

Adriane Luciana da Silva

**REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS EM MANGAS:  
PROPRIEDADES E EFEITOS SOBRE A QUALIDADE E  
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA FRUTA**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutor em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. João Borges Laurindo

Coorientadoras: Dras. Maria Auxiliadora Coêlho de Lima e Maria do Socorro Rocha Bastos.

Florianópolis  
2015

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

Da Silva, Adriane Luciana

Revestimentos Comestíveis em Mangas: Propriedades e Efeitos sobre a  
Qualidade e Conservação Pós-Colheita da Fruta / Adriane Luciana da Silva;  
orientador, João Borges Laurindo; coorientadora, Maria Auxiliadora Coêlho de  
Lima; coorientadora, Maria do Socorro Rocha Bastos – Florianópolis, SC, 2015

153 p.

Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina. Centro  
Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos.

Inclui referência

1. Engenharia de Alimentos. 2. Pós-colheita. 3. Manga. 4. Revestimentos.  
I. Laurindo, João Borges. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa  
de Pós-Graduação em Engenharia Química. III. Título.

**REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS EM MANGAS:  
PROPRIEDADES E EFEITOS SOBRE A QUALIDADE E  
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA FRUTA”**

Por

**Adriane Luciana da Silva**

Tese julgada para obtenção do título de **Doutor em Engenharia Alimentos**, área de Concentração de **Desenvolvimento de Processos da Indústria de Alimentos**, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina.

---

Prof. Dr. João Borges Laurindo  
**Orientador**

---

Dra. Maria Auxiliadora Côelho de Lima  
**Coorientadora**

---

Dra. Maria do Socorro Rocha Bastos  
**Coorientadora**

---

Prof. Dr. Marco Di Luccio  
**Coordenador**

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Marco Di Luccio

---

Dra. Maria A. Côelho de Lima

---

Profa. Dra. Franciny C. Schmidt

---

Profa. Dra. Neila S. P. dos S. Richards

---

Prof. Dr. Haiko Hense

---

Dr. Giustino Tribuzi

**Florianópolis, 2 de outubro de 2015.**



A minha maravilhosa filha,

**Ana Beatriz, dedico.**



## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, a Jesus Cristo e Nossa Mãe, por interceder por mim e estar presente em todos os momentos da minha vida, sempre me abençoando.

A minha abençoada, querida e amada Ana Beatriz, por tudo de bom que acontece em minha vida, por tornar a minha luta muito mais fácil, por, com simplesmente sua presença, me acalantar nos momentos de preocupações.

Ao meu já muito amado filho, Breno, pela força me dada para terminar esta etapa, mesmo ainda estando por chegar.

Ao meu esposo, por estar presente sempre, pelo seu amor, carinho e apoio.

A minha querida e amada mãe, por torcer por mim; aos meus irmãos, pelo apoio, em especial a Marcinha, pelo carinho, orações e empenho em me ajudar em tudo.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF Sertão Pernambucano), pela possibilidade de realização do DINTER, em especial a Luciana Cavalcanti.

A Universidade Federal de Santa Catarina, também pela oportunidade da realização do DINTER.

A Auxiliadora Coêlho, por mais uma vez me orientar; pela paciência e amizade, pelo excelente exemplo de profissional.

Ao professor João Borges, por me aceitar como orientanda e pela confiança na realização do trabalho a distância.

A Socorro Bastos, da Embrapa Agroindústria Tropical, pela orientação e apoio na primeira parte do trabalho.

A Janice, da Embrapa Agroindústria Tropical pela grande ajuda com a análise sensorial.

Ao professor José Maria, da Universidade Federal do Ceará (UFC), por ceder o laboratório de Análise de Alimentos.

A Embrapa Semiárido, por disponibilizar mais uma vez a estrutura física para realização de uma parte do experimento.

A Fazenda Fortaleza, pela gentileza em ceder os frutos para a realização do experimento.

Ao Sr. Luiz Fernando, da Empresa Aloe do Vale, pela gentileza em doar o gel de *Aloe vera*.

Ao Sr. Camilo, pela gentileza em doar a cera de abelha bruta.

A todos os amigos do Laboratório de Fisiologia Pós-colheita da Embrapa Semiárido, em especial a Dany e Jéssica, pela grande ajuda, e a Thalita, pelo apoio.

Aos amigos do Laboratório de Embalagens de Alimentos da Embrapa Agroindústria Tropical, em especial a Roselayne, Sarinha, Wanderson e Larissa.

Aos colegas de curso do MINTER e DINTER, pela companhia durante o período das disciplinas.

Aos professores Luismar Porto, Jaqueline Oliveira e Morgana; e principalmente a Marco Di Luccio, Neila Richards, Giustino Tribuzi, Franciny Schmidt e Haiko Hense pelas considerações feitas acerca do trabalho.

Aos que não foram citados, mas contribuíram de alguma forma para realização deste trabalho, o meu muito obrigada.

Aos que eu precisei e não fizeram o mínimo esforço para me ajudar, eu consegui, graças a DEUS e às pessoas que Ele colocou no meu caminho e na minha vida.

## RESUMO

O Brasil é um importante exportador de frutas. Dentre elas, destaca-se a manga. De toda a manga exportada, 85% sai do Vale do São Francisco, fazendo desta região uma importante geradora de emprego e renda. Os principais importadores da manga brasileira são os países da Europa, os Estados Unidos e Japão. Para que a manga chegue com qualidade a estes mercados, é necessária a adoção de tecnologia adequada. As mangas são exportadas em *containers* refrigerados, sendo esta tecnologia geralmente associada à cera de carnaúba, que tem sido utilizada como revestimento para aumento da vida útil. Porém, essa cera apresenta restrições de uso, devido à presença de compostos não comestíveis. Na tentativa de substituir a cera de carnaúba, este trabalho propõe estudar outros revestimentos comestíveis a fim de que se possa indicar algum que seja compatível com a manga, aceitável aos olhos do consumidor e que aumente a vida útil da fruta. O objetivo do trabalho foi selecionar entre diferentes revestimentos comestíveis à base de fécula de mandioca, carboximetil celulose, quitosana, *Aloe vera*, cera de abelha e alginato de sódio, incluindo alguns aditivos, aqueles cujas propriedades físicas e efeitos permitam melhoria na qualidade e conservação pós-colheita de manga ‘Palmer’, sob armazenamento refrigerado seguido de temperatura ambiente. Este trabalho foi dividido em duas etapas. Na primeira, foram estudadas diferentes concentrações de alguns revestimentos: **1) fécula de mandioca** a 1,0%, 2,0%, 2,5% e 3%; **2) cera de abelha** a 2%, 4% e 6% adicionada de 15% de span 80 e 5% de tween 80 e 0,3% de óleo de girassol; **3) *Aloe vera*** nas diluições 2:1; 1:1 e 1:2 (gel de *Aloe vera*: água destilada) com adição de 0,3% de tween 80; **4) alginato de sódio** a 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0% e 2,5%; **5) quitosana** a 1,5%; 2,0%; 2,5% e 3,0%; **6) carboximetil celulose (CMC)** a 0,5%; 1,0%, 1,5% e 2%, sendo os revestimentos 1, 4 e 5 adicionados de 0,3% de óleo de girassol, 0,3% de tween 80 e 5% de glicerol; e **7) cera de carnaúba** na proporção 1:2 (emulsão de cera de carnaúba: água destilada), que corresponde à proporção utilizada comercialmente. Esta serviu como controle para o trabalho, comparando-se todos os revestimentos a essa solução. As soluções foram preparadas em triplicata. Para cada solução testada, foram analisadas as variáveis: brilho (L); croma (C); opacidade e viscosidade. Também foi realizada a análise sensorial visual de mangas da cultivar ‘Tommy Atkins’ revestidas com as soluções citadas acima. Os resultados

foram submetidos à análise de variância. No geral, os revestimentos estudados apresentaram-se com características melhores que a cera de carnaúba. Com base nos resultados dessa etapa do trabalho, foi escolhida uma concentração de cada base estudada para revestir a manga e fazer as avaliações de qualidade e vida útil da fruta. Na segunda etapa do trabalho, foram utilizadas mangas da cultivar 'Palmer' colhidas no estágio de maturação 3, que foram higienizadas e revestidas com 1) fécula de mandioca a 2%; 2) cera de abelha a 2%; 3) *Aloe vera* 1:2; 4) alginato de sódio a 1,5%; 5) quitosana a 2,5%; 6) CMC a 1%; 7) cera de carnaúba 1:2; e 8) controle (sem revestimento). Cada revestimento continha seus respectivos aditivos, como citado na etapa 1 do trabalho. As mangas revestidas foram armazenadas sob refrigeração a  $10,3 \pm 0,7$  °C e  $81 \pm 9$  % de UR por 21 dias, quando, então, foram transferidas para a temperatura ambiente ( $25,0 \pm 1,1$  °C e  $73 \pm 7$  % de UR), onde permaneceram por até 9 dias. As avaliações foram feitas aos 0, 15, 21, 24, 26, 28 e 30 dias após a colheita. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em fatorial  $8 \times 7$ , com quatro repetições de quatro frutos. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as variáveis que sofreram efeitos significativos dos tratamentos foram representadas por suas médias e desvio-padrão. O uso de revestimentos com alginato, quitosana e CMC atrasou a maturação das frutas, influenciando os teores de sólidos solúveis, de açúcares solúveis totais, de açúcares não-redutores, acidez titulável, pH, carotenoides, variáveis associadas à cor da casca e da polpa, e amido. A aparência foi melhor preservada nos frutos submetidos a quitosana e alginato de sódio, definindo estes como os melhores revestimentos.

**Palavras-chave:** Pós-colheita, manga, revestimentos.

## ABSTRACT

Brazil is a major exporter of fruits. Among the most important exported, it was highlighted the mango fruit. A volume of 85% of the mango fruit exported from Brazil have been produced in São Francisco Valley, characterizing this region as an important generator of employment and income. The main importing countries of Brazilian mangoes are the countries of Europe, United States of America and Japan, and it is required the adoption of appropriated technologies for reaching the markets with quality. The mango fruit have been exported in refrigerated containers and, in addition to this technology, carnauba wax has been used as a coating to increase its shelf life. However, carnauba wax has restrictions for its use due to its composition, which has no edible compounds. In an attempt to replace carnauba wax, this work proposes to study other edible coatings in order to indicate that one which is compatible with mango fruit resulting in an attractive appearance and with an extended shelf life. The study objective was to select between different edible coatings of cassava starch, carboxymethyl cellulose, chitosan, *Aloe vera*, beeswax and sodium alginate, including some additives, those whose physical properties and effects allow improvement in the quality and postharvest conservation of 'Palmer' mango in cold storage followed by ambient temperature. This study was divided into two phases. In the first one, it was studied different concentrations of some coatings: 1) cassava starch at 1.0%, 2.0%, 2.5% and 3% with addition of 0.3% of sunflower oil, 0.3% of Tween 80 and 5% glycerol; 2) Beeswax at 2%, 4% and 6% added with 15% Span 80 and 5% of Tween 80 and 0.3% of sunflower oil; 3) *Aloe vera* at 2:1; 1:1 and 1:2 dilutions (*Aloe vera* gel:distilled water) added with 0.3% of tween 80; 4) sodium alginate in concentrations of 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% and 2.5% added with 0.3% of sunflower oil, 0.3% of tween 80 and 5% of glycerol; 5) chitosan in concentrations of 1.5%; 2.0%; 2.5% and 3.0% added with 0.3% of Sunflower oil; 0.3% of Tween 80 and 5% of glycerol; 6) carboxymethyl cellulose (CMC) in concentrations of 0.5%, 1.0%, 1.5% and 2%, added with sunflower oil at 0.3%, Tween 80 (polysorbate) at 0.3% and 5% of glycerol; 7) carnauba wax in the ratio 1:2 (Carnauba wax emulsion:distilled water), that corresponds to the ratio commercially used. The last one was the control treatment and all coatings were compared to it. The solutions were prepared in triplicate. For each tested solution, the variables analyzed were: brightness (L); chroma (C); opacity and viscosity. A visual

sensory analysis of coated 'Tommy Atkins' mango fruit was also done. The results were analyzed statistically. In general, the studied coatings were better than carnauba wax. Based on the results of this stage of the study, we chose the better dose of each matrix for coating the mango fruit and do the evaluation about quality and shelf life of the fruits. In the second phase of the study, 'Palmer' mango cultivar fruit harvested at maturity stage 3, were sanitized and coated with 1) cassava starch at 2%; 2) Beeswax at 2%; 3) *Aloe vera* at 1:2 dilution; 4) Sodium alginate at 1.5%; 5) Chitosan at 2.5%; 6) CMC at 1%; 7) Carnauba wax at 1:2 and 8) control (without coating). Each coating had the respective additives, as mentioned in phase 1 of the study. The coated mango fruits were stored under refrigeration at  $10.3 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.7$  and  $81 \pm 8.7\%$  RH for 21 days, when they were transferred to room temperature ( $25.0 \pm 1.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $73 \pm 6.6\%$  RH), where they were maintained for until 9 days. The evaluations were done at 0, 15, 21, 24, 26, 28 and 30 days after harvest. The experimental design was a completely randomized, in a  $8 \times 7$  factorial arrangement, with four replications of four fruits. The results were statistically analyzed using the analysis of variance and the variables significantly influenced by treatments were represented with their averages and standard error. Sodium alginate, chitosan and CMC coatings delayed fruit maturation influencing SS content, TA, pH, TSS, NRS, carotenoids, the variables related to skin and pulp color, and starch. The appearance was better preserved in fruits coated with chitosan and sodium alginate, defining these one as the best coatings.

**Keywords:** Post-harvest, mango, coatings.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema simplificado da regulação da biossíntese do etileno .....	42
Figura 2 – Aspecto da solução de fécula de mandioca contendo aditivos .....	60
Figura 3 – Aspecto da solução de cera de abelha contendo aditivos .....	61
Figura 4 – Aspecto da solução de <i>Aloe vera</i> contendo aditivo.....	62
Figura 5 – Aspecto da solução de alginato de sódio contendo aditivos .....	62
Figura 6 – Aspecto da solução de quitosana contendo aditivos .....	63
Figura 7 – Aspecto da solução de carboximetil celulose contendo aditivos .....	63
Figura 8 – Aspecto da solução a partir da emulsão de cera de carnaúba .....	64
Figura 9 - Forma de oferecimento das frutas para realização de análise sensorial visual .....	66
Figura 10 - Grau de aceitação de mangas ‘Tommy Atkins’ revestidas com fécula de mandioca a diferentes concentrações e cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente (1:2), e apresentadas a julgadores não treinados .....	69
Figura 11 - Grau de aceitação de mangas ‘Tommy Atkins’ revestidas com cera de abelha a diferentes concentrações e cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente (1:2), e apresentadas a julgadores não treinados .....	73
Figura 12 - Grau de aceitação de mangas ‘Tommy Atkins’ revestidas com <i>Aloe vera</i> a diferentes concentrações e cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente (1:2), e apresentadas a julgadores não treinados .....	77
Figura 13 - Grau de aceitação de mangas ‘Tommy Atkins’ revestidas com alginato de sódio a diferentes concentrações e cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente (1:2), e apresentadas a julgadores não treinados.....	81
Figura 14 - Grau de aceitação de mangas ‘Tommy Atkins’ revestidas com quitosana a diferentes concentrações e cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente (1:2), e apresentadas a julgadores não treinados .....	84

Figura 15 - Grau de aceitação de mangas ‘Tommy Atkins’ revestidas com CMC a diferentes concentrações e cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente (1:2), e apresentadas a julgadores não treinados .....	88
Figura 16 - Manga Palmer no estádio de maturação 3 .....	93
Figura 17 - Perda de massa de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado (10,3°C ± 0,7°C e 81 ± 9% de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente (25°C ± 1,1°C e 73 ± 7% de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	98
Figura 18 - Aparência externa de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado (10,3°C ± 0,7°C e 81 ± 9% de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente (25°C ± 1,1°C e 73 ± 7 % de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	100
Figura 19 - Teor de ácido ascórbico de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado (10,3°C ± 0,7°C e 81 ± 9% de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente (25°C ± 1,1°C e 73 ± 7 % de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	102
Figura 20 - Teor de sólidos solúveis (SS) de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado (10,3°C ± 0,7°C e 81 ± 9% de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente (25°C ± 1,1°C e 73 ± 7 % de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	103
Figura 21 - Teor de açúcares solúveis totais (AST) de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado (10,3°C ± 0,7°C e 81 ± 9% de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente (25°C ± 1,1°C e 73 ± 7 % de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	104
Figura 22 - Teor de açúcares redutores (AR) de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado (10,3°C ± 0,7°C e 81 ± 9% de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente (25°C ± 1,1°C e 73 ± 7 % de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	106
Figura 23 - Teor de açúcares não redutores (ANR) de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado (10,3°C ± 0,7°C e 81 ± 9% de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente (25°C ± 1,1°C e 73 ± 7 % de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.....	107

Figura 24 – Teor de amido de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado (10,3°C ± 0,7°C e 81 ± 9% de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente (25°C ± 1,1°C e 73 ± 7 % de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	108
Figura 25 - Acidez titulável (AT) de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado (10,3°C ± 0,7°C e 81 ± 9% de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente (25°C ± 1,1°C e 73 ± 7 % de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	109
Figura 26 - pH de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado (10,3°C ± 0,7°C e 81 ± 9% de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente (25°C ± 1,1°C e 73 ± 7 % de UR) por até 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	111
Figura 27 - Firmeza da polpa de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado (10,3°C ± 0,7°C e 81 ± 9% de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente (25°C ± 1,1°C e 73 ± 7 % de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	112
Figura 28 - Teor de substâncias pécicas de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado (10,3°C ± 0,7°C e 81 ± 9% de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente (25°C ± 1,1°C e 73 ± 7 % de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	114
Figura 29 - Atributo de cor - brilho - da casca na região vermelha de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado (10,3°C ± 0,7°C e 81 ± 9% de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente (25°C ± 1,1°C e 73 ± 7 % de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	116
Figura 30 - Atributo de cor – a* – da região vermelha da casca de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado (10,3°C ± 0,7°C e 81 ± 9% de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente (25°C ± 1,1°C e 73 ± 7 % de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	117
Figura 31 - Atributo de cor – b* – da região vermelha da casca de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado (10,3°C ± 0,7°C e 81 ± 9% de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente (25°C ± 1,1°C e 73 ± 7 % de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	118

Figura 32 - Atributo de cor – brilho (L) – da região verde da casca de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 9\%$ de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$ e $73 \pm 7\%$ de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	119
Figura 33 - Atributo de cor croma (C) da região verde da casca de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 9\%$ de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$ e $73 \pm 7\%$ de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	120
Figura 34 - Atributo de cor – ângulo Hue ( $^{\circ}\text{H}$ ) – da região verde da casca de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 9\%$ de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$ e $73 \pm 7\%$ de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	121
Figura 35 - Aspecto da coloração da casca de mangas ‘Palmer’ submetidas a diferentes revestimentos aos 30 dias de armazenamento (21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 9\%$ de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$ e $73 \pm 7\%$ de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	122
Figura 36 – Atributo de cor – brilho (L) – da polpa de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 9\%$ de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$ e $73 \pm 7\%$ de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	124
Figura 37 - Atributo de cor croma da polpa de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 9\%$ de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$ e $73 \pm 7\%$ de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	125
Figura 38 - Atributo de cor – ângulo Hue – da polpa de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 9\%$ de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$ e $73 \pm 7\%$ de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	126
Figura 39 - Aspecto da coloração de polpa de mangas ‘Palmer’ submetidas a diferentes revestimentos aos 30 dias de armazenamento (21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 9\%$ de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$ e $73 \pm 7\%$ de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....	127

Figura 40 – Teor de carotenoides de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013 .....128



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipos de revestimentos estudados em frutas .....	48
Tabela 2 - Brilho (L), croma (C), opacidade e viscosidade de soluções de revestimentos à base de fécula de mandioca (Fec) a diferentes concentrações e de cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente .....	67
Tabela 3 - Médias e diferenças de brilho em relação ao controle (cera de carnaúba, diluição 1:2) atribuídas às mangas de cada um dos tratamentos com concentrações de fécula de mandioca, por meio de análise sensorial .....	70
Tabela 4. Brilho (L), croma (C), opacidade e viscosidade de soluções de revestimentos à base de cera de abelha a diferentes concentrações e de cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente .....	71
Tabela 5. Médias e diferenças de brilho em relação ao controle (cera de carnaúba, diluição 1:2) atribuídas às mangas submetidas a cada um dos tratamentos com concentrações de cera de abelha, por meio de análise sensorial .....	71
Tabela 6. Brilho (L), croma (C), opacidade e viscosidade de soluções de revestimentos à base de <i>Aloe vera</i> a diferentes concentrações e de cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente .....	75
Tabela 7. Médias e diferenças de brilho em relação ao controle (cera de carnaúba, diluição 1:2) atribuídas às mangas de cada um dos tratamentos com concentrações de <i>Aloe vera</i> , por meio de análise sensorial .....	78
Tabela 8. Brilho (L), croma (C), opacidade e viscosidade de soluções de revestimentos à base de alginato de sódio a diferentes concentrações e de cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente .....	79
Tabela 9. Médias e diferenças de brilho em relação ao controle (cera de carnaúba, diluição 1:2) atribuídas às mangas de cada um dos tratamentos com concentrações de alginato de sódio, por meio de análise sensorial .....	82
Tabela 10. Brilho (L), croma (C), opacidade e viscosidade de soluções de revestimentos à base de quitosana a diferentes concentrações e de cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente .....	83
Tabela 11. Médias e diferenças de brilho em relação ao controle (cera de carnaúba, diluição 1:2) atribuídas às mangas de cada um dos tratamentos com concentrações de quitosana, por meio de análise sensorial .....	85
Tabela 12. Brilho (L), croma (C), opacidade e viscosidade de soluções de revestimentos à base de carboximetil celulose (CMC) a diferentes	

concentrações e de cera de carnaúba, em diluição adotada  
comercialmente .....86

Tabela 13. Médias e diferenças de brilho em relação ao controle (cera de  
carnaúba, diluição 1:2) atribuídas às mangas de cada um dos tratamentos  
com concentrações de CMC, por meio de análise sensorial  
.....89

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

FAO – Food and Agriculture Organization  
EMEX - Empacotadoras de Manga para Exportação  
UFC – Universidade Federal do Ceará  
TNT – tecido não tecido  
PA – pureza absoluta  
RPM – rotação por minuto  
PCV- policloreto de vinil  
PEBD - polietileno de baixa densidade  
PEAD - polietileno de alta densidade  
AVG - aminoetoxivinilglicina  
1-MCP - 1-metil ciclopropeno  
SS – sólidos solúveis  
AT – acidez titulável  
SAM – ácido S-adenosilmetionina  
ACC - 1-aminociclopropano-1-carboxílico  
MACC – malonil-1-aminociclopropano-1-carboxílico  
AM - atmosfera modificada  
AC - atmosfera controlada  
CMC - carboximetil celulose  
pH - potencial hidrogeniônico  
AR – açúcares redutores  
ANR - açúcares não redutores  
AST – açúcares solúveis totais  
DNS – ácido dinitrosalicílico  
HPMC – hidroxipropilmetil celulose



## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>29</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>31</b>
Objetivo geral .....	31
Objetivos específicos .....	31
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>33</b>
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>33</b>
1.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA MANGA .....	33
1.2 CICLO VITAL DA MANGA.....	33
1.3 COLHEITA .....	34
1.3.1 Determinação do ponto de colheita .....	35
1.4 PRINCIPAIS ÍNDICES DE MATURAÇÃO .....	36
1.4.1 Firmeza .....	37
1.4.2 Sólidos Solúveis (SS) .....	38
1.4.3 Acidez Titulável (AT) .....	39
1.4.4 Ácido ascórbico .....	39
1.4.5 Cor da casca e da polpa .....	40
1.5 RESPIRAÇÃO .....	41
1.6 ETILENO .....	41
1.7 CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA .....	44
1.7.1 Refrigeração .....	44
1.7.2 Atmosfera modificada e controlada .....	46
1.7.2.1 Revestimentos comestíveis .....	47
1.7.2.1.1 Cera de carnaúba .....	49
1.7.2.1.2 <i>Aloe vera</i> .....	50
1.7.2.1.3 Carboximetil celulose (CMC) .....	50
1.7.2.1.4 Cera de abelha .....	51
1.7.2.1.5 Quitosana.....	52
1.7.2.1.6 Fécula de mandioca .....	52
1.7.2.1.7 Alginato de sódio .....	52
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>55</b>
<b>ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE REVESTIMENTOS DE DIFERENTES COMPOSTOS QUÍMICOS</b> .....	<b>55</b>
2.1. INTRODUÇÃO .....	55
2.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	59
2.2.1 Matéria-prima .....	59
2.2.2 Elaboração das soluções .....	60
2.2.2.1 Fécula de mandioca .....	60
2.2.2.2 Cera de abelha .....	60
2.2.2.3 <i>Aloe vera</i> .....	61

2.2.2.4 Alginato de sódio .....	62
2.2.2.5 Quitosana .....	62
2.2.2.6 Carboximetil celulose (CMC) .....	63
2.2.2.7 Cera de carnaúba .....	63
2.2.3 Caracterização das soluções .....	64
2.2.4 Análise sensorial visual .....	65
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	66
2.3.1 Fécula de mandioca .....	66
2.3.2 Cera de abelha .....	70
2.3.3 <i>Aloe vera</i> .....	74
2.3.4 Alginato de sódio .....	78
2.3.5 Quitosana .....	82
2.3.6 CMC .....	85
2.4. CONCLUSÕES .....	89
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>91</b>
<b>QUALIDADE E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MANGAS ‘PALMER’ SUBMETIDAS À APLICAÇÃO DE REVESTIMENTOS .....</b>	<b>91</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	91
3.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	93
3.2.1 Matéria-prima .....	93
3.2.2 Análises dos frutos .....	95
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	97
3.3.1 Perda de massa .....	97
3.3.2 Aparência externa geral .....	99
3.3.3 Teor de ácido ascórbico .....	101
3.3.4 Teor de sólidos solúveis (SS) .....	102
3.3.5 Teor de açúcares solúveis totais (AST) .....	103
3.3.6 Teor de açúcares redutores (AR) .....	105
3.3.7 Teor de açúcares não redutores (ANR) .....	106
3.3.8 Teor de amido .....	107
3.3.9 Acidez titulável (AT) .....	109
3.3.10 pH .....	110
3.3.11 Firmeza da polpa .....	111
3.3.12 Teor de substâncias pécicas .....	113
3.3.13 Brilho da casca – região vermelha .....	115
3.3.14 Atributo “a*” da casca – região vermelha .....	116
3.3.15 Atributo “b*” da casca – região vermelha.....	117
3.3.16 Brilho (L) da casca na região verde .....	118
3.3.17 Croma (C) da casca na região verde .....	119

3.3.18 Ângulo hue (H) da casca na região verde .....	121
3.3.19 Brilho (L) da polpa .....	123
3.3.20 Croma (C) da polpa .....	124
3.3.21 Ângulo hue (H) da polpa .....	125
3.3.22 Teor de carotenoides da polpa .....	128
3.4 CONCLUSÕES.....	129
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>131</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>133</b>



## **Organograma do trabalho de tese**

Este trabalho de tese será apresentado como segue:

INTRODUÇÃO – apresenta um panorama geral sobre o tema do trabalho.

**CAPÍTULO 1: Revisão bibliográfica** – conta com o levantamento de informações acerca do que já foi estudado sobre o assunto em questão.

**CAPÍTULO 2: Elaboração e caracterização de revestimentos de diferentes compostos químicos.** Neste capítulo, encontram-se descritas a elaboração e as características dos revestimentos de diferentes concentrações de fécula de mandioca, cera de abelha, *Aloe vera*, alginato de sódio, quitosana e carboximetil celulose, incluindo aditivos, além da solução de cera de carnaúba, sendo esta última preparada apenas com a concentração utilizada comercialmente e caracterizada para fins de comparação com as demais soluções. A cera de carnaúba serviu, desta forma, como testemunha. Nesta parte do trabalho, foram preparadas diferentes concentrações de cada composto acima citado a fim de verificar se há diferenças entre as variáveis analisadas de cada matriz trabalhada, para, posteriormente, escolher uma concentração de cada tipo de revestimento para aplicação na pós-colheita da manga.

Esta parte do trabalho foi realizada na Embrapa Agroindústria Tropical e na Universidade Federal do Ceará, ambas instituições localizadas na cidade de Fortaleza-CE.

**CAPÍTULO 3: Qualidade e conservação pós-colheita de mangas ‘Palmer’ submetidas à aplicação de revestimentos.** Este capítulo trata da qualidade e vida útil pós-colheita de mangas ‘Palmer’ submetidas aos revestimentos escolhidos com base no estudo feito no capítulo 2.

Esta parte do trabalho foi realizada no Laboratório de Fisiologia Pós-colheita da Embrapa Semiárido, localizada na cidade de Petrolina-PE.

Por fim, serão apresentadas as **CONCLUSÕES**, as **CONSIDERAÇÕES FINAIS** e as **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**.



## INTRODUÇÃO

A FAO (Food and Agriculture Organization) estima que a colheita da manga em 2014 foi de 28,8 milhões de toneladas, representando 35% da produção mundial de frutas tropicais. A Índia é o maior produtor mundial de manga, com uma produção de 40% do total, enquanto o México está em segundo lugar, com volume seis vezes menor que o da Índia. Há, ainda, uma perspectiva de aumento da produção de frutas tropicais, incluindo a manga (MANJAVACAS, 2014).

Em 2012, a produção brasileira foi de 1.175.735 toneladas. Nesse ano, o Brasil exportou 127 mil toneladas de manga, tendo o Vale do São Francisco expandido sua área de produção em 2,9%. Por outro lado, atualmente em algumas regiões do País, alguns principais polos produtores de manga diminuíram a área cultivada. Diante disso, a tendência é, ainda, de aumentar a área cultivada no Vale do São Francisco, a fim de compensar esta diminuição de áreas produzidas. O Vale do São Francisco é responsável por 85% das exportações de manga do País, explorando a janela de exportação que começa em agosto e termina em outubro. Desta forma, aproveita o período de entressafra de outros países exportadores, o que faz do Brasil um forte exportador de frutas (AGRIANUAL, 2014; POLL et al., 2013).

A importância da manga se dá pelo grande volume de negócios e potencial de exportação. A partir dos anos 80, houve um maior investimento em tecnologia, com a variedade Tommy Atkins assumindo a liderança na produção e nas exportações, principalmente pela sua produção, coloração da casca, facilidade no manejo da indução floral e vida útil. Porém, existe um risco em relação a pomares de plantas com a mesma base genética, situação que favorece a ocorrência de pragas e doenças e aumenta a vulnerabilidade a variações econômicas (FAVERO, 2011). Sendo assim, é importante investir em outras variedades que estão em expansão e que possuem grandes perspectivas de comercialização, a exemplo da Palmer, que já é bem aceita nos mercados nacional e internacional. No exterior, o preço das frutas tropicais tem sido mais alto do que o das frutas tradicionais, baseado não em novidade, mas na qualidade do produto. A tendência é que continue aumentando a demanda por frutas tropicais. Por isto, os países exportadores devem investir em tecnologias pós-colheita, em armazenamento, transporte a frio e também em logística (MANJAVACAS, 2014).

A manga é um fruto climatérico e continua o seu amadurecimento após a colheita (SANE et al., 2005), o que ocorre rapidamente, limitando o seu armazenamento, manuseio e potencial de transporte (BALOCH et al., 2013). As principais alterações que ocorrem no fruto durante a maturação e o amadurecimento estão relacionadas à respiração e produção de etileno (MITRA e BALDWIN, 1997). Em condições não controladas, o fruto pode ser rapidamente conduzido à senescência. Ao contrário, controlando estes efeitos, pode-se aumentar sua vida útil (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Para a exportação, a via marítima é a mais barata (SAMSKIP, 2005), porém bem mais demorada para chegar ao mercado de destino. É o transporte que predomina nas exportações de manga, mesmo reconhecendo-se que a vida útil da fruta é bastante limitada. Por conseguinte, para que esta fruta chegue ainda com qualidade a mercados distantes por via marítima, faz-se necessária a aplicação de métodos que aumentem sua conservação pós-colheita.

A diminuição da taxa respiratória é a principal ferramenta utilizada para prolongar a vida útil de frutas e hortaliças (MATHOOKO, 1996). Para isto, a tecnologia mais utilizada é a refrigeração. Esta, juntamente com outras tecnologias, a exemplo do revestimento com cera de carnaúba, permite estender a vida útil dos frutos (ALMEIDA et al., 2011; QUEIROZ, et al., 2010). Atualmente, a refrigeração ou a refrigeração associada à cera de carnaúba são os métodos adotados para aumentar a vida útil pós-colheita de mangas produzidas no Vale do São Francisco para exportação.

A cera de carnaúba é utilizada comercialmente desde 1950, sendo um método eficiente na preservação de frutos. Porém, devido à aparência fosca nos frutos, provocada pelo revestimento, recebe a adição de parafina e polietileno, deixando, desta forma, de ser um revestimento ambientalmente correto, tampouco comestível, o que tem gerado algumas restrições quanto a sua aceitação (ASSIS, 2009). Assim, trabalhos já vêm sendo realizados a fim de encontrar algum revestimento compatível com a manga, com o intuito de substituir a cera de carnaúba. Na região do Vale do São Francisco, por exemplo, a cera de carnaúba como revestimento de manga foi bastante empregada e bem aceita no comércio exterior por um longo período. Porém, recentemente, uns dos nossos maiores importadores, os países da Europa, deixaram de receber mangas com este tipo de revestimento, devido à não permissão pela legislação europeia. Essa restrição comercial perdurou por algum tempo, porém, atualmente, foi superada. Mas esta vulnerabilidade à decisão do mercado pode trazer prejuízos à cadeia da manga.

Como meio de incentivar o crescimento da cultivar Palmer e substituir a cera de carnaúba por outro revestimento, este trabalho se propõe a estudar o uso de revestimentos para manutenção da qualidade da manga após a colheita, implicando em aumento da sua vida útil.

Produtos biodegradáveis são hoje observados com mais atenção e são fontes de pesquisa como material de embalagens para frutas e hortaliças (SREENIVAS et al., 2011). Muitos estudos têm sido realizados com materiais biodegradáveis, tanto em relação à qualidade da fruta após a sua aplicação, quanto às características do filme formado (PINHEIRO et al., 2012, MEDEIROS et al., 2012). Mesmo quando a solução é aplicada diretamente na fruta, na grande maioria das vezes, o que é estudado é o filme formado e não a solução. Desta forma, existem poucos estudos em relação às características da solução do revestimento em si.

## OBJETIVOS

### **Objetivo geral**

O objetivo do trabalho foi selecionar entre diferentes revestimentos comestíveis à base de fécula de mandioca, carboximetil celulose, quitosana, *Aloe vera*, cera de abelha e alginato de sódio, incluindo alguns aditivos, aqueles cujas propriedades físicas e efeitos permitam melhoria na qualidade e conservação pós-colheita de manga ‘Palmer’, sob armazenamento refrigerado seguido de temperatura ambiente.

### **Objetivos específicos**

Como os resultados serão apresentados em dois capítulos diferentes, os objetivos específicos foram:

Do capítulo 2:

- avaliar as propriedades físicas e a aceitação visual dos revestimentos propostos; e
- definir a melhor concentração de cada um dos revestimentos estudados para posterior aplicação em mangas após a colheita.

Do capítulo 3:

- caracterizar a evolução dos atributos de qualidade da manga ‘Palmer’ após a aplicação pós-colheita de revestimentos, em armazenamento refrigerado seguido de temperatura ambiente e
- indicar uma ou mais soluções de revestimento biodegradável e comestível que prolongue a conservação pós-colheita das mangas ‘Palmer’.

