



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA

LICIA AMAZONAS CALANDRINI BRAGA

**REVESTIMENTOS DE CARRAGENANAS ADICIONADAS DE CERA DE
CARNAÚBA PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTAS**

MOSSORÓ

2016

LICIA AMAZONAS CALANDRINI BRAGA

**REVESTIMENTOS DE CARRAGENANAS ADICIONADAS DE CERA DE
CARNAÚBA PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTAS**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Pós-colheita de frutas e hortaliças

Orientador: Prof. Dr. Ebenézer de Oliveira Silva.

Co-orientador: Prof. Dr. Men de Sá Moreira de Souza Filho.

MOSSORÓ – RN

2016

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

A813r AMAZONAS CALANDRINI BRAGA, LÍCIA.
REVESTIMENTOS DE CARRAGENANAS ADICIONADAS DE
CERA DE CARNAÚBA PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE
FRUTAS / LÍCIA AMAZONAS CALANDRINI BRAGA. - 2016.
58 f. : il.

Orientador: EBENÉZER DE OLIVEIRA SILVA.
Coorientador: MEN DE SÁ Moreira de Souza Filho.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2016.

1. EMBALAGEM DE ALIMENTOS. 2. BIOPOLÍMEROS. 3.
POLISSACARÍDEOS. I. DE OLIVEIRA SILVA,
EBENÉZER, orient. II. Moreira de Souza Filho,
MEN DE SÁ, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LICIA AMAZONAS CALANDRINI BRAGA

**REVESTIMENTOS DE CARRAGENANAS ADICIONADAS DE CERA DE
CARNAÚBA PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTAS**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia
do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Doutor em Fitotecnia.


Linha de Pesquisa: Melhoramento Genético e
Tecnologia Pós-Colheita

Defendida em: 27 / 07 / 2016.


BANCA EXAMINADORA



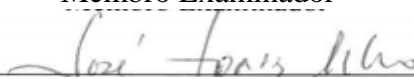
Prof. Dr. Ebenézer de Oliveira Silva. (UFERSA/EMBRAPA)
Presidente




Prof. Dr. Men de Sá Moreira de Souza Filho (Co-orientador)
Embrapa Agroindústria Tropical



Prof. Dr. Bartolomeu Warlene Silva de Souza(UFC)
Membro Examinador



Prof. Dr. José Torres Filho(UFERSA)
Membro Examinador



Profª Dra. Suezilde da Conceição Amaral Ribeiro (IFPA)
Membro Examinador

DEDICATÓRIA

À minha amada família,

Ao meu esposo, amor da minha vida, **Adriano Braga,**

À minha amada e tão desejada filha **Alicia Braga,** que chegou de surpresa e se mostrando
uma pequena guerreira ao lutar pela vida,

Aos nossos filhos de coração **Dalí e Garotão,**

Ao meu mestre da vida **Deus Pai Todo-Poderoso.**

AGRADECIMENTOS

Alguém já disse que “**a gratidão é a lembrança do coração**”. Faz sentido. Ao longo de nossas vidas sempre aparecem “anjos da guarda” que nos ajudam, e sem os quais nossos objetivos seriam muito difíceis de alcançar, ou seriam até inatingíveis. Por isso essa parte da tese é tão especial. Quero aqui expressar de coração os meus agradecimentos às seguintes instituições e pessoas:

Ao **IFPA – Campus Castanhal** e à **UFERSA**, pela parceria e oportunidade ofertada a nós, profissionais da educação, para que possamos nos qualificar e levar esse aprendizado adquirido aos nossos discentes e comunidade, não somente científica, mas aquela do campo que também pode usufruir desse conhecimento para o seu desenvolvimento.

À **EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL** em Fortaleza, por ter oferecido todo o suporte técnico para o desenvolvimento experimental de minha tese.

À **FINOBRASA AGROINDUSTRIAL S.A.**, localizada em Ipanguaçu/RN, representada pela Michelle, a qual foi extremamente gentil em doar os frutos para meu experimento.

À **CAPES** pelo auxílio com a bolsa de estudos.

Ao professor e orientador **EBENÉZER OLIVEIRA**, por ter confiado em mim! Espero não ter lhe decepcionado! Obrigada pela atenção e pela enorme simpatia que o senhor teve comigo no tempo que passei realizando os experimentos na Embrapa.

Ao professor e co-orientador **MEN DE SÁ**. Não sei expressar em palavras o quanto sou grata pelo senhor ter aparecido na minha vida, seja profissional ou pessoal. Eu tenho muita admiração e respeito por tudo o que o senhor representa para mim e para outras pessoas.

Ao Dr. **Bartolomeu** e Dr. **José Torres**, por terem aceitado o convite para participar de minha banca e à Dra. **Suezilde** por ter aceitado o mesmo convite e por me apoiar incondicionalmente.

Aos meus colegas do DINTER; aprendi muito com vocês. Sou muito feliz por trabalharmos juntos.

Aos Professores da UFERSA, obrigada por todo conhecimento que vocês nos passaram.

Vitória e Hálisson, sem palavras para agradecer vocês. Pessoas inteligentes e de um futuro brilhante. Eu creio. Vocês chegaram e não sairão mais de minha vida. Obrigada por

toda ajuda e conhecimento que vocês me transmitiram na Embrapa. **Jean**, menino bom de trabalho. Sou muito grata por toda ajuda que você me deu.

João Paulo, Lilian, Ana Cassales, Marcia Regia. Obrigada pela atenção, carinho e paciência que tiveram comigo.

Nancy Taera, o que falar de você? Aprendi muito sobre pós-colheita convivendo com você. Sou sua admiradora por toda inteligência que você tem. Você é um exemplo a ser seguido. Sempre paciente e disposta a ajudar. Obrigada por ter tornado meus dias cansativos em dias mais leves.

Leonardo Pestana, olho para tela do computador e não consigo pensar em algo para te agradecer. Mas por tudo que você fez por mim, no tempo que morei em Fortaleza, serei grata eternamente.

Carol e Nick Muniz, morar com vocês foi uma experiência muito gratificante. Obrigada por eu não ter sido uma mera inquilina, mas uma amiga que amou conviver com vocês e com a bela Artemis.

Uma parte do meu coração ficará em Fortaleza. Não sou poeta, portanto aqui me faltam as palavras que podem traduzir tudo de bom que eu senti por vocês. Continuei experimentando a beleza do significado da amizade ao conhecê-los, pessoas do bem. Parece que foi ontem que recebi aquelas boas vindas tão lindamente da Eligenes e um sorriso tão simpático e caloroso do Lyndervan. Cada um de vocês marcou definitivamente a minha história, felizmente de forma muito positiva que com certeza levarei por toda a minha vida.

Rosa, Ellén e Carol. Não sei o que seria de nosso lar sem vocês por perto. Foi um ano em que vocês cuidaram de nossa casa, alimentando e dando carinho ao Dalí e Garotão. Vocês sacrificaram finais de semana com a família para cuidar da nossa enquanto ausentes. Eu amo vocês demais. E, sem mais palavras, deixo aqui meu sincero e profundo agradecimento por vocês fazerem parte da minha vida.

Telma, minha irmã de coração. Mesmo distantes sabemos do desejo enorme de sucesso profissional e pessoal que temos uma com a outra. Que Deus te abençoe muito. Obrigada por morar no meu coração.

Seu **Tavares...**

Ao meu amado esposo **Adriano Braga**. Por tudo o que passamos. Por toda nossa luta. Por termos crescido pessoal e profissionalmente unidos. Pelas dificuldades, pelos dois anos distantes um do outro, pois almejamos por estes doutorados. Nosso desenvolvimento acadêmico, nossa casinha, nossos empregos, nossos animais e, agora, nossa tão amada filhinha que chegou de forma surpreendente para completar nossa felicidade. Valeu a pena,

não é mesmo? Eu, aliás, Alícia e eu te amamos muito. Obrigada por tudo que você representa para nós.

E por fim, não por ser menos merecedor, agradeço a Ti meu Deus, meu Senhor. Tu que jamais nos abandonaste, obrigada por tudo que deste e oferecete a mim. Todas essas maravilhas que relatei até aqui foram por Tua obra. Tu encaminhaste somente as pessoas de bem para cruzarem meu caminho, e gratidão é pouco. Que o Senhor possa continuar me iluminando para seguir seus passos do bem e ser merecedora da Tua infinita bondade. Obrigada Deus, obrigada ao meu anjo da guarda e a Nossa Senhora, mãe de Jesus, por me cobrir com seu manto sagrado de amor.

“Aqueles que passam por nós, não vão sós, não nos deixam sós. Deixam um pouco de si, levam um pouco de nós.” Antoine de Saint-Exupéry

“Veni, Vidi, Vici (Vim, Vi e Venci).” Julio Cesar

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	10
1. INTRODUÇÃO GERAL	10
REFERÊNCIAS	12
CAPÍTULO II	13
ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES À BASE DE CARRAGENANA E CERA DE CARNAÚBA	13
1. INTRODUÇÃO	15
2. MATERIAL E MÉTODOS	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4. CONCLUSÕES	25
REFERÊNCIAS	26
CAPÍTULO III	30
USO DE REVESTIMENTOS À BASE DE IOTA E KAPPA CARRAGENANA COM CERA DE CARNAÚBA NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTAS	30
1. INTRODUÇÃO	32
2. MATERIAL E MÉTODOS	33
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
<i>Coloração da casca b*</i>	42
<i>Taxa respiratória (produção de CO₂ e etileno)</i>	43
<i>Firmeza</i>	44
<i>Extravasamento de eletrólitos</i>	45
<i>Vitamina C</i>	46
<i>Sólidos Solúveis (SS)</i>	47
<i>Acidez Titulável (AT)</i>	47
<i>Relação SS/AT</i>	48
<i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i>	49
<i>Açúcares Solúveis Totais</i>	50
4. CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS	51
ANEXOS	56

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL

Após a colheita, o amadurecimento de frutas é um processo irreversível, caracterizado por um padrão respiratório climatérico, com aumento no consumo de oxigênio (O₂) e na liberação de dióxido de carbono (CO₂). Esse padrão é estimulado pela produção autocatalítica do etileno e por intensas alterações metabólicas, muito sensíveis à temperatura e ao próprio etileno. Assim, a vida desses frutos está diretamente relacionada à sua manutenção no estágio pré-climatérico, o que depende da temperatura e da atmosfera de acondicionamento (AM). O abaixamento da temperatura reduz os processos fisiológicos pós-colheita, tais como: respiração (TR) e síntese do etileno (EE). Nessa AM, a menor pressão de O₂ (consumido na respiração) reduz a TR e a EE. Por outro lado, o CO₂ acumulado (resultado da respiração) inibe a própria TR e, também, a EE. Esses efeitos são cumulativos, tanto pela baixa temperatura (refrigeração) como pela AM, fazendo com que a manga tenha a sua vida útil estendida. A refrigeração e o revestimento (AM), como os derivados de polissacarídeos, podem ser efetivos na manutenção do pré-climatérico em frutas.

Revestimentos biodegradáveis são exemplos de tecnologias a serem empregadas por contribuírem na redução do uso de fontes não-renováveis, ajustando-se ao ecossistema e evitando a poluição ambiental (PRAJAPATI et al., 2014; DE MELLO LUVIELMO, LAMAS, 2012) sendo mais utilizados os polissacarídeos, as proteínas e os lipídios. Provavelmente, um dos materiais que mais se beneficiam destas vantagens é a família dos polissacarídeos, que podem ser obtidos a partir de várias fontes, incluindo algas, plantas, bactérias, fungos, insetos, crustáceos, animais, entre outros (PRAJAPATI, V.D. et al., 2014).

A carragenana pode ser extraída de algumas algas vermelhas da família *Rhodophyceae*, particularmente de *chondruscricus*, *euchema*, *gigartinastellate*, *iridaea*, *hypnea*, *solieria*, *agardhiella* e *sarconema*. É um dos polissacarídeos mais abundantes na natureza, que pode ser utilizado na produção de alimentos e cosméticos como gelificante, estabilizante e espessante devido a sua biocompatibilidade, biodegradabilidade, alta capacidade de retenção de água e resistência mecânica de seus géis (PRAJAPATI, V.D. et al., 2014). Os polissacarídeos apresentam boas propriedades de formação de filmes e boa barreira aos gases, porém, sendo hidrofílicos, não proporcionam boa barreira à umidade (KESTER e FENNEMA, 1986).

Os lipídios oferecem excelente barreira à umidade, mas apresentam problemas relativos à estabilidade oxidativa (CUQ et al., 1995). Devido às vantagens e limitações de

cada categoria de componentes dos revestimentos, muitos trabalhos têm envolvido o uso de combinações desses materiais para melhorar as propriedades das coberturas. Revestimentos compostos de polissacarídeos e lipídios, por exemplo, combinam as propriedades mecânicas e barreira aos gases conferidos pelos polissacarídeos com barreira à umidade proporcionada pelos lipídios (KESTER e FENNEMA, 1989; DONHOWE e FENNEMA, 1992; SAPRU e LABUZA, 1994; CHEN e NUSSINOVITCH, 2001).

A cera de carnaúba vem sendo testada em frutas e hortaliças. Obtida a partir de uma palmeira brasileira, tem sido comercializada sob inúmeras marcas, em diferentes concentrações e misturas. Pode ser aplicada em produtos dos quais também se consome a casca, devido ao fato de não ser tóxica. Confere brilho e reduz a perda de matéria fresca dos produtos, além de ser facilmente removível com água (HAGENMAIER & BAKER, 1994).

Considerando a importância da associação de revestimentos e da refrigeração, objetivou-se neste trabalho, desenvolver filmes e revestimentos, com polissacarídeos de algas marinhas (iota e kappa-carragenana) e cera de carnaúba, que foram aplicados sobre mangas ‘Tommy Atkins’, visando a extensão da vida útil pós-colheita, com boa qualidade visual e nutricional.

REFERÊNCIAS

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

CUQ, B.; GONTARD, N.; GUILBERT, S. Edible films and coatings as activelayers. In: ROONEY, M.L. (Ed.) **Active food packaging**. London: Blackie Academic & Professional, p. 111-142. 1995.

