,09 A a
4	3,32 A ab	3,42 A a	3,17 A bc	3,10 A c
6	3,28 A a	3,12 BC b	3,19 A ab	3,15 A ab
8	3,11 B a	3,13 B a	3,11 A a	3,08 A a

* As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula, na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

4.2.9. Razão sólidos solúveis/acidez titulável

Frutos cobertos com o revestimento biodegradável a base de quitosana apresentaram a razão TSS/AT (*ratio*) influenciada significativamente pelo tempo de armazenamento, sendo as médias submetidas ao teste de médias ($p < 0,05$) (Figura 21). Observa-se que os valores de *ratio* apresentaram um aumento significativo do início do armazenamento até o nono dia, mantendo valores semelhantes até o 12^o dia.

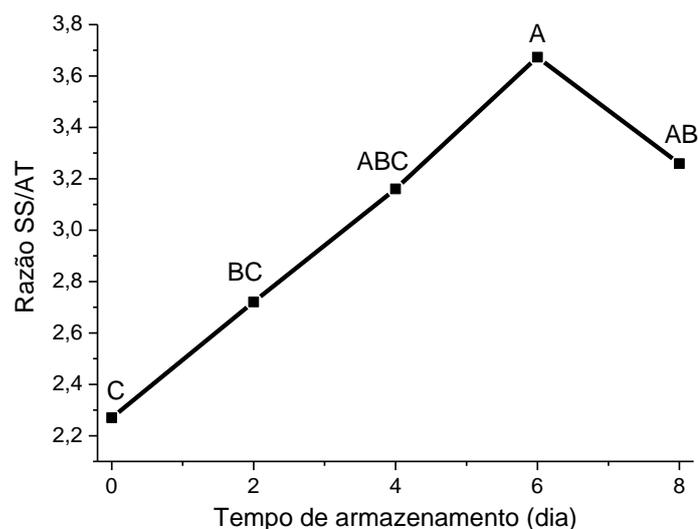


Figura 21: Médias da variável razão teor de sólidos solúveis/acidez titulável (TSS/AT) em maracujás-azedos tratados com coberturas a base de quitosana nas concentrações de 0, 0,5, 1,0 e 1,5 %, em função do tempo de armazenamento.

Silva et al. (2005) ao avaliarem a influência dos estádios de maturação nas características químicas dos frutos, observaram um aumento progressivo no *ratio* dos frutos colhidos com 60 DAA (dias após a antese) até frutos colhidos com 70 DAA, quando estes tiveram a coloração da casca modificada de esverdeada para 65 % de coloração amarela. Assim como relatado por Silva et al. (2005), foi possível observar neste trabalho que a mudança no *ratio* foi acompanhada pela alteração na coloração da casca, mudanças características do amadurecimento dos frutos.

De acordo Gamarra-Rojas e Medina (1996), apesar da razão TSS/AT não ser usada como índice de colheita para maracujá, é certo que esta relação tende a aumentar durante o amadurecimento, principalmente devido à diminuição nos valores de acidez. Valores inferiores observados no último dia, embora não significativamente diferentes, ocorreram em função da diminuição dos teores de SS neste período, já que AT manteve uma queda linear durante os doze dias. Essa diminuição pode ser atribuída à participação destes compostos como metabólitos durante o processo de respiração.

O *ratio* é uma das formas mais utilizadas para avaliação do sabor, pois fornece uma boa ideia do equilíbrio entre açúcares e acidez (Chitarra & Chitarra, 2005). Em maracujá-azedo o *ratio* geralmente está compreendido em uma faixa de 3,0 a 4,5 (Folegatti & Matsuura, 2002). Os valores obtidos em ambos os experimentos se apresentaram ligeiramente inferiores a esta faixa em alguns momentos, sendo possível atribuir este resultado aos baixos teores de sólidos solúveis encontrados.