# CAPÍTULO 1

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA MANGA

A manga é uma fruta originária da Índia, sudeste do continente Asiático. É uma das frutas mais populares do mundo, devido a sua cor atraente, seu sabor e suas propriedades nutricionais (BALOCH et al., 2013), sendo rica em vitaminas A e C, e potássio, além de alguns compostos antioxidantes que reduzem a incidência de câncer de mama e útero (LEE, 2011). A cor da casca varia de verde a amarelo, ou vermelha, suavizando quando amadurece, e sua polpa é amarela quando madura (LEE, 2011). A disseminação do cultivo da mangueira se deu no século 16. No Brasil, a sua introdução ocorreu aproximadamente em 1700, na Bahia, com mudas trazidas da Índia. Do Brasil, a manga foi para o México e, posteriormente, para os Estados Unidos (SOUZA, 2002).

### 1.2 CICLO VITAL DA MANGA

Mudanças morfológicas em mangas durante o seu desenvolvimento são acompanhadas por alterações em caracteres físicos, químicos e fisiológicos (SUBRAMANYAM et al., 1975). O início do crescimento do fruto ocorre principalmente por divisão celular, seguido pela expansão celular (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Durante o crescimento da manga ‘Tommy Atkins’ não há aumento no teor de sólidos solúveis. Este aumento somente ocorre durante sua maturação. A acidez titulável aumenta durante o desenvolvimento e diminui após o início da maturação, à semelhança do que ocorre com a maioria dos frutos. Por sua vez, os teores de vitamina C são maiores no início do crescimento, seguido de uma redução, um pico e posterior tendência à redução (LIMA et al., 2009).

A duração de cada fase do ciclo vital varia entre cultivares. Na cultivar Tommy Atkins, por exemplo, foi verificado que, aos 89 dias após a floração, os frutos já se encontravam fisiologicamente maduros, ou seja, estavam aptos a atingir o amadurecimento depois de colhidos (MORAES et al., 2002). Desta forma, o estado de maturação no momento da colheita deve permitir a evolução do processo de amadurecimento até que se desenvolvam todas as características

correspondentes à variedade da manga (FILGUEIRAS et al., 2000; ALVES et al., 2002).

Em geral, durante a maturação, as principais transformações químicas são: decréscimo no teor de ácidos orgânicos, que são utilizados como substrato no processo respiratório; concentração de açúcares, que aumenta até o amadurecimento, com declínio posterior em função da sua utilização como fonte de energia; mudanças nos teores das pectinas, que, com o avanço da maturação, são hidrolisadas e solubilizadas, resultando no amaciamento dos tecidos; mudanças nos compostos fenólicos, que reduzem sua capacidade adstringente; teor de amido, que é hidrolisado a glicose; modificações nos pigmentos, havendo degradação de clorofila, com perda da coloração verde, e aparecimento de carotenoides pré-existentes nos tecidos (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Na polpa, o teor de carotenoides aumenta durante a maturação, chegando a uma concentração máxima no fruto maduro (LIMA et al., 2009).

Muito há que se estudar sobre o metabolismo da manga, pois muitos processos ainda estão por ser esclarecidos (SILVA, 2004). Com isso, há necessidade de conhecimento detalhado das principais transformações fisiológicas e bioquímicas do vegetal como suporte para a aplicação de tecnologias adequadas (CHITARRA, 1998).

### 1.3 COLHEITA

Fatores pré-colheita influenciam a qualidade e a época de colheita dos frutos. Desta forma, a época de colheita está relacionada com condições edafoclimáticas, tratos culturais, fitossanitários e condições nutricionais das plantas. Porém, também é muito importante observar os cuidados relativos aos procedimentos adotados no momento da colheita e ao manuseio pós-colheita, devendo-se levar em consideração o mercado a que se destina, para consumo interno, exportação ou para o processamento (CHOUDHURY, 1995). Quando a colheita é realizada de forma inadequada, antes da maturidade fisiológica, os frutos não amadurecem e enrugam ainda verdes. Quando estes frutos são exportados nestas condições, ao chegarem ao porto de destino, são rejeitados pelo importador, implicando em prejuízos (FRUPEX, 1994).

### 1.3.1 Determinação do ponto de colheita

Quando a manga é colhida, o fluxo da seiva proveniente da planta é interrompido, causando o enrugamento da casca, uma vez que as perdas através da transpiração não são mais compensadas pela seiva. Quando esta interrupção ocorre antes da maturidade fisiológica, mesmo que a fruta seja induzida ao amadurecimento, sua polpa permanece esbranquiçada, firme e ácida (FRUPEX, 1994). Por outro lado, uma colheita tardia reduz a vida útil do fruto, podendo comprometer a sua exportação (MORAES et al., 2002). Desta forma, é fundamental a identificação de indicadores seguros do ponto de colheita para a manga,

Segundo Filgueiras et al. (2000), a colheita pode ser feita baseada em indicadores físicos, alguns destrutivos, outros não, e químicos, geralmente destrutivos. Os indicadores físicos podem ser percebidos visualmente e estão relacionados com a forma e o aspecto do fruto. Os indicadores químicos estão ligados à composição do fruto.

O grau de maturação ideal para a colheita depende do tempo necessário entre a colheita e o consumo ou industrialização. Para industrialização ou consumo imediato, colhem-se frutos maduros, porém quando se faz necessário um longo período de armazenamento ou transporte, o ideal é que os frutos sejam colhidos fisiologicamente maduros (CHOUDHURY, 1995).

Em uma escala subjetiva de notas proposta por EMEX (Empacotadoras de Manga para Exportação) para avaliar a evolução da maturação, a cor da casca varia de 1 a 4. De acordo com essa escala, o mínimo de maturação para a colheita é o que se chama de estágio 1, que, é definido pela cor verde escura, com partes vermelhas (se a variedade apresentar tais características) que inicia nos ombros e uma coloração verde clara nas pontas. Este é o estágio mínimo em que a fruta pode ser colhida para garantir sua vida útil máxima. Os frutos no estágio 2 apresentam-se com cor verde claro tendendo ao amarelo, e, dependendo da variedade, apresenta-se com partes vermelhas. São frutos ainda firmes e é o estágio ideal para a distribuição ao mercado externo. No estágio 3, os frutos apresentam-se amarelos em sua maior parte, com poucas tonalidades verdes. Algumas variedades possuem partes vermelhas. O estágio 4 é o ideal para consumo. O fruto possui cor da casca predominantemente amarela, que, em algumas variedades, contrasta com a cor vermelha (EMEX, 1998).

Para o estágio mínimo de maturação em que a manga pode ser colhida, além da cor da casca, outras características podem ser observadas, como o aspecto das lenticelas, que se fecham com a

maturidade; o ápice da fruta torna-se mais cheio e arredondado e o bico começa aparecer em algumas variedades; e há elevação do ombro (região próxima ao pedúnculo), o qual, na fruta imatura, está em linha reta com o ponto de inserção do pedúnculo. Frutos com formato tipo canivete, com casca rugosa e sem brilho (opaca) e com o nariz (saliência na região oposta ao pedúnculo) afilado, estão fora dos padrões para a colheita (FILGUEIRAS et al., 2000).

Como métodos destrutivos, pode-se utilizar a avaliação de cor da polpa para verificar a evolução da maturação. A escala subjetiva de notas varia de 1 a 5. O fruto no estágio 1 apresenta-se com a cor creme variando de claro a escuro. O fruto no estágio 2 possui cor de creme a amarelo, porém não mais do que 30% do fruto amarelo. No estágio 3, o fruto encontra-se com polpa entre 30% e 60% amarela. No estágio 4, o fruto se encontra com cor variando entre amarelo e laranja, porém até 30% da polpa do fruto com cor laranja. No estágio 5, mais de 90% da polpa apresenta cor laranja (EMEX, 1998).

Colher os frutos o quanto antes, é melhor para potencializar sua vida útil pós-colheita, porém cuidados devem ser tomados a fim de evitar possíveis distúrbios fisiológicos, como observado por Moraes et al. (2002). Os autores verificaram que frutos colhidos no estágio 1 (82 dias após a floração plena) após 12 dias de armazenamento a  $13 \pm 1^\circ \text{C}$  e 99% de UR apresentaram aparência comprometida por aspectos de murcha e sintomas de ataques por fungos, o que não foi observado em frutos colhidos nos estágios 2, 3, 4 e 5 de maturação, submetidos às mesmas condições de armazenamento.

Existem outros atributos destrutivos para se observar a maturação mínima para a colheita, variando de acordo com a variedade da fruta, como, por exemplo, a acidez, o teor de sólidos solúveis e a firmeza da polpa (EMEX, 1998).

#### 1.4 PRINCIPAIS ÍNDICES DE MATURAÇÃO

Retardar as alterações nos atributos como firmeza, sólidos solúveis, acidez titulável, vitamina C e cor da casca e da polpa resulta em retardo do amadurecimento (AGUIAR et al., 2011; BRACKMANN e CERETTA, 1999; FAASEMA et al., 2014; FAGUNDES et al., 2006; LURIE e WEKSLER, 2005; SILVA et al., 2001; SILVA et al., 2005, TEIXEIRA e DURIGAN, 2010). Retardar o amadurecimento implica em retardar a senescência dos frutos (SILVA et al., 2001) e uma consequência disso é o aumento na vida útil.

Mangas Palmer colhidas na maturidade fisiológica e armazenadas apresentam perda de massa e de firmeza, aumento no teor de sólidos solúveis (AGUIAR et al., 2011; BRAZ et al., 2007; SERPA et al., 2014), redução na acidez e aumento de pH (SERPA et al., 2014) e redução no teor de ácido ascórbico (AGUIAR et al., 2011). Em relação às variáveis de cor da casca, o brilho varia pouco, o ângulo Hue diminui, ao contrário da polpa em que a tendência é aumentar (BRAZ et al., 2007), assim como o croma aumenta (SERPA et al., 2014). Assim, o estudo destes atributos dá uma ideia de como os tratamentos aplicados podem ser eficientes na manutenção da qualidade no que diz respeito à conservação pós-colheita.

#### 1.4.1 Firmeza

A perda de firmeza é decorrente de modificações nas paredes celulares através da ação de várias enzimas, como pectinametilesterase, poligalacturonase, celulase e outras que atuam atacando os carboidratos estruturais responsáveis pela firmeza dos tecidos vegetais, havendo decomposição de macromoléculas como pectinas, celulose, hemicelulose e amido. O teor de água também tem relação direta com a textura do vegetal, uma vez que ela é responsável pelo turgor e, conseqüentemente, pela firmeza (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A firmeza diminui com a evolução da maturação e a sua importância está relacionada ao manuseio, transporte e longevidade dos frutos (FEITOSA et al., 2005; SANTOS, 2006).

O amadurecimento de frutos climatéricos é desencadeado pelo etileno e resulta na ativação de várias hidrolases da parede celular, levando ao amaciamento. O processo tem controle genético e, em manga, o gene *MiExpA* está relacionado ao amaciamento e se encontra sob controle do etileno (SANE et al., 2005). O tratamento de mangas com 1-MCP, reconhecido por inibir a ação do etileno (FAASEMA et al., 2014), inibiu parcialmente o amadurecimento das frutas, assim como a expressão do gene *MiExpA*. Conseqüentemente, retardou o amaciamento dos tecidos (SANE et al., 2005). Mangas ‘Palmer’ armazenadas sob refrigeração e submetidas a 1-MCP mantiveram-se mais firmes (HOJO et al., 2009). Zerbini et al. (2015) também observaram, em mangas ‘Haden’, que a redução na firmeza da fruta está diretamente relacionada ao aumento dos níveis de etileno.

A utilização de revestimentos tem sido estudada em vários tipos de fruta, a exemplo do alginato e carragena em pera (MORAES et al., 2012), *Aloe vera* em maçã (SONG et al., 2013), cera de carnaúba em

manga (DANG et al., 2008), quitosana em mamão (ALI et al., 2011), todos eles exercendo algum efeito sobre a firmeza dos frutos.

Manter a firmeza dos frutos atrasa o amadurecimento, aumentando a sua vida útil. Isso tem sido conseguido através do uso de revestimentos em mangas, como a cera de carnaúba, melhorando a sua qualidade através da manutenção deste e de outros atributos de qualidade (DANG et al., 2008).

#### **1.4.2 Sólidos Solúveis (SS)**

Os sólidos solúveis (SS) são constituídos principalmente de açúcares (CONEGLIAN et al., 1993). Estes, em geral, aumentam com a evolução da maturação (CRUZ et al., 2010) e são um importante atributo de qualidade, uma vez que estimam a determinação do ponto de colheita e a quantidade de açúcares (SANTOS, 2006). Este acúmulo de açúcar é decorrente da degradação do amido (MORAES et al., 2002; SILVA, 2004; PERONI et al., 2008; CISSÉ et al., 2015). O aumento no teor de SS em função do tempo é indicativo da evolução da maturação (SILVA et al., 2005). Dessa forma, retardar a evolução do teor de SS implica em aumentar o período de conservação (YAMASHITA et al., 2001).

Durante o amadurecimento da manga, a degradação de amido ocorre (MORAES et al., 2002; SILVA, 2004; PERONI et al., 2008; CISSÉ et al., 2015) devido à ação, principalmente, das enzimas  $\alpha$ -amilase e  $\beta$ -amilase (PERONI et al., 2008). Os açúcares encontrados na manga são glicose, frutose e sacarose, sendo este último encontrado em maior quantidade que os demais, tendo, assim, grande contribuição no teor de SS (BERNARDES-SILVA et al., 2003; SILVA et al., 2008).

No início da maturação de mangas, as transformações nos teores de SS ocorrem mais intensamente (CONEGLIAN et al., 1993). Quando maduras, os valores variam entre as diferentes cultivares de manga, como, por exemplo, em ‘Tommy Atkins’ alcança em torno de 14,5°Brix, (CRUZ et al., 2010), bem como em ‘Kent’ (CISSÉ et al., 2015); a ‘Espada’ apresenta aproximadamente 17 °Brix (GALLI et al., 2013), assim como a ‘Palmer’ (HOJO et al., 2009). Comparando-se as diferentes cultivares, aquelas que apresentam os maiores teores de sólidos solúveis apresentam vantagens no sabor (SANTOS, 2006), em função dos açúcares acumulados (CISSÉ et al., 2015).

Quando a evolução no teor de SS é retardada, há um retardo no amadurecimento. Isso provavelmente deve-se a uma redução na atividade metabólica (SILVA et al., 2001). O retardo na evolução deste

atributo pode ser obtido com a utilização de revestimentos biodegradáveis como quitosana (CISSÉ et al., 2015), fécula de mandioca (SERPA et al., 2014), galactomanana (AGUIAR et al., 2011), entre outros, principalmente quando associado a baixas temperaturas (MIGUEL et al., 2013).

### **1.4.3 Acidez Titulável (AT)**

A acidez titulável (AT), em equilíbrio com os açúcares, é fundamental para a qualidade dos frutos (CONEGLIAN et al., 1993). Em mangas, a AT diminui com a maturidade (MEDINA, 1995; CONEGLIAN et al., 1993; SILVA et al., 2005; HOJO et al., 2009), sendo esta redução atribuída à utilização de ácidos como substrato para a respiração (GARZA et al., 2015) ou pela transformação destes em açúcares (FAASEMA et al., 2014). Essa redução pode ser retardada pelo uso de revestimentos (AGUIAR et al., 2011), como, por exemplo, pela utilização da quitosana em manga (CISSÉ et al., 2015). Foi constatado que, em mangas, a redução da AT é lenta no início da maturação (CONEGLIAN et al., 1993).

O uso do tratamento hidrotérmico juntamente com a aplicação de cera de carnaúba em mangas da cultivar Tommy Atkins foram eficientes em reduzir a taxa de utilização dos ácidos orgânicos (FEITOSA et al., 2005). Com o uso do 1-MCP e refrigeração nesta mesma cultivar, a degradação dos ácidos orgânicos foi mais evidente após a transferência dos frutos para a temperatura ambiente (LIMA et al., 2006). Isto ocorre, em parte, devido à inibição da produção de etileno por parte do 1-MCP (FAASEMA et al., 2014) Já em relação a utilização de revestimentos, o que ocorre é uma redução nas trocas gasosas promovidas pela camada formada sobre a superfície da fruta (PAUL e PANDEY, 2014).

### **1.4.4 Ácido ascórbico**

Os teores de ácido ascórbico diminuem em algumas variedades de manga com a evolução da maturação (MEDINA, 1995; CARDELLO e CARDELLO, 1998; YAMASHITA et al., 2001; FAASEMA et al., 2014). Em outras, porém, como a Kent, o teor aumenta, com redução somente no final da maturação (VAZQUEZ-SALINAS e LAKSHMINARAYANA, 1985). As concentrações altas de ácido ascórbico estão relacionadas à maior síntese de intermediários metabólicos precursores, enquanto as baixas concentrações estão

associadas à oxidação dos ácidos orgânicos durante o amadurecimento (HOJO et al., 2009), servindo, por exemplo, de substrato para a biossíntese de oxalato e tartarato, podendo, ainda, ter outras funções durante o amadurecimento dos frutos (GARZA et al., 2015). Desta forma, retardando o amadurecimento através do uso de revestimentos, pode-se retardar a degradação deste ácido (AGUIAR et al., 2011).

Mundialmente, há um aumento no consumo de frutas frescas, estimulado pela presença de compostos importantes para a saúde. Entre eles, está uma das principais vitaminas hidrossolúveis: a vitamina C, que tem o poder de contribuir para a prevenção do desenvolvimento de algumas doenças crônicas. Os teores desta vitamina variam muito de um fruto para o outro, sendo influenciado inclusive pelo estágio de maturação (VALENTE et al., 2011).

#### **1.4.5 Cor da casca e da polpa**

A cor da casca em mangas muda de verde a amarela com o progresso da maturação, podendo exibir partes vermelhas. As variações na cor da casca representam um fator importante tanto na determinação do grau de maturidade quanto na atração ao consumidor. A aplicação de revestimentos pode ser eficiente em retardar a evolução da cor da casca e da polpa (SANTOS, 2006).

A degradação da clorofila evolui com o tempo de armazenamento (RIBEIRO et al., 2005). Tanto essa degradação quanto o surgimento de carotenoides estão relacionados à produção de etileno (ZERBINI et al., 2015). Desta forma, a utilização de revestimentos em frutos pode ter efeitos sobre este atributo, a exemplo da aplicação de fécula de mandioca, em mangas ‘Palmer’ (SERPA et al., 2014); cera de carnaúba, em goiabas (RIBEIRO et al., 2005); quitosana, em mamão (ALI et al., 2011); e alginato, em pera (MORAES et al., 2012), que contribuíram com manutenção da cor da casca das frutas.

A redução na temperatura de armazenamento também proporciona a manutenção da clorofila, principalmente quando associada à atmosfera modificada, como observado em graviolas (SILVA et al., 2001). O etileno e a baixa umidade relativa podem atuar na perda da cor verde, ou seja na degradação da clorofila, como relatado em maçãs ‘Gala’, indicando que o ideal é manter os frutos sob alta umidade relativa e baixa quantidade de etileno, se o que se pretende é reter por mais tempo a cor verde da casca (BRACKMANN e CERETTA, 1999).

Mangas mais maduras apresentam maior intensidade na cor amarela da polpa (MORAES et al., 2002). Essa evolução ocorre mais rapidamente quando os frutos são armazenados sob condições ambiente. Estudos realizados por Pfaffenbach et al. (2003) e por Vazquez-Salinas e Lakshminarayana (1985) demonstraram isso para diferentes variedades de manga: ‘Tommy Atkins’, ‘Haden’, ‘Irwin’, ‘Kent’ e ‘Keitt’.

### 1.5 RESPIRAÇÃO

A manga apresenta padrão respiratório climatérico (MUDA et al., 1995; BIBI e BALOCH, 2014), como muitas outras frutas tropicais, a exemplo de banana, carambola, goiaba e outras (SANE et al., 2005). Por ser um fruto climatérico, continua seu amadurecimento após a colheita (MITRA e BALDWIN, 1997), caracterizando-se por várias mudanças. As principais alterações que se observam no fruto durante a maturação e o amadurecimento estão relacionadas à respiração e à produção de etileno (MITRA e BALDWIN, 1997). Em condições não controladas, estas mudanças podem levar rapidamente à senescência. Controlando estes efeitos, em condições adequadas, é possível aumentar a vida útil do vegetal (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A respiração de vegetais pode ser um indicador das condições de armazenamento e da longevidade dos mesmos. A diminuição da taxa respiratória é a principal ferramenta usada para prolongar a vida útil de frutos e hortaliças. Isto pode ser feito reduzindo a concentração de oxigênio e/ou aumentando a de dióxido de carbono (MATHOOKO, 1996). A taxa respiratória é consideravelmente reduzida com o armazenamento com alto nível de CO<sub>2</sub> e baixo nível de O<sub>2</sub> para diversos frutos e hortaliças (JAYAS e JEYAMKONDAN, 2002), inclusive para mangas ‘Palmer’ (TEIXEIRA e DURIGAN, 2011). Mangas da cv. Haden, colhidas na maturidade fisiológica, tiveram taxa de consumo de oxigênio variando de 360 a 570 nmol. kg<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> e a taxa de produção de CO<sub>2</sub> de 400 a 670 nmol. kg<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> (ZERBINI et al., 2015).

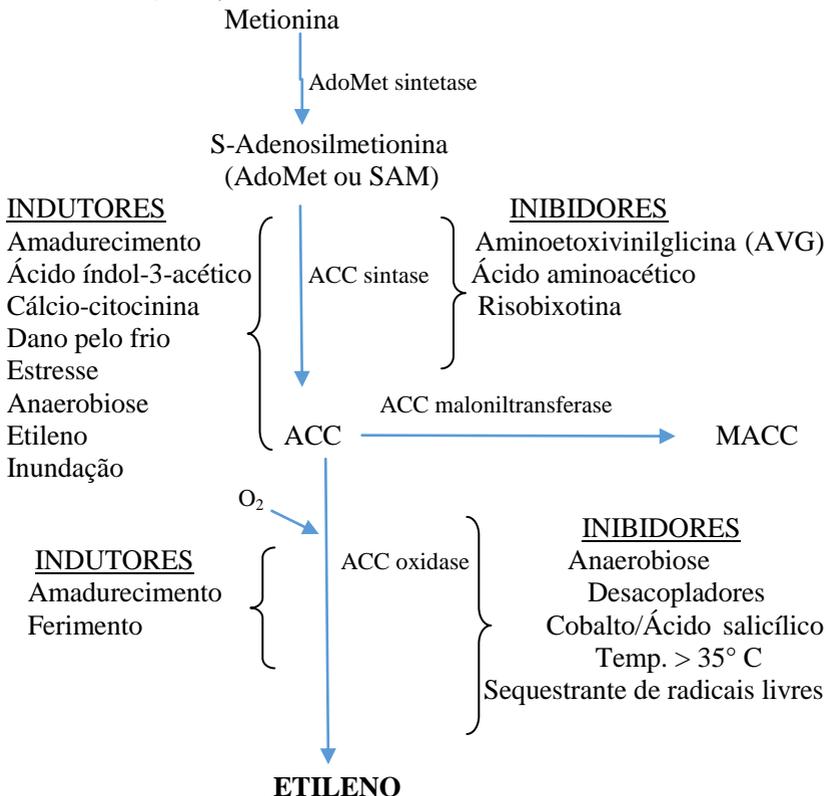
Os revestimentos comestíveis possuem variações quanto a permeabilidade aos gases (O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>) (PAUL e PANDEY, 2014). Desta forma, influenciam a taxa respiratória, a exemplo do que se observa com a utilização de *Aloe vera* em kiwi (BENÍTEZ et al., 2013), repercutindo no amadurecimento dos frutos (PAUL e PANDEY, 2014).

## 1.6 ETILENO

O etileno é um hormônio vegetal que tem profunda influência no amadurecimento de frutos e em muitos outros aspectos do crescimento e desenvolvimento de plantas (PONELEIT e DILLEY, 1993). Por isso, para retardar o amadurecimento de frutos climatéricos, pode-se adotar técnicas para a inibição ou redução na síntese do etileno (FAGUNDES et al., 2006). Porém, para isso, é importante conhecer como ele atua no metabolismo dos vegetais.

Adams e Yang (1979) descreveram a biossíntese do etileno a partir do seu precursor, a metionina. A metionina se converte em S-adenosilmetionina (SAM), que, por sua vez, converte-se em ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), que, posteriormente, produz etileno, conforme o seguinte esquema simplificado (Figura 1):

Figura 1. Esquema simplificado da regulação da biossíntese do etileno (Fonte: MATHOOKO, 1996).



O ACC é um importante intermediário na síntese do etileno. Em maçã, o ACC foi eficientemente convertido a etileno quando os frutos foram incubados ao ar. Nesta condição, a conversão da metionina a etileno diminuiu muito com a redução do ACC, mas a conversão do ACC a etileno foi pouco afetada pela redução da metionina. Isto indica que a biossíntese do etileno diminui quando o ACC é reduzido, mas a conversão do ACC ao etileno quase não é afetada pela metionina (ADAMS e YANG, 1979).

As enzimas chaves da biossíntese do etileno são a sintase do ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC sintase) e a oxidase do ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC oxidase) (PONELEIT e DILLEY, 1993), que produzem respectivamente ACC e etileno. Porém, a malonilação do ACC produz o malonil ACC (MACC), sendo um desvio da via de produção do etileno (KOSLANUND et al., 2005). Um estudo com mangas mostrou que a síntese do etileno pode ser inibida pela alta temperatura, a partir de 36 °C, devido à inibição das enzimas chaves, podendo voltar à produção deste hormônio quando as frutas forem submetidas novamente a temperatura ambiente (KETSIA et al., 1999).

Vários estudos têm sido realizados a fim de entender o amadurecimento da manga e o que se tem visto até hoje é que o etileno tem envolvimento nestes processos. Em mangas, este hormônio regula os genes de enzimas que são responsáveis pela firmeza e acidez (SANE et al., 2005) e pela cor da casca das frutas (ZERBINI et al., 2015).

A produção de etileno também é inibida por altas concentrações de CO<sub>2</sub> (BENDER e BRECHT, 2000), apesar de o CO<sub>2</sub> poder tanto inibir quanto estimular a produção de etileno (MATOOKO, 1996). Através de um estudo com maçãs, foi possível verificar que o CO<sub>2</sub> é importante para a atividade da enzima ACC oxidase, pois, em sua ausência a atividade da enzima foi baixa (PONELEIT e DILLEY, 1993).

Um estudo de biossíntese e produção de etileno feito com “pawpaw”, uma Anonaceae, mostrou que o pico climatérico de etileno coincidiu com alta atividade das enzimas ACC sintase e ACC oxidase bem como alto conteúdo de ACC, com conseqüente diminuição do conteúdo de MACC. Com isso, sugeriu-se que o etileno pode ser regulado pelo nível de malonilação do ACC através da enzima ACC maloniltransferase (KOSLANUND et al., 2005).

A manga é um fruto climatérico, porém os níveis de etileno produzidos são baixos (SILVA et al., 2008). Em mangas ‘Haden’, a

produção de etileno variou de 0,1 a 0,5  $\text{pmol.kg}^{-1}.\text{s}^{-1}$  (ZERBINI et al., 2015).

Sane et al. (2005) submetem mangas da cultivar Dashehari a 100  $\mu\text{L.L}^{-1}$  de etileno exógeno por 24 horas e a resposta foi rápida. Dois dias após a aplicação do tratamento, frutos que inicialmente apresentavam-se com 11 N de firmeza passaram a 1 N. Foi possível observar também um aumento muito rápido no pH, que passou de 3,8, no primeiro dia, para 5,1, aos seis dias, demonstrando a influência do etileno sobre o amaciamento e acidez destes frutos.

## 1.7 CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA

A conservação pós-colheita de frutas é importante para aumentar sua durabilidade. Para isso, deve-se respeitar as características de cada espécie vegetal, a fim de que se possa diminuir o metabolismo da fruta, porém sem causar prejuízo à qualidade e permitindo o seu amadurecimento normal (MIGUEL et al., 2013).

A redução no metabolismo da fruta pode ser obtida por diminuição na taxa respiratória, sendo esta a principal forma de aumentar a vida útil (MATHOOKO, 1996). Isto pode ser feito utilizando algumas tecnologias pós-colheita, como a atmosfera controlada (BENDER e BRECHT, 2000), ou simplesmente através do uso da refrigeração (SILVA, 2004; BALOCH e BIBI, 2012) ou, ainda, utilizando-se revestimentos (ASSIS e LEONI, 2003; AHAMED et al., 2009; TRIGO et al., 2012; BENÍTEZ et al., 2013). Como a manga é uma fruta de vida útil curta, faz-se necessário o uso de tecnologias que aumentem a sua durabilidade (BIBI e BALOCH, 2014). Atualmente, a tecnologia amplamente empregada é a refrigeração (BALOCH e BIBI, 2012). Porém, sabe-se que a redução na temperatura de armazenamento associada a revestimentos tem potencial para aumentar mais a durabilidade das frutas (AGUIAR et al., 2011).

### 1.7.1 Refrigeração

O calor acelera a respiração provocando consumo de carbono do produto e, em consequência disso, compromete a qualidade. Dentro da faixa de temperatura de 0 a 30°C, a cada aumento de 10°C na temperatura, a atividade respiratória pode duplicar, triplicar e até mesmo quadruplicar. Dessa forma, utiliza-se a tecnologia do resfriamento para diminuir o calor do produto ou do ambiente onde este se encontra (HONÓRIO e MORETTI, 2002). Com a redução da temperatura, é

possível obter uma menor ação dos agentes deteriorantes e menor perda de massa ou transpiração do produto (NEVES FILHO et al., 2001).

A refrigeração é importante para manter a qualidade dos frutos por mais tempo, mas há uma faixa específica de tolerância para cada vegetal e cada cultivar em particular. Assim, para vários produtos frescos e suas cultivares, as condições que geram benefícios ou que causam danos são específicas. Em mangas ‘Palmer’ armazenadas a 2°C, 5°C e 12°C, foi observado que as duas menores temperaturas causaram danos às frutas, impedindo o seu amadurecimento (MIGUEL et al., 2013).

De maneira geral, mangas estão sujeitas a dano pelo frio (*chilling injury*) quando armazenadas abaixo de 10°C e a intensidade do dano varia entre cultivares (MITRA e BALDWIN, 1997). Essa desordem fisiológica é tão mais acentuada quanto mais inicial for o estágio de maturação do fruto (FRUPEX, 1994). Em algumas cultivares de manga, o dano pelo frio é manifestado inicialmente como descoloração da casca, seguido pela mudança na cor da polpa (PHAKAWATMONGKOL et al., 2004).

Mangas armazenadas em temperaturas de 16 a 28°C perderam mais massa que as armazenadas de 16 a 22°C. Da mesma forma, a evolução da degradação de ácidos orgânicos foi mais lenta nos frutos submetidos a 16°C. Os teores de carotenóides total e  $\beta$ -caroteno foram significativamente mais altos a 22-28°C que a 16-22°C. Como o padrão de mudanças químicas foi similar em todas as variedades estudadas, Haden, Irwin, Kent e Keitt, as temperaturas mais baixas são recomendadas para o armazenamento, retardando o amadurecimento (VAZQUEZ-SALINAS e LAKSHMINARAYANA, 1985).

O uso de atmosfera modificada associada à refrigeração, geralmente potencializa a conservação pós-colheita (HENZ e SILVA, 1995; SANTOS et al., 2007). Os resultados de Silva et al. (2001) ratificam estas informações em graviolas armazenadas sob atmosfera modificada e refrigeração. As respostas encontradas evidenciaram menor perda de massa, manutenção da firmeza e clorofila total, manutenção dos níveis de SS, AT e açúcares redutores, além de melhor aparência dos frutos.

A extensão da vida útil mantendo a temperatura baixa é baseada no fato de que a taxa respiratória pode ser reduzida e, com isso, as taxas metabólicas são limitadas. Dessa forma, o amadurecimento é retardado, aumentando a vida útil. Porém, a vida útil depende de outros fatores, como o estágio de maturação, que é um fator importante quando se pretende armazenar os frutos (SUBRAMANYAM et al., 1975).

### 1.7.2 Atmosfera modificada e controlada

A alteração da atmosfera de armazenamento reduz a taxa respiratória do vegetal e o desenvolvimento de insetos ou microrganismos (JAYAS e JEYAMKONDAN, 2002), além de regular a biossíntese de etileno, limitando a síntese da enzima ACC sintase e, em alguns casos, da ACC oxidase (MATOOKO, 1996). Atualmente, duas técnicas são baseadas neste princípio: a atmosfera modificada (AM) e a atmosfera controlada (AC). A diferença entre AM e AC está no grau de controle da composição atmosférica. Em armazenamento sob AM, a composição gasosa é modificada inicialmente e as mudanças dependem da taxa de respiração do produto e da permeabilidade do filme ou da estrutura ambiente que condiciona o produto. Em armazenamento sob AC, a atmosfera gasosa é continuamente controlada por todo o período de armazenamento (JAYAS e JEYAMKONDAN, 2002).

A combinação de altas concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> pode prevenir o desenvolvimento de fungos e retardar a perda de firmeza em frutos como morango, sendo os resultados obtidos dependentes da concentração aplicada destes gases, pois é possível que odores desagradáveis, resultantes de processos anaeróbios, sejam formados (PÉREZ e SANZ, 2001), comprometendo a qualidade.

A atmosfera controlada contribui muito com a comercialização de maçãs. Uma condição ótima de AC resulta na manutenção da qualidade, limitando as perdas de firmeza, dos teores de SS e da AT (PEPELLENBOS, 2003).

A atmosfera modificada, por sua vez, serve como suporte para a refrigeração, pois quando associados obtém-se melhores resultados no que diz respeito à conservação pós-colheita (HENZ e SILVA, 1995). Em mangas da cultivar Haden, através do uso de embalagens de filme PVC, foi possível reduzir a perda de massa e manter por mais tempo a firmeza dos frutos, além de retardar o desenvolvimento da cor, quando os frutos foram transferidos para a temperatura ambiente. Com base no conjunto de informações geradas, os autores concluíram que a embalagem de PVC retardou o amadurecimento dos frutos. Porém, quando os frutos foram armazenados em embalagem de PVC por 20 dias, sendo 15 dias sob refrigeração e 5 dias em temperatura ambiente, apresentaram qualidade comprometida, sendo impróprios para o consumo devido ao baixo teor de SS e elevada AT, além de apresentarem-se com odor característico de fruto fermentado (SANTOS et al., 2005). A atmosfera modificada através do uso de filmes de PVC, por exemplo, foi eficaz em manter a firmeza e a acidez de banana

Pacovã, com aumento apenas no teor de SS (ÁLVARES et al., 2005). De maneira semelhante, a submissão de mangas ‘Espada Vermelha’ a atmosfera modificada através do uso de filmes de policloreto de vinil (PVC), polietileno de baixa densidade (PEBD) e polietileno de alta densidade (PEAD) associado à sachê absorvedor de etileno foi eficiente em retardar a perda de firmeza (PFAFFENBACH et al., 2003).

Pode-se obter também a atmosfera modificada através do uso de recobrimentos comestíveis. Estes filmes podem melhorar a comercialização dos frutos através do ‘marketing’ promovido, além de poder preservar a qualidade nutricional e promover maior segurança e tempo de conservação. Estes filmes ou recobrimentos têm como funções retardar a perda de umidade e trocas gasosas, proteger contra injúria ou dano físico, além de reter componentes voláteis constituintes do sabor e odor (CERQUEIRA et al., 2005).

Cerqueira et al. (2005) utilizaram soluções filmogênicas de quitosana, com e sem glicerol, concentrado protéico de soro de leite e glúten em goiabas ‘Kumagai’. Os tratamentos aplicados foram eficientes em reduzir as perdas de massa e de firmeza. A redução da perda de massa é um benefício associado ao uso de revestimento e reportado em diferentes frutas. Por exemplo, o uso de cera em graviolas submetidas à refrigeração reduziu em 23% a perda de massa (LIMA et al., 2004).