DE MELLO LUVIELMO, M.; LAMAS, S. V. Edible coating in fruits. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n. 1, p. 8, 2012.

DONHOWE, I. Greener; FENNEMA, O. The effect of relative humidity gradient on water vapor permeance of lipid and lipid-hydrocolloid bilayer films. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 69, n. 11, p. 1081-1087, 1992.

HAGENMAIER, Robert D.; BAKER, Robert A. Wax microemulsions and emulsions as citrus coatings. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, n. 4, p. 899-902, 1994.

KESTER, J. J.; FENNEMA, O. R. Edible films and coatings: a review. **Food technology (USA)**, 1986.

KESTER, J. J.; FENNEMA, O. An edible film of lipids and cellulose ethers: barrier properties to moisture vapor transmission and structural evaluation. **Journal of Food Science**, v. 54, n. 6, p. 1383-1389, 1989.

PRAJAPATI, Vipul D. et al. Carrageenan: a natural seaweed polysaccharide and its applications. **Carbohydrate polymers**, v. 105, p. 97-112, 2014.

SAPRU, Vimal; LABUZA, Theodore P. DISPERSED PHASE CONCENTRATION EFFECT ON WATER VAPOR PERMEABILITY IN COMPOSITE METHYL CELLULOSE- STEARIC ACID EDIBLE FILMS. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 18, n. 5, p. 359-368, 1994.

CAPÍTULO II

ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES À BASE DE CARRAGENANA E CERA DE CARNAÚBA

RESUMO: Filmes comestíveis polissacarídeos têm sido estudados como auxiliares de embalagens de alimentos na função de proteção. Por outro lado, polissacarídeos têm alta permeabilidade a vapor de água, o que compromete muitas aplicações, especialmente em ambientes de alta umidade relativa. O objetivo deste trabalho foi avaliar efeitos de diferentes teores de cera de carnaúba sobre as propriedades de filmes à base de uma mistura de polissacarídeos de algas marinhas (ι -carragenana, κ -carragenana e alginato). Filmes foram produzidos com três diferentes teores de cera de carnaúba (1,5, 3 e 5%), além de um controle (sem cera), e tiveram suas propriedades mecânicas e térmicas, cor e permeabilidade a vapor de água estudadas e comparadas por meio de testes de Tukey. Os espectros de infravermelho (FTIR) foi também estudado. Verificou-se que a presença de cera de carnaúba prejudica as propriedades mecânicas dos filmes (exceto a elongação) mas, por outro lado, melhora sua barreira a vapor de água. Os espectros de FTIR indicaram várias bandas relativas aos polissacarídeos, com apenas pequenas alterações acarretadas pela cera de carnaúba.

Palavras-chave: Embalagem de alimentos. Biopolímeros. Polissacarídeos. Lipídios.

CHAPTER II
PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF FILMS CARRAGEENAN BASE
AND CARNAUBA WAX

ABSTRACT: Polysaccharide-based edible films have been studied as materials to help food packaging in its protection function. On the other hand, polysaccharides have high water vapor permeability, which compromises some applications, especially in high relative humidity places. The objective of this study was to evaluate effects of different carnauba wax contents on properties of films from a mixture of sea algae polysaccharides (ι -carrageenan, κ -carrageenan, and alginate). Films were produced with three carnaúba wax contents (1.5, 3, and 5%), besides a control (without wax), and had their tensile properties and water vapor permeability studied and compared by means of Tukey and Dunnett tests. Infrared (FTIR) spectra were also studied. The presence of carnauba wax impaired the tensile properties of the films (except for elongation), whereas their barrier to water vapor was improved. The FTIR spectra showed several bands related to the structure of polysaccharides, with slight changes from the presence of carnauba wax.

Keywords: Food packaging. Biopolymers. Polysaccharides. Lipids.

1. INTRODUÇÃO

Organismos marinhos como algas, bactérias e microalgas têm sido considerados importantes fontes de polissacarídeos. Segundo Campo et al. (2009), três tipos de polissacarídeos têm sido comercialmente explorados a partir de organismos marinhos: ágar, alginatos e carragenanas.

As carragenanas são uma família de polissacarídeos produzidos por certas espécies de algas vermelhas (Rhodophyta) como principal material de parede celular (VAN DE VELDE et al., 2002; CAMPO et al., 2009). São galactanas lineares sulfatadas, e consistem de unidades repetidas de um dissacarídeo formado por 3- β -D-galactopiranosose e 4- α -D-galactopiranosose, com diferentes graus de sulfatação (CAMPO et al., 2009; YANG et al., 2009). Elas são tradicionalmente classificadas em subtipos, entre os quais estão a iota (ι)- e a kappa (κ)-carragenana, cada subtipo sendo extraído de fontes distintas (CAMPO et al., 2009). As algas brasileiras *Solieria filiformis* e *Hypnea musciformis* sintetizam ι - e κ -carragenanas, respectivamente (ARAÚJO et al., 2012; AZIZA et al., 2008). Tanto as ι - quanto as κ -carragenanas podem se apresentar sob duas formas, a depender da temperatura: espirais aleatórias, em soluções a temperaturas mais altas, e duplas hélices, que resultam da formação de ligações cruzadas entre cadeias adjacentes durante o resfriamento da solução (NANAKI et al., 2010; TRANQUILLAN-ARANILLA et al., 2012), formando géis e filmes.

Polissacarídeos diversos têm sido estudados como formadores de filmes e revestimentos comestíveis. Embora tais filmes e revestimentos não tenham sido geralmente usados com o objetivo de substituir totalmente as embalagens externas (produzidas geralmente a partir de polímeros derivados de petróleo, não biodegradáveis), eles podem auxiliar a embalagem externa na função de proteção, reduzindo indiretamente a quantidade de embalagem requerida para cada aplicação.

Filmes à base de diferentes proporções de misturas entre ι -carragenana, κ -carragenana e alginato foram produzidos por (PAULA et al. (2015). Ribeiro et al. (2007) observaram que filmes de carragenanas apresentaram melhor barreira a oxigênio que filmes de amido. Por outro lado, a principal limitação ao uso de filmes de polissacarídeos é sua hidrofobicidade, que resulta em alta permeabilidade a vapor de água (GIANCONE et al., 2011; JANJARASSKUL; KROCHTA, 2010), o que limita a aplicabilidade desses filmes em situações que requeiram uma boa barreira à umidade.

Lipídios, por sua natureza hidrofóbica, têm melhor barreira a umidade que polissacarídeos (PÉREZ-MATEOS et al., 2009; LIMPISOPHON et al., 2010), embora os lipídios por si mesmos não tenham (como os polissacarídeos) propriedades mecânicas adequadas à formação de filmes íntegros. Em decorrência das vantagens e limitações de cada tipo de material, os polissacarídeos têm sido frequentemente combinados a lipídios para formação de filmes de emulsão.

A adição de lipídios pode reduzir a permeabilidade ao vapor d'água devido a sua natureza hidrofóbica, mas pode afetar a transparência de revestimentos e propriedades mecânicas, além do sabor que o mesmo pode oferecer, influenciando negativamente a característica sensorial dos vegetais (BOURLIEU, GUILLARD, VALLÈS-PAMIES, GUILBERT, e GONTARD, 2009; FAKHOURI et al., 2007; RHIM & SHELLHAMMER, 2005; LIMPISOPHON, TANAKA, & OSAKO, 2010; PÉREZ-MATEOS, MONTERO, & GÓMEZ-GUILLÉN, 2009; POMMET, REDL, MOREL, e GUILBERT, 2003). Portanto, as vantagens são esperadas a partir da combinação polissacarídeos e lipídios em emulsões filmogênicas. Apesar de bons resultados obtidos em algumas formulações, alguns óleos vegetais apresentam permeabilidade ao vapor d'água menor do que a de ceras naturais, tais como a cera de carnaúba (RHIM & SHELLHAMMER 2005; ROJAS-ARGUDO, del RIO, e PÉREZ-GAGO, 2009; TALENS & KROCHTA, 2005).

Ceras são consideradas os lipídios mais eficientes para reduzir a permeabilidade de filmes a vapor de água, por sua alta hidrofobicidade, conferida pelos altos teores de alcanos e álcoois graxos de cadeia longa (MORILLON et al., 2002). A cera de carnaúba, que é um exsudato de uma palmeira brasileira (*Copernicia cerifera*), é composta quase exclusivamente de ésteres de ácidos carboxílicos C24 e C28 e álcoois saturados de cadeia longa (SHELLHAMMER; KROCHTA, 1997).

O objetivo deste estudo foi o de avaliar os efeitos da adição de diferentes níveis de cera de carnaúba sobre as propriedades de filmes à base de uma combinação de κ -carragenana, ι -carragenana e alginato.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia da Biomassa da unidade da Embrapa - Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE. As algas vermelhas *Hypnea musciformis* e *Solieria filiformis* foram coletadas ao longo da costa da Praia de Flexeiras (Trairi, CE). Cada espécie de alga (separadamente) foi hidratada sob agitação mecânica a 250 rpm por 12h em água destilada a 25°C. Após filtração em malha de nylon (500 mesh), os resíduos foram

submetidos à extração das respectivas carragenanas com água destilada a 80°C por 4h (proporção alga/água, 1 g/20 mL) e filtrados em malha de nylon. Os filtrados foram adicionados de etanol 92.8% (proporção volumétrica 1:3 filtrado: etanol), estocados a 4°C por 24h e filtrados novamente. Os precipitados foram dialisados contra água destilada e liofilizados, produzindo dois pós, consistindo de κ -carragenana (de *Hypnea musciformis*) e ι -carragenana (de *Solieria filiformis*). As algas colhidas foram depositadas como exsiccatas no Herbário Prisco Bezerra da Universidade Federal do Ceará (UFC), sob registro EAC 56148.

O alginato de sódio (Grindsted® FD175) foi fornecido pela Danisco Brasil Ltda. (Cotia, SP), e o tipo de cera de carnaúba (marca FONCEPI) utilizada para compor a emulsão filmogênica foi a T-I, que apresenta as seguintes características: ponto de fusão (80 - 86°C), teor de umidade (0,5% máx), índice de acidez (0,2 - 0,6 mg NaOH/g máx), índice de saponificação (78 - 88 mg KOH/g) e material insolúvel (0,2% máx). Dados fornecidos pelo próprio fabricante. Foram adicionados à cera de carnaúba dois surfactantes: Monooleato de Sorbitan Etoxilado 20 Óxido de Etileno - Tween 80 (5%) e Monooleato de sorbitana - Span 80 (15%) com caráter predominantemente hidrofílico e hidrofóbico, respectivamente, para facilitar as interações entre todos os componentes. A porcentagem utilizada para os surfactantes foi com base na massa seca da cera de carnaúba.

Os filmes foram elaborados a base de uma mistura de κ -carragenana (2,17 g), ι -carragenana (1,30 g) e alginato (2,17 g). Para o filme sem cera de carnaúba (CAR): a mistura foi homogeneizada, em 200 mL de água destilada contendo 1,41 g de glicerol, em Ultra-Turrax T-25 a 15000 rpm por 15 min. A dispersão foi degasada em bomba de vácuo (30 mbar, 1h), depositada sobre substrato de Mylar® sobre placas de vidro 30 cm x 30 cm e espalhada sobre a superfície com barra niveladora ajustada para uma espessura final de 0,1 mm.

Para os filmes de emulsão (CC1, CC2, CC3, contendo, respectivamente, 1,5, 3 e 5% de cera de carnaúba com base nos polissacarídeos), a cera de carnaúba foi primeiramente adicionada de dois surfactantes (Tween 80 e Span 80, a 5 e 15%, respectivamente, com base na cera de carnaúba). A mistura cera-surfactantes foi fundida em placa a 85°C por 5 min, adicionada de 200 mL de água destilada e sonicada em processador ultrassônico de 400 W a 24 kHz em dez ciclos de 1 min intercalados por pausas de 15 s. A mistura dos polissacarídeos foi então adicionada à emulsão, juntamente com o glicerol, e a emulsão foi homogeneizada por 15 min a 15000 rpm com Ultra-Turrax T-25. A seguir, a emulsão foi degasada a vácuo e submetida às demais etapas descritas para o filme CAR.

A determinação de cor foi realizada utilizando-se de um colorímetro digital (Konica Minolta, modelo CR-410), com a cor expressa no módulo $L^*a^*b^*$; espessura, utilizando-se

um micrômetro digital (Mitutoyo, modelo Digimatic Micrometer) com escala de 0 a 25 mm e precisão de $\pm 0,01$ mm.

As propriedades mecânicas (de tração) foram medidas em corpos de prova de 100 mm x 6.3 mm (em pelo menos cinco replicatas), segundo o método D882-09 (ASTM, 2009), em uma máquina universal de ensaios Emic DL-3000, com célula de carga de 100 N, separação inicial entre as garras de 50 mm e velocidade de aplicação de carga de 1 mm/s.

A permeabilidade a vapor de água (PVA) foi determinada (com 8 replicatas) por gravimetria, com base no método E96-05 (ASTM, 2005) a 25°C e 50% RH, usando sílica gel como dessecante (no interior de um dessecador vertical com ventilação) e com água destilada dentro das células de permeação (expondo uma área circular do filme com 50 mm em diâmetro). As células foram pesadas em balança analítica (precisão de 0,1 mg) pelo menos sete vezes ao longo de cerca de 24h.

Para obter os espectros vibracionais na região do infravermelho, utilizou-se um espectrofotômetro VARIAN 660-IR, na região de 4000 a 400 cm^{-1} , com pastilhas de KBr. Foram realizados 280 scans na análise, com resolução de 4 cm^{-1} .

Para a análise termogravimétrica (TGA) utilizou-se aproximadamente 30 mg de amostra do extrato da carragenana moída e dos filmes sem cera de carnaúba, com 1,5 %, 3 % e 5 % de cera, utilizou-se 12, 31 mg, 12,51 mg, 12, 165 mg e 12, 637 mg de amostra, respectivamente. Colocou-se a amostra no suporte do equipamento para que se iniciasse a análise. As condições foram as seguintes: razão de aquecimento de 10°C/min na faixa de 25-600°C sob vazão de ar sintético de 50 mL/min. A análise foi executada em um equipamento da marca Perkin Elmer modelo STA 6000.