Frutos tratados com alginato de sódio tiveram os valores do *ratio* influenciados pelo tempo e pelas concentrações do biopolímero nas coberturas (Tabela 18). Maracujás cobertos com alginato a 1,0 % apresentaram aumento no *ratio* ao longo do armazenamento, enquanto os frutos tratados com as demais concentrações mantiveram valores semelhantes durante os doze dias. Vianna-Silva (2008) ao avaliar maracujás-azedos colhidos em três distintos estádios de maturação notou uma tendência ao aumento no *ratio* ao longo do armazenamento, principalmente em frutos do estágio 1 (com 1/3 da casca amarela) e frutos do estágio 3 (com 3/3 da casca amarela). Como já afirmado anteriormente, este aumento pode ser atribuído a uma tendência a queda na acidez, normalmente notada durante o amadurecimento.

No último dia de avaliação dos frutos, frutos recobertos com alginato a 1,5 % apresentaram um *ratio* 48% menor quando comparados aos frutos não recobertos, indicando que a cobertura influenciou na conservação dos frutos. Miguel et al. (2009) observaram que uvas 'Itália' revestidas com alginato de sódio a 0,75% apresentaram menores valores de razão TSS/AT em função da maior contribuição dos ácidos orgânicos. Assim, neste experimento também é possível atribuir aos maiores valores do *ratio* de frutos cobertos com alginato a 1,5 % como uma consequência de maiores teores de ácido cítrico, já que valores dos teores de SS foram semelhantes em função dos tratamentos.

Tabela 18: Médias da variável razão teor de sólidos solúveis/acidez titulável (TSS/AT) em maracujás-azedos tratados com cobertura à base de alginato de sódio em diferentes concentrações, em função do tempo de armazenamento dos frutos

Armazenamento Dias	Razão TSS/AT			
	Concentrações de alginato (%)			
	0	0,5	1,0	1,5
0	2,39 A a *	2,56 A a	2,32 B a	2,37 A a
3	2,63 A a	2,57 A a	2,65 AB a	2,11 A a
6	2,65 A a	2,69 A a	2,57 B a	2,49 A a
9	2,99 A a	3,11 A a	2,92 AB a	2,76 A a
12	3,01 A a	3,31 A a	3,43 A a	2,03 A b

* As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula, na linha, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

5. RESUMO E CONCLUSÕES

- As coberturas à base de quitosana não influenciaram na perda de massa, no teor de sólidos solúveis e na acidez titulável das goiabas. Em determinado momento do armazenamento, as goiabas cobertas com diferentes concentrações de quitosana apresentaram diferenças no pH da polpa e na razão SS/AT de goiabas, entretanto, não foi possível afirmar se houve um efeito positivo da cobertura sobre estes atributos. Os frutos cobertos com quitosana na concentração de 1,5 % apresentaram uma tendência à retenção da coloração verde e da firmeza da polpa durante o armazenamento. No oitavo dia, no entanto, os valores de firmeza destes frutos foram semelhantes aos demais e esta diferença na coloração não pôde ser observada visualmente. Assim, as coberturas comestíveis a base de quitosana nas concentrações de 0, 0,5, 1,0 e 1,5 % não se mostraram eficientes em controlar o amadurecimento de goiabas 'Cortibel 3', mas os resultados indicam que uma avaliação com concentrações superiores a 1,5 % poderá trazer resultados satisfatórios, principalmente no que se refere a retenção da coloração e da firmeza da polpa.