A fim de manter a qualidade dos frutos por mais tempo, além da utilização de atmosfera modificada através de embalagens e filmes poliméricos ou revestimentos comestíveis, e a aplicação de altas concentrações de CO<sub>2</sub> por curto tempo de exposição, alguns outros tratamentos pós-colheita são utilizados, como tratamento hidrotérmico, aplicação de revestimentos comestíveis, competidores com o etileno, inibidores da síntese do etileno e radiação gama (HRIBAR et al., 1994; SILVA et al., 2001; DURIGAN et al., 2004; ALONSO et al., 2005; GOLDING et al., 2005; TADDEI et al., 2005), todos associados ao armazenamento sob refrigeração.

### **1.7.2.1 Revestimentos comestíveis**

Revestimentos e filmes são termos usados na área de alimentos, muitas vezes sem distinção. Porém, é importante diferenciá-los: o filme é uma película formada pela secagem da solução do biopolímero preparada separadamente do alimento (por *casting*, por exemplo), que é, posteriormente, aplicado; enquanto o revestimento pode ser uma suspensão ou uma emulsão aplicada diretamente na superfície do alimento, que, após secagem, leva à formação de um filme (PINHEIRO

et al., 2010). Tanto os filmes quanto os revestimentos desempenham um papel importante na conservação, distribuição e comercialização de alimentos. A funcionalidade dos filmes formados está relacionada com as suas propriedades, tais como: funções antioxidantes e antimicrobianas; barreira contra o oxigênio, dióxido de carbono e luz UV; permeabilidade ao vapor de água; alongamento na ruptura; e propriedades físicas, como opacidade e cor (WEISS et al., 2013).

As trocas gasosas podem ocorrer principalmente através da cutícula, lenticelas e região da cicatriz da fruta após destacada da planta. A utilização de revestimentos obstrui parcialmente estas aberturas, reduzindo as trocas gasosas (PAUL e PANDEY, 2014).

O seu uso em produtos hortícolas é baseado em algumas características, como custo, disponibilidade, propriedades mecânicas (flexibilidade e tensão), propriedades óticas (brilho e opacidade), barreira contra gases e permeabilidade ao vapor de água (FALGUERA et al., 2011).

Há possibilidade de controlar a espessura do filme formado, bem como as trocas gasosas entre o vegetal e o ambiente, baseando-se nas propriedades das soluções de revestimento (CISNEROS-ZEVALLOS e KROCHTA, 2003). Entre as propriedades mais importantes a serem avaliadas em um revestimento comestível está a permeabilidade ao vapor de água e a gases, transparência e características sensoriais (FALGUERA et al., 2011). As análises do filme e do revestimento servem como resultados preliminares para a sua aplicação em frutos. Porém, o desempenho do revestimento deve ser analisado no próprio fruto (NAVARRO-TARAZAGA et al., 2011).

Muitos tipos de revestimentos são estudados em diferentes variedades de frutas, como segue:

Tabela 1: Tipos de revestimentos estudados em frutas

Fruta	Revestimento	Autor
Manga	Quitosana	Medeiros et al., 2012; Cissé et al., 2015
	Fécula de mandioca	Chiumarelli et al., 2011; Serpa et al., 2014
	Própolis	Mattiuz et al., 2015
	Amido	Bibi e Baloch, 2014
	Azeite de oliva	Bibi e Baloch, 2014
	Cera de abelha	Bibi e Baloch, 2014
	Benzoato de sódio	Bibi e Baloch, 2014
	Alginato	Chiumarelli et al., 2011

	<i>Aloe vera</i>	Dang et al., 2008
	CMC	Amariz et al., 2010
	Pectina	Medeiros et al., 2012
	Cera de carnaúba	Dang et al., 2008
Citros	Quitosana	Arnon et al., 2014
	Quitosana	Ali et al., 2011
Mamão	CMC	Trigo et al., 2012
	Amido de arroz	Trigo et al., 2012
	Alginato de sódio	Trigo et al., 2012
	Quitosana	Santos et al., 2012
Uva	<i>Aloe vera</i>	Valverde et al, 2005; Serrano et al., 2006
	Alginato	Díaz-Mula et al., 2012
Maçã	<i>Aloe vera</i>	Song et al., 2013
	Fécula de mandioca	Chiumarelli et al., 2012
	Cera de carnaúba	Chiumarelli et al., 2012
	<i>Aloe vera</i>	Guillén et al., 2013
Pêssego	Cera de abelha	Navarro-Tarazaga et al., 2011
	HPMC	Contreras-Oliva et al., 2011
Ameixa	<i>Aloe vera</i>	Guillén et al., 2013
Tomate	<i>Aloe vera</i>	García et al., 2014
Kiwi	<i>Aloe vera</i>	Benítez et al., 2012
	<i>Aloe vera</i>	Moraes et al., 2012
Pera	Carragena	Moraes et al., 2012
	CMC	Hussain et al., 2010

Algumas destas matérias-primas para revestimentos serão tratadas com maiores detalhes a seguir.

### 1.7.2.1.1 Cera de carnaúba

A cera de carnaúba é muito utilizada para revestimento em frutas desde 1950 (ASSIS, 2009). Para sua utilização como revestimento, utiliza-se a emulsão diluída em água (RIBEIRO et al., 2005; DANG et al., 2008). Esta cera é interessante quando se pretende ter uma barreira à perda de água (RODRIGUES et al., 2014). Porém, em algumas de suas preparações, há compostos que não são comestíveis nem biodegradáveis, como parafina e polietileno. A utilização destes compostos visa amenizar a aparência fosca que esta cera dá aos frutos (ASSIS, 2009). A sua opacidade se deve à concentração utilizada,

podendo comprometer a qualidade dos filmes quando a alta transparência é necessária (RODRIGUES et al., 2014). O uso da cera como revestimento de frutos tem aumentado a vida útil pós-colheita e tem influência especialmente sobre a perda de peso (DANG et al., 2008; SREENIVAS et al., 2011). Em manga, a cera de carnaúba, aplicada por imersão na proporção de 1:1, foi eficiente na redução da taxa respiratória e da perda de firmeza (DANG et al., 2008).

#### **1.7.2.1.2 *Aloe vera***

Os estudos com gel de *Aloe vera* como revestimento de frutos são relativamente recentes (VALVERDE et al., 2005, SERRANO et al., 2006). Estes estudos têm reforçado seu uso como bastante promissor, pois tem controlado o desenvolvimento microbiano em frutos, como kiwi e uva, sem prejudicar o sabor ou o aroma (VALVERDE et al., 2005; BENÍTEZ et al., 2013); diminui a respiração, aumentando, assim, a vida útil do fruto; e retarda a perda da firmeza (AHAMED et al., 2009; BENÍTEZ et al., 2013). Em uvas, retarda o escurecimento e a desidratação da ráquis (VALVERDE et al., 2005). Retarda a oxidação, em maçãs fatiadas (SONG et al., 2013). Mas, no geral, não são eficientes em reter a perda de massa (DANG et al., 2008; GARCÍA et al., 2013; GUILLÉN et al., 2013). Porém, sua aplicação em mangas, sem a utilização de aditivos, tanto na diluição 1:1 ou 100% não gerou efeitos positivos quando se comparou com a cera de carnaúba, em que os resultados são mais proeminentes em relação, por exemplo, à redução da taxa respiratória (DANG et al., 2008). O *Aloe vera* é, ainda, capaz de retardar a perda de compostos fenólicos, tanto da casca quanto da polpa de uvas roxas e reter o teor de vitamina C (SERRANO et al., 2006). O gel de *Aloe vera* também foi eficiente em manter a qualidade de nectarinas, tanto em temperatura ambiente quanto sob refrigeração (AHMED et al., 2009).

Para o preparo, geralmente utiliza-se o gel do *Aloe vera* diluído em água destilada, com posterior imersão do fruto (ROMERO et al., 2006; DANG et al., 2008). Porém, a utilização de alguns aditivos pode melhorar as características do filme formado (OLIVEIRA e CEREDA, 2003).

#### **1.7.2.1.3 Carboximetil celulose (CMC)**

A CMC é um derivado da celulose, sendo amplamente estudada como revestimento (ARNON et al., 2014). Sua preparação como

revestimento consiste em diluir o pó em água aquecida a 70°C sob agitação constante (TRIGO et al., 2012).

A CMC combinada com quitosana promoveu efeito positivo em relação à manutenção da firmeza de laranjas e toranjas, mas não foi eficaz em reduzir a perda de peso (ARNON et al., 2014). A utilização de CMC a 1%, como revestimento, aumentou a vida útil de peras, principalmente quando combinado com irradiação, mas sem efeito significativo sobre a perda de firmeza. As concentrações de 0,25% a 0,75% de CMC não promoveram extensão da vida útil daqueles frutos (HUSSAIN et al., 2010). A utilização de CMC a 0,25% em mamões permitiu uma redução na taxa respiratória dos frutos (TRIGO et al., 2012). Em mangas ‘Tommy Atkins’, a CMC a 0,8% associada a dextrina a 0,3%, foi eficiente em atrasar a evolução da cor da casca, o teor de sólidos solúveis e acidez (AMARIZ et al., 2010).

#### **1.7.2.1.4 Cera de abelha**

Algumas fontes lipídicas, como o ácido oleico e a cera de abelha, conferem aos filmes formados mais opacidade e perda de brilho do que os filmes sem a adição destes lipídeos, principalmente do segundo, o que se deve à formação de grandes agregados lipídicos nas partes internas e superficiais da película (FABRA et al., 2009). Assim, quanto maior a concentração de cera de abelha, maior é a opacidade e a perda de brilho do revestimento. Porém, seu uso como revestimento de frutos justifica-se devido à constituição de uma barreira contra a umidade (NAVARRO-TARAZAGA et al., 2011), por ser comestível e de baixo custo (YANG e PAUSON, 2000). Lipídeos, no geral, tornam os filmes leitosos, aumentando a sua opacidade (NAVARRO-TARAZAGA et al., 2011).

O preparo da solução se dá pelo aquecimento da cera de abelha com aditivos, que podem ser hidróxido de potássio e éter etílico (OLIVEIRA e CEREDA, 2003).

A cera de abelha foi eficiente em reduzir a perda de peso de ameixas, sendo este efeito em função da concentração de forma que a partir de 40% os efeitos não mudaram. À medida que se aumenta a concentração de cera de abelha, diminui-se a permeabilidade ao vapor de água (WEISS et al., 2013), como observado em mangas ‘Tommy Atkins’ por BIBI E BALOCH (2014), que não relataram efeitos sobre outros atributos.

### **1.7.2.1.5 Quitosana**

A quitosana é um polissacarídeo (HOSSEINI et al., 2013) com efeito de conservação sobre frutos, com controle na perda de peso, manutenção da firmeza e de sólidos solúveis (ALI et al., 2011). Promove efeitos positivos sobre a qualidade de mangas minimamente processadas, no que diz respeito à perda de água e à qualidade sensorial, teor de sólidos solúveis, acidez titulável e ácido ascórbico.

A quitosana, com sua carga positiva, interage com as membranas carregadas negativamente, alterando a permeabilidade da célula (CISSÉ et al., 2015). Alguns estudos revelam a eficácia do revestimento de quitosana como efeito bactericida e fungicida (CHIEN et al., 2007; SANTOS et al., 2008).

O alto grau de hidrofobicidade da quitosana tem sido atribuído aos grupos desacetilados presentes na cadeia polimérica, ao redor dos quais é favorecida uma grande migração de moléculas de água. Adicionalmente, a estrutura porosa característica desses filmes contribui para uma fácil retenção de água na matriz. O principal aspecto negativo da presença de água nesses filmes é que esta acelera os processos degradativos. A água provoca intumescimento e dilatação da estrutura do polissacarídeo, o que reduz a aderência e pode gerar rupturas e escamações das camadas subjacentes, expondo a superfície a uma rápida ação bacteriana e ao crescimento de fungos (ASSIS e ALVES, 2002).

A quitosana é relativamente barata e fácil de dissolver (ARNON et al., 2014). Porém, somente se dissolve em pH baixo, sendo, desta forma, necessário dissolvê-la em meios como ácido acético glacial e ácido láctico a 1%, requerendo também homogeneização por 2 horas (ALI et al., 2011, MEDEIROS et al., 2012; SANTOS et al., 2012; PINHEIRO et al., 2012). Em mangas ‘Tommy Atkins’, reduziu a perda de peso, atrasou o declínio da firmeza, reduziu a taxa respiratória, tendo, também, influência sobre os teores de sólidos solúveis, acidez e pH (CISSÉ et al., 2015).

### **1.7.2.1.6 Fécula de mandioca**

A fécula de mandioca é um carboidrato que possui elevado teor de amilopectina e menor teor de amilose, o que o diferencia de cereais, como o amido de milho e o trigo, em relação à solubilização. Quanto maior o teor de amilose do amido, maior a estabilidade do filme produzido quando submetido a diferentes umidades (LAWTON, 1996).

Outras fontes de amido, como o milho, têm sido também estudadas, porém, alguns estudos verificaram que a fécula de mandioca foi mais eficiente na manutenção da qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’ que o amido de milho, retardando a perda de massa, o pH, a cor da casca e a relação SS/AT (VIEIRA et al, 2009).

Os filmes também diminuem a resistência ao rasgo quando são submetidos a altas ou baixas umidades relativas. Filmes elaborados a partir de amido, submetidos à umidade relativa de 51% e 75% tiveram alta resistência ao rasgo, enquanto que, quando submetidos a 15% e 33%, tiveram baixa resistência (LAWTON, 1996). A fécula de mandioca tem alta permeabilidade a vapor de água, o que pode ser melhorado com a adição de surfactantes. Uma das vantagens de sua utilização como revestimento é a baixa opacidade e as principais desvantagens são a baixa resistência mecânica, que leva à sugestão de uso como revestimento duplo, e alta permeabilidade à água, o que, neste último caso, pode ser resolvido com a adição de lipídeos (CHEN et al., 2009; MULLER et al., 2011). A fécula de mandioca reduz a perda de massa de mangas de forma inversamente proporcional à sua concentração (SCANAVA JÚNIOR et al., 2007).

Para o preparo da solução de revestimento, utiliza-se diluir a fécula de mandioca em água destilada e aquecer a mistura a 70° C, até que ocorra a geleificação. Em seguida, é deixada em repouso para que esfrie até a temperatura ambiente, sendo, então, utilizada, geralmente imergindo os frutos nessa solução (VICENTINI et al., 1999).

#### **1.7.2.1.7 Alginato de sódio**

Alginatos são polímeros lineares compostos por resíduos de  $\alpha$ -l-gulurônico (g) e  $\beta$ -D-manurônico (M) presentes em proporções e sequência variáveis na parede celular e espaço intercelular de algas marrons (MIGUEL et al., 2009) como *Macrocystis* (SILVA et al., 2009). É bastante utilizado como revestimento de frutas, com efeito relatado na conservação de mamões minimamente processados, reduzindo o número de coliformes (TRIGO et al., 2012). Em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas, o alginato diminuiu a respiração, aumentando o período de conservação (CHIUMARELLI et al., 2011). Em cerejas tratadas com alginato de sódio a 1%, 3% e 5%, também se observou aumento da vida útil (DÍAZ-MULA et al., 2012). Também é eficiente, a 1%, na conservação de uvas (MIGUEL et al., 2009).

O alginato é comumente utilizado com  $\text{CaCl}_2$ , devido à capacidade de formar géis fortes (PERETTO et al., 2014).

A preparação da solução de alginato para ser utilizada como revestimento consiste em misturá-lo à água destilada, com posterior agitação mecânica (SILVA et al., 2009). Ainda no preparo, algumas vezes são utilizados o cloreto de cálcio, como agente de reticulação (TRIGO et al., 2012).

Em alguns revestimentos, são adicionados componentes com finalidades específicas, como por exemplo, óleos essenciais de carvacrol (componente do orégano e do tomilho), durante a elaboração de filmes de alginato de sódio, com a finalidade de inibir microrganismos, como *Botrytis cinera* e *Escherichia coli*, em morangos (PERETTO et al., 2014).

Além destes, muitos outros revestimentos, como amido de arroz (TRIGO et al., 2012), carragena (MORAES et al., 2012), dextrina (AMARIZ et al., 2010), concentrado proteico de soro de leite (ALLEONI et al., 2006), zeína (BAI et al., 2003), galactomanana (AGUIAR et al., 2011), entre outros, estão sendo estudados com a finalidade de indicar alguns que possam ser utilizados na pós-colheita dos frutos, com o objetivo de aumentar a sua vida útil. Apesar de muitos estudos, ainda não se tem utilização comercial em manga de nenhum revestimento, com exceção da cera de carnaúba, mesmo assim, possuindo limitações quanto ao seu uso, como mencionado anteriormente. Portanto, há a necessidade de maiores estudos que detalhem as respostas da manga a diferentes revestimentos, na busca por composição compatível com as necessidades dos diferentes agentes da cadeia.

## CAPÍTULO 2

### ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE REVESTIMENTOS DE DIFERENTES COMPOSTOS QUÍMICOS

#### 2.1. INTRODUÇÃO

Produtos biodegradáveis são hoje observados com mais atenção e são fontes de pesquisa, por exemplo, para material de embalagens para frutas e hortaliças (SREENIVAS et al., 2011). Muitos estudos têm avaliado diferentes materiais biodegradáveis, tanto em relação à qualidade da fruta após a sua aplicação, quanto às características do filme formado (PINHEIRO et al., 2012, MEDEIROS et al., 2012).

Várias matérias-primas têm sido estudadas para elaboração de filmes para aplicação na conservação pós-colheita de frutas e hortaliças. Porém, nem sempre o resultado é a formação de um filme, que, por definição corresponde a uma película formada pela secagem da solução do biopolímero preparada separadamente do alimento (por *casting*, por exemplo), que é, posteriormente, aplicado. Revestimentos também têm sido testados com resultados importantes para manutenção da qualidade. Correspondem a uma suspensão ou uma emulsão aplicada diretamente na superfície do alimento, que, após secagem, leva à formação de um filme (PINHEIRO et al., 2010).

Dentre os materiais utilizados para constituírem os revestimentos, encontram-se os polissacarídeos, considerados eficientes em diminuir a respiração dos frutos (CHIUMARELLI e HUBINGER, 2012). Um dos exemplos é a fécula de mandioca.

A mandioca é cultivada em todas as regiões brasileiras (TAKAHASHI, 2009), sendo um produto acessível e de baixo valor comercial, muito utilizada na culinária em todo o país, especialmente nas regiões Norte e Nordeste. Além da importância da raiz para a alimentação humana, a fécula de mandioca vem sendo bastante estudada como revestimento ou para formação de filmes para várias aplicações (CHEN et al., 2009; CHIUMARELLI e HUBINGER, 2012; RODRIGUES et al., 2014).

Outros carboidratos, a exemplo da carboximetil celulose (CMC), estão sendo amplamente estudados, a fim de que possam ser utilizados em frutos e hortaliças (HUSSAIN et al., 2010, ARNON et al., 2014). Os resultados têm sido promissores para alguns vegetais. Porém, sabe-se que revestimentos à base de carboidratos algumas vezes não são

eficientes na restrição da perda de peso (ARNON et al., 2014) quando comparado às ceras (SREENIVAS et al., 2011), mas reduzem a respiração dos frutos, fazendo com que haja um atraso no amadurecimento (AHMED et al., 2009, BENÍTEZ et al., 2013). Para que haja um retardo na perda de peso, este tipo de revestimento pode ser associado a aditivos que cumpram este papel, como os lipídicos (RODRIGUES et al., 2014), e um agente plastificante, como glicerol (PEREDA et al., 2014). A CMC tem sido associada não somente a aditivos como também à irradiação, com um aumento significativo na vida útil de peras (HUSSAIN et al., 2010).

A quitosana também é um componente bastante estudado (ARNON et al., 2014; HOSSEINI et al., 2013; PÉREZ-GALLARDO et al., 2012). Em alguns revestimentos, ela tem sido associada a outros produtos para permitir propriedades específicas. Por exemplo, filmes elaborados com gelatina de peixe apresentaram-se bem mais quebradiços que aquelas que continham quitosana, ou seja, a quitosana torna o filme mais rígido. A proporção de 60:40 (gelatina de peixe:quitosana) pode ser ótima para interações entre os biopolímeros. Assim, a flexibilidade da película formada pode ser modificada alterando a proporção entre a proteína e o polissacarídeo. No entanto, os autores acreditam que a adição da quitosana a filmes de gelatina produz filmes mais flexíveis, por acreditar que a quitosana participa do enfraquecimento ou redução do número de ligações de hidrogênio, atuando como plastificante (HOSSEINI et al., 2013). Desta forma, a adição de quitosana em soluções de gelatina de peixe aumentou a resistência à tração e o módulo de elasticidade, como também diminuiu o alongamento na ruptura. Além disso, houve redução da permeabilidade dos filmes ao vapor d'água. Também foi relatado que os filmes apresentaram-se bastante transparentes (HOSSEINI et al., 2013; PÉREZ-GALLARDO et al., 2012). A quitosana, ainda, aumenta o brilho dos revestimentos (ARNON et al., 2014).

Em algumas situações, revestimentos de quitosana podem descascar. Desta forma, um estudo investigou a utilização de uma bicamada de revestimento contendo CMC e quitosana, com a aplicação de uma sobre a outra, com a intenção de combinar as vantagens de cada revestimento (ARNON et al., 2014).

Outros revestimentos são usados como aqueles à base, por exemplo, de caseinato, cera de abelha (FABRA et al., 2009), galactomanana (LIMA et al., 2010) e glúten (MANGATA et al., 2001).

Geralmente, a elaboração de soluções para revestimento de frutas contém aditivos com o fim de melhorar as características dos

filmes formados (OLIVEIRA e CEREDA, 2003), como glicerol (MORAES et al., 2012), cisteína, ácido cítrico, ácido ascórbico (SONG et al., 2013), tween 20 (AHMED et al., 2009), tween 80, span 60, benzoato de sódio (SREENIVAS et al., 2011) e ácido oleico (FABRA et al., 2009).

O glicerol em soluções de revestimento atua como plastificante (PARRA et al., 2004, GARCÍA et al., 2005; PEREDA et al., 2012; HOSSEINI et al., 2013). Como componente do revestimento, o glicerol diminui a transmissão do vapor de água através do filme. Outros plastificantes também são utilizados, como o glutaraldeído e o polietileno glicol (PARRA et al., 2004). Por sua vez, o uso do óleo de girassol tem o objetivo de melhorar as propriedades de barreira ao vapor d'água da película e aumentar o brilho da fruta (VIEIRA et al., 2009). O span 80, o tween 80 e o tween 20 são usados como agentes tensoativos (ALI et al., 2011; RODRIGUES et al., 2014). Os agentes tensoativos ou surfactantes são substâncias que possuem higroscopicidade e hidrofobicidade simultaneamente (CHEN et al., 2009).

Ainda em relação à elaboração de revestimentos para frutas e filmes com a utilização de aditivos, a fim de melhorar suas características, temos, por exemplo, filmes de mandioca produzidos com glicerol, que se apresentaram transparentes, homogêneos e flexíveis. Já os produzidos com glutaraldeído tornaram-se ligeiramente opacos. Esses aditivos, glicerol e glutaraldeído, bem como polietileno glicol, quando misturados à base de fécula de mandioca aumentam a flexibilidade e diminuem a permeabilidade dos filmes ao vapor de água (PARRA et al., 2004).

Um outro revestimento que vem sendo estudado ao longo dos anos é a cera de abelha (YANG e PAUSON, 2000; FABRA et al., 2009; CHEN et al., 2009; SREENIVAS et al., 2011; NAVARRO-TARAZAGA et al., 2011). O uso da cera de abelha justifica-se porque constitui uma barreira contra a umidade, é comestível e de baixo custo (YANG e PAUSON, 2000). Ela é também utilizada como aditivo, sendo adicionada a alguma solução de revestimento, como soluções de polissacarídeos (hidroxipropil metilcelulose, por exemplo) (CHEN, et al., 2009; CONTRERAS-OLIVA et al., 2011). É importante destacar que a adição de cera de abelha torna o filme menos resistente à tração e com menor capacidade de alongação (NAVARRO-TARAZAGA et al., 2011).

As ceras são aplicadas como uma emulsão, com emulsificantes adequados e plastificantes (SREENIVAS et al., 2011). A adição de lipídios torna os filmes mais opacos, como ocorre com ameixas tratadas com cera de abelha (NAVARRO-TARAZAGA et al., 2011). Esta

opacidade é notável quando se utiliza a cera de abelha, devido à formação de grandes agregados lipídicos (FABRA et al., 2009).

O estudo do gel de *Aloe vera* em revestimento de frutos é recente se comparado a outros (VALVERDE et al., 2005; ROMERO et al., 2006, ADETUNJI et al., 2012). Pouco ou nenhum estudo existe sobre as características do revestimento à base do *Aloe vera*. As pesquisas já realizadas têm sido voltadas para a conservação pós-colheita de frutas frescas ou minimamente processadas, gerando resultados muito promissores (BENÍTEZ et al., 2013). Relata-se também o *Aloe vera* sendo utilizado adicionado a revestimentos à base de outras substâncias, como polissacarídeos (CHAUHAN et al., 2013). Além de aumentar a vida útil das frutas, com diferença nos atributos de qualidade, o *Aloe vera* também é eficiente em reduzir a contaminação microbiana (VALVERDE et al., 2005), sendo esse efeito dependente da concentração (BENÍTEZ et al., 2013).

A quantidade de *Aloe vera* é limitada principalmente pelo sabor residual deixado na fruta. Em kiwi minimamente processado, por exemplo, a quantidade limitante foi de 20%, quantidade esta que é suficiente para promover efeitos positivos em relação à vida útil do produto (BENÍTEZ et al., 2013). Porém, para frutos como a manga, que geralmente são higienizados antes do seu consumo, a quantidade de *Aloe vera* não influenciará o sabor da fruta no momento do seu consumo, até porque este tipo de fruto geralmente não é consumido com a casca. Desta forma, o sabor desagradável do *Aloe vera* não é um fator limitante em relação à quantidade a ser utilizada, podendo-se utilizar o gel na sua forma pura (DANG et al., 2008). Estudos para verificar a viabilidade da sua utilização em frutas, assim como as concentrações adequadas, são necessários.

Entre os revestimentos biodegradáveis que têm potencial para utilização comercial em mangas, pode-se citar, ainda, o alginato de sódio. Existem estudos caracterizando-o como filme para utilização em alimentos (MORAES et al., 2012), porém há pouca informação a respeito das características deste revestimento. Sabe-se, porém, que o alginato é utilizado como revestimento de frutas, em combinação com o  $\text{CaCl}_2$ , devido à sua capacidade de formar géis fortes. Destaca-se, como uma importante propriedade do filme formado, a de inibir o crescimento de fungos (PERETTO et al., 2014).

Tanto o *Aloe vera* quanto o alginato de sódio são carboidratos (TRIGO et al., 2012). Ambos têm efeitos sobre a conservação de frutos quando aplicados na forma de gel, diminuindo a respiração

(CHIUMARELLI et al., 2011; CHIURARELLI e HUBINGER, 2012; DÍAZ-MULA et al., 2012; MIGUEL et al., 2009; BENÍTEZ et al., 2013). Porém, assim como outros carboidratos, não são eficientes na retenção da água presente no alimento (DANG et al., 2008; GARCÍA et al., 2013; GUILLÉN et al., 2013; SREENIVAS et al., 2011).

Existem muitas pesquisas em relação a frutas revestidas, porém a maioria dos resultados não são conclusivos e/ou ainda não se tem aplicação comercial, como é o caso da carragena, em peras (MORAES et al., 2012), *Aloe vera*, em kiwi (BENÍTEZ et al., 2013), tomates (GARCÍA et al., 2013) e maçãs (SONG et al., 2013) e alginato e CMC, em mamão (TRIGO et al., 2012).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar as propriedades físicas, avaliar a aceitação visual dos revestimentos propostos e definir a melhor concentração de cada um deles para posterior aplicação em mangas após a colheita.

## 2.2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 Matéria-prima

A base dos revestimentos foi constituída por fécula de mandioca, cera de abelha, gel de *Aloe vera*, alginato de sódio, carboximetil celulose (CMC), quitosana e cera de carnaúba. A fécula de mandioca utilizada foi da marca Amafil, adquirida em supermercado local em Petrolina-PE, Brasil. A cera de abelha bruta foi cedida por um apicultor da cidade de Petrolina-PE. O gel de *Aloe vera* também foi gentilmente cedido pela empresa Aloe do Vale, localizada na cidade de Petrolina-PE. O alginato de sódio e a carboximetil celulose (CMC) utilizados foram das marcas Dinâmica e Synth, respectivamente. A quitosana foi adquirida em Fortaleza-CE, Brasil, através da empresa Polymar. A emulsão de cera de carnaúba utilizada foi da marca Ben te vi Premim-M<sup>TM</sup>, Brasil.

Além desses compostos, base do revestimento, as soluções/emulsões continham aditivos específicos. O óleo de girassol foi adquirido em supermercado local da cidade de Petrolina-PE. Os reagentes ácido acético e glicerol utilizados foram da marca Química Moderna e os reagentes tween 80 e span 80 utilizados foram da marca Merck.

A elaboração e a caracterização das soluções foram realizadas na Embrapa Agroindústria Tropical e na Universidade Federal do Ceará, na cidade de Fortaleza-CE, Brasil.

Para a análise sensorial, foram revestidas mangas da cultivar Tommy Atkins.

## 2.2.2 Elaboração das soluções

### 2.2.2.1 Fécula de mandioca

As soluções de fécula de mandioca foram preparadas nas concentrações de 1,0% (m/v), 2,0%, 2,5% e 3,0%. A fécula foi pesada em balança analítica, antes da adição de água destilada. A mistura foi homogeneizada e aquecida, sob agitação, até a completa gelatinização do amido. Para assegurar a gelatinização, a mistura foi submetida à temperatura de 80°C por 5 minutos. Adicionou-se 0,3% (v/v) de óleo de girassol, 0,3% (v/v) de tween 80 e 5% (v/v) de glicerol. A solução contendo os aditivos foi homogeneizada em ultra turrax a 10.000 rpm, por 3 minutos (Figura 2).

Figura 2: Aspecto da solução de fécula de mandioca contendo aditivos.



Foto: Adriane Luciana da Silva.

### 2.2.2.2 Cera de abelha

As soluções de cera de abelha foram preparadas nas concentrações de 2% (m/v), 4% e 6%. Foram pesadas, em balança analítica, quantidades suficientes para preparar misturas com 15% (m/m) de span 80 e 5% (m/m) de tween 80, em relação ao peso da cera, seguindo a metodologia utilizada por Rodrigues et al. (2014). A utilização de dois tensoativos foi embasada por trabalhos publicados em que ambos foram utilizados no preparo de soluções de ceras para uso como revestimento. No mesmo copo de bécker que continha os tensoativos, a cera de abelha bruta foi pesada. Em outro copo de bécker, pesou-se a água destilada. Ambos os copos foram levados para o banho-maria a 100°C, por aproximadamente 10 minutos, ou tempo suficiente para a dispersão da cera e aquecimento da água destilada. Após a

liquefação da cera, no copo de bécker que continha também o span 80 e o tween 80, adicionou-se 0,3% (v/v) de óleo de girassol. Em seguida, a água destilada contida no copo de bécker, após aquecida, foi adicionada à cera diluída com os demais componentes. Os componentes foram homogeneizados em ultra turrax por aproximadamente 2 minutos na velocidade 10, com a haste do equipamento previamente aquecida com água destilada quente. Após, a emulsão foi filtrada em TNT (tecido não tecido) para retenção das impurezas contidas naturalmente na cera de abelha (Figura 3).

Figura 3: Aspecto da solução de cera de abelha contendo aditivos.



Foto: Adriane Luciana da Silva.

### **2.2.2.3 *Aloe vera***

O gel foi diluído nas concentrações 2:1; 1:1 e 1:2 (gel de *Aloe vera*:água destilada), sendo os volumes medidos em proveta. Na solução aquosa de *Aloe vera*, adicionou-se 0,3% (v/v) de tween 80. Posteriormente, os componentes foram homogeneizados em ultra turrax por 3 minutos na velocidade 11 (Figura 4). O óleo de girassol, utilizado para conferir brilho e proporcionar uma barreira ao vapor de água não foi utilizado nesta formulação, sendo sua ausência justificada pelas características apresentadas pelo gel de *Aloe vera*, assim como o glicerol, que tem como finalidade proporcionar transparência e flexibilidade.

Figura 4: Aspecto da solução de *Aloe vera* contendo aditivos.



Foto: Adriane Luciana da Silva.

#### 2.2.2.4 Alginato de sódio

Foram elaboradas soluções de alginato de sódio a 0,5% (m/v), 1,0%, 1,5%, 2,0% e 2,5%, pesando-se o componente principal, em balança analítica e, posteriormente, adicionando-se água destilada. Os componentes foram misturados com bastão de vidro e a eles foram adicionados 0,3% (v/v) de óleo de girassol, 0,3% (v/v) de tween 80 e 5% (v/v) de glicerol. Os componentes foram homogeneizados em ultra turrax a 13.000 rpm, por 3 minutos (Figura 5).

Figura 5: Aspecto da solução de alginato de sódio contendo aditivos.



Foto: Adriane Luciana da Silva.

#### 2.2.2.5 Quitosana

As soluções de quitosana foram preparadas nas concentrações de 1,5% (m/v); 2,0%; 2,5% e 3,0%. A quitosana foi pesada em balança analítica e, em seguida, foi adicionada uma parte do volume total da água destilada. Em seguida, o pH da solução foi ajustado para aproximadamente 3, adicionando-se ácido acético glacial PA. A solução foi, então, transferida para uma proveta e o volume final foi completado com água destilada. A solução foi transferida para um bécker, em que foi adicionado óleo de girassol a 0,3% (v/v); tween 80 a 0,3% (v/v) e glicerol a 5% (v/v). A solução foi homogeneizada em ultra turrax a 12.000 rpm, por 3 minutos (Figura 6).

Figura 6: Aspecto da solução de quitosana contendo aditivos.



Foto: Adriane Luciana da Silva.

### 2.2.2.6 Carboximetil celulose (CMC)

Para o preparo do revestimento de CMC foram elaboradas as formulações nas seguintes concentrações: 0,5% (m/v); 1,0%, 1,5% e 2%. A CMC foi pesada em balança analítica. Em seguida, foi adicionada água destilada e a mistura foi submetida a banho-maria, a 50°C, até a sua dissolução. Após a retirada do banho-maria, adicionou-se óleo de girassol a 0,3% (v/v), tween 80 (polissorbato) a 0,3% (v/v) e glicerol a 5% (v/v), em relação ao volume final da solução. A solução foi homogeneizada no equipamento ultra turrax a 12.000 rpm, por 3 minutos (Figura 7).

Figura 7: Aspecto da solução de CMC contendo aditivos.



Foto: Adriane Luciana da Silva.

### 2.2.2.7 Cera de carnaúba

A emulsão de cera de carnaúba (Ben te vi Premim-M<sup>TM</sup>, Brasil) foi pesada em balança semi-analítica, adicionada de água destilada na proporção 1:2 (emulsão de cera de carnaúba:água destilada) e homogeneizada em ultra turrax na velocidade 11 por 3 minutos. Para este tipo de revestimento, não foram testadas outras formulações, pois a solução de cera de carnaúba nesta proporção já é utilizada

comercialmente por algumas fazendas de exportação de mangas da região do Submédio do São Francisco. Esta serviu como testemunha para o trabalho, comparando-se todos os revestimentos a essa solução (Figura 8).

Figura 8: Aspecto da solução a partir da emulsão de cera de carnaúba.