A análise calorimétrica dos filmes com e sem cera de carnaúba foi realizada em um calorímetro diferencial de varredura DSC (Q20, TA- Instruments) de acordo com a metodologia descrita por WANG et al., (2003). O instrumento foi calibrado índium como padrão. Para a análise, um peso de até aproximadamente 5 mg da amostra foi encapsulado e selado em cadinho de alumínio. A taxa de aquecimento e resfriamento foi de 10°C/min e foi utilizada uma atmosfera de nitrogênio com fluxo de 50 mL/min. Foi realizado um primeiro ciclo de aquecimento desde a temperatura ambiente até 200°C para poder apagar a história térmica do material, seguida de um resfriamento da amostra até a temperatura de 0°C. Em seguida, foi realizado um segundo de ciclo de aquecimento até a temperatura de 200°C.

Os resultados foram analisados estatisticamente por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey a 5% de nível de significância, utilizando o software SAS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em termos de cor, a tabela 1 mostra que os valores de luminosidade (L^*) obtidos para os filmes sem adição de cera e com adição de 1,5 % diferem estatisticamente dos filmes com adição de cera de 3 e 5 %, onde as maiores concentrações de cera tornam os filmes menos claros. No geral, valores de a^* sugerem que estes filmes tendem a ser avermelhados como indicado pelos valores positivos. Quando a cera de carnaúba é incorporada aos filmes, há uma queda nos valores de a^* . A adição de cera de carnaúba pode ter alterado a reflexão da luz na superfície do filme, levando as amostras a se tornarem menos avermelhadas. A adição de cera elevou os valores de b^* , indicando coloração tendendo ao amarelo. Em todos os tratamentos, os valores de a^* e b^* são de magnitude tal que não interfere na percepção de cor da maioria dos consumidores. Resultados semelhantes foram observados por Shojaee-Aliabadi, et al (2014), Benavides et al (2012) e Martins et al (2012) que trabalharam com filmes de κ -carragenana, alginato e κ -carragenana e goma de alfarroba, respectivamente.

Tabela 1. Valores de Luminosidade (L), a^* e b^* em todos os tratamentos.

Tratamento	L	a^*	b^*
CAR	88,49±0,27 ^a	1,83±0,02 ^a	2,55±0,43 ^b
CC1	88,88±0,33 ^a	1,24±0,1 ^b	3,66±0,72 ^{ab}
CC2	87,36±0,24 ^b	1,38±0,08 ^b	5,27±0,68 ^a
CC3	87,25±0,48 ^b	1,27±0,06 ^b	5,52±0,67 ^a

Para os tratamentos, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Os resultados da espessura média dos filmes (mm) foram: 0,041±0,006 (CAR), 0,043±0,005 (CC1), 0,036±0,004 (CC2) e 0,040±0,004 (CC3), não apresentando diferença significativa entre si ($p < 0,05$). Esses valores encontram-se próximos aos obtidos por Rhim (2004) que variaram de 0,056 a 0,069 mm para filmes elaborados a partir de alginato de sódio e Henrique (2008) que encontrou valores entre 0,04 e 0,2 mm para filmes à base de fécula de mandioca.

Filmes com propriedades mecânicas ideais devem ser resistentes à ruptura e abrasão, para proteger os produtos nos quais são aplicados, e flexíveis, de forma que possam se adaptar a possíveis deformações e resistirem à fratura (ANDRADE, 2013). Os resultados das propriedades mecânicas dos filmes a base de algas marinhas com e sem adição de cera de carnaúba, estão apresentados na Figura 1.

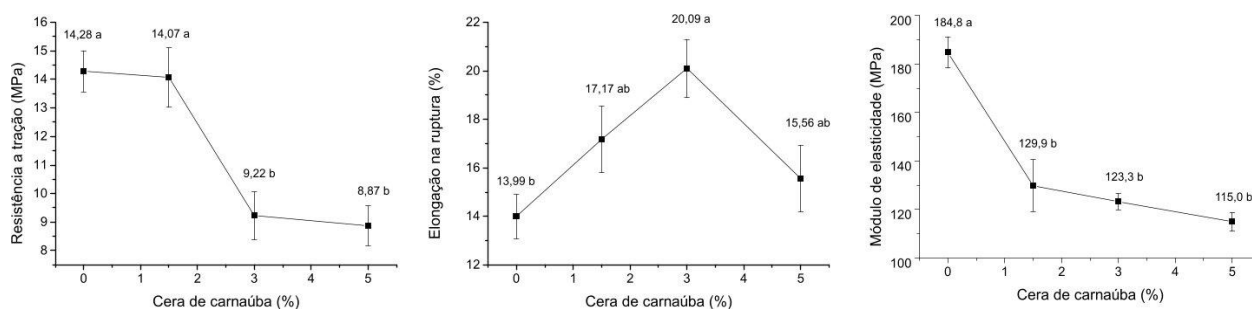


Figura 1. Propriedades mecânicas com diferentes teores de cera de carnaúba. Valores seguidos por pelo menos uma letra igual não são significativamente diferentes entre si ($p < 0,05$).

De acordo com os dados da Figura 1, a presença da cera de carnaúba apresentou um efeito negativo sobre a resistência à tração. Trabalhos anteriores (PALMU, 2003; PETERSSON; STADING, 2005) mostraram que a presença de material hidrofóbico pode diminuir a resistência dos filmes. O mesmo, também, foi observado neste estudo. Com o aumento da incorporação de cera de carnaúba (0 - 5%) na emulsão filmogênica, houve uma diminuição no valor da tensão e aumento na elongação na ruptura no tratamento até 3 % de cera. A menor resistência (9,22 MPa) e maior elongação (20,09 %) foram obtidas no tratamento 3 que possui 3,0 % de concentração de cera. Isto pode ser explicado pelo fato de que a matriz dos filmes se torna mais coesa e firme na presença de maiores concentrações de polissacarídeos.

As propriedades mecânicas dos filmes em estudo foram afetadas pelo aumento do teor de lipídios. Segundo Chen (1995), a adição de lipídios promove modificação na matriz filmogênica, o que resulta na diminuição da tensão de ruptura do filme. Como, também Jiménez et al. (2010), a adição de ácidos graxos em filmes de hidroxipropil metilcelulose causou uma redução significativa no módulo de elasticidade, resistência à tração e alongamento das amostras devido à descontinuidade na matriz de polímero de filmes. Esse efeito talvez tenha sido resultado da substituição parcial dos polímeros por lipídios na matriz do filme com diminuição de seu grau de estruturação pela falta de incorporações homogênea dos lipídios (YANG; PAULSON, 2000). Observou-se que o filme do tratamento 1, sem cera de carnaúba, apresentou valor maior para o módulo elástico, portanto mostrou-se mais rígido; enquanto para os filmes com maior porcentagem de lipídeo, os valores foram menores, sendo, portanto, mais flexíveis. Resultados semelhantes foram observados por outros autores (FLORES, 2005; PALMU, 2003), que mostraram que a adição de lipídios em filmes hidrofílicos para reduzir a hidrofobicidade também reduziu rigidez dos materiais. No entanto, Han et al. (2006) relataram que a adição de emulsão de cera de abelha, em filmes de amido de

ervilha diminuiu a resistência à tração e alongação na ruptura e aumentou o módulo de elasticidade, situação que não foi observada neste trabalho.

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) dos filmes diminuiu significativamente com o aumento do teor de cera de carnaúba até 3%, acima do que a permeabilidade se manteve constante. O efeito da cera sobre a barreira ao vapor de água dos filmes corrobora resultados de outros artigos (JANJARASSKUL et al., 2014; MUSCAT et al., 2013; FABRA et al., 2012), e é explicado pelo caráter hidrofóbico da cera (RODRIGUES et al., 2014; SANTOS et al., 2014), que resulta em menor solubilidade da água no filme e, conseqüentemente, em menor permeabilidade a vapor de água. A PVA do filme foi reduzida em cerca de 30% pela adição de 3% de cera de carnaúba, o que indica que a adição da cera pode ser benéfica especialmente para aplicação em filmes e revestimentos para alimentos propensos a alterações devidas a trocas de umidade com o ambiente circundante. Por exemplo, frutas frescas e queijos sofrem perda de textura se estocados em ambiente de baixa umidade relativa, enquanto castanhas, cereais extrusados e alimentos desidratados podem sofrer perda de crocância e/ou deterioração microbiana se estocados em ambiente de alta umidade relativa. O ligeiro aumento da permeabilidade nos filmes com teor de 5 % de cera de carnaúba pode ser explicado por uma possível dispersão do lipídio dentro da matriz coloidal, facilitando a passagem de moléculas de água através da fase hidrofílica.

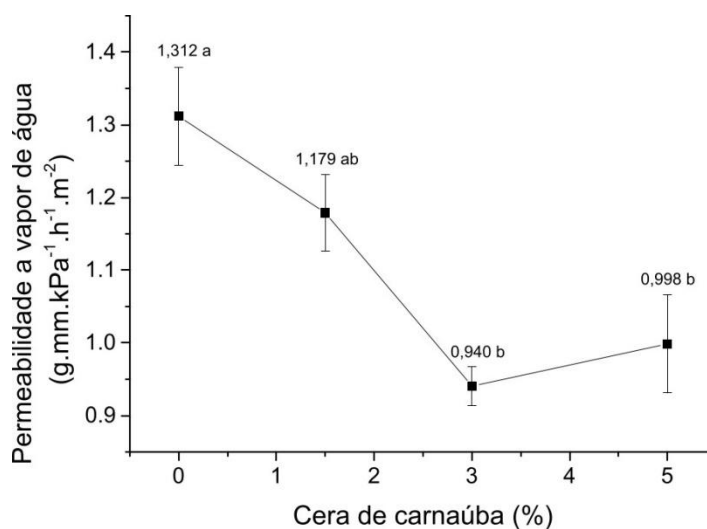


Figura 2. Permeabilidade a vapor de água de filmes com diferentes proporções de cera de carnaúba. Valores seguidos por pelo menos uma letra igual, não são significativamente diferentes entre si (Tukey, $p < 0,05$).

A Figura 3 apresenta os espectros de FTIR dos filmes. A maioria das bandas está presente em todas as formulações. A banda larga a cerca de 3300 cm^{-1} é atribuída ao estiramento de grupos hidroxila (PASCALAU et al., 2012), enquanto a banda a 1645 cm^{-1} deve-se ao dobramento das moléculas de água (UY et al., 2005). As bandas a cerca de 2850 e 2920 cm^{-1} , associadas a estiramento de C—H (PASCALAU et al., 2012), tornam-se mais intensas com a presença das maiores concentrações (3 e 5%) de cera de carnaúba, já que essas são as bandas mais fortes do espectro de lipídios (STUART, 2004). Aquelas entre 1010 e 1080 cm^{-1} são atribuídas às ligações glicosídicas das carragenanas (PEREIRA et al., 2003; UY et al.; 2005), talvez com sobreposição à banda do ácido gulurônico do alginato (GÓMEZ-ORDÓÑEZ; RUPÉREZ, 2011). O ácido manurônico, por sua vez, está representado a 790 cm^{-1} (GÓMEZ-ORDÓÑEZ; RUPÉREZ, 2011), enquanto as galactoses da carragenana se apresentam a 1158 cm^{-1} (KAČURÁKOVÁ et al., 2000). A banda a 1374 cm^{-1} é atribuída a dobramento de grupos metileno (ŞEN, ERBOZ, 2010). A banda a 1226 cm^{-1} é típica de carragenanas em geral, associada aos grupos ésteres de sulfato, enquanto outras são atribuídas a monômeros específicos, como 3,6-anidro-D-galactose a 920 cm^{-1} e D-galactose-4-sulfato a 845 cm^{-1} (UY et al., 2005). Bandas associadas ao alginato aparecem em 1420 cm^{-1} e 1590 cm^{-1} , devido a estiramento simétrico e assimétrico de $-\text{COO}-$, respectivamente (PASCALAU et al., 2012).