- As coberturas com alginato não influenciaram no teor de ácido ascórbico das goiabas. As coberturas influenciaram em dado momento no teor de SS e no pH da polpa, mas não ficou claro o efeito da cobertura sobre estes atributos. As coberturas a base de alginato de sódio foram capazes de diminuir a perda de massa em goiabas 'Cortibel 3', com destaque para os frutos tratados com a concentração de 1,0 %. As coberturas também influenciaram na coloração, principalmente os frutos cobertos com alginato a 1,5 % que se apresentaram mais

verdes que os frutos controle, no sexto e no quarto dia de armazenamento. Em relação à firmeza de polpa, destacaram-se os frutos cobertos com alginato de sódio a 1,5 % por manter maior firmeza nos quatro dias finais de armazenamento quando comparados aos não cobertos. Em relação à AT, os frutos cobertos (0,5; 1,0 e 1,5 %) mantiveram valores constantes ao longo do tempo, enquanto os frutos controle apresentaram aumento crescente ao longo dos dias, indicando influência da cobertura no metabolismo dos frutos. A razão TSS/AT em frutos cobertos com as concentrações de 1,0 e 1,5 % variou quase linearmente ao longo dos dias, enquanto em frutos controle houve uma queda acentuada nos valores deste atributo logo nos quatro primeiros dias. A partir destes resultados, é possível afirmar que o uso de cobertura a base de alginato de sódio nas concentrações de 1,0 e 1,5 % contribuiu para o aumento da conservação de goiabas 'Cortibel 3'. Novos testes com concentrações superiores a 1,5 % são pertinentes para avaliar se este efeito pode ser maximizado, sem causar efeitos indesejados decorrentes da respiração anaeróbica.

- Maracujás-azedos tratados com coberturas de quitosana apresentaram uma tendência a menor perda de massa no último dia de armazenamento. Estes frutos não tiveram os demais atributos (rendimento de suco, espessura da casca, coloração da casca, teor sólidos solúveis, teor de ácido ascórbico, acidez titulável, pH da polpa e razão SS/AT) influenciados pelo uso de coberturas a base de quitosana nas concentrações de 0, 0,5, 1,0 e 1,5 %. Apesar da influência das coberturas na perda de massa, não é possível afirmar que as coberturas de quitosana retardaram o amadurecimento dos frutos.

- As coberturas com alginato de sódio não influenciaram a perda de massa, o rendimento do suco, a espessura da casca, o teor de sólidos solúveis e o teor de ácido ascórbico de maracujás-azedos. Frutos cobertos com alginato a 1,5 % apresentaram menor intensidade de cor (croma) do terceiro ao nono dia de armazenamento, mas esta diferença na coloração não pôde ser observada no último dia em função de certa heterogeneidade na coloração dos frutos neste dia. Frutos cobertos com alginato a 1,0 e 1,5 % não apresentaram variação no pH ao longo dos dias, diferentemente dos frutos controle. A acidez titulável de frutos cobertos com 1,5 %, bem como os valores da razão SS/AT, diferiu dos frutos dos

demais tratamentos no 12º dia de armazenamento, indicando possível efeito da cobertura sobre as características químicas dos frutos. Apesar de não ser possível afirmar que houve um aumento da conservação de maracujás-azedos por efeito das coberturas de alginato, estas influenciaram em alguns atributos de qualidade dos frutos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbasi, N.A.; Iqbal, Z.; Maqbool, M.; Hafiz, I.A. (2009) Postharvest quality of mango (*Mangifera indica* L.) fruit as affected by chitosan coating. *Pakistan Journal of Botany*, 41 (1): 343-357.
- Acevedo, C.A.; López, D.A.; Tapia, M.J.; Enrione, J.; Skurtys, O.; Pedreschi, F.; Brown, D.I.; Creixell, W.; Osorio, F. (2010) Using of RGB image processing for designing an alginate edible film. *Food Bioprocess Technology*
- Alves, G.V.L.; Santos, W.C.; Waldman, W.R.; Oliveira, J.G.; Vargas, H.; Silva, M. G. (2010) A photoacoustic technique applied to detection of ethylene emissions in edible coated passion fruit. *Journal of Physics: Conference Series* 214.
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulação de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia no Brasil: <http://portal.anvisa.gov.br>, em 24/08/2012.
- A.O.A.C. (1975) Official Methods of Analyses of the Association of Official Analytical Chemists 11. ed. Washington, D.C.
- Aranaz, I.; Harris, R.; Heras, A. (2010) Chitosan amphiphilic derivates. Chemistry and applications. *Current Organic Chemistry*, 14: 308-330.
- Ardakani, M.D.; Mostofi, Y.; Hedayatnejad, R. (2010) Study on the effects of chitosan in preserving some qualitative factors of table grape (*Vitis vinifera* 'Shahroudi'). *Acta Horticulturae*, 877: 739-742.