Foto: Adriane Luciana da Silva.

Todas as soluções para elaboração dos revestimentos foram preparadas em triplicata.

### 2.2.3 Caracterização das soluções

Os revestimentos foram caracterizados em relação à cor, opacidade e viscosidade, sendo as duas primeiras realizadas na Embrapa Agroindústria Tropical e a última na Universidade Federal do Ceará (UFC), instituições localizadas em Fortaleza-CE, Brasil.

A cor das soluções foi determinada utilizando um colorímetro Konica Minolta modelo CR 400. A cor foi determinada por meio dos atributos L (brilho) e C (croma), procedendo-se às análises sob a luz ambiente.

A opacidade dos revestimentos foi determinada utilizando espectrofotômetro Varian, modelo Cary 50, segundo a metodologia proposta por Gontard et al. (1992). As soluções foram colocadas dentro de uma cubeta transparente de vidro e foi feita uma varredura de absorvância de 400 a 800 nm. O equipamento foi calibrado com a cubeta contendo água destilada, como 100% de transmitância. A opacidade foi definida como a área sob a curva, determinada por integração, por meio do método trapezoidal e expressa como unidades de absorvância x nanômetros (A.nm).

As análises de viscosidade foram realizadas na UFC, no Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos. A viscosidade das soluções de revestimento foram determinadas em aparelho viscosímetro modelo SHOTT AVS 350, utilizando capilar de vidro.

Os resultados foram submetidos à análise de variância separadamente a fim de comparar entre si as concentrações de cada solução, de forma independente, com a cera de carnaúba. Para isto, foi realizado o Teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

#### **2.2.4 Análise sensorial visual**

Para realização da análise sensorial visual, frutos da cultivar Tommy Atkins adquiridos no Ceasa de Pacajus-CE, no estágio de maturação 3, foram levados para o Laboratório de Embalagens de Alimentos da Embrapa Agroindústria Tropical, onde foram lavados em água corrente e, posteriormente, sanificados em água clorada, a 50 ppm. Os frutos foram secos naturalmente e, em seguida, imersos nas soluções dos revestimentos e postos para secar em bandejas plásticas. Após 24 horas, com os frutos já secos, foi realizada a análise sensorial visual com 50 avaliadores não treinados.

As análises sensoriais foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Agroindústria Tropical. As amostras foram identificadas com 3 dígitos aleatórios e apresentados ao analisador, não treinado, em uma bandeja branca contendo duas unidades de cada amostra (Figura 9). Juntamente com as amostras, foi fornecida uma ficha contendo dois questionamentos a serem respondidos, atribuindo-se notas de acordo com uma escala hedônica de 9 pontos, para o primeiro questionamento, da seguinte forma: 9) gostei muitíssimo; 8) gostei muito; 7) gostei moderadamente; 6) gostei ligeiramente; 5) não gostei, nem desgostei; 4) desgostei ligeiramente; 3) desgostei moderadamente; 2) desgostei muito; 1) desgostei muitíssimo; e de 7 pontos para o segundo, como segue: 7) muitíssimo mais brilhante; 6) muito mais brilhante; 5) mais brilhante; 4) mesmo brilho; 3) menos brilhante; 2) muito menos brilhante; 1) muitíssimo menos brilhante. A primeira pergunta referiu-se a quanto o analisador gostou de cada amostra e a segunda a quanto cada uma delas diferiu do controle (mangas revestidas com cera de carnaúba) em relação ao brilho. Misturadas às amostras dos frutos revestidos com as soluções, estavam frutos testemunhas, revestidos com cera de carnaúba, porém também codificados.

Figura 9. Forma de oferecimento das frutas para realização de análise sensorial visual.



Foto: Adriane Luciana da Silva

Para cada provador, a ordem das amostras foi alterada para balancear suas posições (MCFIE et al., 1989) e apresentadas juntamente com uma amostra controle, a qual também foi incluída de forma codificada entre as amostras. A média dos valores obtidos para o controle foi utilizada para comparação com as médias das amostras dos demais tratamentos (MEILGAARD et al., 1987).

Os resultados foram submetidos à análise estatística separadamente a fim de comparar entre si as concentrações de cada solução, de forma independente, com a cera de carnaúba. Foi feita uma análise de variância e, para comparação das médias, foram aplicados os testes de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), para o primeiro questionamento, e o de Dunnet, para o segundo.

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.3.1 Fécula de mandioca

Comparando-se os revestimentos de fécula de mandioca ao de cera de carnaúba, o que apresentou maior brilho, avaliado por meio de análise instrumental, foi o segundo, mesmo tendo sido utilizado o óleo de girassol nas formulações em estudo visando à promoção deste efeito (Tabela 2). Os tratamentos contendo 1,0% e 2,0% de fécula de mandioca foram os que apresentaram o menor brilho e não diferiram estatisticamente entre si, nem da solução que continha 2,5%. Esta última também não diferiu do tratamento que apresentou o maior brilho (fécula de mandioca a 3,0%). O óleo de girassol utilizado em revestimentos de fécula de mandioca possibilita a aparência levemente brilhosa a mangas ‘Tommy Atkins’, podendo atrair o consumidor pelo aspecto (VIEIRA et al., 2009). Porém, no presente estudo, é possível que a concentração adotada não tenha sido suficiente, já que se tomou como referência os percentuais adotados em revestimentos à base de outros polissacarídeos

(RIBEIRO et al., 2009).

Tabela 2. Brilho (L), croma (C), opacidade e viscosidade de soluções de revestimentos à base de fécula de mandioca (Fec), a diferentes concentrações, e de cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente<sup>1</sup>.

Revestimento <sup>2</sup>	L	C	Opacidade (A.nm)	Viscosidade (mm <sup>2</sup> /s)
Fec 1%	41,74 c	0,63 c	1288,91 d	2,39 d
Fec 2%	41,36 c	0,76 c	1628,63 c	6,42 c
Fec 2,5%	42,77 bc	1,91 bc	1713,70 bc	8,72 b
Fec 3%	44,5 b	3,07 b	1817,52 b	52,60 a
Carnaúba (1:2)	48,55 a	6,79 a	2366,59 a	2,02 d

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ )

<sup>2</sup>Os revestimentos com fécula de mandioca também continham em sua composição 0,3% de óleo de girassol, 0,3% de tween 80 e 5% de glicerol.

A solução que apresentou maior valor de croma foi a cera de carnaúba, diferindo estatisticamente das demais (Tabela 2). O revestimento que apresentou o menor valor foi o que continha 1% de fécula de mandioca, não diferindo estatisticamente das soluções que continham 2,0% e 2,5% da fécula. O revestimento que continha 3% de fécula de mandioca não diferiu estatisticamente da solução que continha 2,5%. As diferenças de intensidade de cor entre as soluções de fécula de mandioca eram pequenas visualmente. Os valores, inclusive, mostram que estas diferenças pequenas diante da possibilidade de variação do croma de 0 a 60. Quanto mais baixo os valores de croma, menos intensa é a cor, indicando cores mais neutras (JACOMINO et al., 2003).

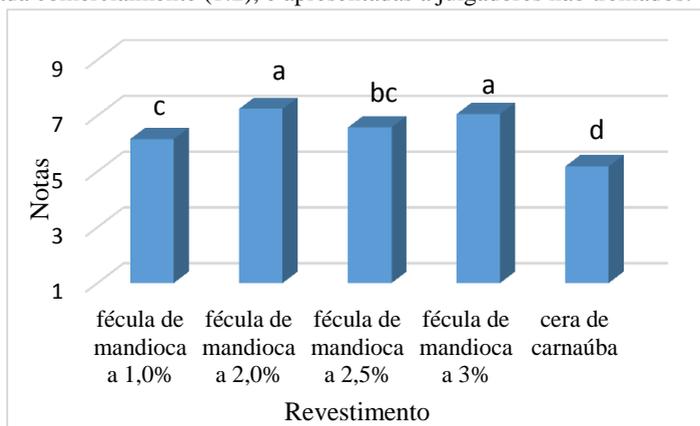
A cera de carnaúba foi o revestimento mais opaco, apesar de mais brilhante (Tabela 2). O brilho é um atributo importante no revestimento de frutas, porém mais importante do que ele é a transparência da solução que recobrirá o produto de interesse. Esta solução de cera de carnaúba diferiu estatisticamente das soluções de fécula de mandioca. Observou-se que, à medida que se aumenta a concentração de fécula, aumenta também a sua opacidade. A menor opacidade da fécula de mandioca pode estar relacionada ao alto teor de amilopectina e baixo teor de amilose (CHEN et al., 2009). A opacidade de filmes contendo amido deve-se a gelatinização dos grânulos com água (MEHYAR et al., 2012). A baixa opacidade dos revestimentos de fécula, neste trabalho, possivelmente, pode ter sido devido à utilização

do tween 80, que foi responsável pela redução da opacidade de filmes de outros polissacarídeos, a exemplo da goma de polissacarídeos de caju, relatada por CUNHA et al. (2009). A utilização do glicerol no revestimento tem a finalidade de diminuir a transmissão do vapor de água, já que a fécula não tem essa capacidade (HOSSEINI et al., 2013). O efeito do uso do glicerol na solução de revestimento pode ter respostas mais claras quando aplicado sobre as frutas, quando forem observados os resultados dos atributos relacionados à perda de água, por exemplo.

A cera de carnaúba e a fécula de mandioca a 1% foram as soluções menos viscosas (Tabela 1). Entre as amostras de fécula, todas diferiram estatisticamente entre si. A solução que apresentou maior viscosidade foi a de maior concentração de fécula. Os resultados caracterizaram aumento da viscosidade com o aumento da concentração. Porém, não foi observada uma relação proporcional entre a viscosidade da solução e a concentração de fécula. Esta observação também foi feita por outros autores (CISNEROS-ZAVALLLOS e KROCHTA, 2003).

Em relação ao grau de aceitação, a fruta mais aceita foi a revestida com 2% de fécula de mandioca, com nota média de 7,24, o que corresponde na escala hedônica utilizada entre gostei moderadamente e gostei muito; porém não foi estatisticamente diferente da fruta revestida com a solução a 3%, que obteve nota média de 7,06 (Figura 10). Entre as amostras contendo fécula de mandioca, as menos aceitas foram as de concentração 1% e 2,5%. Dentre todas as amostras, a que apresentou menor aceitação foi a fruta revestida com a cera de carnaúba, com nota 5,18, o que corresponde a nem gostei, nem desgostei. Provavelmente, a cor amarelada deixada pelo revestimento explique esta resposta (MEHYAR et al., 2012).

Figura 10. Grau de aceitação de mangas ‘Tommy Atkins’ revestidas com fécula de mandioca a diferentes concentrações e com cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente (1:2), e apresentadas a julgadores não treinados.<sup>1,2</sup>



<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup>Os revestimentos com fécula de mandioca também continham em sua composição 0,3% de óleo de girassol, 0,3% de tween 80 e 5% de glicerol.

É importante tomar alguns cuidados na escolha da concentração do revestimento a ser aplicado, pois a utilização de fécula de mandioca em morangos nas concentrações 4% e 5%, por exemplo, ocasionou cor opaca nos frutos, o que não ocorreu quando se utilizou 1%, 2% e 3% (HENRIQUE e CEREDA, 1999).

No que diz respeito à diferença de brilho, aos olhos dos julgadores, todas as frutas revestidas com as soluções contendo fécula de mandioca apresentaram-se com maior brilho. Os dados instrumentais de luminosidade mostraram resultados contrários aos apresentados pela análise sensorial. Como os valores de L variam de 0 a 100, apesar de apresentarem diferenças estatísticas entre os resultados de cera de carnaúba e fécula de mandioca, esta variação foi numericamente pequena (Tabela 2), devendo ser imperceptível a olho nu. Por meio de análise sensorial, as mangas revestidas com a solução que continham 3% de fécula foram as que apresentaram maior brilho, seguidas das frutas que foram revestidas com soluções de fécula a 2,0%, 2,5% e 1% (Tabela 2). É possível sugerir que os revestimentos após a aplicação na fruta tenham alguma interação com a casca, apresentando assim um comportamento diferente de quando avaliado separadamente.

Tabela 3. Médias e diferenças de brilho em relação ao controle (cera de carnaúba, diluição 1:2) atribuídas às mangas dos tratamentos com concentrações de fécula de mandioca, por meio de análise sensorial.

Tratamento	Média	Diferença em relação ao controle
Controle	3,10	-
Fécula de mandioca a 1,0%	4,24	1,14*
Fécula de mandioca a 2,0%	5,00	1,9*
Fécula de mandioca a 2,5%	4,74	1,64*
Fécula de mandioca a 3,0%	5,44	2,34*

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Como o brilho tem uma grande relação com a opacidade, é possível ainda que os julgadores tenham feito essa relação, pois os resultados instrumentais mostram uma diferença relativamente grande de valores entre a cera de carnaúba e a fécula de mandioca, em que a primeira apresenta-se bem mais opaca (Tabela 1).

### 2.3.2 Cera de abelha

Em relação à cera de abelha, o brilho, avaliado por meio de colorímetro, entre os tratamentos foi estatisticamente diferente entre si (Tabela 4). A solução que apresentou maior brilho foi a que continha 6% de cera de abelha e a que apresentou menor valor foi a de cera de carnaúba. Como os valores de L se referem não somente ao brilho da superfície, mas também à claridade, o que justifica estes resultados, pois a cera de abelha torna-se branca quando transformada em emulsão. A conclusão é amparada pelos dados relativos à análise sensorial visual, pois os avaliadores, no geral, julgaram a cera de abelha como sendo menos brilhosa que a cera de carnaúba (Tabela 5).

Tabela 4. Brilho (L), croma (C), opacidade e viscosidade de soluções de revestimentos à base de cera de abelha, a diferentes concentrações, e de cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente<sup>1,2</sup>.

Revestimento <sup>2</sup>	L	C	Opacidade (A.nm)	Viscosidade (mm <sup>2</sup> /s)
Cera de abelha a 2%	72,17 c	2,51 d	4523,84 b	1,15 d
Cera de abelha a 4%	76,06 b	4,18 c	4792,91 a	1,36 c
Cera de abelha a 6%	78,74 a	5,14 b	4821,83 a	1,51 b
Cera de Carnaúba 1:2	48,55 d	6,79 a	2366,59 c	2,02 a

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05).

<sup>2</sup>Os revestimentos com cera de abelha também continham em sua composição 15% de span 80, 5% de tween 80 e 0,3% de óleo de girassol.

Tabela 5. Médias e diferenças de brilho em relação ao controle (cera de carnaúba, diluição 1:2), atribuídas às mangas submetidas a tratamentos com concentrações de cera de abelha, por meio de análise sensorial.

Tratamento	Média	Diferença em relação ao controle
Controle	3,96	-
Cera de abelha a 2%	4,78	0,82*
Cera de abelha a 4%	3,26	-0,7*
Cera de abelha a 6%	3,18	-0,78*

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A incorporação de certos materiais lipídicos em soluções hidrofílicas tem um efeito adverso sobre propriedades mecânicas e ópticas dos filmes (YANG e PAULSON, 2000). Foi observado que o brilho diminui quando se adiciona ceras aos revestimentos. Este comportamento está relacionado com a estrutura do revestimento durante a secagem. A superfície interna e a estrutura do filme refletem a heterogeneidade interna gerada em filmes com fase lipídica dispersa. O tamanho do lipídio é o principal fator envolvido nas propriedades ópticas do filme formado. A cera de abelha possui uma partícula grande quando comparada a outros lipídios, o que a torna ainda mais opaca (FABRA et al., 2009).

Para o croma, todos os tratamentos diferiram estatisticamente entre si, sendo o revestimento de cera de carnaúba o que apresentou o

maior valor e o que continha 2% de cera de abelha, o menor (Tabela 4). Entre os tratamentos que continham cera de abelha, o que apresentou maior valor foi o que continha 6%. É importante mencionar que os atributos devem ser avaliados em conjunto para permitir a adequada seleção do revestimento, incluindo sua concentração e combinação de aditivos.

Comparando os tratamentos contendo as ceras de abelha e carnaúba, a última foi menos opaca, ou seja, mais transparente (Tabela 4). Os tratamentos contendo 4% e 6% não diferiram estatisticamente entre si e apresentaram-se mais opacos. Dentre os tratamentos contendo cera de abelha, o que apresentou menor opacidade foi a solução a 2%. Alguns relatos da literatura corroboram a característica de opacidade associada ao uso de cera de abelha. Por exemplo, sua incorporação em solução de fécula de mandioca e goma gelana tornaram os filmes mais opacos (CHEN et al, 2009, YANG e PAULSON, 2000). Filmes de caseinato de sódio contendo cera de abelha apresentaram-se mais opacos à medida em que se aumentava a concentração de cera (FABRA et al., 2009). A maior opacidade de filmes de polímeros, quando adicionados de ceras, surge, provavelmente, do espalhamento de luz a partir de gotículas lipídicas que são dispersas na emulsão (YANG e PAULSON, 2000). Embora a rugosidade da superfície esteja relacionada com o seu brilho, pode-se também correlacionar com a opacidade (FABRA et al., 2009).

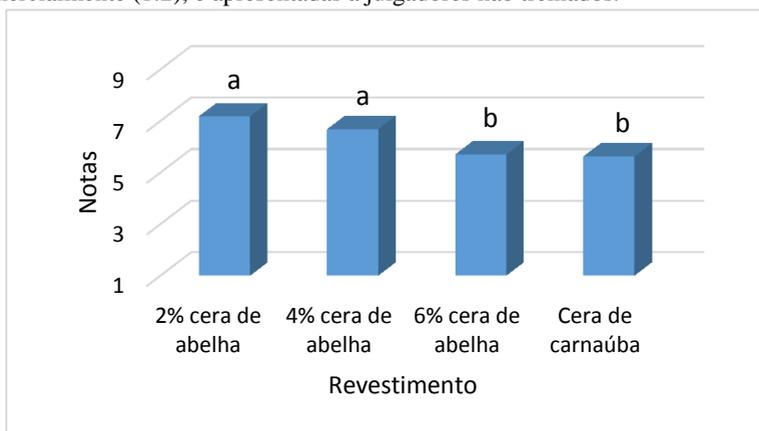
A opacidade de filmes de fécula de mandioca, por exemplo, foi de 55 a 58 A.nm, porém com a adição de 10% de cera de abelha aumentou para 148 A.nm (CHEN et al., 2009). Para filmes de gelana contendo 5% e 25% de cera de abelha, a opacidade pode ser de aproximadamente 500 A.nm e 950 A.nm, respectivamente, como observado por YANG e PAULSON (2000). É importante mencionar que os valores de opacidade encontrados por outros autores são bem diferentes dos encontrados neste trabalho, porque os trabalhos citados são referentes a filmes e este trabalho estuda revestimentos. Como mencionado, há pouco ou nenhum trabalho sobre propriedades físicas/mecânicas de revestimentos para aplicação em frutas. Os trabalhos encontrados tratam das características de filmes.

Em relação à viscosidade, houve diferença significativa entre todos os tratamentos, sendo a maior viscosidade atribuída à cera de carnaúba e a menor à cera de abelha a 2% (Tabela 4). Apesar de diferentes estatisticamente, os valores encontrados não foram muito diferentes entre eles. Entre os tratamentos contendo cera de abelha,

observou-se que, na medida em que se aumentou a concentração, a viscosidade também aumentou. Autores como CHEN et al. (2009), ao estudar soluções e filmes de fécula de mandioca acrescidas de surfactantes também verificaram que, quando se adicionou 10% de cera de abelha, a solução triplicou a sua viscosidade.

No que diz respeito ao grau de aceitação, as frutas mais aceitas foram aquelas recobertas com revestimentos contendo 2% ou 4% de cera de abelha, com nota representando que os provadores gostaram moderadamente (Figura 11). Dentre os tratamentos, os que receberam menores notas foram o da cera de carnaúba (5,6) e o da cera de abelha a 6% (5,7). Visualmente, quanto maior a concentração de cera de abelha aplicada na fruta, maior a opacidade da casca, corroborando com os dados determinados em instrumento específico (Tabela 4). Apesar de a cera de abelha tornar a casca mais opaca, foi possível observar visualmente um aspecto aveludado na fruta, deixado pelo revestimento (dados não apresentados), o que possivelmente tenha contribuído para a melhor aceitação, mesmo apresentando-se mais opaca que a cera de carnaúba.

Figura 11. Grau de aceitação de mangas ‘Tommy Atkins’ revestidas com cera de abelha, a diferentes concentrações, e cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente (1:2), e apresentadas a julgadores não treinados.<sup>1,2</sup>



<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

<sup>2</sup>Os revestimentos com cera de abelha também continham em sua composição 15% de span 80, 5% de tween 80 e 0,3% de óleo de girassol.

Comparando entre as amostras, a única que apresentou brilho maior que a cera de carnaúba foram as frutas submetidas a 2% de cera de abelha (Tabela 5). As viscosidades das misturas contendo cera de abelha, apesar de diferentes estatisticamente, não poderiam ser distinguidas por um observador comum.

Aos olhos dos julgadores, as frutas submetidas a 4% e 6% foram menos brilhosas que aquelas que receberam cera de carnaúba. Chen et al. (2009), estudando filmes de fécula de mandioca adicionados de surfactantes e cera de abelha, observaram que a cera promoveu uma superfície irregular, devido à formação de glóbulos. Isto reflete nas propriedades ópticas dos filmes (FABRA, 2009). Pressupõe-se, portanto, que o uso de maiores concentrações amplia o problema.

### **2.3.3 *Aloe vera***

Comparando os revestimentos contendo diferentes concentrações de *Aloe vera* e a cera de carnaúba, foi possível observar que esta última apresentou brilho ligeiramente superior (Tabela 6). Apesar de demonstrada a diferença estatística, os valores entre a cera de carnaúba e os tratamentos contendo *Aloe vera* são muito próximos. Entre as soluções de *Aloe vera*, não houve diferenças significativas.

É interessante que se proporcione brilho adicional à fruta com o uso de um revestimento, porém mais importante que isto é que ele tenha baixa opacidade, como apresentou o de *Aloe vera* (Tabela 6). A utilização de tween 80 em solução de polissacarídeos contribuiu para a redução na opacidade dos filmes formados (CUNHA et al., 2009). Desta forma, este aditivo pode ter contribuído de alguma forma para a baixa opacidade dos revestimentos de *Aloe vera* deste experimento.

Tabela 6. Brilho (L), croma (C), opacidade e viscosidade de soluções de revestimentos à base de *Aloe vera*, a diferentes diluições, e de cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente<sup>1,2</sup>.

Revestimento <sup>2</sup>	L	C	Opacidade (A.nm)	Viscosidade (mm <sup>2</sup> /s)
<i>Aloe vera</i> 2:1	44,85 b	0,69 b	279,26 b	2,28 a
<i>Aloe vera</i> 1:1	45,07 b	0,65 b	228,87 b	1,48 b
<i>Aloe vera</i> 1:2	45,30 b	0,57 b	176,70 b	1,35 b
Cera de carnauba 1:2	48,55 a	6,79 a	2366,59 a	2,02 a

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup>Os revestimentos com *Aloe vera* também continham em sua composição 0,3% de tween 80.

O brilho e a transparência são muito relevantes para a funcionalidade do revestimento, devido ao seu grande impacto sobre a aparência do produto revestido (FABRA et al., 2009). Por isso, a importância de sua avaliação como forma de identificar revestimentos que, além dos benefícios à fisiologia dos frutos, possa promover sua aparência. O *Aloe vera* pode ser um promotor da aparência, em algumas situações. Estando inserido em revestimentos de goma-laca, que apresenta o inconveniente de ser esbranquiçada e, portanto, um pouco opaca, o *Aloe vera* permitiu maior brilho, valorizando a apresentação do produto revestido (CHAUHAN et al., 2013).

Os tratamentos contendo *Aloe vera* foram estatisticamente iguais entre si quanto aos valores de croma (Tabela 6). Porém, diferiram da cera de carnaúba, que apresentou valor bastante superior. Estudos realizados por Dang et al. (2008) indicaram que mangas revestidas com cera de carnaúba apresentavam maiores valores de croma que os frutos submetidos ao *Aloe vera* (1:1).

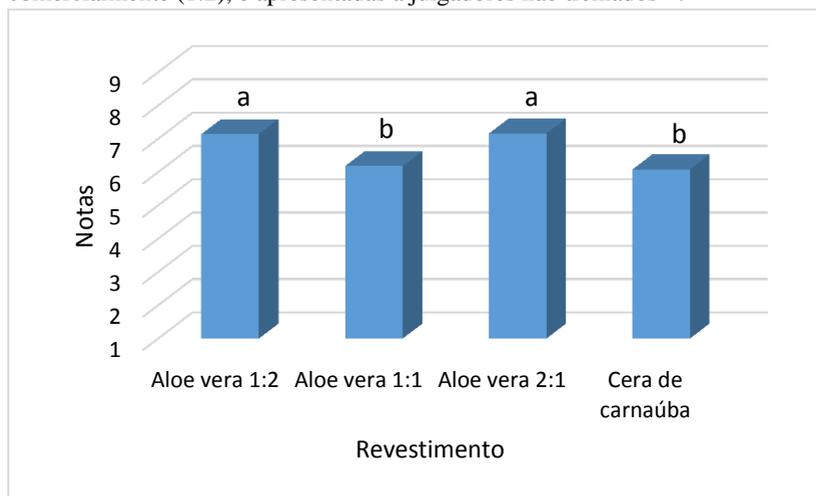
A transparência é uma propriedade muito avaliada em filmes e revestimentos (LIMA et al., 2010). Por isso, a importância de se avaliar a opacidade como medida para verificar a transparência dos revestimentos. Neste estudo, os tratamentos contendo *Aloe vera* não diferiram estatisticamente entre si, mas diferiram da cera de carnaúba, que apresentou uma opacidade até 13 vezes maior (Tabela 6). Disso, conclui-se que, em termos de transparência, as soluções de *Aloe vera* são melhores que a de cera de carnaúba, sendo esta característica de fácil observação a olho nu. Revestimentos de goma-laca adicionado de

*Aloe vera* apresentaram-se transparentes, com a viscosidade melhorada devido à utilização do aditivo (CHAUHAN et al., 2013).

Em relação à viscosidade, não houve diferença significativa entre os tratamentos com cera de carnaúba e *Aloe vera* na proporção 2:1 (Tabela 6). Estes tratamentos apresentaram as maiores viscosidades. Entre os tratamentos contendo *Aloe vera* nas proporções 1:1 e 1:2 também não houve diferença significativa. A viscosidade das soluções é muito importante, sendo seu controle de grande relevância para a aplicação dos revestimentos (CHENG et al., 2010). Para soluções de hidroxipropil metilcelulose, a espessura do revestimento varia de acordo com a viscosidade, concentração, densidade e tempo de escoamento da solução. Assim, há possibilidade de controlar a espessura do filme formado, bem como as trocas gasosas entre o vegetal e o ambiente, baseando-se nas propriedades das soluções de revestimento (CISNEROS-ZEVALLOS e KROCHTA, 2003).

As frutas mais bem aceitas foram as submetidas às diluições 2:1 e 1:2, sendo este um fator importante na escolha da solução de *Aloe vera* para aplicação nas frutas (Figura 12). As frutas que receberam menor nota foram aquelas revestidas com cera de carnaúba e com *Aloe vera* na diluição 1:1. As amostras de frutas que receberam esses revestimentos foram também as que se apresentaram menos brilhosas (Tabela 5). Esta resposta justifica o grau de aceitação das frutas revestidas com *Aloe vera* na diluição 1:1. Por sua vez, as frutas submetidas ao *Aloe vera* nas diluições 1:2 e 2:1 foram as de maior brilho. Os estudos com o uso de *Aloe vera* como revestimento de frutos são relativamente recentes, tendo se apresentado como promissor para utilização em frutos, pois além dos efeitos sobre a conservação pós-colheita, tem, em geral, boa aceitação (VALVERDE et al., 2005).

Figura 12. Grau de aceitação de mangas ‘Tommy Atkins’ revestidas com *Aloe vera* a diferentes concentrações e cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente (1:2), e apresentadas a julgadores não treinados<sup>1,2</sup>.



<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

<sup>2</sup>Os revestimentos com *Aloe vera* também continham em sua composição 0,3% de tween 80.

Comparando o brilho entre as amostras, as frutas que se apresentaram menos brilhosas foram aquelas submetidas ao tratamento de *Aloe vera* na diluição 1:1. Isto justifica o seu grau de aceitação, semelhante ao da cera de carnaúba. As frutas submetidas a esse revestimento, mas na diluição de 1:2 foram as que se caracterizaram pelo maior brilho (Tabela 7), reforçando a escolha por esta formulação para aplicação nas mangas pós-colheita. O brilho é um dos atributos mais importantes na aceitação das frutas pelos consumidores, funcionando como elemento de atratividade (ARNON et al., 2014). Para o *Aloe vera*, a utilizado da diluição 1:1, em mangas, promoveu aumento do brilho das frutas, conforme estudos prévios realizados por DANG et al. (2008).

Tabela 7. Médias e diferenças de brilho em relação ao controle (cera de carnaúba, diluição 1:2) atribuídas às mangas de tratamentos com concentrações de *Aloe vera*, por meio de análise sensorial.

Tratamento	Média	Diferença em relação ao controle
Controle	4,48	-
Aloe vera 2:1	4,52	0,04*
Aloe vera 1:1	4,24	-0,24*
Aloe vera 1:2	4,82	0,34*

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade.

### 2.3.4 Alginato de sódio

Entre os tratamentos contendo alginato de sódio e cera de carnaúba, a solução que apresentou maior brilho foi a última (Tabela 8). O tratamento que apresentou o segundo maior brilho foi o de alginato de sódio a 0,5%, não diferindo das soluções que continham 1%, 1,5% e 2%. A solução que apresentou menor brilho foi a que continha alginato de sódio a 2,5%, apesar de não ter diferido também das soluções que continham alginato de sódio a 1%, 1,5% e 2%. Neste estudo, observou-se que a medida em que se aumenta o percentual de alginato de sódio, o brilho é sutilmente diminuído. Alguns tipos de revestimentos e aditivos utilizados têm efeitos diretos sobre este atributo. Filmes de caseinato de sódio, por exemplo, apresentaram-se menos brilhosos quando receberam aditivos lipídicos, isto devido a heterogeneidade do material (FABRA et al., 2009).

Tabela 8. Brilho (L), croma (C), opacidade e viscosidade de soluções de revestimentos à base de alginato de sódio, a diferentes concentrações, e de cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente<sup>1,2</sup>.

Revestimento <sup>2</sup>	L	C	Opacidade (A.nm)	Viscosidade (mm <sup>2</sup> /s)
Alginato de sódio a 0,5%	41,38 b	0,28 e	1392,01 d	43,14 b
Alginato de sódio a 1%	40,20 bc	1,12 d	1575,77 c	144,95 a
Alginato de sódio a 1,5%	39,40 bc	1,98 c	1585,37 c	-
Alginato de sódio a 2%	39,56 bc	2,73 b	2011,05 b	-
Alginato de sódio a 2,5%	38,35 c	3,33 b	1653,46 c	-
Cera de Carnaúba 1:2	48,55 a	6,79 a	2366,59 a	2,02 c

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup>Os revestimentos com alginato de sódio também continham em sua composição 0,3% de óleo de girassol, 0,3% de tween 80 e 5% de glicerol.

Em relação ao croma, praticamente todos os tratamentos diferiram entre si, exceto as soluções que continham 2% e 2,5%, que apresentaram cores mais intensas ou puras comparadas às demais concentrações de alginato de sódio (Tabela 8). Foi possível observar que o croma aumenta à medida que a concentração de alginato aumenta. A cera de carnaúba foi o revestimento que apresentou maior croma. Em outros estudos, como em mamões minimamente processados, os frutos revestidos com alginato de sódio também tiveram valores baixos de croma (TRIGO et al., 2012).

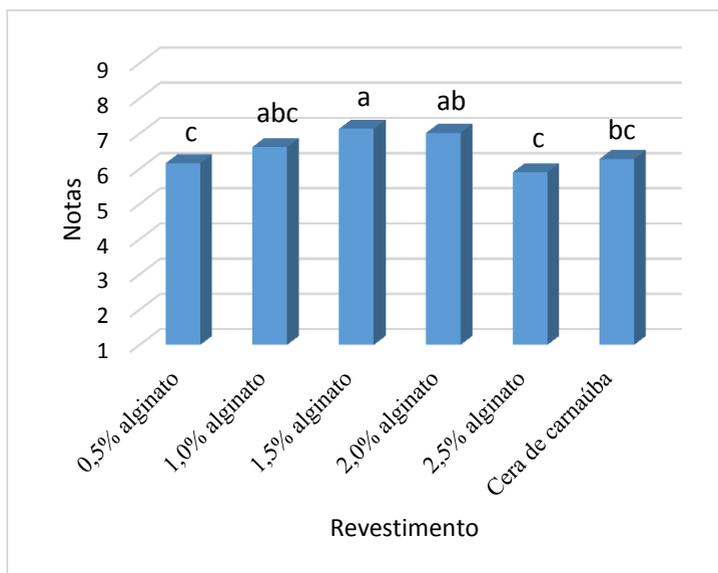
Observando os tratamentos contendo alginato de sódio e a cera de carnaúba, a solução que apresentou maior opacidade foi a última, seguido da solução que continha alginato de sódio a 2%, que foram diferentes estatisticamente das demais (Tabela 8). A solução que apresentou menor opacidade foi a que continha alginato de sódio a 0,5%. Os revestimentos contendo 1,0%, 1,5% e 2,5% não diferiram estatisticamente entre si. Como a opacidade de um material é uma indicação da quantidade de luz que passa por ele, quanto maior o valor, menor é a quantidade de luz que pode atravessar (CUNHA et al., 2009).

Devido a limitações de leitura do equipamento utilizado para soluções altamente viscosas, não foi possível obter resultados para soluções de alginato contendo 1,5%, 2% e 2,5% (Tabela 8). Mas, as observações sugerem que à medida que se aumenta a concentração, a solução se torna mais viscosa em valores não proporcionais às suas concentrações. Entre as amostras mensuráveis analisadas, a que se apresentou menos viscosa foi a de cera de carnaúba. A utilização de alguns componentes na formulação do revestimento pode aumentar a viscosidade das soluções de polissacarídeos, como o que se observa a partir da incorporação de sorbitol (2,4%) e cera de abelha (0,2%), por exemplo (PÉREZ-GALLARDO et al., 2012).

De acordo com a literatura, quanto maior a viscosidade da solução de revestimento, maior é a sua aderência à superfície do fruto, porém isto não significa que maior será a conservação do fruto (KOUASSI et al., 2012). Por outro lado, a viscosidade é importante na fixação de componentes da fórmula, podendo-se citar, como exemplo, o tratamento de citros com revestimento de cera de carnaúba, parafina e polietileno, adicionada de óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum*, no controle a doenças. Os resultados desse estudo indicaram que o controle de doenças estava associado com a aderência ao fruto, proveniente da viscosidade da solução. Uma ação combinada das propriedades de solubilidade, viscosidade, aderência e a compatibilidade entre o óleo e compostos da cera permitiram sua retenção na superfície da fruta, contribuindo no controle da doença (KOUASSI et al., 2012). Ainda, a viscosidade ideal permite melhorar a estabilidade de outros componentes presentes na fórmula (MEHYAR et al., 2012).

Em relação ao grau de aceitação, as frutas submetidas ao tratamento com alginato de sódio a 1,5% foram as mais bem aceitas, porém não diferiram das que foram submetidas ao alginato a 2% e a 1% (Figura 13). As frutas tratadas com alginato a 2,5% e a 0,5% e com cera de carnaúba foram as menos aceitas, porém não diferiram da que continha alginato a 1%. A decisão sobre qual o tipo de revestimento pode ser recomendado para aplicação em diferentes vegetais deve ser respaldada por características como a opacidade. Esta característica também tem influência sobre a aceitação do produto (PÉREZ-GALLARDO et al., 2012).