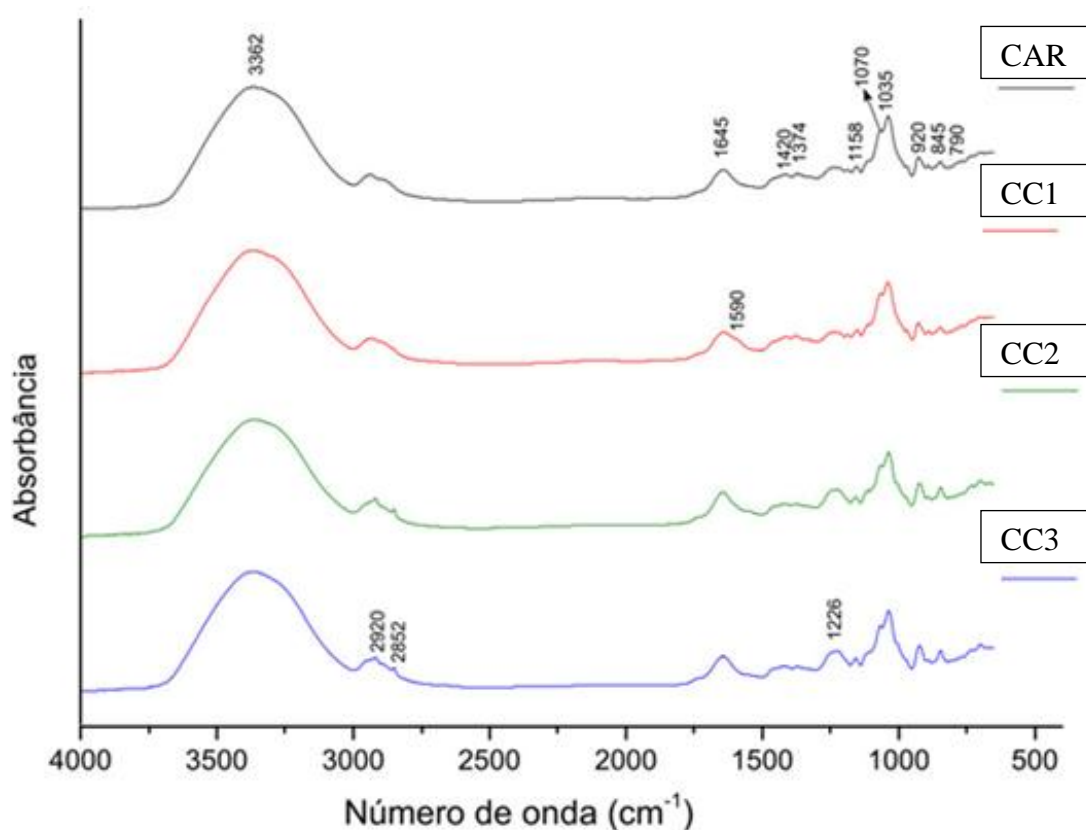
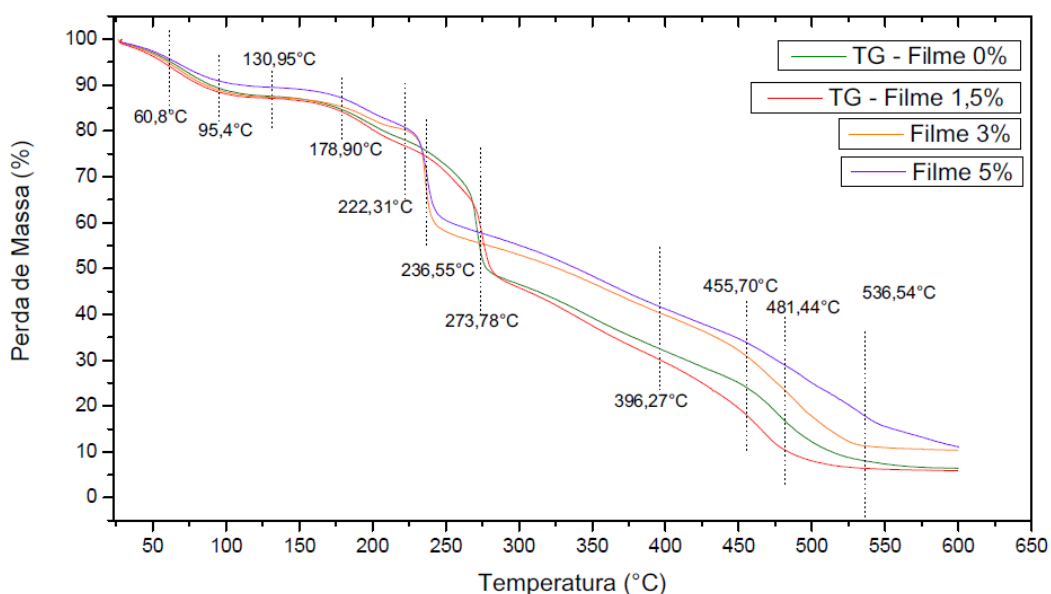


Figura 3. Espectro FT-IR do extrato dos filmes à base de iota e kappa-carragenana com e sem adição de cera de carnaúba.

Na análise termogravimétrica a DTG obtida representa a decomposição térmica da amostra que pode ser analisada em quatro etapas ou eventos térmicos. O primeiro evento aconteceu até a temperatura de 145°C, e mostrou a perda de até 12 % da massa inicial e que pode ser atribuído a perda de umidade da amostra ou o percentual de material volátil contido na mesma. O evento principal para essas amostras teve início em 220 °C até 300 °C, onde a temperatura máxima de degradação ficou em torno de 280,0 °C com 50 a 60 % de perda de massa. Essa degradação pode ser atribuída a perda dos grupamentos sulfatados ($-\text{OSO}_3-$) que estão contidos na cadeia do polímero, como também quebra da cadeia polimérica (VINCEKOVIC et al., 2009) e à decomposição dos principais constituintes da cera, através de processos de oxidação.

Acima de 300 °C ocorreram dois eventos que representam a desintegração dos componentes inorgânicos para os filmes analisados sem e com cera de carnaúba. Como a cera sofre decomposição total até 600 °C foi feita uma avaliação da perda de massa nos filmes no intervalo de 27 e 600 °C, no sentido de obter um material de referência com o filme sem adição de cera com os filmes hidrofobizados. Um fato a ser observado é que a quantidade de água de adsorção diminui com o aumento do teor de cera de carnaúba. Esse resultado é esperado, pois o material torna-se mais hidrofóbico com o aumento da quantidade de hidrofobizante. Os filmes sem cera de carnaúba e com 1,5 % de cera foram os que apresentaram maior estabilidade térmica quando comparados àqueles com maior adição de cera.



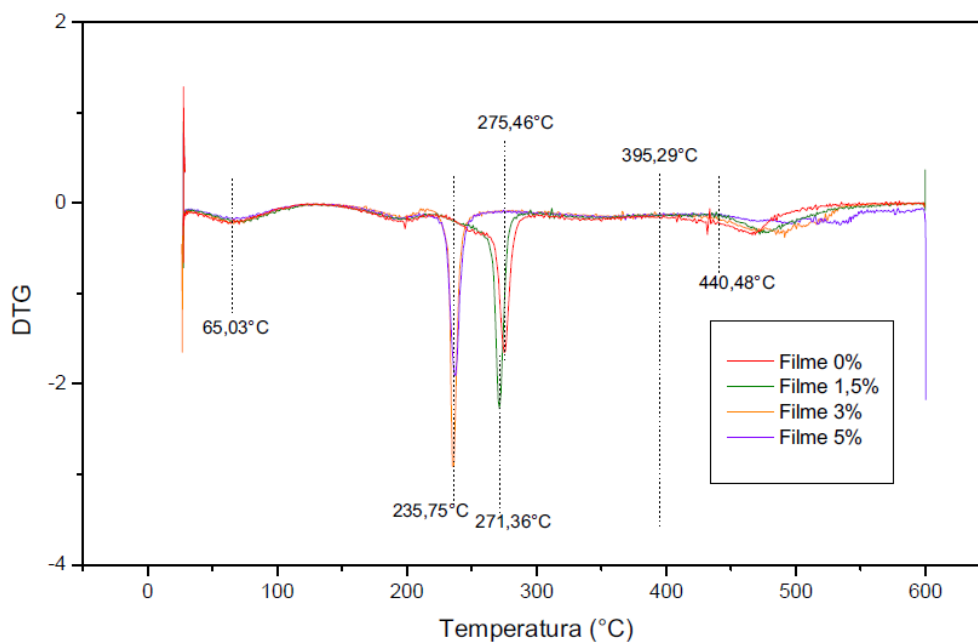


Figura 4. Curvas TGA/DTG para os filmes à base de iota e kappa-carragenana com e sem cera de carnaúba.

Na análise de Calorimetria Diferencial de Varredura, na Figura 5 observou-se a formação de picos exotérmicos na temperatura de até 50 °C, indicando que as moléculas se organizaram em um arranjo mais estável, liberando calor. Geralmente, transições de fase, desidratação, redução e algumas reações de decomposição produzem efeitos endotérmicos, enquanto cristalização, oxidação e algumas reações de decomposição produzem efeitos exotérmicos. Acima de 50 °C observaram-se, para todos os filmes com e sem adição de cera de carnaúba, o surgimento de picos endotérmicos, correspondendo à temperatura de fusão relacionada a um movimento pelo aumento da temperatura (FERRY, 1980). Nas ilustrações correspondentes aos filmes acrescidos de cera de carnaúba, estes picos endotérmicos, provavelmente, podem estar relacionados à presença de um componente majoritário que constitui a cera de carnaúba como os ésteres de cera (84 - 85%) indicando a fusão de ácidos graxos e de componentes de carbono de cadeia longa. O tratamento com 5 % de cera exibe maior pico endotérmico em relação aos outros tratamentos e, como a cera de carnaúba se apresenta como estrutura cristalina, não exibe temperatura de transição vítrea, assim quanto maior a quantidade de material que cristaliza, maior será a quantidade de energia para que ocorra a mudança de fase. O conhecimento da temperatura de transição vítrea (T_g) dos filmes ajuda na escolha das melhores condições de armazenamento dos mesmos, uma vez que as propriedades mecânicas e de barreira dos polímeros sofrem grande influência. A permeação a gases e ao vapor de água é maior acima da T_g , onde as cadeias de polímeros estão em maior

movimento, como também os filmes apresentam maior flexibilidade (BERTAN, 2003; ROSS, 1995).

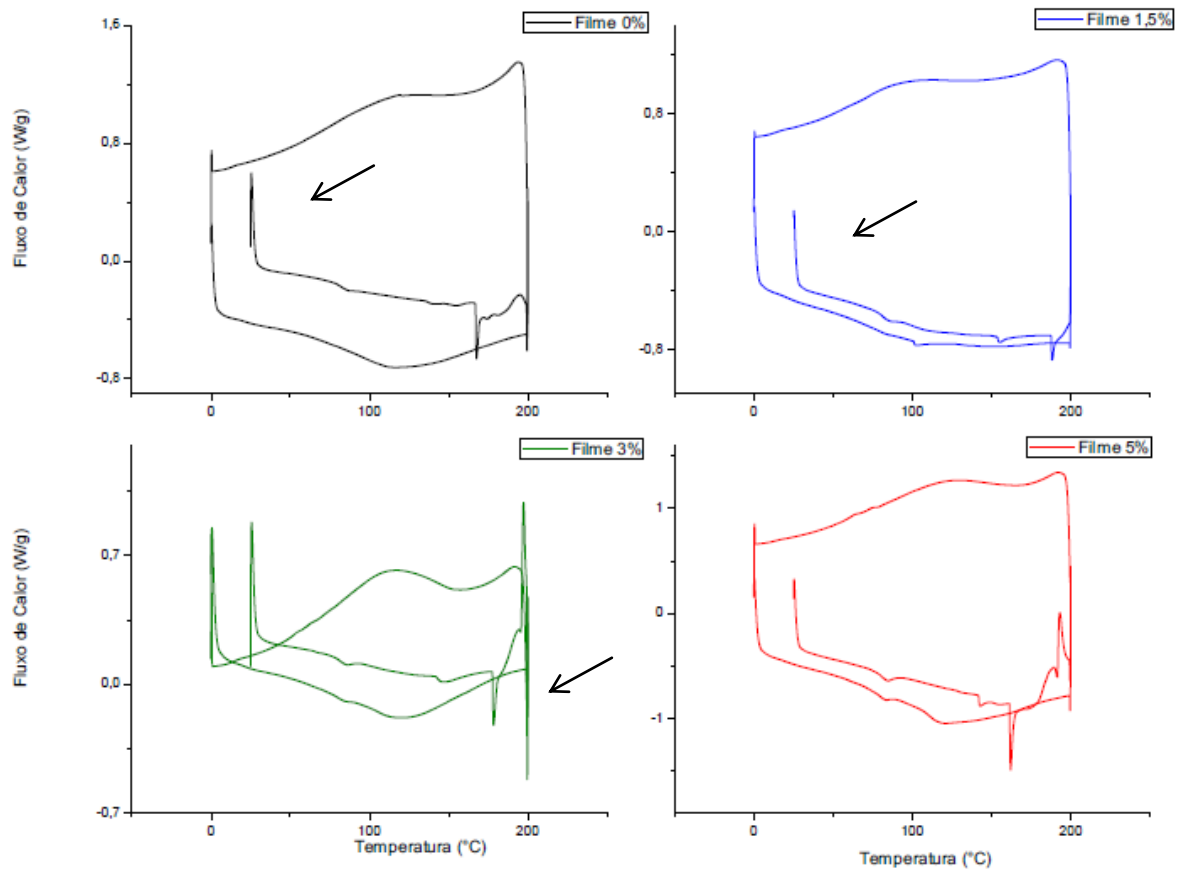


Figura 5. Curvas DSC dos filmes à base de iota e kappa-carragenana com e sem cera de carnaúba.

4. CONCLUSÕES

A presença de cera de carnaúba em filmes formados por misturas de ι -carragenanas, κ -carragenanas e alginato prejudicou as propriedades mecânicas dos filmes (exceto a elongação na ruptura, que foi aumentada pela presença de 3% de cera). A melhor opção de filme a ser escolhida dependerá da sua finalidade, sendo os filmes adicionados de cera de carnaúba até 3,0 % interessantes para alimentos propensos a alterações devido a trocas de umidade com o ambiente circundante e promissores como alternativa aos filmes não biodegradáveis.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. E. L. **Qualidade pós-colheita de manga 'Tommy Atkins' tratada com água eletrolisada**. 2013. 66 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia. Área de concentração: Agricultura Tropical) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2013.
- ARAÚJO, I.W.F.; RODRIGUES, J.A.G.; VANDERLEI, E.S.O.; PAULA, G.A.; LIMA, T.B.; BENEVIDES, N.M.B. *Iota-carrageenans from Solieria filiformis* (Rhodophyta) and their effects in the inflammation and coagulation. **Acta Scientiarum – Technology**, v. 34, p. 127-135, 2012.
- AZIZA, M.; GIVERNAUD, T.; CHIKHAOUI-KHAY, M.; BENNASSER, L. Seasonal variation of the growth, chemical composition and carrageenan extracted from *Hypnea musciformis* (Wulfen) Lamouroux harvested along the Atlantic coast of Morocco. **Scientific Research and Essay**, v. 2, p. 509-514, 2008.
- BENAVIDES, S.; VILLALOBOS-CARVAJAL, R.; REYES, J. E. Physical, mechanical and antibacterial properties of alginate film: effect of the crosslinking degree and oregano essential oil concentration. **Journal of Food Engineering**, v. 110, n. 2, p. 232-239, 2012.
- BOURLIEU, C., GUILLARD, V., VALLÈS-PAMIÈS, B., GUILBERT, S., GONTARD, N. Edible moisture barriers: how to assess of their potential and limits in food products shelf-life extension?. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 49, n. 5, p. 474-499, 2009.
- CAMPO, V.L.; KAWANO, D.F.; SILVA JR., D.B.; CARVALHO, I. Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis – A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 77, p. 167-180, 2009.
- CHEN, H. Functional properties and application of edible films made of milk protein. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 78, n. 11, p. 2563-2583, 1995.
- FABRA, M.J.; TALENS, P.; GAVARA, R.; CHIRALT, A. Barrier properties of sodium caseinate films as affected by lipid composition and moisture content. **Journal of Food Engineering**, v. 109, n. 3, p. 372-379, 2012.
- FAKHOURI, F. M. **Bioplásticos flexíveis e biodegradáveis à base de amido e gelatina**. 2009. 249p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.FERRY, 1980
- FLORES, P.B.Z. **Elaboración de películas degradables de almidón de plátano: evaluación de sus propiedades mecánicas y de barrera**. 2005. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Produtos Bióticos) - Instituto Politécnico Nacional, Yautepec, 2005.
- GIANCONE, T.; TORRIERI, E.; DI PIERRO, P.; CAVELLA, S.; GIOSAFATTO, C.V.L.; MASI, P. Effect of surface density on the engineering properties of high methoxyl pectin-based edible films. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, p. 1228-1236, 2011.