Azeredo, H.M.C.; Britto, D.; Assis, O.B.G. (2010) Chitosan Edible Films and Coatings – A review. In: Davis, S.P. (ed.) *Chitosan: manufacture, properties and usage*. Hapauge, NY: Nova Science Publishers, p.179-194.

Azevedo, V.V.C.; Chaves, S.A.; Bezerra D.C.; Lia Fook, M.V.; Costa, A.C.F.M. (2007) Quitina e quitosana: aplicações como biomateriais. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, 2(3): 27-34.

Azzolini, M., Jacomino, A.P., Bron, I.U. (2004) Índices para avaliar a qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 39 (2): 139-145.

Botrel, N.; Abreu, C.M.P. (1994). Colheita, Cuidados e Fisiologia Pós-colheita do Abacaxi. *Informe Agropecuário*, 17:33-40.

Bourtoom, T. (2008) Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*, Malaysia, 15 (3): 237-248.

Brackmann, A.; Anese, R.O.; Both, V.; Thewes, F.R.; Fronza, D. (2012) Atmosfera controlada para o armazenamento de goiaba cultivar 'Paluma'. *Revista Ceres*, 59 (2): 151-156.

Campos, A.J.; Manoel, L.; Damatto Júnior, E.R.; Vieites, R.L.; Leonel, S.; Evangelista, R.M. (2005) Tratamento hidrotérmico na manutenção da qualidade pós-colheita de maracujá-amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 27(3): 383-385.

Cavalini, F.C. (2004) *Índices de maturação, ponto de colheita e padrão respiratório de goiabas 'Kumagai' e 'Paluma'*. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP/ESALQ.

CEAGESP – Centro de Qualidade em Horticultura. (2001). *Classificação do maracujá*. 1ed. São Paulo – SP.

Cerqueira, F.O.S.; Resende, E.D.; Martins, D.R.; Santos, J.L.V.; Cenci, S.A. (2011) Quality of yellow passion fruit stored under refrigeration and controlled atmosphere. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 31(2): 534-540.

- Cerqueira, T.S., Jacomino, A.P., Sasaki, F.F., Alleoni, A.C.C. (2011) Recobrimento de goiabas com filmes proteicos e de quitosana. *Bragantia*, Campinas, 70 (1): 216-221.
- Chitarra, M. I. F., Chitarra, A. B. (2005) *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2. ed. Lavras: Editora UFLA.
- Choudhury, M.M., Costa, T.S., Resende, J.M., Scaggiante, G. (2001) Atributos de qualidade mercadológica. In: Choudhury, M.M. (ed.) *Goiaba Pós-colheita*. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 16-20.
- Coelho, A.A.; Cenci, S.A.; Resende, E.D. (2010) Qualidade do suco de maracujá-amarelo em diferentes pontos de colheita e após o amadurecimento. *Ciências Agrotécnicas*, Lavras, 34(3): 722-729.
- Costa, A.F.S.; Pacova, B.E.V. (2003). Botânica e Variedades. In: Costa, A.F.S.; Costa, A.N. (Eds). *Tecnologias para produção de goiaba*. Vitória: Incaper, pp.27-56.
- Cruz, C.D. (2006). *Programa Genes: análise multivariada e simulação*. Viçosa: ed. UFV. 175p.
- Díaz-Mula, H.M.; Serrano, M.; Valero, D. (2011) Alginate coatings preserve fruit quality and bioactive compounds during storage of sweet cherry fruit. *Food and Bioprocess Technology*, 5 (8): 2990-2997.
- Durigan, J.F.; Durigan, M.F. (2002) Características dos frutos. In: Matsuura, F.C.A.U.; Folegatti, M.I.S. (eds) *Maracujá pós-colheita*. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 13-15.
- Dutta, P.K.; Tripathi, S.; Mehrotra, G.K.; Dutta, J. (2009). Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry*, 114:1173–1182.
- Fai, A.E.C.; Stamford, T.C.M.; Stamford, T.L.M. (2008) Potencial biotecnológico de quitosana em sistemas de conservação de alimentos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 9(5): 435-451.