Figura 13. Grau de aceitação de mangas ‘Tommy Atkins’ revestidas com alginato de sódio a diferentes concentrações e cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente (1:2), e apresentadas a julgadores não treinados<sup>1,2</sup>.



<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup>Os revestimentos com alginato de sódio também continham em sua composição 0,3% de óleo de girassol, 0,3% de tween 80 e 5% de glicerol.

Segundo análise sensorial, todas as mangas tratadas com o alginato de sódio apresentaram-se mais brilhosas que as frutas tratadas com cera de carnaúba (Tabela 9). As frutas que apresentaram maior brilho foram as tratadas com alginato a 2%, seguido daquelas tratadas com alginato a 2,5%, 1,5%, 1% e 0,5%.

Tabela 9. Médias e diferenças de brilho em relação ao controle (cera de carnaúba, diluição 1:2) atribuídas às mangas dos tratamentos com concentrações de alginato de sódio, por meio de análise sensorial.

Tratamento	Média	Diferença em relação ao controle
Controle	3,84	-
Alginato de sódio a 0,5%	4,46	0,62*
Alginato de sódio a 1,0%	4,62	0,78*
Alginato de sódio a 1,5%	5,42	1,58*
Alginato de sódio a 2%	5,64	1,80*
Alginato de sódio a 2,5%	5,56	1,72*

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Assim, pode-se afirmar que frutas brilhosas são interessantes para os consumidores, porém aquelas com brilho demasiado não são atrativas. Estas não foram tão bem aceitas pelos julgadores. As propriedades ópticas dos filmes formados sobre os alimentos são essenciais para se definir as características do revestimento a ser aplicado, uma vez que afetam a aparência do produto (PEREDA et al., 2014).

### 2.3.5 Quitosana

A solução de quitosana apresenta coloração marrom. Apesar disto, forma filme transparente que confere brilho ao material revestido, sendo interessante a sua utilização como revestimento (ARNON et al., 2014).

Comparando-se os revestimentos de quitosana a diferentes concentrações e a cera de carnaúba, a solução que apresentou maior brilho foi a última (Tabela 10). Entre as soluções de quitosana, a de 1,5% foi a que apresentou maior brilho, mas não diferiu da solução que continha 2%. Por sua vez, os revestimentos que apresentaram menor brilho foram os de quitosana a 2,5 e a 3%, sem que diferissem estatisticamente da que continha 2,0%.

Tabela 10. Brilho (L), croma (C), opacidade e viscosidade de soluções de revestimentos à base de quitosana, a diferentes concentrações, e de cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente<sup>1,2</sup>.

Revestimento <sup>2</sup>	L	C	Opacidade (A.nm)	Viscosidade (mm <sup>2</sup> /s)
Quitosana a 1,5%	35,13 b	6,45 c	1641,49 c	23,16 d
Quitosana a 2,0%	32,98 bc	8,08 b	1843,65 b	45,87 c
Quitosana a 2,5%	32,62 c	8,86 bc	1957,09 b	81,8 b
Quitosana a 3%	32,12 c	9,72 a	1937,91 b	119,65 a
Cera de carnaúba 1:2	48,55a	6,79 c	2366,59 a	2,02 e

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

<sup>2</sup>Os revestimentos com quitosana também continham em sua composição 0,3% de óleo de girassol, 0,3% de tween 80 e 5% de glicerol.

Os valores de croma aumentaram à medida em que se aumentou a concentração de quitosana (Tabela 10). Os revestimentos com menores valores de croma foram os de quitosana a 1,5% e a 2,0% bem como o que continha cera de carnaúba. Assis e Alves (2002) observaram que uma ligeira mudança na coloração é observada para concentrações de quitosana superiores a 1,5%, com tendência a um tom amarelado suave. Contudo, os filmes resultantes, independentemente da concentração, foram todos transparente, assim como observado neste estudo.

A adição da quitosana a outras matrizes proporciona bons resultados, tornando os filmes mais flexíveis, aumentando a resistência à tração e o módulo de elasticidade, diminuindo o alongamento na ruptura e a permeabilidade ao vapor d'água. Os filmes obtidos dessa forma apresentaram-se bastante transparentes (HOSSEINI et al., 2013).

A solução mais opaca foi a de cera de carnaúba, enquanto a de menor opacidade foi a que continha quitosana a 1,5% (Tabela 10). Aparentemente, há uma tendência de aumento da opacidade à medida que se aumenta a concentração de quitosana, apesar de os tratamentos referentes às concentrações de 2,0%; 2,5% e 3% não terem diferido estatisticamente entre si.

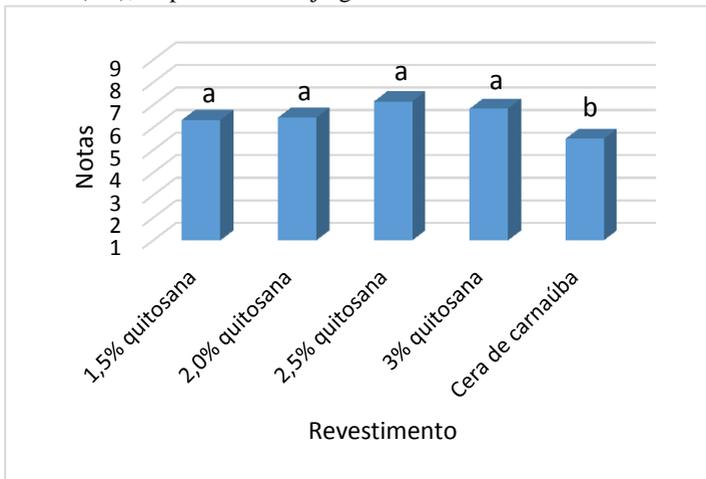
Vários filmes podem se apresentar muito transparentes, como os de gelatina de peixe e quitosana. Esta característica é importante para a aplicação em larga escala, uma vez que a opacidade é uma propriedade fundamental no acondicionamento de alimentos, seja ela para formar uma barreira contra a luz ou, ao contrário, para tornar o alimento mais

atrativo (HOSSEINI et al., 2013). A utilização de aditivos em soluções de revestimentos pode influenciar a opacidade do filme formado, sendo o glicerol um dos compostos que pode diminuir essas características (GARCÍA e SOBRAL, 2005).

No que diz respeito à viscosidade, houve diferença significativa entre todas as soluções (Tabela 10). A amostra que se apresentou menos viscosa foi a de cera de carnaúba e a mais viscosa foi a que continha quitosana a 3%. Assis e Alves (2002) observaram semelhança na aparência dos géis resultantes das várias concentrações de quitosana, ainda que houvessem alterações evidentes nas viscosidades em função da proporção desse polissacarídeo que foi adicionada.

As frutas revestidas com quitosana tiveram melhor aceitação que aquelas que receberam cera de carnaúba (Figura 14). Além disso, foram as mais brilhosas aos olhos dos julgadores (Tabela 11).

Figura 14. Grau de aceitação de mangas ‘Tommy Atkins’ revestidas com quitosana a diferentes concentrações e cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente (1:2), e apresentadas a julgadores não treinados<sup>1,2</sup>.



<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup>Os revestimentos com quitosana também continham em sua composição 0,3% de óleo de girassol, 0,3% de tween 80 e 5% de glicerol.

Como a quitosana confere alto brilho ao material revestido (ARNON et al., 2014), o uso do óleo de girassol nesta formulação

justifica-se por ser um componente que permite diminuir a permeabilidade da água. Neste estudo, todas as amostras de manga contendo quitosana apresentaram-se com brilho superior ao das frutas tratadas com cera de carnaúba (Tabela 10). O maior brilho foi atribuído às mangas tratadas com quitosana a 2,5%, seguida das frutas tratadas com 3%, 1,5% e 2%. Estes resultados não refletem o que foi observado por meio da análise instrumental da cor. Talvez esta diferenciação se deva ao fato de que o revestimento apresente determinada característica, de forma que, quando aplicado na fruta, sofra alguma interação com a casca, resultando em resposta diferente daquela observada quando a solução do revestimento é avaliada isoladamente. A adição de quitosana tem sido utilizada devido ao alto brilho conferido às frutas revestidas. Em citros, a aplicação de bicamada de CMC e quitosana intensificou o brilho do revestimento (ARNON et al., 2014).

Tabela 11. Médias e diferenças de brilho em relação ao controle (cera de carnaúba, diluição 1:2) atribuídas às mangas dos tratamentos com concentrações de quitosana, por meio de análise sensorial.

Tratamento	Média	Diferença em relação ao controle
Controle	3,66	-
Quitosana a 1,5%	5,64	1,98*
Quitosana a 2%	4,36	0,7*
Quitosana a 2,5%	6,52	2,86*
Quitosana a 3%	6,06	2,4*

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade.

### 2.3.6 CMC

Comparando os tratamentos contendo CMC e a cera de carnaúba, este último foi o tratamento que apresentou maior brilho (Tabela 12). Entre os tratamentos que continham a CMC, o que apresentou maior brilho foi o que continha 0,5%, porém este tratamento não diferiu estatisticamente do que continha 1%. Houve tendência de diminuição do brilho à medida em que a concentração de CMC aumenta. Os valores de brilho das soluções contendo as diferentes concentrações de CMC e cera de carnaúba variaram entre 32,70 a 48,55. Para filmes de galactomanana, os valores de croma também variaram

entre as diferentes concentrações utilizadas (LIMA et al. 2010). Em estudos preliminares para avaliar a eficiência de alguns revestimentos, observou-se que a CMC não confere muito brilho a frutas cítricas, como laranja, mandarina e toranja (ARNON et al., 2014). Neste trabalho, apesar do óleo de girassol ter sido utilizado também com a finalidade de proporcionar aumento no brilho, este talvez não tenha sido eficiente neste sentido. Porém, não se pode dizer que a quantidade utilizada foi pequena, pois sabe-se que à medida que se aumenta a quantidade de lipídeos em revestimentos, aumenta também a sua opacidade (PEREDA et al., 2014, NAVARRO-TARAZAGA et al., 2011).

Tabela 12. Brilho (L), croma (C), opacidade e viscosidade de soluções de revestimentos à base de carboximetil celulose (CMC), a diferentes concentrações, e de cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente<sup>1,2</sup>.

Revestimento <sup>2</sup>	L	C	Opacidade (A.nm)	Viscosidade (mm <sup>2</sup> /s)
CMC a 0,5%	35,70 b	1,28 b	1491,98 b	49,00 c
CMC a 1%	33,49 bc	1,29 b	1533,16 b	145,33 b
CMC a 1,5%	32,70 c	1,15 b	1492,03 b	481,67 a
CMC a 2%	32,91 c	0,82 b	1598,90 b	-
Cera de carnaúba 1:2	48,55 a	6,79 a	2366,59 a	2,02 d

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

<sup>2</sup>Os revestimentos com CMC também continham em sua composição 0,3% de óleo de girassol, 0,3% de tween 80 e 5% de glicerol.

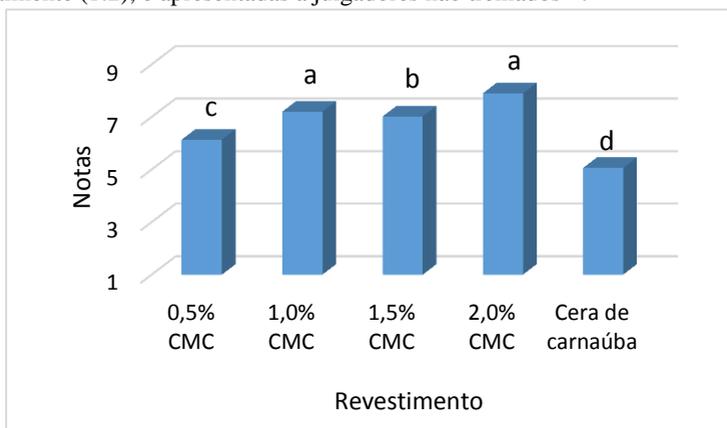
O revestimento que apresentou maior valor de croma foi a cera de carnaúba, enquanto as soluções contendo CMC não diferiram entre si, caracterizando-se por cores impuras, com predomínio de tons cinzas (Tabela 12). Em estudos comparando vários tipos de revestimentos, Trigo et al. (2012) destacaram que os frutos cobertos com CMC apresentaram croma maior do que os submetidos a alginato de sódio e amido de arroz.

A opacidade de um filme é uma propriedade fundamental que condiciona a aplicação do revestimento ou utilização do filme em alimentos (PÉREZ-GALLARDO et al., 2012). No estudo realizado, o revestimento de cera de carnaúba foi o que apresentou maior opacidade (Tabela 12). As concentrações de CMC testadas não apresentaram diferenças significativas entre elas, para a opacidade.

Em relação à viscosidade, houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 12). O revestimento que apresentou menor viscosidade foi o de cera de carnaúba e a maior foi observada visualmente naquele que continha CMC a 2%, entretanto os valores não puderam ser quantificados devido a limitações de detecção do equipamento. Entre os tratamentos que continham a CMC, a menor viscosidade foi apresentada pela solução a 0,5%, seguida da de 1,0% e de 1,5%. Foi possível observar que a viscosidade aumenta com o aumento da concentração de CMC, porém em valores não proporcionais, como observado em outros revestimentos estudados.

As frutas que receberam tratamento com CMC foram as mais bem aceitas por parte dos avaliadores (Figura 15). Em relação ao nível de aceitação, as preferidas foram as frutas revestidas com CMC a 2% e a 1%, com notas 7,9 e 7,2, respectivamente, o que equivale entre gostei moderadamente e gostei muito. As frutas controle, ou seja, aquelas que foram submetidas ao tratamento com cera de carnaúba receberam nota 5,06, sendo a menor nota dentre as amostras, correspondendo a não gostei, nem desgostei.

Figura 15. Grau de aceitação de mangas ‘Tommy Atkins’ revestidas com CMC a diferentes concentrações e cera de carnaúba, em diluição adotada comercialmente (1:2), e apresentadas a julgadores não treinados<sup>1,2</sup>.



<sup>1</sup>Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

<sup>2</sup>Os revestimentos com carboximetil celulose (CMC) também continham em sua composição 0,3% de óleo de girassol, 0,3% de tween 80 e 5% de glicerol.

Referente à diferença de cada amostra em relação ao controle, no que diz respeito ao brilho, as mangas que se apresentaram mais brilhosas foram as recobertas com CMC a 2% (Tabela 13). Este resultado não corresponde ao do brilho obtido por análise instrumental (Tabela 12), que mostra a cera de carnaúba como a mais brilhosa. Na realidade, para os julgadores, quanto maior o aumento na concentração de CMC, maior foi o brilho das frutas. Sugere-se que a solução, quando associada à fruta, apresenta-se com outras características, possivelmente devido à interação entre o revestimento aplicado e a casca.

Tabela 13. Médias e diferenças de brilho em relação ao controle atribuídas às mangas de cada um dos tratamentos, por meio de análise sensorial.

Tratamento	Média	Diferença em relação ao controle
Controle	3,58	-
CMC a 0,5%	4,08	0,5*
CMC a 1%	5,26	1,68*
CMC a 1,5%	5,84	2,26*
CMC a 2%	6,72	3,14*

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A qualidade de um produto natural depende de vários fatores, entre os quais as propriedades organolépticas e nutricionais bem como as condições de higiene, muitas dessas relacionadas com o armazenamento e a comercialização. O emprego de revestimentos comestíveis, embora seja ainda um processo em desenvolvimento, tem apresentado, nas últimas décadas, resultados bastante relevantes, como uma prática auxiliar na conservação de produtos perecíveis. As características de uma cobertura, para que responda de forma satisfatória como barreira, dependem não somente do material em si, mas igualmente do produto a ser revestido, cuja fisiologia tem um papel relevante nas condições de conservação (ASSIS e BRITTO, 2014). Por isto, faz-se necessário o estudo dos melhores revestimentos no próprio fruto, a fim de que se possa ter respostas fisiológicas sobre a conservação destes. A perspectiva é de que, em breve, os revestimentos comestíveis possam ser utilizados em grande escala.

## 2.4 CONCLUSÕES

A interação entre as soluções/suspensões de revestimento e a superfície da manga gerou propriedades diferentes do que se observa em cada um separadamente.

Os revestimentos de *Aloe vera* apresentaram viscosidade inferior ao da cera de carnaúba, enquanto o alginato, quitosana e CMC caracterizam-se por valores muito superiores.

As mangas revestidas com fécula de mandioca, cera de abelha, *Aloe vera*, alginato de sódio, quitosana e CMC tiveram maior aceitação pelos avaliadores, tendo sido consideradas com maior brilho em relação

a cera de carnaúba, sendo os três últimos os que apresentaram as maiores diferenças.

Os revestimentos à base de fécula de mandioca, cera de abelha, alginato de sódio, quitosana, CMC e *Aloe vera* nas concentrações, respectivamente, de 2; 2; 1,5; 2,5 e 1% e na diluição 1:2 foram os mais promissores para serem avaliados na pós-colheita da manga, devido as características apresentadas quando aplicados na variedade Tommy Atkins.

## CAPÍTULO 3

### QUALIDADE E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MANGAS ‘PALMER’ SUBMETIDAS A APLICAÇÃO DE REVESTIMENTOS

#### 3.1 INTRODUÇÃO

A manga por ser um fruto climatérico, amadurece rapidamente após a colheita, limitando o seu armazenamento, manuseio e potencial de transporte (BALOCH et al., 2013). Quando colhida a partir da maturidade fisiológica continua o seu amadurecimento (MITRA e BALDWIN, 1997), que pode ocorrer a taxas reduzidas quando são adotadas técnicas adequadas de armazenamento e conservação pós-colheita.

A manga é uma das principais frutas produzidas mundialmente (MANJAVACAS et al., 2014) e, no Brasil, tem a região do Vale do São Francisco como uma importante exportadora (POOL et al., 2013). O destino internacional destas frutas é mercados como Estados Unidos, Japão e alguns Países europeus. O principal transporte é o marítimo, que leva muitos dias para chegar ao destino final.

A principal tecnologia empregada na conservação de mangas é a refrigeração, porém é necessário a utilização de outras para ampliar a vida útil destas frutas. Atualmente, muitas pesquisas na área de pós-colheita têm sido voltadas para o estudo de revestimentos comestíveis, com resultados promissores (ASSIS e BRITO, 2014).

Os revestimentos são comumente utilizados para promover a aparência e a preservação da qualidade dos frutos (GARCÍA et al., 2013). O revestimento forma uma barreira parcial aos poros, reduzindo as trocas gasosas e, por consequência, a respiração, promovendo aumento na vida útil do fruto (ASSIS e LEONI, 2003). Alguns dos revestimentos estudados são: cera de carnaúba (DANG et al., 2008; SREENIVAS et al., 2011; RODRIGUES et al., 2014), *Aloe vera* (DANG et al., 2008; AHMED et al., 2009; BENÍTEZ et al., 2013; GARCÍA et al., 2013; GUILLÉN, et al, 2013; SONG et al., 2013), carboximetil celulose - CMC (HUSSAIN et al., 2010; TRIGO et al., 2012; ARNON et al., 2014), cera de abelha (FABRA et al., 2009; NAVARRO-TARAZAGA et al., 2011; WEISS et al., 2013), quitosana (CHIEN et al., 2007; ALI, 2011; TRIGO et al., 2012), fécula de mandioca (CHEN et al, 2009; TRIGO et al., 2012), alginato de sódio

(MIGUEL et al., 2009; CHIUMARELLI et al., 2011; DÍAZ-MULA et al., 2012; TRIGO et al., 2012), entre outros.

Alguns trabalhos utilizam a cera de carnaúba como controle, por ser um revestimento de amplo uso comercial (SREENIVAS et al., 2011). Porém, com o tempo, algumas restrições foram se apresentando quanto ao seu uso, como por exemplo, em mangas exportadas para a Europa. Desta forma, trabalhos vêm sendo realizados a fim de encontrar revestimentos que sejam compatíveis com algumas frutas e que possam ser indicado para uso comercial, com a finalidade de substituir a cera de carnaúba. A motivação não pode ser entendida como ineficiência na manutenção da qualidade das frutas, mas porque algumas ceras de carnaúba não se constituem em revestimento comestível e biodegradável por apresentarem, em sua composição, parafina e polietileno (ASSIS et al., 2009).

A refrigeração, principal tecnologia utilizada em frutas para exportação, aumenta a vida útil dos vegetais. Mas, devido à alta perecibilidade da manga (BALOCH e BIBI, 2012) e o longo tempo que muitas vezes percorre para chegar ao seu destino final (POLL et al., 2013), se faz necessário a utilização de tecnologias complementares. Atualmente, para isso, há uma preocupação em utilizar materiais biodegradáveis e comestíveis (SREENIVAS et al., 2011; BALOCH e BIBI, 2012).

O intuito de se utilizar revestimentos em frutas é principalmente aumentar sua vida útil pela redução da taxa respiratória (ASSIS e LEONI, 2003; AHMED et al., 2009; BENÍTEZ et al., 2013). Porém, há de se atentar para a concentração do revestimento a ser utilizado, prevenindo proporções muito altas que possam inibir eventos metabólicos, ocasionando perdas (TRIGO et al., 2012).

Mangas da cultivar ‘Palmer’ podem ser conservadas sob refrigeração a 12 °C por até 21 dias. Esta limitação é devido a ocorrência de podridões (MIGUEL et al., 2013). Além da refrigeração, a utilização de revestimentos comestíveis pode ser utilizada como método auxiliar na conservação de vegetais (MENEGHEL et al., 2008). Os estudos já realizados em relação a revestimentos de mangas ‘Palmer’ ainda não geraram uma recomendação para uso comercial e indicam que diferentes concentrações de diferentes materiais sejam testados (SERPA et al., 2014). O objetivo deste estudo foi caracterizar a evolução dos atributos de qualidade da manga ‘Palmer’ após a aplicação pós-colheita de revestimentos, em armazenamento refrigerado seguido de temperatura ambiente e indicar uma ou mais soluções de revestimento

biodegradável e comestível que prolongue a conservação pós-colheita dessa fruta.

### 3.2. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.2.1 Matéria-prima

Mangas da cultivar ‘Palmer’ foram colhidas no estágio de maturação 3 (Figura 16), procedentes de um pomar comercial, e levadas para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita da Embrapa Semiárido, onde foram lavadas em água corrente e sanificadas em água clorada a 50 ppm por 15 minutos. Posteriormente, foram secas com o auxílio de ventiladores.

Figura 16: Manga ‘Palmer’ no estágio de maturação 3.



Foto: Adriane Luciana da Silva.

Os frutos foram pesados e, em seguida, receberam os recobrimentos a seguir:

1) fécula de mandioca a 2,0% + 0,3% de óleo de girassol + 0,3% de tween 80 + 5% de glicerol. A fécula foi pesada, adicionada de água destilada e aquecida a 80°C por 5 minutos, quando, então, foram incluídos os aditivos;

2) cera de abelha a 2,0% + 0,3% de óleo de girassol. A cera de abelha foi pesada e, em relação a esse peso, foi adicionado 15% de span 80 e 5% de tween 80. Após a inclusão dos aditivos, a solução foi levada para banho-maria até a sua dissolução, acrescentando-se, em seguida, água destilada aquecida e, posteriormente, o óleo de girassol;

3) *Aloe vera* 1:2 (*Aloe vera*:água destilada) + 0,3% de tween 80. Misturou-se o *Aloe vera* com a água destilada, com posterior acréscimo do aditivo;

4) Alginato de sódio a 1,5% + 0,3% de óleo de girassol + 0,3% de tween 80 + 5% de glicerol. O alginato de sódio foi pesado, adicionado de água destilada e, posteriormente, foram acrescentados os aditivos;

5) Quitosana a 2,5% + 0,3% de óleo de girassol + 0,3% de tween 80 + 5% de glicerol. A quitosana foi pesada e dissolvida em ácido acético glacial a 1% através de homogeneização constante por aproximadamente 2 h ou até a sua completa dissolução, seguido do acréscimo dos demais componentes em relação ao volume total da solução;

6) CMC a 1% + 0,3% de óleo de girassol + 0,3% de tween 80 + 5% de glicerol. A CMC foi adicionada de água destilada e submetida a banho-maria a 50°C até a sua dissolução, com posterior acréscimo dos aditivos em relação ao volume total da solução;

7) cera de carnaúba 1:2 (emulsão cera de carnaúba:água destilada). Foi preparada através da mistura destes dois únicos componentes. Serviu como referencial para o trabalho, uma vez que um dos principais objetivos do trabalho é avaliar a possibilidade de substituição desta cera, que é utilizada comercialmente, porém com restrições, e

8) controle, em que os frutos não receberam nenhum revestimento, apenas foram sanificados, com água clorada a 50 ppm, por 15 minutos.

Após os procedimentos citados, todas as soluções foram submetidas à homogeneização em ultra turrax por aproximadamente 3 minutos, com velocidade variando entre 10.000 e 13.000 rpm. Após a imersão, os frutos foram dispostos em bancada para secagem com o auxílio de ventiladores. Depois de secos, os frutos foram acondicionados em caixas de papelão ondulado e armazenados sob refrigeração a  $10,3 \pm 0,7$  °C e  $81 \pm 9$  % de UR por 21 dias, quando então foram transferidos para a temperatura ambiente ( $25,0 \pm 1,1$  °C e  $73 \pm 7$  % de UR), onde permaneceram por mais 9 dias. As avaliações foram feitas nos dias 0, 15, 21, 24, 26, 28 e 30 dias após a colheita. A escolha destas temperaturas e períodos de avaliação, foi com o intuito de simular a comercialização destas mangas para o mercado externo.

### 3.2.2 Análises dos frutos

As análises realizadas foram:

- a) perda de massa, obtida pela diferença percentual de massa dos frutos no dia da colheita e no dia da análise;
- b) aparência, utilizando-se escala de notas, variando de 4 a 0, proposta por Lima et al. (2007), sendo:
  - 4 – fruto isento de manchas e com aparência fresca;
  - 3 – sinais de murcha inicial (perda de brilho e turgor) e/ou presença de manchas em até 5% da superfície do fruto;
  - 2 – manchas em 6% a 20% da superfície e/ou enrugamento inicial;
  - 1 – manchas em 21% a 40% do fruto e com avanço de enrugamento (intensidade moderada);
  - 0 – manchas em mais de 40% da área do fruto e/ou enrugamento em intensidade severa e/ou podridão.
- c) teor de ácido ascórbico (AA), usando o método do DFI (2,6 dicloro-fenolindofenol a 0,02 %) (STROHECKER e HENNING, 1967).
- d) cor da casca, na região vermelha (brilho - L, a\* e b\*) e verde (L, croma - C e ângulo de Hue - H), e cor da polpa (L, C, H), utilizando colorímetro Minolta CR-400,
- e) firmeza da polpa, utilizando penetrômetro com ponteira de 8 mm, retirando-se a casca do fruto com uma faca inoxidável, introduzindo-se a ponteira na polpa, fazendo-se uma leitura em cada lado, na região mediana;
- f) teor de sólidos solúveis (SS) através de refratômetro digital com compensação automática de temperatura (AOAC, 1998);
- g) acidez titulável (AT), obtida por titulação com NaOH a 0,1N (IAL, 1985);
- h) pH, utilizando-se peagômetro, obtendo-se leitura direta;
- i) teor de açúcares solúveis totais (AST), determinado usando o reagente antrona (YEMN e WILLIS, 1954);
- j) açúcares redutores (AR), determinado por meio do reagente ácido dinitrosalicílico - DNS (AOAC, 1998) e
- k) açúcares não redutores (ANR), obtido pela diferença entre os teores de AST e os de AR;
- l) teor de amido, obtido através de quatro lavagens da amostra com água destilada, em centrífuga a 11.000 rpm por 10 minutos, descartando-se o sobrenadante. A amostra foi transferida para um balão de condensador com 75 mL de água e

5 mL de ácido clorídrico, sendo mantido em refluxo por 2 horas. Em seguida, procedeu-se ao resfriamento e neutralizou-se a solução com carbonato de sódio a 20%. A amostra foi filtrada para um balão de 200 mL e aferido com água destilada (AOAC, 1998). A partir deste extrato, procedeu-se a leitura dos açúcares redutores, conforme metodologia que utiliza o reagente ácido 3,5- dinitrossalicílico (DNS), proposta por MILLER (1959). Os resultados foram multiplicados por 0,9, sendo este fator correspondente ao rendimento da transformação da sacarose em glicose, na hidrólise.

- m) teor de carotenoides, foram utilizados 10 g de amostra, 30 mL de álcool isopropílico e 10 mL de hexano, agitou-se por 1 minuto, transferiu-se a mistura para um funil de separação com aproximadamente 60 mL de água para lavar a amostra. Após homogeneização e repouso de 30 minutos, a fase aquosa foi desprezada e mais duas lavagens foram feitas. Após as lavagens, a fase contendo o pigmento foi filtrada em algodão pulverizado com sulfato de sódio anidro e a camada de hexano, contendo os carotenoides, foi drenada para um balão de 50 mL, onde foram adicionados 5 mL de acetona e o balão foi aferido com hexano. A mistura foi homogeneizada e lida em espectrofotômetro, a 450 nm (HIGBY, 1962). Esta avaliação foi realizada somente para as amostras em que houve diferenças significativas de cor da polpa em relação aos frutos do controle e àqueles submetidos a cera de carnaúba.
- n) teor de substâncias pécticas, para extração, foi pesado 5 g de amostra, adicionada de 25 mL de etanol a 95% e colocada em refrigeração por 5 minutos, sendo posteriormente filtrada à vácuo. O filtrado foi descartado e o resíduo lavado com 30 mL de etanol a 75%, ainda sob vácuo. O resíduo foi transferido para um copo de Becker e adicionado 50 mL de água destilada. O pH foi ajustado para 11,5 com NaOH a 1,0 N e colocado em geladeira por 30 minutos. Ao sair do repouso, o pH foi ajustado para 5,0-5,5, com ácido acético glacial diluído. Em seguida, 100 µg de pectinase foram adicionados. O copo de Becker foi levado para o 'shaker' por 1 hora, seguido de filtração à vácuo, sendo desta vez descartado o resíduo. O filtrado capturado foi transferido para um balão de 100 mL e aferido com água destilada, obtendo-se assim o extrato para quantificação (McREADY e McCOMB, 1952). Para quantificação, tomou-se uma alíquota máxima entre extrato e água de 1,0 mL,

adicionou-se 3,6 mL de tetraborato de sódio com os tubos imersos em gelo, sendo agitados e colocados em banho maria a 100°C, por 5 minutos. Os tubos foram rapidamente resfriados e adicionados 60 µL de 3-fenilfenol. A mistura foi homogeneizada e deixada em repouso, sendo lida entre 10 e 15 minutos após a agitação, a 520 nm (BLUMENKRANTZ e ASBOE-HANSEN, 1973).

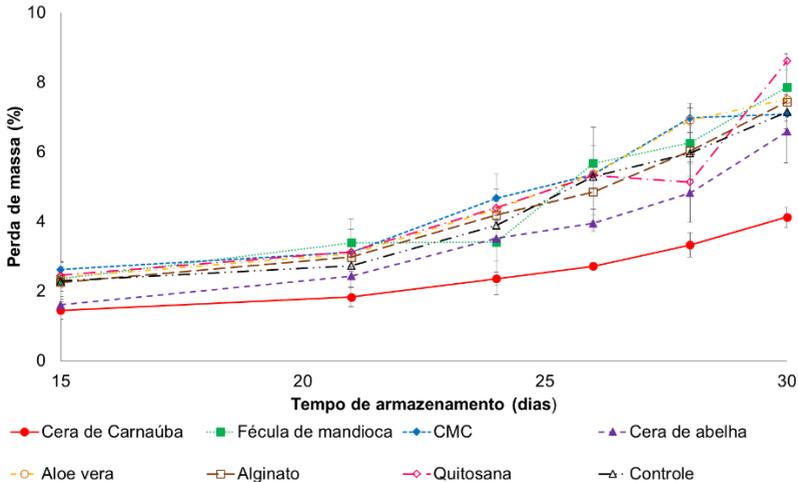
O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em fatorial 8 x 7 (revestimento x tempo de armazenamento), com quatro repetições, sendo cada repetição composta por quatro frutos. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e os efeitos significativos dos tratamentos foram representados por suas médias e desvios-padrões.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3.1 Perda de massa

A perda de massa dos frutos diferiu entre os tratamentos aplicados, em interação significativa com o tempo de armazenamento (Figura 17). A partir de 15 dias de armazenamento refrigerado, foi possível observar perda de massa crescente entre os frutos, porém aqueles submetidos aos tratamentos contendo ceras, foram os menos prejudicados, especialmente os revestidos com cera de carnaúba. Os frutos que receberam as soluções de quitosana, fécula de mandioca, alginato de sódio, *Aloe vera*, CMC e o controle perderam aproximadamente o dobro de massa em relação àqueles tratados com cera de carnaúba. Este tratamento foi o mais eficiente em limitar a perda de massa dos frutos.

Figura 17. Perda de massa de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



\* As barras verticais representam o desvio padrão.

A influência do revestimento sobre a perda de massa do fruto está relacionada principalmente à barreira de vapor de água que fornece (MEDEIROS et al., 2012). Normalmente, os frutos revestidos com soluções a base de ceras são eficientes na manutenção da massa inicial, devido ao conteúdo lipídico (SREENIVAS et al., 2011), de natureza hidrofóbica. As ceras de abelha e principalmente a de carnaúba foram eficazes em manter a barreira de vapor de água de mangas revestidas, enquanto os revestimentos de *Aloe vera*, CMC, quitosana, fécula de mandioca e alginato de sódio não se caracterizaram por esse tipo de resposta. O fato de os polissacarídeos serem os principais componentes do gel de *Aloe vera* e dos demais revestimentos acima citados pode explicar a menor eficiência destes e outros revestimentos semelhantes em relação à perda de água (DANG et al., 2008).

Há um comportamento diferente entre os diversos frutos e as diferentes concentrações de revestimentos aplicadas. Por exemplo, a cera de abelha reduziu significativamente a perda de massa de ameixas, sendo esta redução definida, até certo ponto, pela concentração. A partir de determinada concentração, não houve mais limitação à perda de água

(NAVARRO-TARAZAGA et al., 2011). A cera de abelha constitui um excelente componente hidrofóbico, fazendo com que a perda de massa diminua. Em estudo realizado por Weis et al. (2013), a perda de massa de ameixas diminuiu quando a concentração aumentou de 20 para 40g.100g<sup>-1</sup>, não havendo mais diferença nas concentrações superiores testadas. A perda de massa durante o armazenamento a 20°C, de ameixas e pêssegos, alcançou valores de 5,5% e 6,5%, respectivamente, sendo menor nos frutos tratados com gel de *A. vera* (GUILLÉN et al., 2013). Já para tomates mantidos a temperatura ambiente, não se observou influência da solução 2:1 de *A. vera*, diluída em água, sobre a perda de massa dos frutos (GARCÍA et al., 2013).

Estudos com pera demonstraram que o alginato de sódio a 2% foi eficiente na redução da perda de massa, devido à baixa permeabilidade do revestimento ao vapor de água (MORAES et al., 2012). Já o hidroxipropilmetil celulose (HPMC) não foi eficiente quando aplicado em laranjas, porém, a resposta foi melhorada com a adição de cera de abelha ao revestimento (CONTRERAS-OLIVA et al., 2011).