GÓMEZ-ORDÓÑEZ, E.; RUPÉREZ, P. FTIR-ATR spectroscopy as a tool for polysaccharide identification in edible brown and red seaweeds. **Food Hydrocolloids**, v. 25, n. 6, p. 1514-1520, 2011.

HAN, J. H.; SEO, G. H.; PARK, I. M., KIM, G. N.; LEE, D. S. Physical and mechanical properties of pea starch edible films containing beeswax emulsions. **Journal of Food Science**, v.71, p. 290 - 296, 2006.

HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P.; SAMENTO, S. B. S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 231-240, 2008.

JANJARASSKUL, T.; KROCHTA, J.M. Edible packaging materials. **Annual Reviews of Food Science and Technology**, v. 1, p. 415-448, 2010.

JANJARASSKUL, T.; RAUCH, D.J.; McCARTHY, K. L.; KROCHTA, J. M. Barrier and tensile properties of whey protein–candelilla wax film/sheet. **LWT – Food Science and Technology**, v. 56, n. 2, p. 377-382, 2014.

JIMÉNEZ, A., FABRA, M. J., TALENS, P., & CHIRALT, A. Effect of lipid self-association on the microstructure and physical properties of hydroxypropyl-methylcellulose edible films containing fatty acids. **Carbohydrate Polymers**, v. 82, n. 3, p. 585-593, 2010.

KAČURÁKOVÁ, M.; CAPEK, P.; SASINKOVÁ, V.; WELLNER, N.; EBRINGEROVÁ, A. FT-IR study of plant cell wall model compounds: pectic polysaccharides and hemicelluloses. **Carbohydrate Polymers**, v. 43, n. 2, p. 195-203, 2000.

LIMPISOPHON, K.; TANAKA, M.; OSAKO, K. Characterisation of gelatin–fatty acid emulsion films based on blue shark (*Prionace glauca*) skin gelatin. **Food Chemistry**, v. 122, p. 1095–1101, 2010.

MARTINS, J. T., CERQUEIRA, M. A., BOURBON, A. I., PINHEIRO, A. C., SOUZA, B. W., & VICENTE, A. A. Synergistic effects between κ -carrageenan and locust bean gum on physicochemical properties of edible films made thereof. **Food Hydrocolloids**, v. 29, n. 2, p. 280-289, 2012.

MORILLON, V., DEBEAUFORT, F., BLOND, G., CAPELLE, M., & VOILLEY, A. Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films: a review. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 42, n. 1, p. 67-89, 2002.

MUSCAT, D.; ADHIKARI, R.; McKNIGHT, S.; GUO, Q.; ADHIKARI, B. The physicochemical characteristics and hydrophobicity of high amylose starch–glycerol films in the presence of three natural waxes. **Journal of Food Engineering**, v. 119, n. 2, p. 205-219, 2013.

NANAKI, S.; KARAVAS, E.; KALANTZI, L.; BIKIARIS, D. Miscibility study of carrageenan blends and evaluation of their effectiveness as sustained release carriers. **Carbohydrate Polymers**, v. 79, p. 1157-1167, 2010.

PAULA, G.A.; BENEVIDES, N.M.B.; CUNHA, A.P.; OLIVEIRA, A.V.; PINTO, A.M.B.; MORAIS, J.P.S.; AZEREDO, H.M.C. Development and characterization of edible films from mixtures of κ -carrageenan, ι -carrageenan, and alginate. **Food Hydrocolloids**, v. 47, p. 140-145, 2015.

PALMU, P. S. T. **Preparação, propriedades e aplicação de biofilmes comestíveis a base de gluten de trigo**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Faculdade de Engenharia de Alimentos.

PASCALAU, V.; POPESCU, V.; POPESCU, G. L.; DUDESCU, M. C.; BORORDI, G., DINESCU, A.; et al. The alginate/ κ -carrageenan ratio's influence on the properties of the cross-linked composite films. **Journal of Alloys and Compounds**, v. 536S, p. S418-S423, 2012.

PEREIRA, L.; SOUSA, A., COELHO, H.; AMADO, A.M.; RIBEIRO-CLARO, P.J.A. Use of FTIR, FT-Raman and ^{13}C -NMR spectroscopy for identification of some seaweed phycocolloids. **Biomolecular Engineering**, v. 20, n. 4, p. 223-228, 2003.

PÉREZ-MATEOS, M.; MONTERO, P.; GÓMEZ-GUILLÉN, M.C. Formulation and stability of biodegradable films made from cod gelatin and sunflower oil blends. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 1, p. 53-61, 2009.

PETERSSON, M.; STADING, M. Water vapour permeability and mechanical properties of mixed starch-monoglyceride films and effect of film forming conditions. **Food Hydrocolloids**, v.19, p.123-132, 2005.

POMMET, M., REDL, A., MOREL, M. H., DOMENEK, S., GUILBERT, S. Thermoplastic processing of protein- based bioplastics: chemical engineering aspects of mixing, extrusion and hot molding. In: **Macromolecular symposia**. WILEY- VCH Verlag, 2003. p. 207-218.

RIBEIRO, C., VICENTE, A. A., TEIXEIRA, J. A., & MIRANDA, C. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. **Postharvest Biology and Technology**, v. 44, n. 1, p. 63-70, 2007.

RHIM, Jong-Whan. Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. **LWT-Food Science and Technology**, v. 37, n. 3, p. 323-330, 2004.

RHIM JW, SHELLHAMMER TH. 2005. Lipid-based edible films and coatings. In: Han JH, editor. *Innovations in food packaging*. San Diego: Elsevier press. p. 362-83.

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

ROJAS-ARGUDO, C., DEL RÍO, M. A., PÉREZ-GAGO, M. B., MATEOS, M., GHIDELLI, C., & SANCHÍS, E. Effect of edible coating and modified atmosphere packaging on enzymatic browning of fresh-cut persimmons'rojo brillante'. In: **X International Controlled and Modified Atmosphere Research Conference 876**. 2009. p. 341-348.

SANTOS, T.M.; PINTO, A.M.B.; OLIVEIRA, A.V.; RIBEIRO, H.L.; CACERES, C.A.; ITO, E.N.; AZEREDO, H.M.C. Physical properties of cassava starch–carnauba wax emulsion films as affected by component proportions. *International Journal of Food Science & Technology*, v. 49, n. 9, p. 2045-2051, 2014.

ŞEN, M.; ERBOZ, E.N. Determination of critical gelation conditions of κ -carrageenan by viscosimetric and FT-IR analyses. *Food Research International*, v. 43, n. 5, p. 1361-1364, 2010.

SHELLHAMMER, T. H.; RUMSEY, T. R.; KROCHTA, J. M. Viscoelastic properties of edible lipids. *Journal of Food Engineering*, v. 33, n. 3, p. 305-320, 1997.

SHOJAEE-ALIABADI, S., HOSSEINI, H., MOHAMMADIFAR, M. A., MOHAMMADI, A., GHASEMLOU, M., HOSSEINI, S. M., & KHAKSAR, R. Characterization of κ -carrageenan films incorporated plant essential oils with improved antimicrobial activity. *Carbohydrate polymers*, v. 101, p. 582-591, 2014.

STUART, B. **Infrared spectroscopy: Fundamentals and applications**. New York: Wiley, 2004. 244 p.

TALENS, Pau; KROCHTA, John M. Plasticizing effects of beeswax and carnauba wax on tensile and water vapor permeability properties of whey protein films. *Journal of Food Science*, v. 70, n. 3, p. E239-E243, 2005.

TRANQUILLAN-ARANILLA, C.; NAGASAWA, N.; BAYQUEN, A.; DELA ROSA, A. Synthesis and characterization of carboxymethyl derivatives of kappa-carrageenan. *Carbohydrate Polymers*, v. 87, p. 1810-1816, 2012.

UY, S.F.; EASTEAL, A.J.; FARID, M.M.; KEAM, R.B.; CONNER, G.T. Seaweed processing using industrial single-mode cavity microwave heating: a preliminary investigation. *Carbohydrate Research*, 340, 1357-1364, 2005.

VAN DE VELDE, F.; KNUTSEN, S. H.; USOV, A. L.; ROLLEMA, H. S.; CERESO, A. S. ^1H and ^{13}C high resolution NMR spectroscopy of carrageenans: Application in research and industry. *Trends in Food Science & Technology*, v. 13, p. 73–92, 2002.

VINCEKOVIĆ, Marko. **Nano-and microcomplexes of biopolymer carrageenans and surfactant**. 2009. Tese de Doutorado. Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

YANG, B.; YU, G.; ZHAO, X.; JIAO, G.; REN, S.; CHAI, W. Mechanism of mild acid hydrolysis of galactan polysaccharides with highly ordered disaccharide repeats leading to a complete series of exclusively odd-numbered oligosaccharides. *FEBS Journal*, v. 276, p. 2125-2137, 2009.

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.

CAPÍTULO III

USO DE REVESTIMENTOS À BASE DE IOTA E KAPPA CARRAGENANA COM CERA DE CARNAÚBA NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTAS

RESUMO: O uso de revestimentos biodegradáveis à base de polissacarídeos é uma tecnologia promissora para preservar a qualidade de vegetais inteiros e minimamente processados. Neste estudo, foram elaborados revestimentos à base de polissacarídeos (iota e kappa-carragenana) com e sem adição de cera de carnaúba (controle, CAR, CC1, CC2 e CC3) em mangas ‘Tommy Atkins’ armazenadas durante 0, 7, 14 e 21 dias sob refrigeração (12 ± 3 °C). Avaliou-se o efeito desses revestimentos sobre a perda de massa, coloração da casca, taxa respiratória, firmeza, extravasamento de eletrólitos, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, relação entre sólidos solúveis e acidez, vitamina C e açúcares totais. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 5x4 com cinco tratamentos (controle + revestimentos) e quatro períodos de armazenamento (0, 7, 14 e 21 dias) e três repetições constituídas por três frutos. Os resultados obtidos neste trabalho com a aplicação dos revestimentos biodegradáveis utilizados em mangas ‘Tommy Atkins’ mostraram efeito positivo na qualidade dos frutos e contribuíram para aumentar a vida útil do fruto quando comparados aos frutos do grupo controle. A cera de carnaúba utilizada em três, dos cinco tratamentos contribui para a manutenção da qualidade do fruto.

Palavras-chave: Embalagem. Revestimentos. Polissacarídeos. Manga ‘Tommy Atkins’.

CHAPTER III
USE OF COATINGS IOTA AND KAPPA CARRAGEENAN-BASED WITH
CARNAUBA WAX IN FRUIT POSTHARVEST CONSERVATION

ABSTRACT: The use of biodegradable coatings polysaccharide base is a promising technology to preserve the quality of whole vegetables and minimally processed. In this study, polysaccharide-based coatings were developed (iota and kappa-carrageenan) with and without addition of carnauba wax (control, CAR, CC1, CC2 and CC3) in mangoes 'Tommy Atkins' stored for 0, 7, 14 and 21 days under refrigeration (12 ± 3 ° C). The effect of these coatings on the weight loss, peel color, respiratory rate, firmness, electrolyte leakage, pH, soluble solids, titratable acidity, ratio of soluble solids and acidity, vitamin C and total sugars were evaluated. The experimental design was entirely casualized (DIC) in a 5x4 factorial scheme with five treatments (control + coatings) and four storage periods (0, 7, 14 and 21 days) and three replications which consist of three fruits each repetition. The experimental design was entirely casualized (DIC) in a 5x4 factorial scheme with five treatments (control + coatings) and four storage periods (0, 7, 14 and 21 days) and three replications which consist of three fruits each repetition. The results obtained in this study with the application of biodegradable coatings used in mango 'Tommy Atkins' showed a positive effect on fruit quality and it contributed to increase the shelf life of the fruit when compared to fruit in the control group. Carnauba wax used in three of the five treatments enhances the keeping quality of the fruit.

Keywords : Packaging, coatings, polysaccharides, carnauba wax, mango 'Tommy Atkins'.

1. INTRODUÇÃO

Após a colheita, a maioria das frutas climatéricas, principalmente da região tropical, sofrem com o aceleração do amadurecimento e degradação em decorrência das mudanças fisiológicas e bioquímicas, tanto nos procedimentos de acondicionamento como nas práticas de manuseio inadequadas (LUVIELMO, LAMAS, 2012).

A conservação pós-colheita usualmente empregada está, em quase sua totalidade, centrada na cadeia de frio e em boas práticas de armazenamento. Entretanto, a tecnologia de aplicação de revestimentos comestíveis tem se destacado por elevar o tempo de conservação permitindo uma maior flexibilidade de manuseio e comercialização (FONSECA e RODRIGUES, 2009; ASSIS et al., 2008; VARGAS et al., 2008). Com a aplicação de revestimentos em frutas, tem-se a formação de uma cobertura com preenchimento parcial de estômatos e lenticelas, reduzindo, dessa forma, a transpiração e respiração.