- Fan, Y.; Xu, Y.; Wang, D.; Zhang, L.; Sun, J.; Sun, L.; Zhang, B. (2009) Effect of alginate coating combined with yeast antagonist on strawberry (*Fragaria x ananassa*) preservation quality. *Postharvest Biology and Technology*, 53: 84-90.
- Fakhouri, F.M.; Grosso, C. (2003) Efeito de coberturas comestíveis na vida útil de goiabas *in natura* (*Psidium guajava* L.) mantidas sob refrigeração. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, 6 (2): 203-211.
- Fakhouri, F.M.; Fontes, L.C.B.; Gonçalves, P.V.M.; Milanez, C.R.; Steel, C.J.; Collares-Queiroz, F.P. (2007) Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27 (2): 369-375.
- Folegatti, M.I.S.; Matsuura, F.C.A.U. (2002) Produtos. . In: Matsuura, F.C.A.U.; Folegatti, M.I.S. (eds) *Maracujá pós-colheita*. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 42-47.
- Francisco, V.L.F.S.; Bapstella, C.S.L.; Amaro, A.A.A. (2010). A cultura da goiabeira em São Paulo. Instituto de Economia Agrícola: <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codtexto=1902>, em 31/03/2010.
- Gamarra-Rojas, G.; Medina, V.M. (1996) Mudanças bioquímicas do suco do maracujá amarelo em função da idade do fruto. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 18(1): 75-83.
- Gomes Filho, A. (2009). *Diversidade genética em acessos de goiabeiras (Psidium guajava L.) provenientes de Bom Jesus do Itabapoana – RJ*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, 121p.
- Gholamipour Fard, K.; Kamari, S.; Ghasemnezhad, M.; Ghazvini, R.F. (2010) Effect of chitosan coating on weight loss and postharvest quality of green pepper (*Capsicum annum* L.). *Acta Horticulturae (ISHS)*, 877: 821-826.
- Gillaspy, G.; Ben-David, H.; Grulsem, W. (1993) Fruits: a developmental perspective. *The Plant Cell*, 5: 1439-1451.

Gorris, L.G.M.; Peppelenbos, H.W. (1992) Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf life of respiring food products. *Postharvest Horticulture*, 2 (3): 303-309.

Grigio, M.L.; Neves, L.C.; Tosin, J.M.; Nascimento, C.R.; Chagas, E.A.; Vieites, R.L. (2011) Efeito da modificação atmosférica em goiabas var. Paluma na redução de danos mecânicos em pós-colheita. *Revista Agro@ambiente On-line*, Boa Vista, 5 (1): 57-65.

Hafle, O.M.; Costa, A.C.; Santos, V.M.; Santos, V.A.; Moreira, R.A. (2010) Características físicas e químicas do maracujá-amarelo tratado com cera e armazenado em condição ambiente. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, 5(3): 341-346.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>, em 31/10/2010.

IBRAF. Instituto Brasileiro de Frutas: www.ibraf.org.br/estatistica/producao, em 26/03/2010.

ITI Tropicals. Passion fruit: www.passionfruitjuice.com, em 26/03/2010.