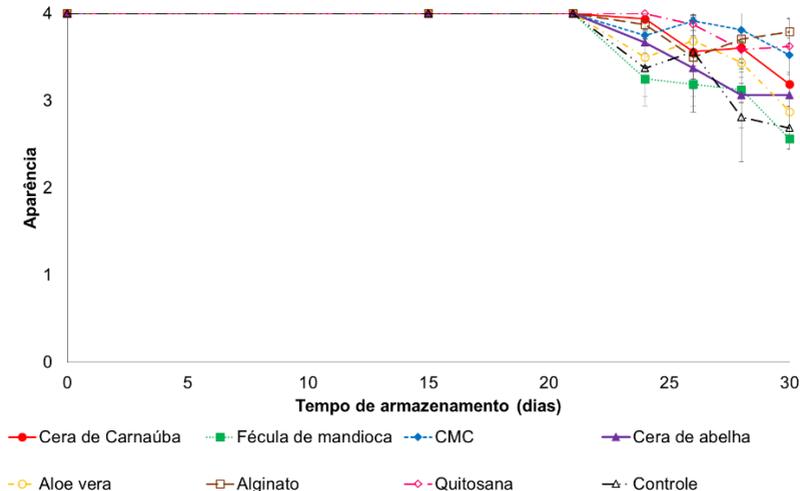
A perda de massa não só resulta em perdas quantitativas diretas, mas também causa perdas na aparência, na qualidade textural (amolecimento, perda de crocância e suculência) e na qualidade nutricional. Se a perda de massa é maior do que 10%, a superfície da fruta torna-se propensa a defeitos de qualidade, como murchamento, comprometendo a sua comercialização (HUSSAIN et al., 2010). A perda de massa pode ser resultante da deterioração ou perda de água do fruto através da transpiração. Os revestimentos, além de outras funções, atuam como barreira a essa perda de umidade (MONCAYO et al., 2013).

### **3.3.2 Aparência externa geral**

A aparência é um dos principais atributos de qualidade de um fruto, pois, no momento da compra, é geralmente considerado como primeiro item de escolha. Os resultados obtidos em relação à aparência geral da manga ‘Palmer’ revelaram interação significativa entre o tempo de armazenamento e os tratamentos aplicados (Figura 18). Observou-se que até os 21 dias de armazenamento, ou seja, enquanto os frutos estavam armazenados sob refrigeração, não houve alterações na aparência, sendo atribuídos a eles a nota máxima, 4,0. Quando os frutos foram armazenados em temperatura ambiente, ocorreram alterações na aparência, porém a nota mínima observada não representa rejeição do

produto pelo consumidor uma vez que a área afetada do fruto foi de cerca de 5%. No final do armazenamento, os frutos com melhor aparência foram aqueles submetidos aos tratamentos contendo cera de carnaúba, cera de abelha, alginato de sódio, quitosana e CMC, com destaque para estes três últimos, em que foram observadas notas de 3,8; 3,6 e 3,5, respectivamente, ao final do armazenamento. Nos frutos sem revestimento e naqueles submetidos aos tratamentos contendo fécula de mandioca e *Aloe vera* foram observadas notas inferiores a 3, porém acima de 2,0, indicando que a aparência do fruto o qualificava como apto à comercialização.

Figura 18. Aparência externa de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



\* As barras verticais representam o desvio padrão.

Escala de notas proposta por Lima et al (2007): 4 – fruto isento de manchas e com aparência fresca; 3 – sinais de murcha inicial (perda de brilho e turgor) e/ou presença de manchas em até 5% da superfície do fruto; 2 – manchas em 6% a 20% da superfície e/ou enrugamento inicial; 1 – manchas em 21% a 40% do fruto e com avanço de enrugamento (intensidade moderada); 0 – manchas em mais de 40% da área do fruto e/ou enrugamento em intensidade severa e/ou podridão.

Estudos conduzidos por MEDEIROS et al. (2011) indicaram que mangas revestidas com pectina e quitosana tiveram aparência

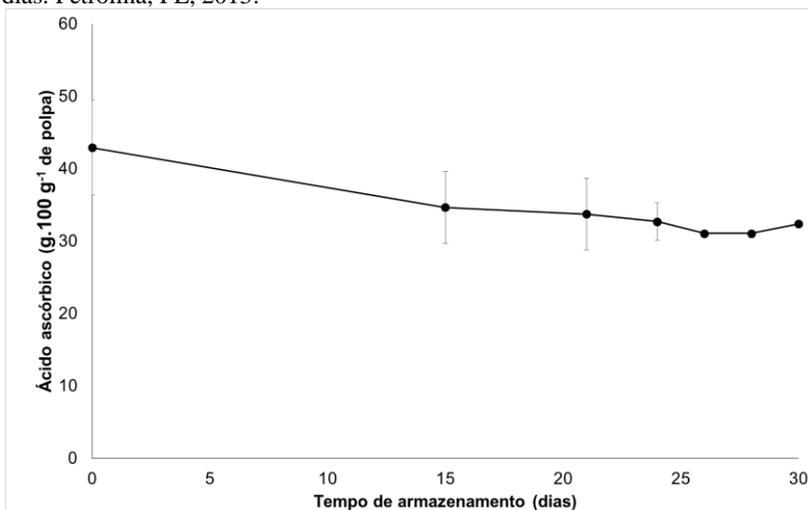
melhor e menor perda de massa que frutas não revestidas. Uma das causas da alteração de aparência após a colheita é a perda de massa (HUSSAIN et al., 2010), que pode levar a murcha, comprometendo a comercialização (ADETUNJI et al., 2012). Uma das formas de evitar esse evento, é reduzindo a produção de etileno (BALOCH e BIBI, 2012).

Um outro fator que pode comprometer a aparência dos frutos é o dano pelo frio, assim como danos mecânicos, ataque de microrganismos e distúrbios fisiológicos (MIGUEL et al., 2011), além de manchas provocadas por alguns revestimentos (LIMA et al., 2012).

### **3.3.3 Teor de ácido ascórbico**

O teor de ácido ascórbico foi influenciado apenas pelo tempo de armazenamento (Figura 19). Caracteristicamente, houve diminuição no teor desde o valor de 42,9 g.100 g<sup>-1</sup> de polpa, por ocasião da colheita, até 32,4 g.100 g<sup>-1</sup> de polpa após 30 dias de armazenamento. O teor de ácido ascórbico para algumas variedades de manga diminui com a evolução da maturação (MEDINA, 1995; CARDELLO e CARDELLO, 1998; YAMASHITA et al., 2001; BABOLCH e BIBI, 2012). Em outras, como a Kent, o teor aumenta nos primeiros estádios de maturação, com redução somente no final (VAZQUEZ-SALINAS e LAKSHMINARAYANA, 1985; SILVA, 2007).

Figura 19. Teor de ácido ascórbico de mangas ‘Palmer’ sob armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR) por até 21 dias, seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*

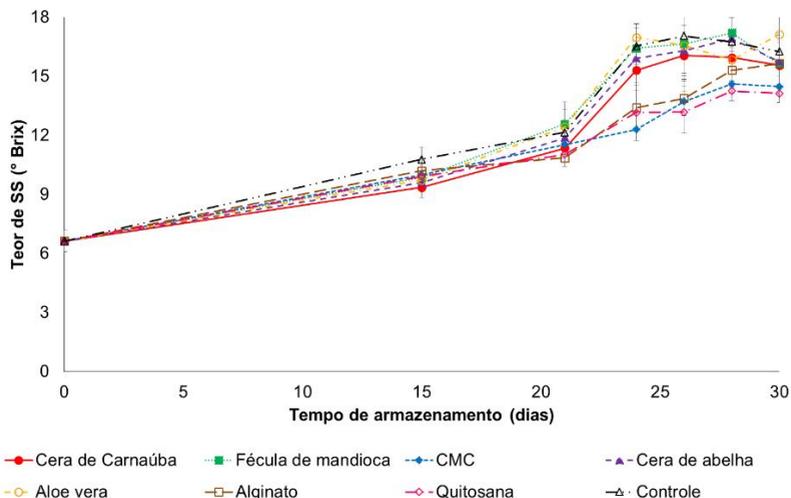


\* As barras verticais representam o desvio padrão. Quando as barras verticais não estão visíveis indica que o desvio-padrão foi menor que o símbolo que representa o valor médio.

### 3.3.4 Teor de sólidos solúveis (SS)

Os teores de SS foram influenciados pela interação entre o tempo de armazenamento e os revestimentos aplicados (Figura 4). Apesar de os frutos submetidos ao tratamento contendo quitosana terem perdido mais massa, foram os que tiveram os menores teores de SS, juntamente com aqueles que receberam a CMC. Observou-se que enquanto os frutos encontravam-se ainda em refrigeração, os teores de SS eram semelhantes entre eles. As diferenças aumentaram quando os frutos foram transferidos para a temperatura ambiente, sendo que os revestidos com alginato de sódio, CMC e quitosana mantiveram-se com teores mais baixos, indicando um atraso na maturação. Mangas da variedade Palmer, quando maduras podem alcançar teores de sólidos solúveis de  $17^{\circ}$  Brix (HOJO et al., 2009).

Figura 20. Teor de sólidos solúveis (SS) de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



\* As barras verticais representam o desvio padrão.

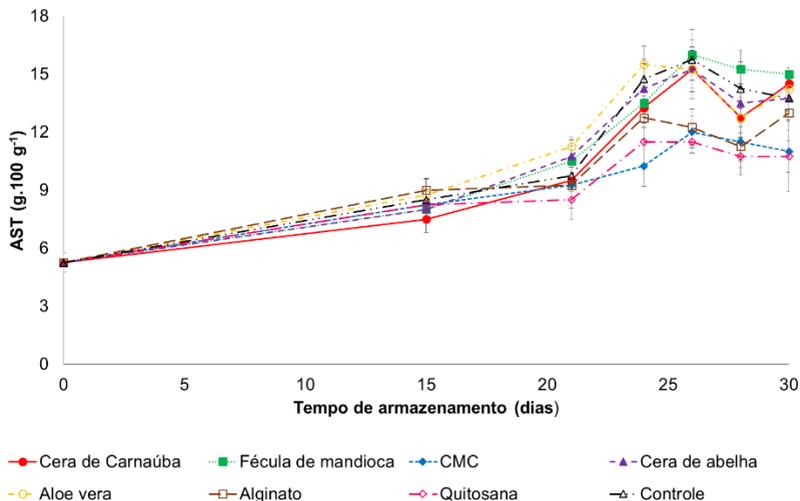
Os teores de SS são constituídos principalmente de açúcares (CONEGLIAN et al., 1993), que, no geral, aumentam com o avanço da maturação (SANTOS, 2006). As respostas dos frutos ao uso de revestimentos têm variado em relação aos teores de SS e outras variáveis associadas à qualidade. Por exemplo, tomates tratados com *A. vera* não apresentaram efeito significativos em relação aos teores de SS durante o armazenamento, comparando com os frutos do controle (GARCÍA et al., 2013). Mas, mamões revestidos com CMC, alginato de sódio e amido de arroz, mantiveram os teores de SS estáveis (TRIGO et al., 2012).

### 3.3.5 Teor de açúcares solúveis totais (AST)

Para os teores de AST, a interação entre tempo de armazenamento e os revestimentos foi significativa (Figura 21). A resposta geral é de aumento nos teores de AST com o decorrer do tempo. Ao final do armazenamento, os menores teores de AST foram encontrados nos frutos submetidos a CMC, quitosana e alginato de sódio, principalmente para os dois primeiros. Estes resultados

corroboram com aqueles encontrados para o teor de sólidos solúveis, confirmando o atraso na maturação destes frutos em relação aos demais.

Figura 21. Teor de açúcares solúveis totais (AST) de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



\* As barras verticais representam o desvio padrão.

Os resultados com a manga ‘Palmer’ confirmam a relação entre SS e açúcares, pois enquanto os teores de SS das mangas submetidos a CMC, alginato de sódio e quitosana, mantiveram-se mais baixos, os teores de AST também encontravam-se baixos. A resposta se relaciona com atraso na evolução da maturação destes frutos (YAMASHITA et al., 2001).

Os açúcares encontrados na manga são glicose, frutose e sacarose (SUBRAMANYAM et al., 1975), sendo este último encontrado em maior quantidade, tendo, assim, grande contribuição no teor de SS (BERNARDES-SILVA et al., 2003). É esperado que seus teores aumentem com o tempo de armazenamento, assim como acontece para outros frutos climatéricos, a exemplo da pera.

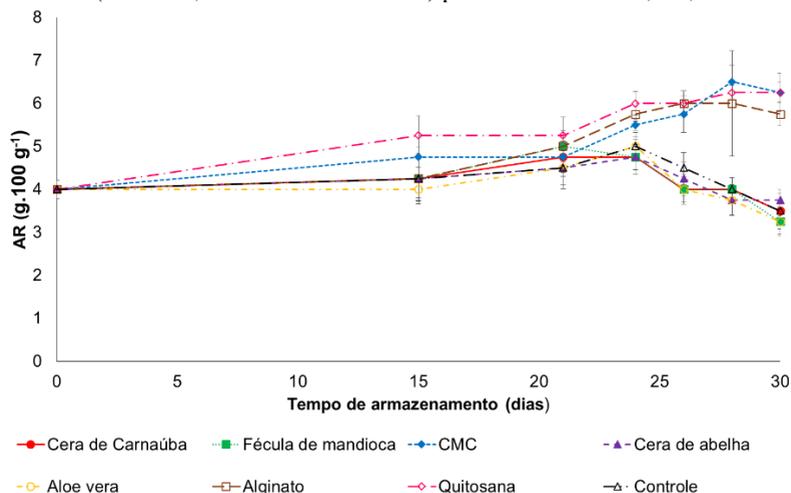
A utilização de CMC a 1% associado à irradiação de 1,5 kGy foi eficiente em atrasar o acúmulo de açúcares totais em peras (HUSSAIN et al., 2010), devido à redução na produção de etileno

promovido pela utilização do revestimento (BALOCH et al., 2013). Um estudo realizado a fim de observar o comportamento da manga durante o armazenamento mostrou que o aumento no teor de AST resulta da degradação do amido (MITRA e BALDWIN, 1997; BALOCH e BIBI, 2012). Portanto, o acúmulo desse açúcar é importante para a qualidade do fruto (SILVA et al., 2007).

### **3.3.6 Teor de açúcares redutores (AR)**

A interação entre tempo de armazenamento e os revestimentos também foi significativa para o teor de AR (Figura 22). Após os 21 dias de armazenamento, quando os frutos foram transferidos para a temperatura ambiente, observou-se comportamento diferente em alguns tratamentos. Os frutos que foram submetidos aos tratamentos contendo CMC, quitosana e alginato de sódio tiveram seus teores de AR aumentados, enquanto que, para os demais, após os 26 dias de armazenamento, estes teores foram reduzidos. Esta redução sugere consumo destes açúcares, especialmente a glicose, que é utilizada na via respiratória (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Tem-se, desta forma, um indicativo de atraso na maturação para os frutos submetidos a CMC, alginato de sódio e quitosana.

Figura 22. Teor de açúcares redutores (AR) de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



\* As barras verticais representam o desvio padrão.

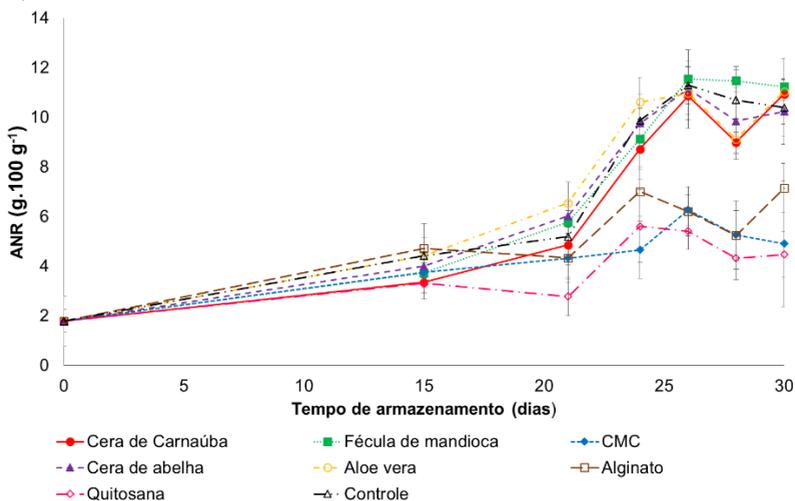
Os teores de AR são representados na manga pela por glicose e frutose, sendo este último predominante (BERNARDES-SILVA et al., 2003). O aumento no teor destes açúcares é devido à conversão de polissacarídeos durante o processo de amadurecimento. Mas é possível retardar essa conversão por meio da utilização de revestimentos, como observado com o uso de azeite de oliva em mangas (BIBI e BALOCH, 2012).

### 3.3.7 Teor de açúcares não redutores (ANR)

Para o teor de ANR, a interação entre tempo de armazenamento e os revestimentos foi significativa (Figura 23). Os teores de ANR aumentaram com o decorrer do tempo, sendo que os frutos que receberam os tratamentos com cera de carnaúba, fécula de mandioca, cera de abelha e *Aloe vera* bem como os do controle tiveram grande aumento após os 21 dias de armazenamento, ou seja, após serem transferidos para a temperatura ambiente. Os frutos dos tratamentos contendo quitosana, CMC e alginato de sódio também aumentaram os teores desses açúcares, porém a menores taxas, chegando ao final do

armazenamento com teores menores em relação aos que receberam os revestimentos anteriormente citados.

Figura 23. Teor de açúcares não redutores (ANR) de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



\* As barras verticais representam o desvio padrão.

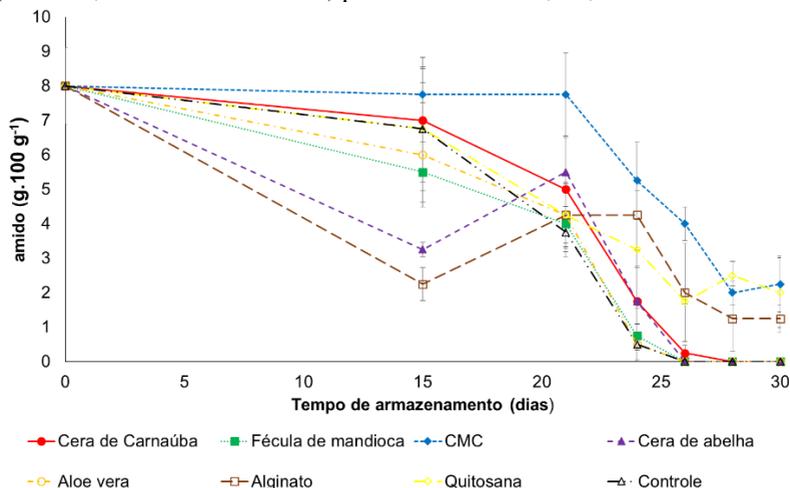
Em mangas maduras, prevalecem os açúcares não redutores, representados pela sacarose, cujo acúmulo é altamente ligado à degradação do amido (SILVA et al., 2008). São eles os principais responsáveis pelo sabor da fruta (SUBRAMANYAN et al., 1975). Assim, os resultados sugerem que, ao final do armazenamento, os frutos submetidos a quitosana, CMC e alginato de sódio ainda não tinham atingido o sabor potencial, indicando um atraso na maturação.

### 3.3.8 Teor de amido

Houve interação significativa para o tempo de armazenamento e os revestimentos aplicados em relação ao teor de amido (Figura 24). Houve diminuição nos teores de amido durante o tempo de armazenamento, sendo maior quando os frutos foram transferidos para a temperatura ambiente. Para os frutos do controle, fécula de mandioca,

cera de abelha e *A. vera*, aos 26 dias de armazenamento, não havia mais amido detectável nas amostras por meio do método utilizado. Para cera de carnaúba, isto ocorreu aos 28 dias, enquanto que, para os frutos submetidos a CMC, alginato de sódio e quitosana, foi possível quantificá-los até o último dia de avaliação. É possível observar que os frutos submetidos a estes três tratamentos tiveram os maiores teores de amido, enquanto que teores de açúcares não redutores foram os menores (Fig. 23). Esta relação também foi observada por Hojo et al. (2009) para esta mesma cultivar de manga.

Figura 24. Teor de amido de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



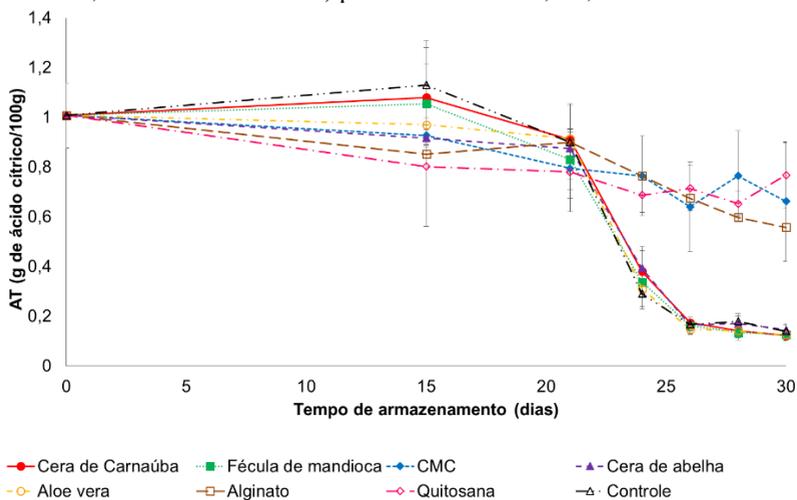
\* As barras verticais representam o desvio padrão.

Durante o amadurecimento, o amido é hidrolisado, havendo a formação de açúcares (MITRA e BALDWIN, 1997). A degradação do amido está relacionada principalmente à enzima  $\alpha$ -amilase, e em menor proporção, à  $\beta$ -amilase (SILVA et al., 2008). O resultado desta conversão é o aumento no teor de sólidos solúveis (BALOCH e BIBI, 2012). Além desta relação com o teor de sólidos solúveis (Figura 21), é possível que haja também uma relação direta entre a degradação do amido e o amaciamento da polpa.

### 3.3.9 Acidez titulável (AT)

Para a AT, houve interação entre os fatores tempo de armazenamento e revestimentos (Figura 25). Assim como para o teor de SS, os valores para AT diferiram pouco entre as amostras enquanto as frutas estavam sob refrigeração. Após transferidos para a temperatura ambiente, os frutos do controle, bem como os tratados com cera de carnaúba, fécula, cera de abelha e *Aloe vera*, tiveram seus valores bastante reduzidos e numericamente próximos entre si. Os frutos tratados com CMC, alginato de sódio e quitosana reduziram pouco a acidez, mas também com valores próximos entre eles. Ao final do armazenamento, a acidez destes frutos foi de 5 a 6 vezes maior que a daqueles tratados com cera de carnaúba, fécula de mandioca, cera de abelha, *Aloe vera* e controle.

Figura 25. Acidez titulável (AT) de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



\* As barras verticais representam o desvio padrão.

A acidez é um componente importante na qualidade organoléptica, sendo cítrico e málico os principais ácidos encontrados em frutas. A acumulação destes ácidos nas frutas é o resultado de vários processos interligados que ocorrem em diferentes compartimentos da

célula e parecem estar sob o controle de diversos fatores (ETIENNE et al., 2013).

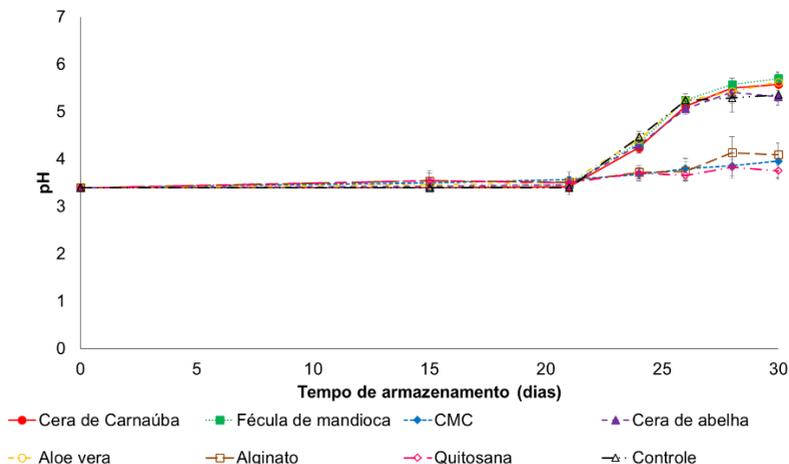
Em frutos como morangos revestidos com ceras de cabaça e carnaúba, observou-se eficiência na manutenção da acidez (SREENIVAS, 2011). Essas respostas, repercutindo em valores elevados para acidez, são indicativos de atraso na maturação (HUSSAIN et al., 2010).

É tendência que ocorra redução da acidez nos frutos com o tempo de armazenamento, mas a utilização de revestimento de CMC atrasou o processo em peras (HUSSAIN et al., 2010). Possivelmente, este comportamento tenha sido provocado pela redução na respiração decorrente do uso dos revestimentos, levando à menor degradação de ácidos orgânicos (MIGUEL et al., 2009). Pois a utilização de revestimento em mangas, como a quitosana, tem reduzido a taxa respiratória dos frutos (ZHU et al., 2008). Isso ocorre devido à permeabilidade dos revestimentos aos gases ( $O_2$  e  $CO_2$ ), tendo influência, desta forma, sobre o amadurecimento de frutas (PAUL and PANDEY, 2014).

### 3.3.10 pH

Para o pH, a interação entre o tempo de armazenamento e os revestimentos aplicados foi estatisticamente significativa (Figura 26). O pH seguiu comportamento semelhante ao da acidez, ou seja, os frutos que receberam as soluções contendo CMC, alginato de sódio e quitosana apresentaram pH menor que os demais, com pequena variação entre o início e o fim do armazenamento, em torno de 0,3 a 0,5, enquanto que para os demais tratamentos esta variação foi superior a 2,0. Uma relação inversa entre pH e acidez é esperada uma vez que representam os mesmos eventos fisiológicos atrelados à degradação de ácidos orgânicos. Para tomates, não houve diferença para o pH quando tratados com *A. vera* 2:1 (*A. vera*: água) em relação ao controle (GARCÍA et al., 2013).

Figura 26. pH de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



\*As barras verticais representam o desvio padrão.

O pH aumenta com o tempo de armazenamento dos frutos (MORAES et al., 2012). Os resultados demonstram claramente a relação entre pH e acidez, com aumento do primeiro (Figura 26) à medida que a acidez diminui (Figura 25), tornando o fruto mais palatável (SERPA et al., 2014), por torná-lo mais maduro.

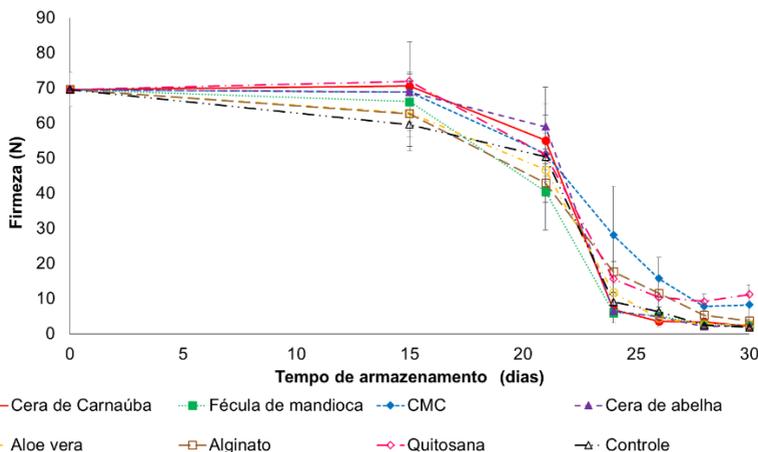
Peras revestidas com alginato de sódio e carragena tiveram pH mais baixos que os frutos não revestidos (MORAES et al., 2012), assim como ocorreu neste estudo para CMC, alginato de sódio e quitosana, em mangas. A utilização de alguns revestimentos desacelera alterações no pH, influenciando, desta forma, a acidez (MORAES, et al., 2012). Possivelmente, estes eventos ocorram devido à redução no processo respiratório (TRIGO et al., 2012).

### 3.3.11 Firmeza da polpa

Houve interação significativa entre os revestimentos aplicados e o tempo de armazenamento para a firmeza da polpa (Figura 27). A firmeza dos frutos diminuiu com o decorrer do tempo de armazenamento para todos os frutos, porém em taxas diferenciais,

conforme o revestimento. Os frutos que apresentaram a maior firmeza no final do armazenamento foram aqueles submetidos à quitosana e CMC.

Figura 27. Firmeza de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



\*As barras verticais representam o desvio padrão.

Em alguns casos, as ceras são eficientes na manutenção da firmeza, como é o caso das ceras de carnaúba e de cabaça que atrasaram o amaciamento da polpa de morangos armazenados por 8 dias. Observou-se que a firmeza diminuiu para estes frutos nos dois primeiros dias, quando, então, permaneceu constante até o final do armazenamento (SREENIVAS et al., 2011).

Em manga, o gene que está relacionado com a firmeza é desencadeado pelo etileno (SANE et al., 2005). Desta forma, o aumento na produção de etileno coincide com o aumento na respiração e com a diminuição na firmeza (KOSLANUND et al., 2005). A firmeza também está diretamente relacionada com a quantidade de água no interior das células, ou seja, com o turgor celular (CHITARRA e CHITARRA, 2005), que diminui com o tempo de armazenamento (HUSSAIN et al., 2010). A diminuição da firmeza também está associada com a conversão das frações pécicas insolúveis em formas solúveis durante o

amadurecimento. Durante a maturação, as enzimas protopectinase e pectinametilesterase são responsáveis pela hidrólise e solubilização de substâncias pécticas, contribuindo assim para a redução da firmeza (HUSSAIN et al., 2010). Um terceiro fator que determina a firmeza é o teor de amido. É possível observar que os frutos mais firmes, no final do armazenamento, foram aqueles que também tinham os maiores teores de amido (Figura 24). Destaca-se, com isso, a importância de retardar o metabolismo de carboidratos na manga, uma vez que promove amaciamento da polpa, que é um fator limitante para a comercialização da fruta.

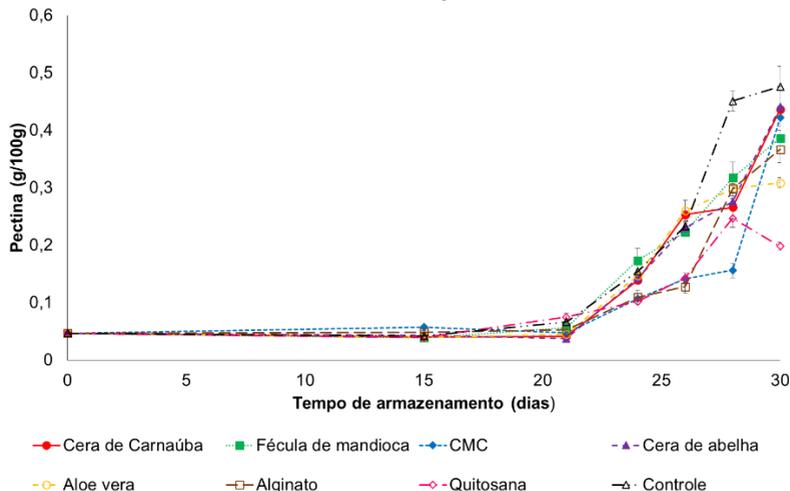
Assim como para a manga Palmer, o gel de *A. vera* não foi eficaz na retenção da firmeza de frutos como pêssegos e ameixa (GUILLÉN et al., 2013). Mas foi eficiente em tomates, quando aplicado na diluição 2:1 (GRACÍA et al., 2013). A redução das trocas gasosas de pedaços de kiwi minimamente processados revestidos com *A. vera* pode ter sido o responsável pelo atraso na maturação, o que resultou na retenção de firmeza durante o armazenamento (BENÍTEZ et al., 2013). Desta forma, ratifica-se a variação de respostas relacionadas a diferenças entre a fisiologia dos frutos (ASSIS e BRITO, 2014).

No geral, há uma manutenção na firmeza de frutos revestidos, sendo isto dependente do tipo de revestimento e da concentração utilizada (ADETUNJI et al., 2012).

### **3.3.12 Teor de substâncias pécticas**

O teor de substâncias pécticas aumentou com o decorrer do tempo de armazenamento, mas com diferenças nos ritmos dessas mudanças entre os tratamentos com revestimentos (Figura 28). As principais mudanças surgiram quando os frutos foram transferidos para a temperatura ambiente. Os frutos que receberam a quitosana foram os que apresentaram os menores teores de substâncias pécticas, ao passo que os frutos controle tiveram os maiores. Destacam-se os frutos que receberam revestimentos de CMC como aqueles em que as mudanças nos teores de substâncias pécticas foram mais lentas.

Figura 28. Teor de substâncias pécicas de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



\* As barras verticais representam o desvio padrão.

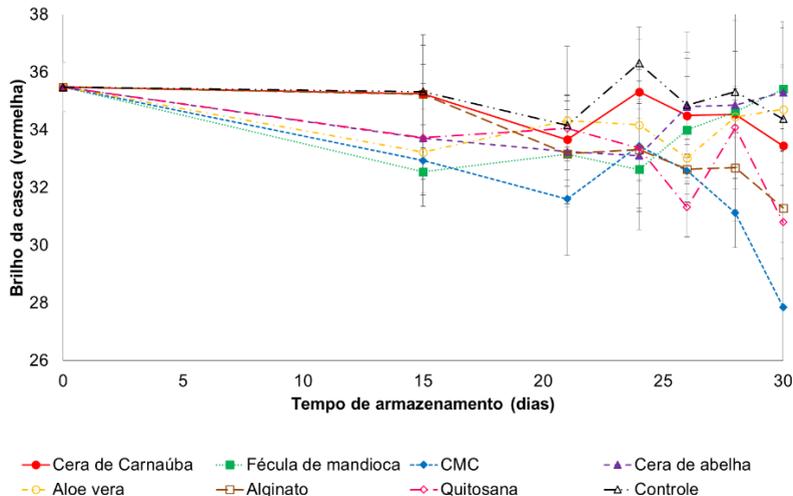
Em kiwis fatiados submetidos a revestimento de *A. vera*, observou-se aumento no teor de pectina solúvel, como característico do avanço do tempo de armazenamento na maioria dos frutos. Já a o teor de substâncias pécicas totais tende a diminuir com o armazenamento, mostrando sua solubilização (BERTÍNEZ et al., 2013). Essa tendência foi observada também em peras armazenadas. Quanto menor os níveis de pectinas solúveis em água, maior é o atraso no amadurecimento do fruto, atribuída à menor atividade enzimática (HUSSAIN et al., 2010).

Durante a maturação e o amadurecimento dos frutos há uma tendência de solubilização das pectinas, contribuindo para o amaciamento. Porém para mangas das variedades Kent (SILVA, 2007), Tommy Atkins (RIBEIRO et al., 2009) e Palmer há um comportamento diferenciado das pectinas (HOJO et al., 2007). Ribeiro et al. (2009) sugeriram a realização de estudos bioquímicos/moleculares mais detalhados para caracterizar e compreender os mecanismos que regulam os teores de substâncias pécicas e o amaciamento da polpa, em manga.

### 3.3.13 Brilho da casca – região vermelha

Em relação ao brilho da casca na região vermelha da fruta, houve efeito significativo da interação entre o tempo de armazenamento e os revestimentos aplicados (Figura 29). As variações nos valores do brilho, reconhecida internacionalmente pela abreviação L, foram limitadas durante o tempo de armazenamento, exceto para aqueles frutos submetidos a CMC, cujos valores diminuíram de 35,48, no início do armazenamento, para 27,85, ao final do armazenamento. Estas variações podem estar relacionadas às diferenças entre os revestimentos. Os valores de L representam o brilho, a claridade ou a refletância da superfície, variando de 0 (escuro/opaco) a 100 (branco) (LIMA, 2002; COCOZZA, 2003). No geral, tende a diminuir, durante o armazenamento de frutas (MORAES et al., 2012). Os valores de L da casca em mangas da cv. Kensington Pride tratadas com cera de carnaúba e *A. vera* 1:1 tenderam a aumentar, enquanto que nos frutos do controle e nos tratados com *Aloe vera* 100% diminuíram (DANG et al., 2008). Para mangas da cv. Tommy Atkins sem tratamento e tratadas com CMC a 0,5% adicionada de dextrina a 1%, houve incremento no brilho, enquanto que para as frutas tratadas com CMC a 1% adicionada de dextrina a 0,2% houve tendência à redução de L (AMARIZ et al., 2010). Geralmente, a incorporação de óleos aumenta o brilho da casca de frutos revestidos, incluindo o óleo de girasol (MEY et al., 2013). Uvas submetidas a revestimento de gelatina tiveram um incremento no brilho. Fakhouri et al. (2007) destacaram que é esperada a influência do uso de revestimentos sobre este atributo nas frutas.