Como o início do processo de amadurecimento está ligado à elevação da produção do etileno e, considerando que o O_2 é necessário para a sua produção, a redução da permeação do O_2 para o interior do fruto provocará uma adequada redução na produção do etileno, o que permite, em princípio, aumentar a vida útil do fruto (LUVIELMO, LAMAS, 2012). O uso de carragenana como filmes e revestimentos comestíveis tem sido explorado por vários campos da indústria de alimentos, tais como a sua aplicação em produtos cárneos frescos e congelados para evitar a desidratação superficial, presunto e salsichas, alimentos sólidos secos e alimentos gordurosos (MORAES et al., 2012). De acordo com Olivas e Barbosa-Cánovas (2005), alguns polissacarídeos tais como carragenana têm sido utilizados com sucesso na cobertura de frutos minimamente processados. Os polissacarídeos apresentam boas propriedades de formação de filmes e boa barreira aos gases, porém, sendo hidrofílicos, não proporcionam boa barreira à umidade (KESTER e FENNEMA, 1986).

As ceras já utilizadas como componentes de filmes e coberturas comestíveis foram: ceras vegetais naturais (de jojoba, carnaúba e candelilla), ceras animais naturais (de abelha e de baleia) e ceras não naturais (parafina, mineral, microcristalina e de polietileno oxidado ou não) (MORILLON et al., 2002). As ceras podem ser utilizadas como único componente do filme ou em mistura com outros componentes como polissacarídeos e proteínas. O papel da utilização da cera de carnaúba é conhecido como uma aplicação em forma de película em frutas para aumentar vida útil e manter a qualidade pós-colheita da mesma (KHUYEN; SWINNY; SINGH, 2008). Assim, Fakhouri e Grosso (2003), estudando o efeito de ceras comestíveis sobre a vida útil de goiabas, verificaram que os tratamentos com ceras revelaram

maior eficiência no controle do amadurecimento, proporcionando melhor brilho, cor e aparência, mostrando-se, ainda, eficiente na preservação das características físico-químicas. A película de cera aplicada na superfície do produto vegetal apresenta diferentes taxas de permeabilidade ao O₂, CO₂ e ao vapor de água em função das propriedades da matéria-prima, de sua concentração e da espessura da película. A combinação adequada destes fatores é variável para cada fruta, conforme suas características fisiológicas (AMARANTE; BANKS; GANESH, 2001).

Diante disso, objetivou-se neste trabalho, desenvolver revestimentos à base de iota e kappa-carragenana e cera de carnaúba, que foram aplicados sobre mangas ‘Tommy Atkins’, visando a extensão da vida útil pós-colheita com boa qualidade visual e nutricional.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Tecnologia da Biomassa da unidade da Embrapa - Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE.

Os revestimentos foram elaborados a base de uma mistura de κ-carragenana (2,17 g), ι-carragenana (1,30 g) e alginato (2,17 g). Para o revestimento sem cera de carnaúba (CAR), a mistura foi homogeneizada, em 200 mL de água destilada contendo 1,41 g de glicerol, em Ultra-Turrax T-25 a 15000 rpm por 15 min. Para os revestimentos de emulsão (CC1, CC2, CC3, contendo, respectivamente, 1,5, 3 e 5% de cera de carnaúba com base nos polissacarídeos), a cera de carnaúba foi primeiramente adicionada de dois surfactantes (Tween 80 e Span 80, a 5 e 15%, respectivamente, com base na massa seca da cera de carnaúba). A mistura cera-surfactantes foi fundida em placa a 85°C por 5 min, adicionada de 200 mL de água destilada e sonicada em processador ultrassônico de 400 W a 24 kHz em dez ciclos de 1 min intercalados por pausas de 15 s. A mistura dos polissacarídeos foi então adicionada à emulsão, juntamente com o glicerol, e a emulsão foi homogeneizada por 15 min a 15000 rpm com Ultra-Turrax T-25.

Mangas ‘Tommy Atkins’, foram adquiridas em pomar comercial, localizado em Ipanguaçu/RN. Os frutos foram selecionados quanto ao tamanho e cor, no estágio de maturação 2. Imediatamente após a aquisição, as mangas foram cuidadosamente transportadas para a Embrapa Agroindústria Tropical, onde foram refrigeradas a 12°C por 18 horas, para retirada do calor de campo. Após esse período, os frutos foram sanitizados (200 ppm de cloro ativo), divididos em cinco grupos e imersos nas soluções filmogênicas com diferentes concentrações de cera de carnaúba, totalizando cinco tratamentos: **Controle** (consistindo de mangas não revestidas), mangas revestidas com formulação **somente com polissacarídeos**

(CAR), três formulações de emulsões com polissacarídeos mais **três diferentes concentrações de cera de carnaúba** (CC1; CC2; e CC3), conforme citado anteriormente. As mangas submetidas aos diferentes tratamentos foram estocadas em ambiente refrigerado (12 ± 3 °C) e avaliadas no tempo 0 e a cada 7 dias, ao longo de 21 dias. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 5x4 com cinco tratamentos (controle + revestimentos) e quatro períodos de armazenamento (0, 7, 14 e 21 dias) e três repetições constituídas por três frutos.

Para a avaliação da conservação pós-colheita de mangas ‘*Tommy Atkins*’, 100 unidades de mangas ‘*Tommy Atkins*’ foram divididas em cinco lotes de 20 unidades cada e imersas nas soluções filmogênicas dos tratamentos (CAR, CC1, CC2 e CC3) por um minuto, seguido de secagem ao ar, sendo que um dos lotes foi utilizado como controle (sem revestimento). Os lotes submetidos aos diferentes tratamentos foram armazenados sob refrigeração a 12 ± 3 °C e observados diariamente quanto ao estágio de maturação (coloração da casca) pelo período de 30 dias sob armazenamento refrigerado e mais 6 dias sob temperatura ambiente a 20 ± 3 °C para efeito de avaliação da conservação pós-colheita dos frutos.

Para acompanhamento da evolução dos estágios de maturação utilizou-se uma escala de notas comercial, que varia de 1 a 5, baseado na cor da casca, sendo: Nota 1 (100 % verde), Nota 2 (75 % verde e 25 % vermelho e/ou amarelo), Nota 3 (50 % verde e 50 % vermelho e/ou amarelo), Nota 4 (25 % verde e 75 % vermelho e/ou amarelo) e Nota 5 (100 % vermelho e/ou amarelo), conforme a figura 1 (MEDLICOTT et al., 1990).



Figura 1. Escala de maturação da manga ‘*Tommy Atkins*’ segundo a coloração da casca (A) e da polpa (B) (DE ASSIS, 2008).

O ponto de colheita da manga pode ser determinado com base em indicadores físicos ou químicos (ALVES et al., 2002) e deve ser estabelecido conforme a variedade e o mercado a que se destina, fazendo-se uma amostragem representativa da área a ser colhida e utilizando diferentes métodos de detecção. Indicadores físicos: são constituídos, em sua maioria, por características relacionadas à forma, aspecto e cor da fruta, que podem ser percebidas visualmente, com ou sem o emprego de métodos destrutivos. Para manga, os indicadores físicos usados são aqueles que apresentam variáveis características durante a maturação (DE ASSIS, 2008).

De acordo com Alves et al. (2002), a maturação mínima para colheita da cv. “Tommy Atkins” é quando a mesma apresenta cor de polpa 1 (creme), cor de casca 2 (verde claro), firmeza 129,41 N e sólidos solúveis totais 7,3 °Brix. Entretanto, é recomendado para que as mangas que se destinam à Europa e ao Canadá sejam colhidas com cor de polpa correspondente ao grau entre 2 (até 30% da área amarela e o restante creme) e 3 (amarelo), da escala subjetiva proposta por (PROTADE, 1992). Escalas de cores da casca foram propostas para diferentes variedades de manga, sendo algumas usadas comercialmente por empresas produtoras e exportadoras de diferentes países, como EMEX (1998) e GTZ (1992).

Após a avaliação da perda de massa, coloração da casca, taxa respiratória e firmeza, as mangas foram processadas em centrífuga doméstica. Parte do material processado foi, imediatamente utilizado para análise de vitamina C, e a outra parte foi armazenada em freezer para posteriores análises.

Perda de massa, avaliada considerando-se a diferença entre a massa inicial do fruto, e aquela obtida ao final de cada tempo de armazenamento, sendo expressa em porcentagem (%) e calculada como a seguir: $\text{Perda de massa (\%)} = (\text{massa inicial} - \text{massa final}) / \text{massa inicial} \times 100$.

A **coloração da casca** foi avaliada por reflectometria, utilizando-se de um colorímetro digital (Konica Minolta, modelo CR-410), com a cor expressa no módulo $L^*a^*b^*$. As medidas foram feitas tomando-se dois pontos equidistantes, sobre a casca do fruto. O colorímetro utilizado posiciona a cor num sistema tridimensional, sendo que o eixo representa a cromaticidade entre as cores verdes e vermelhas, o eixo b, entre o amarelo e o azul, e o L o brilho. Nesse experimento, utilizou-se do eixo L, por representar o brilho do fruto, e do a, por representar a perda da cor verde e o b representa a evolução do amarelo.

A **taxa respiratória** indicada pela quantificação da produção de CO₂ e a produção de etileno, foram determinadas durante o período de armazenamento, por cromatografia gasosa. Os frutos foram colocados individualmente em frascos de vidro com capacidade de 4300mL e

hermeticamente fechados. Após 30 minutos a partir do fechamento do frasco, alíquotas de 250µL de sua atmosfera foram injetadas em um cromatógrafo a gás, da marca Varian 450 GC, equipado com detectores de condutividade térmica e de ionização de chama, coluna empacotada com Hayesep R; o gás de arraste foi o nitrogênio. As temperaturas empregadas foram 80, 100 e 150 °C para coluna, injetor e detector, respectivamente.

A medida de **firmeza** da polpa foi realizada com base na resistência à penetração, utilizando-se de um Texturômetro (Stable Micro Systems, Modelo TA-TX2i), com ponteira de 6 mm em regiões equatoriais do fruto, fazendo-se três determinações por fruto. Os resultados obtidos foram expressos em Newton (N).

Extravasamento de eletrólitos foi feito de acordo com a metodologia descrita por Sereket al.(1995). Para tanto, foram retirados três discos de 1,0cm de diâmetro por 1,5 cm da região mediana da polpa de cada fruto, com auxílio de um perfurador de frutas. Os discos foram lavados em água destilada e secados superficialmente com papel absorvente. Estes foram incubados em frascos de vidro, com tampa, contendo 15 mL água destilada, e deixados em repouso por 2 horas. Após este repouso, mediu-se a condutividade elétrica inicial da solução (mA_i), sendo em seguida congelados, por 12 horas. Após a solução entrar em equilíbrio com a temperatura ambiente, mediu-se novamente a condutividade elétrica, que desta vez expressou o conteúdo total de eletrólitos (mA_f). O extravasamento de eletrólitos (EE), em percentagem, foi expresso pela seguinte equação: $(EE) \% = mA_i / mA_f \times 100$.

O **potencial Hidrogeniônico** (pH) foi determinado diretamente no suco, em duplicata, utilizando-se de um potenciômetro digital (Jenway, Modelo 3510), com correção automática de temperatura (AOAC, 1995).

Após homogeneização da amostra, efetuaram-se duas leituras diretas para obtenção dos resultados de **sólidos solúveis** com o auxílio de um refratômetro digital (ATAGO, Modelo PR-101), sendo os mesmos expressos em °Brix. (AOAC,1992).

A **acidez titulável** foi determinada por diluição de 1 g de polpa em 50 mL de água destilada, titulando-se com solução de NaOH 0,1N, previamente padronizada, usando indicador fenolftaleína para verificação do ponto de viragem de incolor para róseo claro permanente (AOAC, 1995). Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de ácido cítrico.

A relação **SS/AT** foi obtida por meio do quociente entre as duas variáveis.

A **vitamina C** foi determinada imediatamente após o processamento da polpa, por titulometria com solução de DFI (2,6-diclorofenolindofenol 0,02%) até coloração rósea clara permanente, utilizando 1 grama de polpa diluída em 100 mL de ácido oxálico 0,5%, de acordo

com Strohecker e Henning(1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico 100g^{-1} de polpa.

Os **açúcares totais** foram determinados segundo metodologia descrita por Yemn e Willis (1954). O extrato foi obtido da diluição de 1 g da amostra em 50 mL de álcool etílico a 80% durante 15 minutos e em seguida filtrado. Alíquotas de 5mL do extrato foram diluídas em 50 mL de água destilada. Em tubos de ensaio contendo 0,1 mL do filtrado diluído, foram adicionados 0,9 mL de água destilada e 2mL do reativo antrona a 0,1%, sendo logo em seguida agitados e aquecidos em banho-maria a 100 °C por 8 minutos e imediatamente resfriados em banho de gelo. Realizou-se a leitura das amostras por meio de um espectrofotômetro em comprimento de onda igual a 620 nm, e os resultados foram expressos em porcentagem.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de médias (Tukey) ao nível de 5% de probabilidade por meio do software SAS para fazer as comparações entre os tratamentos e períodos de armazenamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o período de armazenamento refrigerado, para avaliação da conservação pós-colheita, poucos frutos foram descartados por apresentarem sintomas de murchamento e/ou ocorrência de podridões, independentemente da presença de revestimento, que pode ser atribuído ao efeito do uso de baixas temperaturas, o qual além de reduzir o metabolismo (CHITARRA e CHITARRA, 2005), limita o desenvolvimento de doenças (RIBEIRO et al., 2005).