Irtwange, S.V. (2006) Application of modified atmosphere packaging and related technology in postharvest handling of fresh fruit and vegetables. *Agricultural Engineering International*, 4 (8): 1-13.

Jacomino, A.P.; Ojeda, R.M.; Kluge, R.A.; Scarpate Filho, J.A. (2003) Conservação de goiabas tratadas com emulsões de cera de carnaúba. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 25 (3): 401-405.

Jordão, P.R.; Bonnas, D.S. (1996). Aproveitamento de casca de maracujá, como subproduto da extração do suco, para fabricação de pectina. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura. *Resumos*, Londrina: IAPAR, 348p.

Lima, M.A.C.; Assis, J.S.; Neto, L.G. (2002) Caracterização dos frutos de goiabeiras e seleção de cultivares na região do submédio São Francisco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24(1):273-276.

Maftoonazad, N.; Ramaswamy, H.S.; Marcotte, M. (2008) Shelf-life extension of

peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings. *International Journal of Food Science and Technology*, London, 43: 951-957.

Mahmud, T.M.M.; Hasan, M.F.; Syed Omar, S.R.; Mohamad Zaki, A.R.; Raqeeb, A. (2010) Pesticide free coating for papaya (*Carica papaya* 'Eksotika II'). *Acta Horticulturae (ISHS)*, 877: 1597-1606.

Mamede, A.M.G.N.; Farah, A.; Oliveira, E.J.; Soares, A.G. (2011) Caracterização química e físico-química de novos híbridos de maracujá amarelo. CD-ROM dos *Anais do III Simpósio Brasileiro de Pós-colheita*, 3, Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria Tropical.

Marchi, R.; Monteiro, M.; Benato, E.A.; Silva, C.A.R. (2000). Uso da cor da casca como indicador de qualidade do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.) destinado à industrialização. *Ciência e Tecnologia de Alimento*, 20 (3): 381-387.

Matsura, F.C.A.U.; Folegatti, M.I.S. (2002) Produtos. In: Matsuura, F.C.A.U.; Folegatti, M.I.S. (eds) *Maracujá pós-colheita*. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 9-12.

Mattiuz, B-H.; Durigan, J.F. (2001). Efeito de injúrias mecânicas no processo respiratório e nos parâmetros químicos de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23(2):282-287.

McGuire, R.G. (1992) Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27 (12): 1254-1255.

Medina, J.C. (1988) Cultura. In: Instituto de tecnologias de alimentos. *Goiaba*. 2.ed. Campinas: ITAL, p.1-21.

Meletti, L.M.M.; Maia, M.L. (1999). *Maracujá: produção e comercialização*. Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Campinas, Boletim Técnico 181, 62p.

Meletti, L.M.M.; Santos, R.R.; Minami, K. (2000). Melhoramento do maracujazeiro-amarelo: obtenção do cultivar 'Composto IAC-27'. *Scientia Agricola*. 57(3): 491-498.

Mendonça, R.D.; Ferreira, K.S.; Souza, L.M.; Marinho, C.S.; Teixeira, S.L. (2007) Características físicas e químicas de goiabas 'Cortibel 1'e 'Cortibel 4' armazenadas em condições ambientais. *Bragantia*, Campinas, 66 (4): 685-692.

Meneghel, R.F.A.; Benassi, M.T.; Yamshita, F. (2008) Revestimento comestível de alginato de sódio para frutos de amora-preta. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 29 (3): 609-618.

Miguel, A.C.A.; Dias, J.R.P.S.; Albertini, S.; Spoto, M.H.F. (2009) Pós-colheita de uva 'Itália' revestida com filmes à base de alginato de sódio e armazenada sob refrigeração. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 29(2): 277-282.

Mota, W.F.; Salomão, L.C.C.; Cecon, P.R.; Finger, F.L. (2003). Waxes and plastic films in relation to the shelf life of yellow passion fruit. *Scientia Agricola*, 60 (1):51-57.