Figura 29. Atributo de cor – brilho - da casca na região vermelha de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



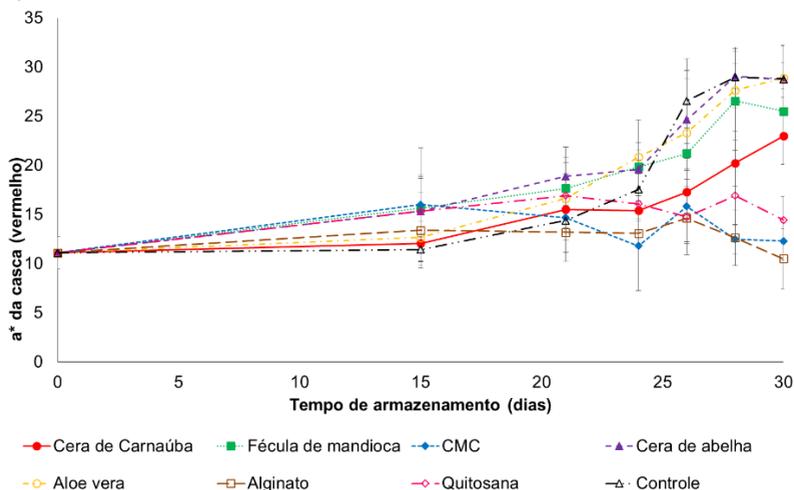
\* As barras verticais representam o desvio padrão.

### 3.3.14 Atributo “a\*” da casca – região vermelha

O atributo de cor “a\*” da casca na região vermelha foi influenciado significativamente pela interação entre o tempo de armazenamento e os tratamentos aplicados (Figura 30). Seus valores variam do vermelho (valores positivos) ao verde (valores negativos) (NAVARRO-TARAZAGA et al., 2011). No presente estudo, os valores para este atributo praticamente não variaram nos frutos submetidos a quitosana, alginato de sódio e CMC, mantendo, desta forma, a coloração vermelha das frutas recém-colhidas. Para os demais tratamentos, os valores aumentaram, indicando intensificação do tom de vermelho. De maneira semelhante DÍAS-MULA et al. (2012) relataram que cerejas submetidas ao tratamento com alginato de sódio a 3% e 5% mantiveram a cor vermelha típica das frutas recém-colhidas. Estudando o comportamento de peras revestidas com alginato de sódio a 2%, os autores observaram que o atributo a\* variou mais nos frutos não revestidos do que nos revestidos (MORAES et al., 2012). Em morangos

revestidos com cera de carnaúba, o valor de  $a^*$  diminuiu (SREENIVAS et al., 2011).

Figura 30. Atributo de cor  $a^*$  da região vermelha da casca de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



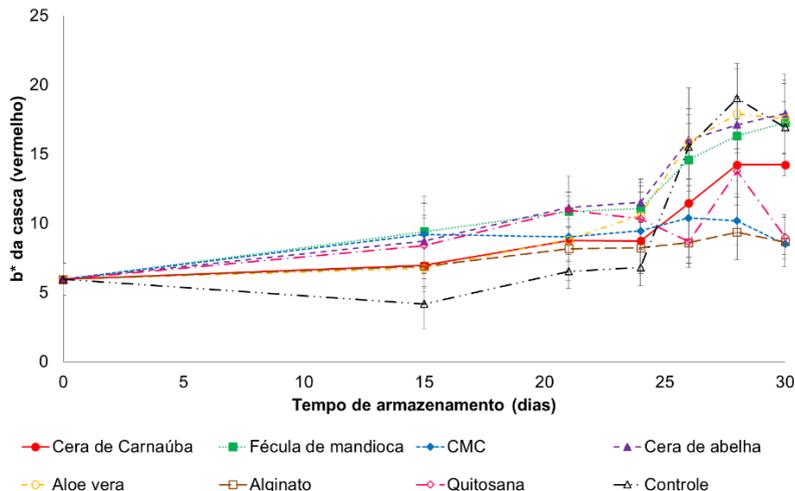
\* As barras verticais representam o desvio padrão.

A cor é um importante indicativo da vida útil dos vegetais. Também, o estágio de maturação pode ser subjetivamente caracterizado pela cor da casca (MORAES et al., 2012). Em relação aos frutos deste experimento, nota-se uma retenção na cor vermelha das frutas submetidas a quitosana, CMC e alginato de sódio, indicando um retardo na maturação destes frutos.

### 3.3.15 Atributo de cor “ $b^*$ ” da casca – região vermelha

Para o atributo “ $b^*$ ” da região vermelha da casca houve efeito significativo da interação entre o tempo de armazenamento e os revestimentos aplicados. Os valores aumentaram com o tempo de armazenamento, sendo mais sutil para os frutos submetidos a quitosana, CMC e alginato de sódio, que mantiveram por mais tempo a cor das frutas recém colhidas (Figura 31). Para os demais tratamentos, houve aumento nos valores, indicando avanço na maturação destes frutos.

Figura 31. Atributo de cor  $b^*$  da região vermelha da casca de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



\* As barras verticais representam o desvio padrão.

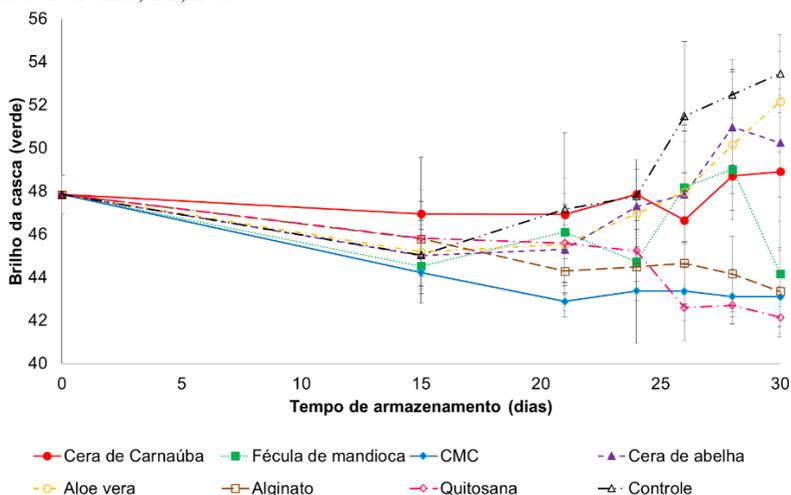
O atributo  $b^*$  representa variações do amarelo (valores positivos) e do azul (valores negativos) (NAVARRO-TARAZAGA et al., 2011). Em mangas armazenadas, há mudanças na cor dos frutos, passando do verde para o amarelo, indicando um avanço na maturação (SILVA, 2007; DANG et al., 2008; AMARIZ et al., 2010). Este comportamento indica que os revestimentos com CMC e alginato de sódio retardaram o avanço na maturação das frutas.

### 3.3.16 Brilho da casca na região verde

Para os valores de L da casca na região verde, houve interação significativa entre o tempo de armazenamento e os revestimentos aplicados (Figura 32). Enquanto os frutos estiveram armazenados sob refrigeração, houve uma redução nos valores. Quando foram transferidos para a temperatura ambiente, esses valores continuaram diminuindo para os frutos submetidos a CMC, quitosana, alginato de sódio e fécula de mandioca enquanto que para os demais tratamentos os

valores aumentaram. É possível que esta diferença esteja relacionada às características dos revestimentos em interação com a casca da fruta. Dang et al. (2008) também encontraram diferenças entre os tratamentos para mangas da cv. ‘Kensigton Pride’, em que os frutos do controle e tratados com *Aloe vera* a 100% apresentaram menor brilho durante o armazenamento, enquanto que os tratados com cera de carnaúba e *Aloe vera* 1:1 tiveram os seus valores aumentados.

Figura 32. Atributo de cor L – brilho - da região verde da casca de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



\* As barras verticais representam o desvio padrão.

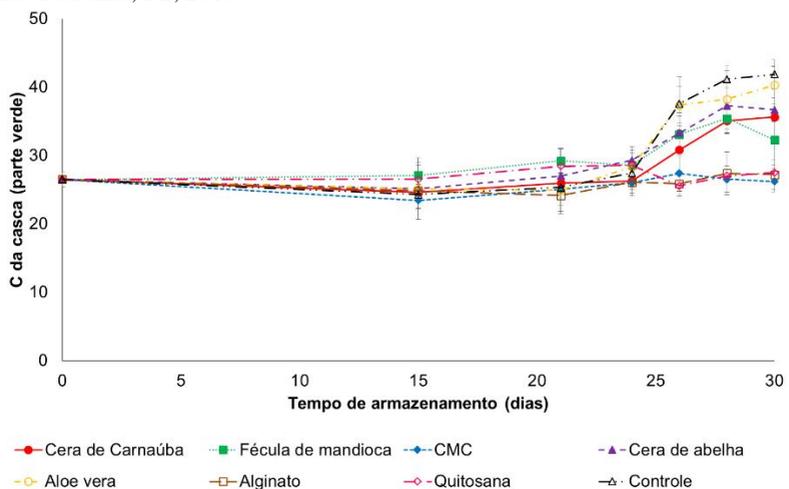
Em mangas da cultivar ‘Kent’, houve naturalmente uma diminuição do brilho durante o armazenamento. Em pera, segundo Moraes et al. (2012), a tendência é que o brilho da casca dos frutos também diminua com o tempo de armazenamento. Trata-se de uma resposta comum a muitos frutos.

### 3.3.17 Cromo (C) da casca na região verde

O croma sofreu efeito significativo da interação entre o tempo de armazenamento e os revestimentos. Para os frutos submetidos a CMC, alginato de sódio e quitosana, os valores praticamente não

sofreram alterações, enquanto que, para os demais tratamentos, aumentaram (Figura 33). Isto sugere um retardo na maturação. Para mangas da cultivar Kent, armazenadas sob refrigeração com posterior acondicionamento em temperatura ambiente, o valor do croma aumentou quando os frutos foram transferidos (SILVA et al., 2007). Para mangas da cultivar Tommy Atkins, os resultados foram semelhantes (AMARIZ et al., 2010).

Figura 33. Atributo de cor Croma (C) da região verde da casca de mangas 'Palmer' tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



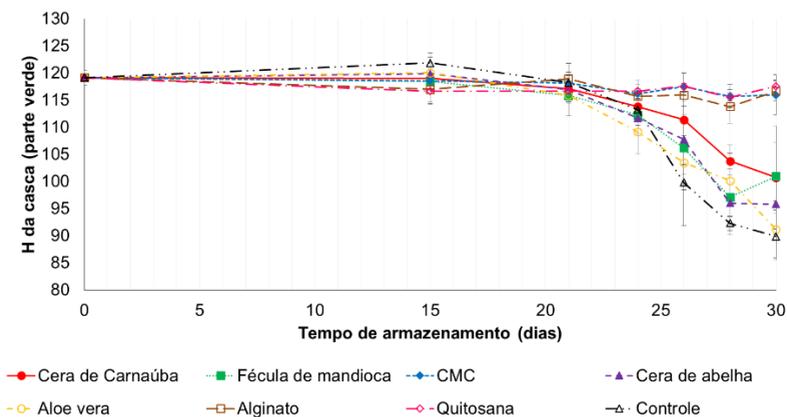
\* As barras verticais representam o desvio padrão.

Para ameixas e pêsegos armazenados, o croma diminuiu, principalmente nos frutos controle, sendo a intensidade dessa diminuição mais baixa em frutos tratados (GUILLÉN et al., 2013). Mamões revestidos com quitossana, tiveram aumentos mais lentos em relação ao croma, quando comparado com os frutos controle. Isto significa que a intensidade da cor aumentou para os frutos não tratados. Para os que receberam o tratamento com quitossana, houve um atraso na evolução da cor da casca destes frutos (ALI et al., 2011).

### 3.3.18 Ângulo hue (H) da casca na região verde

Houve interação significativa entre os fatores tempo de armazenamento e revestimentos para o H da casca na região verde (Figura 34). Houve manutenção nos valores para os frutos submetidos a CMC, quitosana e alginato de sódio durante o tempo de armazenamento, enquanto que para os demais tratamentos os valores foram reduzidos. A retenção da cor verde claro ou amarelo esverdeado é indicio de retardo do amadurecimento em resposta à menor atividade da clorofilase, que é responsável pela degradação da clorofila durante a maturação (HUSSAIN et al., 2010), podendo resultar em maior tempo para armazenamento dos frutos. É possível observar que a casca dos frutos tratados com cera de carnaúba, fécula, cera de abelha, *Aloe vera* e os do controle passaram da cor verde claro para a amarela (valores em torno de  $110^\circ$  ou menos), sendo que os três últimos apresentando um amarelo mais intenso, que foi possível observar também visualmente (Figura 35).

Figura 34. Atributo de cor H da região verde da casca de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^\circ\text{C} \pm 0,7^\circ\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^\circ\text{C} \pm 1,1^\circ\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



\*As barras verticais representam o desvio padrão.

Figura 35: Aspecto da coloração da casca de mangas ‘Palmer’ submetidas a diferentes revestimentos aos 30 dias de armazenamento (21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.



a) Cera de carnaúba



b) Controle (sem revestimento)



c) Fécula de mandioca



d) CMC



e) Cera de abelha

f) *Aloe vera*

g) Alginato de sódio



h) Quitosana

Fotos: Adriane Luciana da Silva

O ângulo hue se refere a um tom específico de cor (BENÍTEZ et al., 2013). O resultado de cor é uma indicação importante da vida útil de frutas e hortaliças, inclusive, o estágio de maturação pode ser

caracterizado subjetivamente pela coloração da casca (MORAES et al., 2012). Em mamões tratados com quitosana a 0,5%; 1,0%; 1,5% e 2%, observou-se mudança da cor da casca de verde para amarelo durante o armazenamento para os três primeiros tratamentos, porém, para a maior concentração, praticamente não houve mudança (ALI et al., 2011), assim como aconteceu para as mangas deste experimento submetidas a CMC, quitosana e alginato de sódio, indicando um retardo no amadurecimento destes frutos. Em peras revestidas com alginato a 2%, também houve manutenção da cor verde (MORAES et al., 2012).

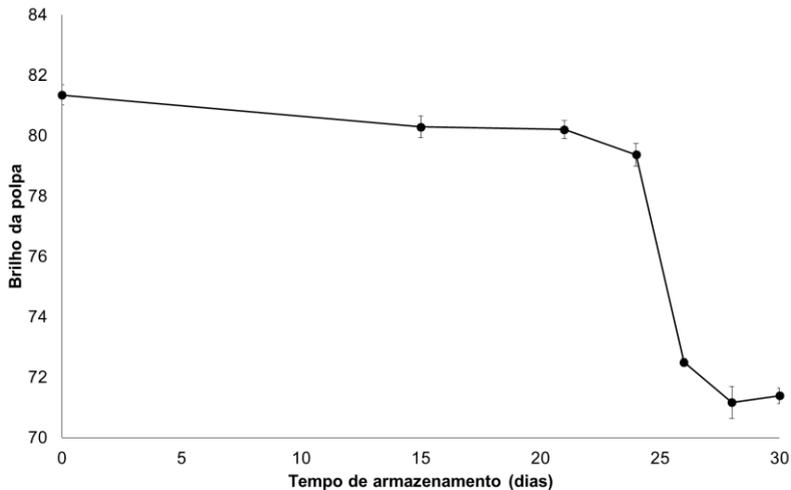
Para mangas tratadas com CMC 1,0% + dextrina 0,2% e CMC 0,8% + dextrina 0,5% também se observou diminuição nos valores de H da casca durante o armazenamento, representando coloração amarela mais clara. Os autores sugerem que as causas devem estar relacionadas ao retardo da degradação da clorofila e/ou da síntese de carotenoides e determinados tipo de flavonoides (AMARIZ et al., 2010).

A clorofila é abundante em vegetais verdes e a modificação na cor destes produtos é devido principalmente a variações no pH e à ativação da enzima clorofilase (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Sendo a clorofila influenciada pelo pH e este pelo etileno (SANE et al., 2005), sugere-se que os revestimentos tenham influenciado a ação do etileno nas frutas, retardando a mudança de coloração.

### **3.3.19 Brilho (L) da polpa**

O brilho da polpa foi influenciada apenas pelo tempo de armazenamento (Figura 36). Os valores tiveram pequenas variações enquanto os frutos estiveram mantidos na refrigeração, quando, então, diminuíram de forma significativa após serem transferidos para a temperatura ambiente, implicando, desta forma, na redução do brilho da polpa.

Figura 36. Atributo de cor brilho – L - da polpa de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



\* As barras verticais representam o desvio padrão.

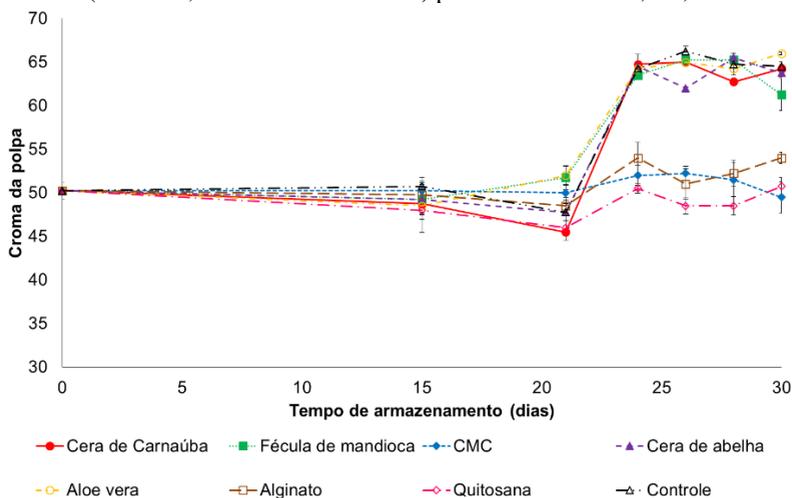
Outros estudos realizados com mangas das cultivares. Kent (SILVA, 2007), Tommy Atkins (AMARIZ et al., 2010) e Palmer (BRAZ et al., 2007) também relataram redução nos valores do brilho para a polpa com o avanço do amadurecimento. Por sua vez, mangas minimamente processadas submetidas a 0,5%, 1,0% e 2% de quitosana não apresentaram mudanças no brilho durante o tempo de armazenamento, indicando uma manutenção na qualidade (CHIEN et al., 2007).

### 3.3.20 Cromo (C) da polpa

O croma da polpa sofreu influência significativa da interação entre o tempo de armazenamento e os revestimentos aplicados (Figura 37). Houve tendência de manutenção dos valores enquanto os frutos foram mantidos a temperatura ambiente. Este comportamento continuou para os frutos submetidos ao alginato de sódio, CMC e quitosana, enquanto para os demais tratamentos os valores aumentaram, demonstrando um avanço na maturação, que tem o aumento do croma

da polpa como uma de suas características (SILVA, 2007; AMARIZ et al., 2010). Braz et al. (2007) caracterizaram, em mangas ‘Palmer’, o aumento do croma da polpa à medida em que o fruto amadurece.

Figura 37. Atributo de cor croma da polpa de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



\*As barras verticais representam o desvio padrão.

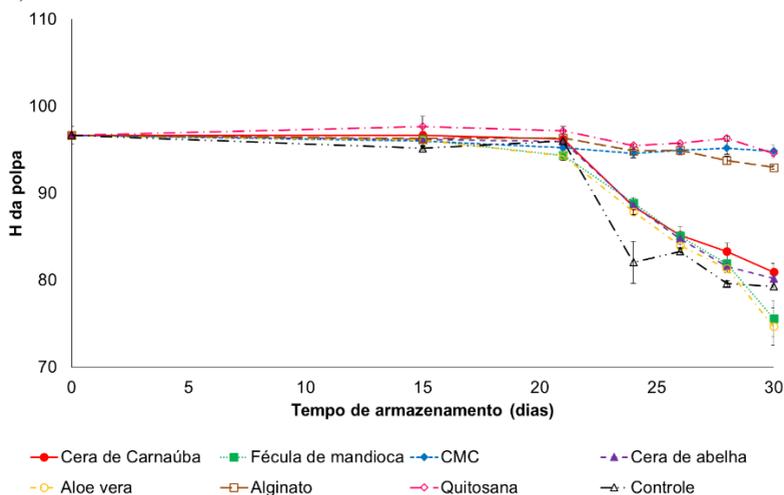
O croma indica a saturação da cor. Em kiwi minimamente processado submetido ao revestimento com *A. vera*, o croma foi menor para os frutos do controle. Os frutos submetidos ao *Aloe vera* tiveram a cor verde mantida por mais tempo em relação aos frutos do controle (BENITEZ et al., 2013).

### 3.3.21 Ângulo hue (H) da polpa

Para o H da polpa, houve interação significativa entre o tempo de armazenamento e os revestimentos aplicados (Figura 38). Houve manutenção dos valores de H da polpa dos frutos enquanto estavam sob refrigeração. Para os frutos submetidos ao alginato de sódio, CMC e quitosana, os valores mantiveram-se praticamente constantes até o final do armazenamento, indicando que houve uma manutenção da cor da polpa, enquanto que, para os demais tratamentos, estes valores

diminuíram consideravelmente. Pelos valores, observa-se que a polpa dos frutos submetidos a cera de carnaúba, cera de abelha, *Aloe vera*, fécula de mandioca e o controle passaram da cor amarelo esverdeada para laranja, que é típica da presença de pigmentos carotenoides, indicando um avanço na maturação. Estes resultados foram notórios visualmente (Figura 39). A resposta corrobora com os resultados encontrados por Dang et al. (2008), para a cv. Kensington Pride. Resultados semelhantes foram encontrados para mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com CMC 1,0% + dextrina 0,2% e CMC 0,8% + dextrina 0,5% e dextrina (AMARIZ et al., 2010) e para ‘Palmer’ (BRAZ et al, 2007). Os carotenoides estão relacionados com a produção de etileno (ZERBINI et al., 2015). Desta forma, há indícios de que os revestimentos tenham tido alguma influência sobre a produção de etileno.

Figura 38. Atributo de cor ângulo Hue (H) da polpa de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



\* As barras verticais representam o desvio padrão.

Figura 39: Aspecto da coloração da polpa de mangas ‘Palmer’ submetidas a diferentes revestimentos aos 30 dias de armazenamento (21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.



a) Cera de carnaúba



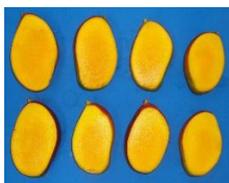
b) Controle (sem revestimento)



c) Fécula de mandioca



d) CMC



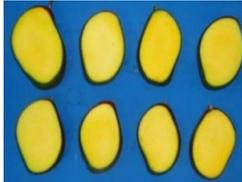
e) Cera de abelha



f) *Aloe vera*



g) Alginato de sódio



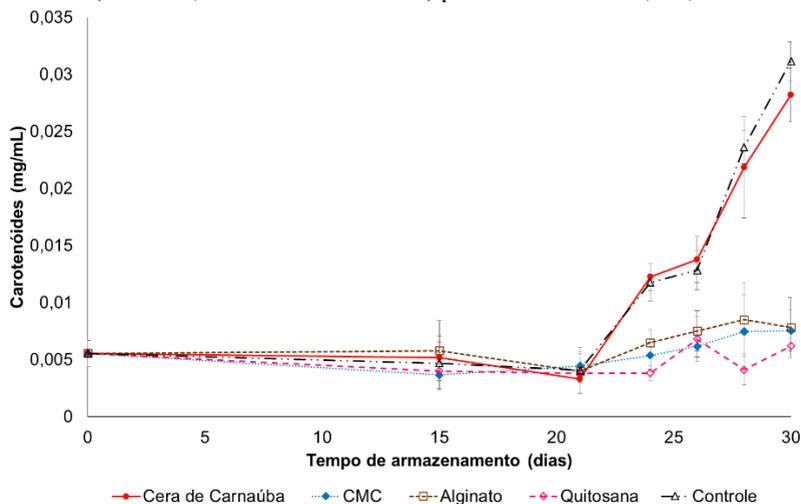
h) Quitosana

Fotos: Adriane Luciana da Silva

### 3.3.22 Teor de carotenoides da polpa

Para os teores de carotenoides, a análise de variância comprovou interação significativa entre o tempo de armazenamento e os revestimentos aplicados (Figura 40). A quantificação de carotenoides se deu apenas nos frutos submetidos a CMC, quitosana e alginato de sódio, que foram aqueles tratamentos que se diferenciaram do controle e da cera de carnaúba em relação à cor da polpa. Havendo relação entre intensidade de coloração alaranjada e teor de carotenoides, justifica-se a priorização da avaliação desses compostos apenas para os três tratamentos que se diferenciaram, comparando-os aos de referência (controle e cera de carnaúba). É possível observar uma manutenção nos teores de carotenoides nos frutos submetidos a CMC, quitosana e alginato de sódio, enquanto que para os frutos controle e cera de carnaúba estes valores aumentaram muito, cerca de 6 vezes em relação aos valores iniciais. Para os submetidos aos tratamentos anteriormente citados, o aumento foi de menos que o dobro.

Figura 40. Teor de carotenoides da polpa de mangas ‘Palmer’ tratadas com diferentes revestimentos e avaliadas até 21 dias de armazenamento refrigerado ( $10,3^{\circ}\text{C} \pm 0,7^{\circ}\text{C}$  e  $81 \pm 9\%$  de UR), seguido de armazenamento a temperatura ambiente ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$  e  $73 \pm 7\%$  de UR) por 9 dias. Petrolina, PE, 2013.\*



\* As barras verticais representam o desvio padrão.

O desenvolvimento da cor amarelo-laranja em polpa de mangas é proveniente do acúmulo de carotenoides durante o amadurecimento de mangas (VÁSQUEZ-CAIEDO et al., 2006; SILVA, 2007; BALOCH et al., 2011; BALOCH e BIBI, 2012). Desta forma, foi possível observar que houve um retardo na evolução destes carotenoides, responsáveis pela cor amarelo-alaranjado, sinalizando a ampliação do armazenamento das frutas submetidas aos revestimentos.

### 3.4 CONCLUSÕES

A aplicação de revestimentos à base de ceras de abelha e de carnaúba foram os mais eficientes na redução da perda de massa em mangas ‘Palmer’.

A aplicação dos revestimentos com quitosana, CMC e alginato de sódio atrasou a maturação em mangas ‘Palmer’, indicada pela manutenção das variáveis associadas à cor da casca e da polpa, da AT, do pH, dos teores de SS, AST, ANR e carotenoides bem como pela degradação mais lenta do amido. Os dois primeiros revestimentos tiveram a vantagem adicional de atrasar também a perda de firmeza e preservar a aparência ao longo do período de armazenamento.



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo prévio das características das soluções a serem utilizadas como revestimentos possibilita uma melhor escolha daquele(s) a ser(em) testado(s) na pós-colheita da fruta. Avaliações como opacidade e viscosidade permitem selecionar melhor os revestimentos a serem aplicados, porém é também muito importante a realização de avaliações que permitam verificar a aderência destes revestimentos à casca da fruta, bem como a sua permeabilidade a gases e a vapor de água, quando transformados em filmes. Porém, nem sempre a formação de filmes é possível, devido às concentrações e tipos de revestimentos utilizados.

Uma avaliação sensorial, mesmo que apenas visual, é importante para ajudar na definição dos revestimentos a serem testados, pois a aceitação ou não de alguns deles é primordial na compra dos produtos.

É possível que os frutos submetidos aos revestimentos com CMC, quitosana e alginato de sódio nas condições estudadas neste trabalho pudessem ter um período de conservação superior a 30 dias, o que originalmente não foi previsto. Sugere-se um estudo com número maior de dias de armazenamento, devido à possibilidade de continuidade da maturação das mangas da cultivar Palmer, revestidas com estes três tipos de compostos, até o total amadurecimento.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, D. O.; YANG, S. F. Ethylene biosynthesis: identification of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. v. 76, n. 1. p. 170-174, 1979.
- ADETUNJI, C. O.; FAWOLE, O. B.; AROWORA, K. A.; NWAUBANI, S. I.; AJAYI, E. S.; OLOKE, J. K.; MAJOLAGBE, O. M.; OGUNDELE, B. A.; AINA, J. A.; DETUNJI, J. B. Effects of edible coatings from *Aloe Vera* gel on quality and postharvest physiology of *Ananas comosus* (L.) fruit during ambient storage. **Global Journal of Science Frontier Research Bio-Tech & Genetics** Volume 12 Issue 5 Version 1.0, 2012.
- AGRIANUAL 2015. Anuário da Agricultura Brasileira. Informa Economics FNP Consultoria Ltda. 472p, 2014.
- AGUIAR, R. P.; MIRANDA, M. R. A.; LIMA, A. M. P.; MOSCA, J. L.; MOREIRA, R. A.; ENÉAS-FILHO, J. Effect of a galactomannan coating on mango postharvest physicochemical quality parameters and physiology. **Fruits**. v 66, n. 4, p. 269-278, 2011.
- AHMED, M. J.; SINGH, J.; KHAN, A. S. Postharvest *Aloe vera* gel-coating modulates fruit ripening and quality of 'Arctic Snow' nectarine kept in ambient and cold storage. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 44, p.1024–1033, 2009.
- ALI, A.; MUHAMMAD, M. T. M.; SIJAM, K.; SIDDIQUI, Y. Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. **Food Chemistry**. v. 124, p. 620–626, 2011.
- ALLEONI, A. C. C.; JACOMINO, A. P.; ROSA, A. S. Recobrimento de laranja 'Pêra' com filme de concentrado protéico de soro de leite associado a plastificantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.41, n.8, p.1221-1226, ago, 2006.
- ALMEIDA, E. I. B.; RIBEIRO, W. S. COSTA, L. C. da; LUCENA, H. H. de, BARBOSA, J. A. Análise da influência de biofilmes e filme de

PVC sobre o aumento da vida útil pós-colheita de cenoura.

**Agropecuária Técnica**. V.32, n. 1, p. 1-6, 2011.

ALONSO, M.; PALOU, L.; RIO, M. A. del; JACAS, J. Effect of short-term exposure to CO<sub>2</sub>-enriched atmospheres on 'Valencia' Orange Quality. Proceedings 5<sup>th</sup> of the International Postharvest Symposium. MENCARELLI, F.; TONUTTI, P. (Eds) **Acta Horticulturae** 682, ISHS 2005, v. 2, p. 1077-1082.

ÁLVARES, V. S.; SILVA, D. F. P.; MIZOBUTSI, G. P.; MEDEIROS, E. A. A.; CORTE, V. B. Armazenamento de banana 'Prata Paçoca' por atmosfera modificada com filmes de polietileno de baixa densidade. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. Vol. 17, Supplement, 2005. p. 289.

ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. MENEZES, J. B.; ASSIS, J. S.; LIMA, M. A. C. de; AMORIM, T. B. F.; MARTINS, A. G. Colheita e pós-colheita. In: **A cultura da mangueira**. GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. (Eds.) Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 381-405.

AMARIZ, A.; LIMA, M. A. C. de; TRINDADE, D. C. G. da; SANTOS, A. C. N. dos; RIBEIRO, T. P. Recobrimentos à base de carboximetilcelulose e dextrina em mangas 'Tommy Atkins' armazenada sob refrigeração. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.40, n.10, out, 2010.

AOAC. Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis**. 16 ed. Washington, 1998.

ARNON, H.; ZAITSEV, Y.; PORAT, R.; POVERENOV, E. Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit. **Postharvest Biology and Technology**. v. 87, p. 21–26, 2014.

ASSIS, O. B. G. O uso de biopolímeros como revestimentos comestíveis protetores para conservação de frutas in natura e minimamente processadas. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2009. 23p.

ASSIS, O. B. G.; ALVES, H. C. Metodologia mínima para a produção de filmes comestíveis de quitosana e avaliação preliminar de seu uso

como revestimento protetor em maçãs cortadas. Comunicado Técnico, 49. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. São Carlos-SP, nov., 2002.

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

ASSIS, O. B. G.; LEONI, A. M. Filmes comestíveis de quitosana: ação fungicida sobre frutas fatiadas. **Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**. Ed. n. 30- jan/jun 2003.

BAI, A. J.; ALLEYNE, B. V.; HAGENMAIER C. R. D.; MATTHEIS, D. J. P.; BALDWIN C. E. A. Formulation of zein coatings for apples (*Malus domestica* Borkh). **Postharvest Biology and Technology**. v. 28, p. 259-268, 2003.

BALOGH, M. K.; BIBI, F. Effect of harvesting and storage conditions on the post harvest quality and shelf life of mango (*Mangifera indica* L.) fruit. **South African Journal of Botany**. v. 83, p. 109-116, 2012.

BALOGH, M. K.; BIBI, F.; JILANI, M. S. Quality and shelf life of mango (*Mangifera indica* L.) fruit: as affected by cooling at harvest time. **Scientia Horticulturae**. n. 130, p. 642-646, 2011.

BALOGH, M. K.; BIBI, F.; JILANI, M. S. Effect of coatings over the quality and shelf life of mango (*Mangifera indica* L.) fruit. **Journal of Food Processing and Preservation**. v. 37, p. 66-73, 2013.

BENDER, R. J.; BRECHT, J. Respiração e produção de etanol e de etileno em mangas armazenadas sob diferentes concentrações de dióxido de carbono e oxigênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 35, n. 5. p. 865-871, 2000.

BENÍTEZ, S.; ACHAERANDIO, I.; SEPULCRE, F.; PUJOLÀ, M. *Aloe vera* based edible coatings improve the quality of minimally processed 'Hayward' kiwifruit. **Postharvest Biology and Technology**. v. 81, p. 29-36, 2013.

BERNARDES-SILVA, A. P. F.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 23 (Supl), p. 116-120, 2003.

BIBI, F.; BALOCH, M. K. Postharvest quality and shelf life of mango (*Mangifera indica* L.) fruit as affected by various coatings. **Journal of Food Processing and Preservation**. v. 38, p. 499–507, 2014.

BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New methods for quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 54, p. 484-489, 1973.

BRACKMANN, A.; CERETTA, M. Efeito da redução nos níveis de etileno e da umidade relativa no armazenamento da maçã ‘Gala’ em atmosfera controlada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2169-2174, dez. 1999.

BRAZ, V. B.; NUNES, E. S.; COUTO, F. A. de A.; LELIS, F. M. V. Efeito da época de colheita e do tempo de armazenamento na qualidade pós-colheita de mangas cv. Palmer. **Acta Sci. Agron**. v. 29, n. 2, p. 263-268, 2007.

CARDELLO, H. M. A. B.; CARDELO, L. Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangifera indica* L.) var. Haden, durante o amadurecimento. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, vol. 18, n. 2, 1998.

CERQUEIRA, T. S.; ALLEONI, A. C. C.; SASAKI, F. F.; JACOMINO, A. P. Avaliação de diferentes recobrimentos em goiabas ‘Kumagai’ armazenadas em temperatura ambiente. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.. 17, Supplement, 2005. p. 293.

CHAUHAN, O. P.; NANJAPPA, C.; ASHOK, N.; RAVI, N.; ROOPA, N.; RAJU, P. S. Shellac and *Aloe vera* gel based surface coating for shelf life extension of tomatoes. **Journal Food Science and Technology**. DOI 10.1007/s13197-013-1035-6, 2013.