Até o 21º dia de armazenamento, 83,6 % dos frutos do lote controle mantiveram-se conservados, enquanto que 100 % dos frutos dos lotes revestidos mantiveram-se nesta condição. Ao 35º dia de armazenamento, em temperatura ambiente ($20 \pm 2^\circ\text{C}$), a figura 2 mostra que apenas 30 % dos frutos do lote controle permaneceram dentro das notas atribuídas (aptos para consumo), contra 75, 65, 65 e 60 % dos frutos revestidos (CAR, CC1, CC2 e CC3). No final do experimento (36 ° dia) apenas 10 % dos frutos do lote controle permaneceram aptos para consumo, contra 15, 35, 55 e 30 % dos frutos revestidos com os tratamentos CAR, CC1, CC2 e CC3, respectivamente. Sendo que o tratamento CC2 (carragenana + cera de carnaúba 3 %) mostrou-se o mais eficiente na manutenção da conservação pós-colheita dos frutos. Esses dados justificam a manutenção da boa qualidade dos frutos quando realizadas as análises físicas e químicas. Observou-se que a transferência dos frutos no 30 ° dia para condições ambientes de temperatura, influenciou no aumento da

velocidade de maturação dos frutos, indicando elevação da taxa respiratória pelos frutos, sendo mais evidente nos frutos do lote controle. A respiração é um indicativo da atividade metabólica dos frutos e se reflete diretamente em sua conservação pós-colheita (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Bautista-Baños et al. (2006), em mangas revestidas com quitosana e Oliveira & Cereda (2003), em pêssegos ‘Biuti’ tratados com cera, observaram redução e estabilidade na intensidade respiratória, respectivamente.

Os resultados obtidos neste experimento indicam que a associação entre o revestimento à base de polissacarídeos de algas marinhas e o revestimento com cera foi eficiente contribuindo para o retardo do amadurecimento, a manutenção da turgidez e conservação por período superior a cinco dias sob condição ambiente.

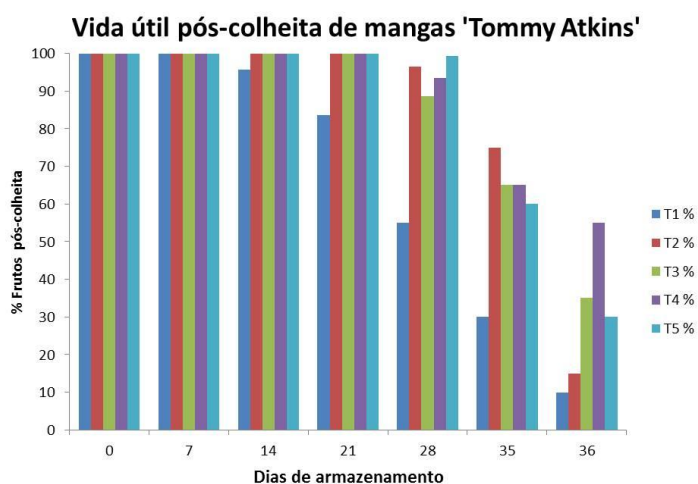


Figura 2. Vida útil pós-colheita de mangas ‘Tommy Atkins’ revestidas ou não à base de polissacarídeos de algas marinhas adicionadas ou não de cera de carnaúba.

De acordo com Sousa et al. (2002), o armazenamento de mangas ‘Tommy Atkins’ sob refrigeração, associada à atmosfera modificada por filmes de PVC, PEAD e PEBD, reduziu a perda de matéria fresca, proporcionou a manutenção dos teores de sólidos solúveis totais, açúcares solúveis totais e acidez titulável dos frutos e diminuiu perdas na firmeza da polpa, possibilitando uma vida útil pós-colheita de 42 dias. A associação de baixas temperaturas com o uso de embalagens é uma técnica muito aplicada para prolongar o tempo de armazenamento, viabilizando o transporte marítimo de longas distâncias de produtos perecíveis como a manga (MCGLASSON, 1992).

Pelo resumo das análises de variância apresentadas na Tabela 1, pode-se observar que não houve interação significativa entre os tratamentos e dias de armazenamento para as variáveis produção de CO₂, produção de etileno, firmeza, extravasamento de eletrólitos,

sólidos solúveis, vitamina C e açúcares totais, exceto para a perda de massa, cor (L,a*,b*), pH, acidez titulável e relação SST/ATT, que mede o índice de qualidade dos frutos.

Tabela 1. Resumo ANOVA das variáveis para interação entre tratamentos e tempo de armazenamento das mangas ‘Tommy Atkins’.

Variáveis	Tratamentos	Dias de armazenamento	Tratamento x dias de armazenamento
Perda de massa	*	*	*
Cor (L)	*	*	*
Cor (a*)	*	*	*
Cor (b*)	*	*	*
Produção de CO ₂	ns	ns	ns
Produção de etileno	ns	ns	ns
Firmeza	ns	*	ns
Extravasamento de eletrólitos	*	*	ns
pH	*	*	*
Sólidos solúveis	*	*	ns
Acidez titulável	*	*	*
SS/AT	*	*	*
Vitamina C	ns	*	ns
Açúcares totais	*	*	ns

ns = não significativo ($p > 0,05$); * ($p < 0,05$)

Perda de massa

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) para perda de massa entre os tratamentos e nos períodos de armazenamento, em que o controle diferiu dos tratamentos com revestimento, indicando a maior perda de massa em relação aos demais, seguido pelo tratamento CC3. O revestimento de carragenana com cera de carnaúba a 3,0 % (CC2) foi o que apresentou menor perda como mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Médias dos valores de perda de massa para os tratamentos e períodos de armazenamento.

Tratamentos					
Armazenamento (dias)	Controle	CAR	CC1	CC2	CC3
0	0 ^{a,C}	0 ^{c,C}	0 ^{c,C}	0 ^{d,C}	0 ^{b,C}
7	3,78±0,31 ^a B	1,36±0,20 ^{c,B}	1,28±0,03 ^{c,B}	0,39±0,04 ^{d,B}	2,18±0,33 ^{b,B}
14	4,24±0,34 ^a B	1,53±0,21 ^{c,B}	1,55±0,04 ^{c,B}	0,77±0,18 ^{d,B}	2,52±0,31 ^{b,B}

21	4,79±0,39 ^a A	2,22±0,25 ^{c,A}	2,06±0,04 ^{c,A}	1,11±0,12 ^{d,A}	4,27±2,03 ^{b,A}
----	-----------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A perda de massa aumentou com o período de armazenamento, chegando a aproximadamente 5%, no 21º dia de armazenamento para o grupo controle, sendo atribuída à transpiração, que é mais intensa durante o amadurecimento. A menor perda foi para o CC2 que ficou em torno de 1,1 %, provavelmente devido à atmosfera modificada pelo uso do revestimento e os tratamentos CAR, CC1 e CC3 tiveram perda de 2,2, 2,0 e 4,3 % aproximadamente aos 21 dias. O mesmo efeito foi verificado por Souza et al.(2002) em estudo de armazenamento de mangas em atmosfera modificada por filmes plásticos. A manga, assim como a grande maioria dos frutos climatérios, perde peso durante o amadurecimento e a taxa de perda é influenciada pelas condições de armazenamento (MANICA et al., 2001). A perda de água durante o armazenamento resulta na perda de qualidade: aparência (murchamento e enrugamento) e textura (amaciamento e perda de suculência) (KADER, 2002). No trabalho realizado, as perdas de água observadas não foram suficientes para causar o murchamento nem comprometer a aparência externa dos frutos.

Luminosidade (L)

As mudanças de coloração em frutos frescos são bons indicadores do grau de maturação (RIBEIRO et al., 2007). Como acontece com o atributo firmeza, alterações de cor em mangas também são afetadas pelo processo de amadurecimento. Houve diferença significativa ($p < 0,05$) para luminosidade da casca (L^*), observando-se alterações com o período de armazenamento, em ambos os lados dos frutos. Essa diferença está relacionada ao amadurecimento e, portanto, à degradação da clorofila (perda da cor verde) e ao aparecimento dos carotenoides (cor mais avermelhada), que por apresentar coloração mais intensa, possivelmente, estaria refletindo no aumento da luminosidade. As mangas não revestidas foram as que apresentaram maiores valores para luminosidade indicando amadurecimento pela perda de clorofila. A Tabela 3 apresenta as médias para esse parâmetro.

Tabela 3. Médias de Luminosidade (L^*) para os tratamentos e períodos de armazenamento.

Tratamentos					
Armazenamento (dias)	Controle	CAR	CC1	CC2	CC3

0	41,78±1,4 8 ^{a,C}	44,02±1,57 ^{a,C}	38,79±2,36 ^{b,C}	37,57±2,08 ^{b,C}	38,52±1,13 ^{b,C}
7	45,25±3,0 9 ^{a,B}	41,00±1,35 ^{a,B}	40,86±0,72 ^{b,B}	40,61±0,77 ^{b,B}	42,24±0,95 ^{b,B}
14	45,48±0,5 2 ^{a,AB}	43,69±0,45 ^{a,A} B	42,86±0,46 ^{b,A} B	42,38±1,67 ^{b,A} B	41,82±1,88 ^{b,A} B
21	48,82±3,4 5 ^{a,A}	45,58±0,92 ^{a,A}	39,02±0,97 ^{b,A}	41,11±1,61 ^{b,A}	43,74±2,08 ^{b,A}

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

*Coloração da casca a**

A coloração da casca a*, variou em função do amadurecimento (p<0,05) entre os tratamentos, ao longo do período de armazenamento (Tabela 4). A evolução da coloração da casca (a*), passando de verde escuro para vermelho, coloração essa predominante na variedade ‘Tommy Atkins’ madura, ocorre devido ao amadurecimento da manga. Os tratamentos CC1, CC2 e CC3 preservaram a tonalidade verde do fruto e o controle favoreceu a melhor cor da casca a*. Essa mudança de cor em manga é o resultado de um processo de desmascaramento dos carotenoides presentes na casca, após a degradação da clorofila, ou pode ser ainda um indicativo da oxidação de pigmentos durante a manutenção prolongada sob baixa temperatura (COSTA, 2008), como ocorre em manga ‘Palmer’ (JERÔNIMO e KANESIRO, 2000) e ‘Tommy Atkins’ (MORAES et al., 2002).

Tabela 4. Médias para coloração da casca (a*) para os tratamentos e períodos de armazenamento.

Tratamentos					
Armazenamento (dias)	Controle	CAR	CC1	CC2	CC3
0	7,62±2,39 ^a c	7,12±3,51 ^{b,C}	10±2,78 ^{bc,C}	4,18±1,62 ^{bc,C}	3,28±3,86 ^{c,C}
7	11,89±4,49 a,B	7,81±0,71 ^{b,B}	7,27±0,93 ^{bc,B}	8,95±1,57 ^{bc,B}	8,26±1,83 ^{c,B}
14	11,61±1,39 a,B	10,24±2,25 ^{b,B}	8,44±2,10 ^{bc,B}	9,52±0,97 ^{bc,B}	5,72±0,47 ^{c,B}
21	23,91±2,10 a,A	16,28±2,03 ^{b,A}	7,29±1,33 ^{bc,A}	12,61±0,99 ^{bc,A}	12,68±1,87 ^{c,A}

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

*Coloração da casca b**

A variável b^* refere-se à variação de cor entre o azul (-b) e o amarelo (+b). Assim como o parâmetro a^* houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos cujos valores tenderam a aumentar com o período de armazenamento indicando a evolução da cor amarela para o grupo controle e CAR em relação aos revestidos com CC1, CC2 e CC3; no entanto, esses valores não foram muito elevados. A evolução da cor amarela da casca é decorrente da quebra estrutural da molécula de clorofila, envolvendo a atividade da enzima clorofilase e a síntese de carotenoides. De acordo com Benevides et al. (2008), valores elevados de b^* podem indicar a prevalência dos carotenoides sobre outros pigmentos. Portanto, os valores da coloração da casca b^* foram influenciados pelos revestimentos durante o armazenamento com a manutenção da coloração verde. Portanto, para um processo de otimização, menores valores de L, a^* e b^* foram utilizados como indicadores de qualidade em retardar o amadurecimento estendendo-se, posteriormente, a vida útil dos frutos. A degradação da clorofila pode ser causada por alterações no pH (devido ao vazamento de ácidos orgânicos dos vacúolos), sistemas oxidativos e pela ação de clorofilase. Todos esses mecanismos de ação aceleram-se conforme o processo de respiração e degradação progride. Assim, como discutido anteriormente, a aplicação de um revestimento à base de carragenana, que proporciona uma barreira ao oxigênio, foi capaz de reduzir a taxa de respiração e amadurecimento que leva ao adiamento dos fatores que causam a degradação da clorofila.

Tabela 5. Médias da coloração da casca (b^*) para os tratamentos e períodos de armazenamento.

Tratamentos					
Armazenamento (dias)	Controle	CAR	CC1	CC2	CC3
0	16,58±2,4 5 ^{a,C}	18,74±1,94 ^{ab,C}	15,58±1,78 ^{c,C}	14,77±3,34 ^{bc,C}	14,93±0,93 ^{c,C}
7	22,86±3,7 7 ^{a,B}	22,14±2,74 ^{ab,B}	17,66±1,07 ^{c,B}	19,75±2,54 ^{bc,B}	18,77±1,58 ^{c,B}
14	23,49±2,6 7 ^{a,B}	22,74±1,76 ^{ab,B}	18,58±2,39 ^{c,B}	22,22±1,50 ^{bc,B}	18,00±1,92 ^{c,B}
21	32,99±2,1 9 ^{a,A}	25,91±1,99 ^{ab,A}	19,78±1,50 ^{c,A}	24,74±1,42 ^{bc,A}	25,27±2,29 ^{c,A}

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Taxa respiratória (produção de CO₂ e etileno)

Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos e períodos de armazenamento em relação à produção de CO₂ e produção de etileno para os frutos mantidos sob refrigeração. Os valores médios de produção de CO₂ e C₂H₄ em função dos dias de armazenamento são mostrados nas Tabelas 6 e 7, respectivamente. Para os frutos do grupo controle verificou-se aumento acentuado da atividade respiratória com posterior diminuição; isto ocorre com frutos que apresentam o padrão climatérico de respiração. Segundo Castro (2003), após a colheita do fruto, há um aumento gradual da taxa respiratória até atingir seu nível mais alto ou máximo climatérico; o mesmo não se deu com os frutos submetidos aos tratamentos CAR, CC1, CC2 e CC3, visto que não se observou aumento da atividade respiratória durante o período de armazenamento, comportamento este que indica que a atividade respiratória foi retardada pelos revestimentos.