Mota, W.F.; Salomão, L.C.C.; Neres, C.R.L.; Mizobutsi, G.P.; Neves, L.L.M. (2006) Uso de cera de carnaúba e saco plástico poliolefínico na conservação pós-colheita de maracujá-amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 28(2):190-193.

Nascimento, T.B.; Ramos, J.D.; Menezes, J.B. (1999) Características físicas do maracujá-amarelo produzido em diferentes épocas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 34 (12):2353-2358.

Park, H.J. (1999) Development of advanced edible coatings for fruits. *Trends in Food Science e Technology*, 10: 254-260.

Pereira, T. (2003). *Avaliação das características físicas e químicas de goiabas (Psidium guajava L.) cv. Cortibel, de polpa branca, sob diferentes condições de armazenamento*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF. Campos dos Goytacazes, 74p.

Pereira, T.; Carlos, L.A.; Oliveira, J.G.; Monteiro, A.R. (2005) Características físicas e químicas de goiaba cv. Cortibel (*Psidium guajava L.*) estocadas sob refrigeração em filmes X-tends. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, 16 (1): 11-16.

Pinheiro, A.C.; Cerqueira, M.A.; Souza, B.W.S.; Martins, J.T.; Teixeira, J.A.; Vicente, A.A. (2010) Utilização de revestimentos/filmes edíveis para aplicações alimentares. *Boletim de Biotecnologia*, 85: 18-28.

Resende, J.M.; Choudhury, M.M. (2001) Colheita e manuseio pós-colheita. In: Choudhury, M.M. (ed.) *Goiaba Pós-colheita*. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 16-20.

Resende, J.M.; Vilas Boas, E.V.B.; Chitarra, M.I.F. (2001) Uso de atmosfera modificada na conservação pós-colheita do maracujá-amarelo. *Ciências Agrotécnicas*, Lavras, 25(1): 159-168.

Ribeiro, V.G.; Assis, J.S.; Silva, F.F.; Siqueira, P.P.X.; Vilaronga, C.P.P. (2005) Armazenamento de goiabas 'Paluma' sob refrigeração e em condição ambiente, com e sem tratamento com cera de carnaúba. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 27 (2): 203-206.

Salomão, L.C.C.; Vieira, G.; Mota, W.F. (2001). Tecnologia de colheita e pós-colheita. In: Bruckner, C.H.; Picanço, M.C. (Eds.) *Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado*. Porto alegre: Cinco Continentes, pp.283-304.

Salomão, L.C.C. (2002). Colheita. *Maracujá: pós-colheita*. Brasília: Embrapa, Informação Tecnológica, (Frutas do Brasil, 23) 51p.

Santos, C.E.M.; Linhales, H.; Pissioni, L.L.M.; Carraro, D.C.S.; Costa e Silva, J.O.; Bruckner, C.H. (2008) Perda de massa fresca dos frutos em progênies de maracujazeiro-amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 30(1): 219-222.

Sgrist, J.M.M. (2002) Tratamentos pós-colheita. In: Matsuura, F.C.A.U.; Folegatti, M.I.S. (eds) *Maracujá pós-colheita*. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 20-31.

Silva, J.R. (1998). Situação da cultura do maracujazeiro na Região Central do Brasil. In: Ruggiero, C. (Coord.). *Anais do Simpósio Brasileiro Sobre a Cultura do Maracujá*, pp.18-19.

Silva, T.V.; Resende, E.D.; Viana, A.P.; Rosa, R.C.C.; Pereira, S.M.F.; Carlos, L.A.; Vitorazi, L. (2005) Influência dos estádios de maturação na qualidade do suco do maracujá-amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 27(3): 472-575.

Vianna-Silva, T.; Lima, R.V.; Azevedo, I.G.; Rosa, R.C.C.; Souza, M. (2010) Determinação da maturidade fisiológica de frutos de maracujazeiro-amarelo colhidos na região norte do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(1): 57-66.