CHEN, C. H.; KUO, W. S.; LAI, L. S. Effect of surfactants on water barrier and physical properties of tapioca starch/decolorized hsian-tsao leaf gum films. **Food Hydrocolloids**. v.23, p. 714–721, 2009.

CHENG, W.; CHEN, J.; LIU, D.; YE, J.; KE, F. Impact of ultrasonic treatment on properties of starch film-forming dispersion and the result film. **Carbohydrate Polymers**. V. 81, p. 707-711, 2010.

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

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Viçosa, Centro de Centro de Produções Técnicas, 1998. 88p.:il.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CHIUMARELLI, M.; FERRARI, C. C.; SARANTOPOULOS, C. I. G. L.; HUBINGER, M. D. Fresh cut ‘Tommy Atkins’ mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. v.12, p. 381-387, 2011.

CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D. Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch – carnauba wax edible coating to preserve fresh – cut apples. **Food Hydrocolloids**. 28, p. 59-67, 2012.

CHOUDHURY, M. M. Colheita e manuseio pós-colheita. In: **Informações técnicas sobre a cultura da manga no semi-árido brasileiro**. Embrapa: Serviço de produção de informação. Brasília, DF, 1995. p. 157-173. 173 p.

CISNEROS-ZAVALLOS, L.; KROCHTA, J. M. Dependence of coating thickness on viscosity of coating solution applied to fruits and vegetables by dipping method. **Journal of Food Science**. v. 68, n. 2, p. 503 -510, 2003.

CISSÉ, M.; POLIDORI, J.; MONTET, D.; LOISEAU, G.; COLLIN, M. N. D. Preservation of mango quality by using functional chitosan-

lactoperoxidase systems coatings. **Postharvest Biology and Technology**. v. 101, p. 10–14, 2015.

COCOZZA, F del M. **Maturação e conservação de manga ‘Tommy Atkins’ submetida a aplicação pós-colheita de 1-metilciclopropeno**. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas-SP. Tese (doutorado), 198 p., 2003.

CONEGLIAN, R. C. C.; RODRIGUES, J. D. BRASIL, O. G. Efeito da aplicação do etileno no pH, acidez, índice refratométrico e açúcares totais de frutos de manga, colhidos em estágio pré-climatérico. **Scientia Agrícola**. Piracicaba, v. 50, n. 2, 1993.

CONTRERAS-OLIVA, A.; ROJAS-ARGUDO, C.; PÉREZ-GAGO, M. B. Effect of solid content and composition of hydroxypropyl methylcellulose–lipid edible coatings on physicochemical, sensory and nutritional quality of ‘Valencia’ oranges. **International Journal of Food Science and Technology**. 46, p. 2437–2445, 2011.

CRUZ, M. J. da S.; CLEMENTE, E.; CRUZ, M. E. da S.; MORA, F.; COSSARO, L.; PELISSON, N. Efeito dos compostos naturais bioativos na conservação pós-colheita de frutos de mangueira cv. Tommy Atkins. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. v. 34, p. 428-433, 2010.

CUNHA, M. G. C. da; CERQUEIRA, M. A.; SOUZA, B. W. S.; SOUZA, M. P. TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A. Physical properties of edible coatings and films made with a polysaccharide from *Anacardium occidentale* L. **Journal of Food Engineering**. v. 95, p. 379–385, 2009.

DANG, K. T. H.; SINGH, Z.; SWINNY, E. E. Edible coatings influence fruit ripening, quality, and aroma biosynthesis in mango fruit. **Journal Agricultural Food Chemistry**. v. 56, p. 1361–1370, 2008.

DÍAZ-MULA, H. M.; SERRANO, M.; VALERO, D. Alginate coatings preserve fruit quality and bioactive compounds during storage of sweet cherry fruit. **Food Bioprocess Technology**. v. 5, p. 2990–2997, 2012.

DURIGAN, J. F.; TEIXEIRA, G. H. de A.; CASTANHARO, N. M.; DOMARCO, R. E. Postharvest conservation of ‘Tommy Atkins’ mango fruit influenced by gamma radiation, wax, hot water, and refrigeration.

Proceedings of the Seventh International Mango Symposium. PINTO, A. C. Q. et al. (Eds.) **Acta Horticulturae** 645, ISHS 2004. p.601-604.

EMEX. **Norma de calidad para mango fresco de exportación. Centro de Investigacion em Alimentacion y Desarrollo.** Zapopan: Jalisco, 1998.

ETIENNE, A.; GÉNARD M.; LOBIT, P.; MBEGUIÉ-A-MBÉGUIÉ, D.; BUGAUD, C.. Review paper: What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. **Journal of Experimental Botany**. v. 64, No. 6, pp. 1451–1469, 2013.

FABRA, M. J.; TALENS, P.; CHIRALT, A. Microstructure and optical properties of sodium caseinate films containing oleic acid–beeswax mixtures. **Food Hydrocolloids**. v. 23, p. 676–683, 2009.

FAASEMA, J.; ALAKALI, J. S.; ABU, J. O. Effects of storage temperature on 1-methylcyclopropene treated mango (*Mangifera indica*) fruit variets. **Journal of Food Processing and Preservation**. v. 38, p. 289–295, 2014.

FAGUNDES, A. F.; DABUL, A. N. G.; AYUB, R. A. Aminoethoxivinilglicina no controle do amadurecimento de frutos de caqui cv. Fuyu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 73-75, 2006.

FAKHOURI, F. M.; FONTES, L. C. B.; GONÇALVES, P. V. de M.; MILANEZ, C. R.; STEEL, C. J.; COLLARES-QUEIROZ, F. P. 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**, v. 27, n. 2, p. 369-375, 2007.

FALGUERA, V.; QUINTERO, J. P.; JIMÉNES, A.; MUÑOZ, J. A.; IBARZ, A. Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, p. 292-303, 2011.

FAVERO, L. A. (Coord.). **Limites, oportunidades e posicionamento estratégico para a cultura da manga em áreas emergentes.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2011. 284p.

FEITOSA, H. P. da F.; ASSIS, J. S. de; HOLSCHUH, H. J.; FEITOSA FILHO, J. C. Efeito do tratamento hidrotérmico e da aplicação de cera de carnaúba sobre a qualidade de manga Tommy Atkins. In: Simpósio Brasileiro de Frutas Tropicais, 1, 2005, João Pessoa. **Programa e trabalhos: anais**. João Pessoa: Embrapa/UFPB/UFS/SBF, 2005, CD ROM.

FILGUEIRAS, H. A. C.; AMORIM, T. B. F. MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. Colheita e manuseio pós-colheita. In: **Manga: pós-colheita**. FILGUEIRAS, H. A. C. (Org.). Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza-CE). Brasília: Embrapa Comunicações para Transferência de Tecnologia, 2000. 40 p.; (Frutas do Brasil; 2), p. 22-37.

FRUPEX. **Manga para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária**, Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 44 p. (Série de publicações técnicas FrupeX, 4).

GALLI, J. A.; SOARES, M. B. S.; MARTINS, A. L. M.; GALLI, J. C. Storage of 'Espada' mango fruits in modified atmosphere and cooling: effects on conservation. **Fruits**. v. 68, p. 291-302, 2013.

GARCÍA, M. V.; DÍAS, R.; FALCO, S.; CASARIEGO, A. Effects of Aloe vera coating on postharvest quality of tomato. **Fruits**, vol. 69, n. 2, 2013.

GARCÍA, F. T.; SOBRAL, P. J. do A. Effect of the thermal treatment of the filmogenic solution on the mechanical properties, color and opacity of films based on muscle proteins of two varieties of Tilapia. **LWT-Food Science and Technology**. v. 38, p. 289–296, 2005.

GARCÍA, M. A.; VENTOSA M., DÍAZ R., FALCO S.; CASARIEGO, A. Effects of *Aloe vera* coating on postharvest quality of tomato. **Fruits**. v. 69, n. 2, 117-126, 2014.

GARZA, I. P. I.; PARRA, P. A. R.; BRENES, C. H.; VELÁZQUEZ, D. A. J. Effects of postharvest ripening on the nutraceutical and physicochemical properties of mango (*Mangifera indica* L. cv Keitt). **Postharvest Biology and Technology**, v. 103, p. 45–54, 2015.

- GOLDING, J.; SATIAN, S.; RATH, A. C.; JOBLING, J.; JAMES, H. Re-Tain maintains 'Pink Lady' fruit quality during long term storage. Proceedings 5<sup>th</sup> of the International Postharvest Symposium. MENCARELLI, F.; TONUTTI, P. (Eds) **Acta Horticulturae** 682, ISHS 2005, v. 1, p. 119-125.
- GONTARD, N.; GUILBERT, S.; CUQ, J. Edible wheat gluten films: influence of main process variables on film properties using response surface methodology. **Journal Food Science**. v. 57, n. 1, p. 190-199, 1992.
- GUILLÉN, F.; DÍAZ-MULA, H. M.; ZAPATA, P. J.; VALERO, D.; SERRANO, M.; CASTILLO, S.; MARTÍNEZ-ROMERO, D. *Aloe arborescence* and *Aloe vera* gels as coating in delaying postharvest ripening in peach and plum fruit. **Postharvest Biology and Tecnology**. v. 83, p. 54-57, 2013.
- HENRIQUE, C. M. CEREDA, M. P. Utilização de biofilme na conservação pós-colheita de morango (*Fragaria Ananassa* Duch) cv IAC Campinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 19, n. 2. Campinas, 1999.
- HENZ, G. P.; SILVA, C. Conservação de frutos de berinjela cv. Ciça através de refrigeração e embalagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n.2, p.157-162, fev., 1995.
- HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene – fortified Orange juice. **Journal of food Science**, Chicago, v. 27, p. 42-49, 1962.
- HOJO, E. T. D.; ABREU, C. M. P. de; ASMAR, S. A.; HOJO, R. H.; CÔRREA, A. D.; BOAS, E. V. de B. V. Avaliação da qualidade de manga 'Palmer' tratada com 1-metilciclopropeno e armazenada sob refrigeração e condição ambiente. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 31, n. 1, p. 028-038, 2009.
- HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. Fisiologia pós-colheita de frutos e hortaliças. In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. (Ed). **Resfriamento de Frutas e Hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Hortaliças, p. 59-76, 2002.

HOSSEINI, S. F.; REZAEI, M.; ZANDI, M.; GHAVI F. F. Preparation and functional properties of fish gelatin–chitosan blend edible films. **Food Chemistry**, n. 136 p. 1490 a 1495, 2013.

HRIBAR, J.; PLESTENJAK, A.; VIDRIH, R.; SIMCIC, M. Influence of CO<sub>2</sub> shock treatment and ULO storage on apple quality. In: International Symposium on Postharvest Treatment of Horticultural Crops. **Acta Horticulturae** 368. Wageningen. vol. 2, 1994, p. 634-640.

HUSSAIN, P. R.; MEENA, R. S.; DAR, M. A.; WANI, A. M. Carboxymethyl cellulose coating and low-dose gamma irradiation improves storage quality and shelf life of pear (*Pyrus Communis* L., cv. Bartlett/William). **Journal of Food Science**. v.75, n.9, 586-596, 2010.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo: IAL, 1985. v. 1, 371p.

JACOMINO, A. P. MENDONÇA, K.; KLUGE, R. A. Armazenamento refrigerado de limões ‘siciliano’ tratados com etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 1, p. 45-48, Abril 2003.

JAYAS, D. S.; JEYAMKONDAN, S. Modified atmosphere storage of grains, meats, fruits and vegetables. **Biosystems Engineering**. v. 82, n. 3, p. 235-251, 2002.

KETSA, S.; CHIDTRAGOOL, S.; KLEIN, J. D.; LURIE, S. Ethylene synthesis in mango fruit following heat treatment. **Postharvest Biology and Technology**. v. 15, p. 65–72, 1999.

KOSLANUND, R.; ARCHBOLD, D. D.; POMPER, K. W. Pawpaw [*Asimina triloba* (L.) Dunal] fruit ripening: ethylene biosynthesis and production. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 130, n. 4, p. 638-342, 2005.

KOUASSI, K. H. S.; BAJJI, M.; JIJAKLI, H. The control of postharvest blue and green molds of citrus in relation with essential oil–wax formulations, adherence and viscosity. **Postharvest Biology and Technology**. v. 73, p. 122–128, 2012.

LAWTON, J. W. Effect of starch type on the properties of starch containing films. **Carbohydrate Polymers**. Vol. 29 p. 203-208, 1996.

LEE, Y. "Mango" *Runner's World*. May, 2011: 050. *Academic OneFile*. Disponível em:

<http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA276942246&v=2.1&u=capes&it=r&p=AONE&sw=w&asid=28acfa5bc9f42068d0aa8b4da1624f10>. Acesso em 7 maio de 2015.

LIMA, A. B. de; SILVA, S. de M.; ROCHA, A.; NASCIMENTO, L. C. do; RAMALHO F. de S. Conservação pós-colheita de manga 'Tommy Atkins' orgânica sob recobrimentos bio-orgânicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP. v. 34, n. 3, p. 704-710, setembro, 2012.

LIMA, A. M.; CERQUEIRA, M. A.; SOUZA, B. W. S.; SANTOS, E. C. M.; TEIXEIRA, J. A.; MOREIRA, R. A.; VICENTE, A. A. New edible coating composed of galactomannans and collagen blends to improve the postharvest quality of fruits gas transfer rate. **Journal of food Engineering**, v. 97, p. 101 a 109, 2010.

LIMA, M. A. C. de. **Alterações bioquímicas e fisiológicas durante a maturação e amadurecimento de graviola sob refrigeração associada a 1-metilciclopropeno e cera**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE. Tese (doutorado), 208 p., 2002.

LIMA, M. A. C. de; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; LIMA, J. R. G. Uso de cera e 1-metilciclopropeno na conservação refrigerada de graviola (*Annona muricata* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 26, n.3, p. 433-437, 2004.

LIMA, M. A. C. de; SILVA, A. L. da; AZEVEDO, S. S. N. Evolução de indicadores do ponto de colheita em manga 'Tommy Atkins' durante o crescimento e a maturação, nas condições do vale do São Francisco, Brasil. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. v. 33, n. 2, 2009.

LIMA, M. A. C. de; TRINDADE, D. C. G. da; SANTOS, A. C. N. dos; PAES, P. de C. Armazenamento refrigerado de manga 'Tommy Atkins' sob atmosfera modificada (Smartbag<sup>TM</sup>). IN: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE TECNOLOGÍA POSTCOSECHA Y AGROEXPORTACIONES, 5, 2007, Cartagena. **Artigos completos...**Cartagena: GPR/AITEP. 2007. p. 1288-1296.

LIMA, M. A. C. de; SILVA, A. L. da; AZEVEDO, S. S. N.; SANTOS, P. de S. Tratamentos pós-colheita com 1-metilciclopropeno em manga ‘Tommy Atkins’: efeito de doses e número de aplicações. **Revista Brasileira de Fruticultura**. São Paulo, v.28, n. 1. p. 64-68, 2006.

LURIE, S.; WEKSLER, A. Effects of 1-methylcyclopropene on stone fruits. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Postharvest Symposium. MENCARELLI, F.; TONUTTI, P. (Eds) **Acta Horticulturae** 682, ISHS 2005, v. 1, p. 85-90.

MANGATA, J. I.; BAUDUIN, G.; BOUTEVIN, B.; GONTARD, N. New plasticizers of wheat gluten films. **European Polymer Journal**, v. 37, p. 1533-1545, 2001.

MANJAVACAS, M. **La producción mundial de fruta tropical alcanzará 82 millones de toneladas en 2014**. ValenciaFruits.com. <http://www.fao.org/agronoticias/agro-noticias/detalle/en/c/159358/>. Acesso em 12 fev. 2014.

MATHOOKO, F. M. Regulation of respiratory metabolism in fruits and vegetables by carbon dioxide. **Postharvest Biology and Technology**. Amsterdam, v. 9, n. 3, p. 247-264, 1996.

MATTIUZ, B. H.; COLLIN, M. N. D.; MATTIUZ, C. F. M.; VIGNEAULT, C.; MARQUES, K. M.; SAGOVA, W.; MONTET, D. Effect of própolis on postharvest control of anthracnose and quality parameters of ‘Kent’ mango. **Scientia Horticulturae**. v. 184, p. 160-168, 2015.

McFIE, H. J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, v.4, n.129-148, 1989.

McREADY, P. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectin materials. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, 1586-1588, 1952.

MEDEIROS, B. G. de S.; PINHEIRO, A. C.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G.; VICENTE, A. A. Development and characterization of nanomultilayer coating of pectin and chitosan – evaluation of its gas

barrier properties and application on ‘Tommy Atkins’ mangoes. **Journal of Foods Engineering**, 110, p. 457-464, 2012.

MEDINA, V. M. **Fisiologia pós-colheita de manga**. Cruz das Almas, BA: Embrapa CNPMF, 1995. 31p (Embrapa-CNPMF. Circular Técnica, 24).

MEHYAR, G. F.; AL-ISMAIL, K.; HAN, J. H.; CHEE, G. W. Characterization of edible coatings consisting of pea starch, whey protein isolate, and carnauba wax and their effects on oil rancidity and sensory properties of walnuts and pine nuts. **Journal of Food Science**. v. 77, n. 2, p. E-52 a E-59, 2012.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. Florida: CRC, 1987. v. 2. 158p.

MENEGHEL, R. F. de A.; BENASSI, M. de T.; YAMASHITA, F. Revestimento comestível de alginato de sódio para frutos de amorapreta (*Rubus ulmifolius*). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n.3, p. 609-618, 2008.

MEY, J.; YUAN, Y.; WU, Y.; LI, Y. Characterization of edible starch–chitosan film and its application in the storage of Mongolian cheese. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 57, p. 17– 21, 2013.

MIGUEL, A. C. A.; DURIGAN, J. F.; BARBOSA, J. C.; MORGADO, C. M. A. Qualidade de manga cv. Palmer após armazenamento sob baixas temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 35, n. 2, p. 398- 408, 2013.

MIGUEL, A. C. A.; DURIGAN, J. F.; MORGADO, C. M. A.; GOMES, R. F. de O. Injúria pelo frio na qualidade pós-colheita de mangas cv. Palmer. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Volume Especial, E. 255-260, 2011.

MIGUEL, A. C. A.; DIAS, J. R. P. S.; ALBERTINI, S.; SPOTO, M. H. F. Postharvest of grape envolved with films of sodium alginate and cold storage. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n. 2, p. 277-282, 2009.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MITRA, S. K.; BALDWIN, E. A. Mango. In: Postharvest physiology and storage of tropical fruits. MITRA, S. K. (ed.), **CAB International**, India, p. 85-122, 1997.

MONCAYO, D.; BUITRAGO, G., ALGECIRA, N. The surface properties of biopolymer-coated fruit: a review. *Ingeniería e investigación*. v. 33, n. 3, december, 2013. p. 11-16.

MORAES, K. S. de; FAGUNDES, C. MELO, M. C., ANDREANI, P.; MONTEIRO, A. R. Conservation of Williams pear using edible coating with alginate and carragenan. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.32, n.4, p. 679-684, 2012.

MORAES, P. L. D. de; FILGUEIRAS, H. A. C.; PINHO, J. L. N. de; ALVES, R. E. Ponto de colheita ideal de mangas ‘Tommy Atkins’ destinadas ao mercado europeu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24. n. 3. p. 671-675, dez, 2002.

MUDA, P.; SEYMOUR, G. B.; ERRINGTON, N.; TUCKER, G. A. Compositional changes in cell wall polymers during mango fruit ripening. **Carbohydrate Polymers**. n. 26, p. 255-260, 1995.

MÜLLER, C.M.O.; LAURINDO, J. B.; YAMASHITA, F. Effect of nanoclay incorporation method on mechanical and water vapor barrier properties of starch-based films. **Industrial Crops and Products** (Print), v. 33, p. 605-610, 2011.

NAVARRO-TARAZAGA, M. L.; MASSA, A.; PÉREZ-GAGO, M. B. Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (cv. Angeleno). **Food Science and Technology**. v. 44, p. 2328- 2334, 2011.

NEVES FILHO, L. de C.; SILVEIRA JÚNIOR, V.; CORTE, L. A. B. Aspectos na cadeia do frio para frutas. **Revista Frutas & Legumes**, São Paulo, v. 2, n. 11, p. 12-18, 2001.

OLIVEIRA, M. A. de; CEREDA, M. P. Pós-colheita de pêssegos (*Prunus persica* L. Bastsch) revestidos com filmes a base de amido como alternativa a cera comercial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23 (supl.), p. 28-33, 2003.

PAUL, V.; PANDEY, R. Role of internal atmosphere on fruit ripening and storability - a review. **Journal Food Science and Technology**. v. 51, p. 1223–1250, 2014.

PARRA, D. F.; TADINI, C. C.; PONCE, P.; LUGÃO, A. B. Mechanical properties and water vapor transmission in some blends of cassava starch edible films. **Carboidrate polymers**. v. 58, p. 475-481, 2004.

PEPELLENBOS, H. How to control the atmosphere? **Postharvest Biology and Tecnology**. Editorial. Amsterdam, v. 27 n. 1 e 2, 2003.

PEREDA, M.; DUFRESNE, A.; ARANGUREN, M. I.; MARCOVICH, N. E. Polyelectrolyte filmes based on chitosan/olive oil and reinforced with cellulose nanocrystals. **Carbohydrate Polymers**. v. 101, p. 1018-1026, 2014.

PERETTO, G.; DU, W-X.; AVENA-BUSTILLUS, J.; BERRIOS, J. de J.; SAMBO, P.; MCHUGH, T. H. Optimization of antimicrobial and physical properties of alginate coatings containing carvacrol and methyl cinnamate for strawberry application. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 62, p. 984–990, 2014.

PÉREZ, A. G.; SANZ, C. Effect of high-oxygen and high-carbon-dioxide atmospheres on strawberry flavor and other quality traits. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 49, n. 5. p. 2370-2375, 2001.

PÉREZ-GALARDO, A. BELLO-PÉREZ, L.A.; GARCÍA-ALMENDÁREZ, B.; MONTEJANO-GAITÁ, G.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.; REGALADO, C. Effect of structural characteristics of modified waxy corn starches on rheological properties, film-forming solutions, and on water vapor permeability, solubility, and opacity of films. **Starch/Starke**, v. 64, p. 27–36, 2012.

PERONI, F. H. G. A.; KOIKE, C.; LOURO, R. P.; PURGATTO, E.; NASCIMENTO, J. R. O. do; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R.

Mango starch degradation. II. The binding of  $\alpha$ -amylase and  $\beta$ -amylase to the starch granule. **Journal Agricultural Food Chemistry**. v. 56, p. 7416–7421, 2008.

PAFFENBACH, L. B.; CASTRO, J. V. de; CARVALHO, C. R. L.; ROSSETTO, C. J. Efeito da atmosfera modificada e da refrigeração na conservação pós-colheita de manga Espada Vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v. 25, n. 3. p. 410-413, 2003.

PHAKAWATMONGKOL, W.; KETSA, S.; DOORN, W.G. Variation in fruit chilling injury among mango cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v. 32, n. 1, p. 115-118, 2004.

PINHEIRO, A. C.; BOURBON, A. I.; MEDEIROS, B. G. de S.; SILVA, L. H. M. da; CARNEIRO-da-CUNHA, M. das G.; COIMBRA, M. A.; VICENTE, A. A. Interactions between k-carrageenan and chitosan in nanolayered coatings – structural and transport properties. **Carbohydrate Polymers**. 87, p. 1081– 1090, 2012.

PINHEIRO A.C.; CERQUEIRA M. A.; SOUZA B.W.S.; MARTINS J.T.; TEIXEIRA J. A.; VICENTE A. A. Utilização de revestimentos/filmes comestíveis para aplicações alimentares. **Boletim de biotecnologia**. Portugal, 2010.

POLL, H.; KIST, B. B.; SANTOS, C. E. dos; REETZ, E. R.; CARVALHO, C. de; SILVEIRA, D. N. da. **Anuário brasileiro da fruticultura**. Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta. 136 p.: il., 2013.

PONELEIT, L. S.; DILLEY, D. R. Carbon dioxide activation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) oxidase in ethylene biosynthesis. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 3, n. 3. p.191-199, 1993.

QUEIROZ, V. A. V.; MORAES, E. A.; QUEIROZ, L. R.; TARNIN, F. D.; GUEDES, E. de O.; PEREIRA FILHO, I. A.; LOMBARDI, C. T. Utilização de cobertura comestível na conservação pós-colheita de minimilho minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 30(4): 910-916, out.-dez., 2010.

RIBEIRO, V. G.; ASSIS, J. S. de; SILVA, F. F.; SIQUEIRA, P. P. X.; VILARONGA, C. P. P. Armazenamento de goiabas ‘Paluma’ sob

refrigeração e em condição ambiente, com e sem tratamento com cera de carnaúba. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, SP, v. 27, n. 2, p. 203-206, agosto 2005.

RIBEIRO, T. P.; LIMA, M. A. C. de; TRINDADE, D. C. G. da; SANTOS, A. C. N. dos; AMARIZ, A. Uso de revestimentos à base de dextrina na conservação pós-colheita de manga ‘tommy atkins’. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP, v. 31, n. 2, p. 343-351, Junho 2009.

RODRIGUES, D. C.; CÁCERES, C. A.; RIBEIRO, H. L.; ABREU, R. F. CUNHA, A. P.; AZEREDO, H. M. C. Influence of cassava starch and carnaúba wax on physical properties of cashew tree gum-based films. **Food Hydrocolloids**. v. 38, p. 147-151, 2014.

ROMERO, D. M.; ALBUQUERQUE, N.; VALVERDE, J. M.; GUILLÉN, F.; CASTILLO, S.; VALERO, D.; SERRANO, M. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: a new edible coating. **Postharvest Biology and Technology**. v. 39, p. 93-100, 2006.

SAMSKIP LOGÍSTICA DE PERECÍVEIS. **Transporte de perecíveis em atmosfera controlada dinamicamente**. 4p., 2005.

SANE, C. A.; CHOURASIA, A.; NATH, P. Softening in mango (*Mangifera indica* cv. Dashehari) is correlated with the expression of an early ethylene responsive, ripening related expansin gene, MiExpA1. **Postharvest Biology and Tecnology**, Amsterdam, v. 3, n 38, p. 223-230, 2005.

SANTOS, D. B. dos, **Conservação pós-colheita de manga (*Mangifera indica* L.) ‘Tommy Atkins’ com revestimentos comestíveis**. Cruz das Almas, 2006, 66p. (Dissertação de mestrado, Escola de Agronomia – UFBA).

SANTOS, N. S. T. dos; AGUIAR, A. J. A. A.; OLIVEIRA, C. E. V. de; SALES, C. V. de; SILVA, S. de M. e; SILVA, R. S. de; STANFORD, T. C. M.; SOUZA, E. L. de. Efficacy on the application of a coating composed of chitosan and *Origanum vulgare* L. essential oil to control *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger* in grapes (*Vitis labrusca* L.) **Food Microbiology**. 32, p. 345-353, 2012.

SANTOS, M. F.; ASSIS, O. B. G.; CAMPANA FILHO, S. P.; BRITTO, D. Características de diferentes quitosanas empregadas como revestimentos protetores de maçãs fatiadas. CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16., 2008, São Carlos. **Anais de Eventos da UFSCar**, v. 4, p. 1162, 2008.

SANTOS, A. E. O. dos; BERBERT, P. A.; ASSIS, J. S. de; MISTURA, C.; BATISTA, P. F. Qualidade pós-colheita de mangas cv. Haden armazenada sob atmosfera modificada em ambiente refrigerado. In: Simpósio Brasileiro Pós-Colheita de Frutas Tropicais, 1, 2005, João Pessoa. **Programa e trabalhos: anais**. João Pessoa: Embrapa/UFPB/UFS/SBF, 2005, CD ROM.

SANTOS, A. E. O. dos; BERBERT, P. A.; ASSIS, J. S. de; GRAVINA, G. de A.; MISTURA, C.; MENDONÇA, O. R. de. Aplicação de fécula de mandioca e amido de milho na conservação pós-colheita de mangas ‘Tommy Atkins’. In: Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita: frutas, hortaliças e flores, 2, 2007, Viçosa. **Palestras e resumos...** Viçosa: UFV, 2007, p. 318, 2007.

SCANAVA JÚNIOR, L.; FONSECA, N.; PEREIRA, M. E. C. Uso de fécula de mandioca na pós-colheita de manga Surpresa. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, SP. v. 9, n. 1, p. 67-71, 2007.

SERRANO, M.; VALVERDE, L. M.; GUILLÉN, F. CASTILLO, S.; MARTÍNEZ-ROMERO, D; VALERO, D. Use of *Aloe vera* Gel Coating Preserves the Functional Properties of Table Grapes. **Journal Agricultural Food Chemistry**. v. 54, p. 3882–3886, 2006.

SERPA, M. F. P.; CASTRICINI, A.; MITSUBUZI, G. P.; MARTINS, R. N.; BATISTA, M. F.; ALMEIDA, T. H. de. Conservação de manga com uso de fécula de mandioca preparada com extrato de cravo e canela. **Revista Cerres**, v. 61, n.6, p. 975-982, 2014.

SILVA, A. L. da. **Conservação pós-colheita de mangas ‘Tommy Atkins’ e ‘Kent’ produzidas no Vale do São Francisco mantidas sob refrigeração e submetidas a diferentes concentrações de CO<sub>2</sub> por curto período de tempo**. Dissertação de mestrado – UFPB, João Pessoa, 2007, 124p.

SILVA, A. P. F. B. **Caracterização química e enzimática do processo de adoçamento da manga 'Keitt'**. São Paulo, 2004, 80p. (Tese de doutorado, Faculdade de Ciências Farmacêuticas – USP).

SILVA, A. P. F. B.; NASCIMENTO, J. R. O. do; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI. Starch mobilization and sucralose accumulation in the pulp of Keitt mangoes during postharvest ripening. **Journal of Food Biochemistry**. v. 32, p. 384-395, 2008.

SILVA, J. M. da; RODRIGUES, G. C. P.; MIZOBUTSI, G. P.; MAIA, V. M.; GANEM, S. T. de S.; MIZOBUTSI, E. H.; SILVA, D. P. Métodos alternativos para o prolongamento pós-colheita de mangas 'Haden'. In: Simpósio Brasileiro de pós-colheita de Frutas Tropicais, 1, 2005, João Pessoa. **Programas e trabalhos, anais**. João Pessoa: Embrapa/UFPB/UFS/SBF, 2005, CD ROM.

SILVA, M. A. da; BIERHALZ, A. C. K.; KIECKBUSCH, T. G. Alginate and pectin composite films crosslinked with  $Ca^{+2}$  ions: effect of the plasticizer concentration. **Carbohydrate Polymers**. v. 77, p. 736-742, 2009.

SILVA, M. S.; MARTINS, L. P.; SANTOS, J. G.; ALVES, R. E. Conservação pós-colheita de frutos de graviola (*Annona muricata* L.) sob atmosfera modificada. **Revista Hiberamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, v. 4, n. 1, p. 6-12, 2001.

SONG, H. Y.; JO, W. S.; SONG, N-B.; MIN, S. C. SONG, K. B. Quality change of apple slices coated with *Aloe vera* gel during storage. **Journal of Food Science**. v.78, n.6, C817- C822, 2013.

SOUZA, J. da S.; ALMEIDA, C.C. de; ARAÚJO, J. L. P; CARDOSO, C. E. L. Aspectos socioeconômicos. In: **A cultura da mangueira**. GENUÍ, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. (Eds.) Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 20-29.

SREENIVAS, K.M.; CHAUDHARI, K.; LELE, S. S. Ash gourd peel wax: extraction, characterization, and application as an edible coat for fruits. **Food Scienci Biotechnology**. v.20, n.2, p. 383-387, 2011.

STROHECKER, R., HENNING, H. M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p.

SUBRAMANYAM, H. KRISNAMURTY, S.; PARPIA, H. A. B. Physiology and biochemistry of mango fruit. **Advances in Food Research**. v. 21. p. 223-305, 1975.

TADDEI, E. B.; RUIZ, J. M.; ROBLES, J. G.; AGUILAR, G. G.; ROJAS, R. T.; SAÑUDO, R. B.; JIMÉNEZ, D. P. Effect of calcium and edibles wax treatments on overall quality of 'Kent' mangoes during cold storage. Proceedings 5<sup>th</sup> of the International Postharvest Symposium. MENCARELLI, F.; TONUTTI, P. (Eds) **Acta Horticulturae** 682, ISHS 2005, v. 2, p. 1281-1285.

TAKAHASHI, M. Desafios e sustentabilidade da cultura da mandioca. **Revista ABAMM**. Paranavaí, n.15, 2009.

TEIXEIRA, G. H. de A.; DURIGAN, J. F. Storage of 'Palmer' mangoes in low-oxygen atmospheres. **Fruits**, vol.66, p. 279–289, 2011.

TRIGO, J. M.; ALBERTINI, S.; SPOTO, M. H. F.; SARMENTO, S. B. S.; LAI REYES, A. E.; SARRIÉS, G. A. Efeito de revestimentos comestíveis na conservação de mamões minimamente processados. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 2, p. 125-133, abr./jun., 2012.

VALENTE, A.; ALBUQUERQUE, T. G.; SILVA, A. S.; COSTA, H. S. Ascorbic acid content in exotic fruits: A contribution to produce quality data for food composition database. *Food Research International*, v. 44, p. 2237-2242, 2011.

VALVERDE, J. M.; VALERO, D.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; GUILLÉN, F.; CASTILLO, S.; SERRANO, M. Novel edible coating based on aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. **Journal Agricultural and Food Chemistry**. v. 53, p. 7807–7813, 2005.

VÁSQUEZ-CAIEDO, A. L.; HELLER, A.; NEIDHART, S.; CARLE, R. Chromoplast Morphology and  $\beta$ -Carotene accumulation during postharvest ripening of mango Cv. 'Tommy Atkins'. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 54, p. 5769–5776, 2006.

VAZQUES-SALINAS, C.; LAKSHMINARAYANA, S. Compositional change in mango fruit during ripening at different storage temperatures. **Journal of Food Science**. v. 50, p. 1646-1648, 1985.

VICENTINI, N. M.; CEREDA, M. P.; CÂMARA, F. L. de A. Revestimentos de fécula de mandioca, perda de massa e alteração na cor de frutos de pimentão. **Scientia Agricola**. v. 26, n. 3, 1999.

VIEIRA, E. L.; PEREIRA, M. E. C.; SANTOS, D. B. dos; LIMA, M. A. C. de. Aplicação de biofilmes na qualidade da manga 'Tommy Atkins'. **Magistra**, v. 21, n.3, p. 165-170, 2009.

WEISS, A. S.; IHL, M.; SOBRAL, P. J. A.; GUILLÉN, M. C. G.; BIFANI, V. Natural additives in bioactive edible films and coatings: functionality and applications in Foods. **Food Engineering Reviews**. v. 5, p. 200 – 216, 2013.

YANG, L.; PAULSON, A. T. Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film. **Food Research International**. v. 33, p. 571-578, 2000.

YAMASHITA, F.; TONZAR, A. C.; FERNANDES, J. G.; MORIYA, S.; BENASSI, M. DE T. Embalagem individual de mangas cv. Tommy Atkins em filme plástico: efeito sobre a vida de prateleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 288-292, 2001.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by antrona. **The Biochemical Journal**, Cambridge, v. 57, n. 2, p. 504-541, 1954.

ZERBINI, P. E.; VANOLI, M.; RIZZOLO, A.; GRASSI, M.; PIMENTEL, R. M. de A.; SPINELLI, L.; TORRICELLI, A. Optical properties, ethylene production and softening in mango fruit. **Postharvest Biology and Technology**. V. 101, p. 58–65, 2015.

ZHU, X.; WANG, Q.; CAO, J.; JIANG, W. Effects of chitosan coating on postharvest quality of mango (*Mangifera indica* L. cv. Tainong) fruits. **Journal of Food Processing and Preservation**. v. 32, p. 770–784, 2008.