Silva, L.J.B. (2008) *Utilização de revestimentos na conservação pós-colheita de maracujá-amarelo produzido em sistema orgânico*. Dissertação (Mestrado em agronomia). Rio Branco – AC, Universidade Federal do Acre – UFAC. 54p.

Silva, L.J.B.; Souza, M.L.; Araújo Neto, S.E.; Morais, A.P. (2009) Revestimentos alternativos na conservação pós-colheita de maracujá-amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 31(4): 995-1003.

Souza, J.S.; Cardoso, C.E.L.; Folegatti, M.I.S.; Matsuura, F.C.A.U. (2002) Mercado Mundial. In: Matsuura, F.C.A.U.; Folegatti, M.I.S. (eds) *Maracujá pós-colheita*. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 9-12.

Tanada-Palmu, P.; Fakhouri, F.M.; Grosso, C.R.F. (2002) Filmes biodegradáveis. *Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento*, 26: 12-17.

Tavares, J.T.Q.; Silva, C.L.A.; Carvalho, L.A.; Silva, M.A.; Santos, C.M.G.; Teixeira, L.J.; Santana, R.S. (2003) Aplicação pós-colheita de cloreto de cálcio em maracujá amarelo. *Magistra*, 15(1): 7-12.

Veras, M.C.M.; Pinto, A.C.Q.; Meneses, J.B. (2000) Influência da época de produção e dos estádios de maturação nos maracujás doce e ácido nas condições de Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 35(5): 959-966.

Vianna-Silva, T. (2008) *Fisiologia do desenvolvimento de frutos do maracujazeiro amarelo e maracujazeiro doce*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF. 155p.

Vianna-Silva, T.; Resende, E.D.; Pereira, S.M.F.; Viana, A.P.; Rosa, R.C.C.;

Carlos, L.A.; Vitorazi, L. (2008a) Influência dos estádios de maturação sobre as características físicas dos frutos de maracujá-amarelo. *Bragantia*, Campinas, 67(2): 521-525.

Vianna-Silva, T; Resende, E.D.; Viana, A.P.; Pereira, S.M.F.; Carlos, L.A.; Vitorazi, L. (2008b). Qualidade do suco de maracujá-amarelo em diferentes épocas de colheita. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 28 (3): 545-550.

Vila, M.T.R.; Lima, L.C.O.; Vilas Boas, E.V.B.; Hojo, E.T.D.; Rodrigues, L.J.; Paula, N.R.F. (2006) Caracterização química e bioquímica de goiabas armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, 31 (5): 1435-1442.

Villadiego, A.M.D.; Soares, N.F.F.; Andrade, N.J.; Puschmann, R.; Minim, V.P.R.; Cruz, R. (2005) Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. *Revista Ceres*, Viçosa, 53 (300): 221-244.

Wang, H.C.; Huang, X.M.; Hu, G.B.; Yang, Z.Y.; Huang, H.B. (2005) A comparative study of chlorophyll loss and its related mechanism during fruit maturation in the pericarp of fast- and slow-degreening litchi pericarp. *Scientia Horticulturae*, 106: 247-257.

Yamashita, F.; Benassi, M.T. (2000) Influência da embalagem de atmosfera modificada e do tratamento com cálcio na cinética de degradação de ácido ascórbico e perda de massa em goiabas (*Psidium guajava* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 20 (1): 27-31.

Zapata, P.J.; Castillo, S.; Valero, D.; F.Guillén. (2010) The use of alginate as edible coating alone or in combination with essential oils maintained postharvest quality of tomato. *Acta Horticulturae* (ISHS), 877: 1529-1534.

Zamudio, L.H.B. (2007) *Caracterização de vitamina C em frutos de camu-camu Myrciaria dúbia (H.B.K.) em diferentes estágios de maturação do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa*. Monografia (Especialização em Nutrição Humana). Brasília, Universidade de Brasília, 103p.