Tabela 6. Médias da taxa respiratória (produção de CO₂) para os tratamentos e períodos de armazenamento.

Tratamentos					
Armazenamento (dias)	Controle	CAR	CC1	CC2	CC3
0	121,71±68,18 a,A	92,93±40,63 ^a A	145,95±63,68 ^a .A	75,72±12,53 ^a A	80,30±65,48 ^a A
7	142,17±23,51 a,A	176,97±21,13 ^a .A	110,94±58,68 ^a .A	110,75±45,72 ^a .A	88,41±46,16 ^a A
14	85,45±25,79 ^a A	81,96±28,92 ^a A	102,05±26,56 ^a .A	128,56±23,31 ^a .A	65,70±41,14 ^a A
21	191,02±113,0 5 ^{a,A}	69,26±39,60 ^a A	130,30±43,28 ^a .A	120,81±79,34 ^a .A	146,04±63,22 ^a .A

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 7. Médias da produção de etileno para os tratamentos e períodos de armazenamento.

Tratamentos					
Armazenamento (dias)	Controle	CAR	CC1	CC2	CC3
0	0,10±0,10 ^{a,A}	0,28±0,47 ^{a,A}	0,30±0,11 ^{a,A}	0,44±0,19 ^{a,A}	0,09±0,16 ^{a,A}

7	0,63±0,09 ^{a,A}	0,48±0,41 ^{a,A}	0,36±0,27 ^{a,A}	0,30±0,27 ^{a,A}	0,03±0,02 ^{a,A}
14	0,10±0,09 ^{a,A}	0,12±0,17 ^{a,A}	0,47±0,38 ^{a,A}	0,15±0,24 ^{a,A}	0,26±0,24 ^{a,A}
21	0,41±0,34 ^{a,A}	0,24±0,11 ^{a,A}	0,26±0,18 ^{a,A}	0,57±0,45 ^{a,A}	0,13±0,09 ^{a,A}

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Firmeza

Mudança na firmeza é um dos principais indicadores da qualidade de frutos e é diretamente influenciado pelo amadurecimento. A redução da textura de frutos pode ocorrer através de dois possíveis mecanismos de ação. O primeiro mecanismo é devido à quebra de carboidratos poliméricos o que acontece durante o amadurecimento e que causa enfraquecimento das paredes celulares. Apesar de, nas fases iniciais, a textura do fruto ser mais firme, as estruturas da planta sofrerão mudanças e isto conduzirá ao amolecimento do fruto (WILLS et al., 2007). A carragenana, por ser um polissacarídeo, fornece uma boa barreira contra o oxigênio e outras substâncias não-polares (LACROIX e TIEN, 2005). A aplicação de filmes à base de carragenana na superfície de mangas contribuiu para reduzir a permeabilidade ao oxigênio e, assim, reduzir a taxa de respiração retardando posteriormente a maturação e, possivelmente, atividades como a hidrólise que podem provocar o amolecimento dos frutos (HAMZAH et al., 2013).

A firmeza dos frutos decresceu ao longo do armazenamento do produto ($p < 0,05$). As frutas foram colhidas com firmeza média de 118,5 N e, após o período de armazenamento a 12 °C durante 21 dias, os valores médios para os tratamentos controle, CAR, CC1, CC2 e CC3 se encontravam a 43,9, 18,2, 57,4, 25,5 e 47,2 N, respectivamente. Porém, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos. A menor resistência, amolecimento, ocorreu como característica normal ao amadurecimento dos frutos. A firmeza é considerada um dos atributos de importância na qualidade de frutos, já que afeta a resistência ao transporte, às técnicas de conservação pós-colheita e ataque de micro-organismos (JERÔNIMO et al., 2007). Assim como é uma das características da textura e corresponde ao grau de resistência dos tecidos vegetais à compressão. É relacionada com a composição e com o grau de solubilização das pectinas das paredes celulares bem como da lamela média. (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Lucena et al. (2000), estudando a caracterização físico-química da manga, cv. “Tommy Atkins”, nos estágios 2, 3 e 4 de maturação, constataram que a firmeza média avaliada através de penetrômetro foi de 95,41, 85,93 e 48,75 N, respectivamente, portanto, é decrescente com o avanço da maturação.

Tabela 8. Médias para Firmeza para os tratamentos e períodos de armazenamento.

Tratamentos					
Armazenamento (dias)	Controle	CAR	CC1	CC2	CC3
0	113,14±12,08 ^a A	123,47±2,28 ^a A	104,82±12,76 ^a A	119,34±4,95 ^a A	131,71±5,76 ^a A
7	91,74±8,34 ^{a,AB}	97,67±27,62 ^a AB	103,66±21,49 ^a AB	96,86±30,66 ^a AB	112,26±3,41 ^a AB
14	90,92±29,69 ^{a,B}	63,19±25,01 ^{a,B}	76,60±22,61 ^{a,B}	82,67±15,45 ^{a,B}	98,96±21,09 ^{a,B}
21	43,90±30,51 ^{a,C}	20,42±5,06 ^{a,C}	57,39±24,96 ^{a,C}	25,50±10,28 ^{a,C}	47,18±9,45 ^{a,C}

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Extravasamento de eletrólitos

De uma maneira geral, observou-se, ao longo do período avaliado, maior extravasamento de solutos no CAR (95,84 %) seguido pelo CC2 (91,23 %). Em relação ao Controle, CC1 e CC3 de 85,08%, 83,26 % e 82,65 %, respectivamente, aos 21 dias de armazenamento. Esse aumento foi causado, provavelmente, pela ruptura de células, causando aumento na quantidade de íons em solução e assim, contribuindo para elevação da condutividade elétrica do meio celular. Este fato pode estar relacionado ao maior grau de amadurecimento dos frutos.

Tabela 9. Médias de extravasamento de eletrólitos para os tratamentos e períodos de armazenamento.

Tratamentos					
Armazenamento (dias)	Controle	CAR	CC1	CC2	CC3
0	79,54±1,41 ^{a,B}	74,48±4,0 ^{ab,B}	75,86±8,15 ^{ab,B}	60,62±10,08 ^{ab} B	63,33±9,32 ^b B
7	61,11±2,05 ^{a,C}	48,64±2,65 ^{ab,C}	48,12±5,28 ^{ab,C}	47,75±12,16 ^{ab} c	49,94±6,07 ^b c
14	59,26±5,64 ^{a,C}	63,99±10,16 ^{ab} c	56,95±10,58 ^{ab} c	53,50±8,24 ^{ab,C}	48,43±7,67 ^b c
21	85,08±14,31 ^a	95,84±1,60 ^{ab,A}	83,26±12,19 ^{ab}	91,23±12,99 ^{ab}	82,65±6,75 ^b

	A		A	A	A
--	---	--	---	---	---

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Vitamina C

O conteúdo de ácido ascórbico na polpa de mangas ‘Tommy Atkins’ não foi influenciado pela forma de interação significativa ($p < 0,05$) pelos tempos de armazenamento e entre tratamentos. O teor de ácido ascórbico é um importante atributo de qualidade dos frutos cítricos em geral e observou-se pequena redução no seu teor durante o 7º dia de armazenamento para os grupos CAR (54,7 para 46,1 mg/100g), CC1 (54,6 para 49,6 mg/100g) e CC2 (51,2 para 49,5 mg/100g) e aumento no 21º dia de armazenamento para os tratamentos CAR (53 mg/100g) e CC2 (53 mg/100g). Estes valores são maiores do que os apresentados por Cruz e Helbig (2012) que indicaram quantidade de 3 mg 100g⁻¹, enquanto que Cardelo e Cardelo (1998) indicaram que manga Haden tem teor de 210 mg.100g⁻¹ na colheita, reduzindo o teor de ácido ascórbico para 110 mg.100g⁻¹, após amadurecimento durante 14 dias de armazenamento a 20°C. A redução nos teores de ácido ascórbico também foi verificada por Cardello; Cardello (1998) e Yamashita et al. (2001), durante o amadurecimento de mangas ‘Tommy Atkins’. A vitamina C é um dos compostos com atuação antioxidante, o que leva a sugerir que esse aumento, durante o período de armazenamento, possa estar associado a algum estresse oxidativo causado pelos revestimentos. Além disso, de acordo com Chitarra e Chitarra (2005), é de se esperar um aumento no teor de ácido ascórbico dos frutos durante o seu desenvolvimento até atingir a maturidade fisiológica, e podem oscilar ou mesmo decair durante as fases pós-colheita. A diferença não significativa obtida para os valores médios do teor de ácido ascórbico, entre os grupos controle e revestidos e os tempos de armazenamento, podem estar associadas a diferenças dos estados de maturação das unidades amostrais (frutos).

Tabela 10. Médias de vitamina C para os tratamentos e períodos de armazenamento.

Tratamentos	Controle	CAR	CC1	CC2	CC3
Armazenamento (dias)					
0	51,24±0,14 ^{a,A}	54,66±2,92 ^{a,A}	54,65±2,90 ^{a,A}	51,20±0,05 ^{a,A}	53,51±1,97 ^{a,A}
7	51,23±8,94 ^{a,A}	46,10±5,11 ^{a,A}	49,58±3,02 ^{a,A}	49,51±2,99 ^{a,A}	49,52±3,08 ^{a,A}
14	51,26±0,11 ^{a,A}	51,34±5,14 ^{a,A}	51,25±0,06 ^{a,A}	53,03±2,92 ^{a,A}	56,39±5,23 ^{a,A}

21	46,09±8,84 ^{a,A}	52,98±2,91 ^{a,A}	49,60±2,97 ^{a,A}	52,99±3,03 ^{a,A}	52,81±2,97 ^{a,A}
----	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Sólidos Solúveis (SS)

Os teores de sólidos solúveis totais dos frutos são importantes tanto para o consumo in natura quanto para a indústria. Os resultados referentes à evolução dos teores de SS indicam que houve diferença significativa (p<0,05) entre os tratamentos durante o período de armazenamento nos grupos controle e com revestimento como mostra a Tabela 11. Os valores mantiveram-se constantes até o 14º dia de tratamento, havendo diferença somente no 21º dia indicando estabilidade desse parâmetro por três semanas. No primeiro dia do processamento o teor médio de sólidos solúveis para os grupos foi de 13,02º Brix, enquanto que aos 21 dias de armazenamento o teor máximo foi de 16,52º Brix. De acordo com Vilas Boas et al. (2004) os sólidos solúveis são usados como indicadores de maturidade e também determinam a qualidade da fruta, exercendo importante papel no sabor. O valor observado para sólidos solúveis representa o teor de açúcares, ácidos orgânicos e outros constituintes menores. Caso os frutos sejam direcionados à preparação de polpa, é necessário o uso de frutos próximos à maturação completa, pois a legislação exige o mínimo de 11º Brix para a polpa de manga, segundo a Instrução Normativa nº 12, de 04/09/2003 (BRASIL, 2003), valor esse em que os frutos deste trabalho encontram-se dentro da faixa exigida.

Tabela 11. Médias de sólidos solúveis para os tratamentos e períodos de armazenamento.

Tratamentos					
Armazenamento (dias)	Controle	CAR	CC1	CC2	CC3
0	13,62±1,11 ^{a,B}	12,72±0,63 ^{ab,B}	13,58±1,15 ^{ab,B}	12,18±0,52 ^{b,B}	13,31±0,51 ^{b,B}
7	15,72±1,17 ^{a,B}	14,08±0,90 ^{ab,B}	12,93±0,59 ^{ab,B}	11,63±1,13 ^{b,B}	11,17±0,18 ^{b,B}
14	15,43±1,83 ^{a,B}	14,40±1,22 ^{ab,B}	14,92±1,23 ^{ab,B}	13,47±0,65 ^{b,B}	12,93±1,19 ^{b,B}
21	15,87±2,58 ^{a,A}	16,52±0,56 ^{ab,A}	14,47±1,18 ^{ab,A}	15,62±1,39 ^{b,A}	15,03±1,47 ^{b,A}

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Acidez Titulável (AT)

Houve diferença significativa (p<0,05) entre os tratamentos. Verificou-se uma diminuição no teor de acidez titulável com o tempo de armazenamento. A diminuição no teor

de acidez durante o armazenamento observado no 21º dia neste experimento pode ser explicada pela utilização dos ácidos orgânicos como substrato na respiração (NUNES et al., 1995; YAMASHITA et al., 2006). Normalmente, os ácidos orgânicos tendem a diminuir no decorrer do armazenamento à medida em que são utilizados durante a respiração ou convertidos em açúcares (ALVES et al., 2010b). A maturação dos frutos durante o tempo de armazenamento acarretou diminuição nos valores de acidez titulável, para todos os tratamentos, indicando que os tratamentos influenciaram neste parâmetro.

Tabela 12. Médias do parâmetro acidez titulável para os tratamentos e períodos de armazenamento.

Tratamentos					
Armazenamento (dias)	Controle	CAR	CC1	CC2	CC3
0	0,75±0,12 ^a A	0,75±0,05 ^{b,A}	0,67±0,03 ^{ab,A}	0,75±0,11 ^{b,A}	0,72±0,04 ^{ab,A}
7	0,95±0,07 ^a A	0,81±0,11 ^{b,A}	0,77±0,03 ^{ab,A}	0,59±0,06 ^{b,A}	0,74±0,06 ^{ab,A}
14	0,95±0,14 ^a A	0,60±0,07 ^{b,A}	0,68±0,05 ^{ab,A}	0,77±0,14 ^{b,A}	0,86±0,19 ^{ab,A}
21	0,58±0,24 ^a B	0,30±0,04 ^{b,B}	0,61±0,19 ^{ab,B}	0,46±0,18 ^{b,B}	0,61±0,07 ^{b,B}

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Relação SS/AT

Os resultados obtidos na avaliação da relação SS/AT expressaram efeito significativo (p<0,05) no período de armazenamento. Entre o início e o final do período de armazenamento foi observado expressivo aumento da relação SS/AT em mangas ‘Tommy Atkins’. O maior percentual dessa variável foi atingindo ao final do período de armazenamento 56,21 (CAR). Esse acréscimo é devido ao aumento do teor de sólidos (açúcares) em proporções maiores em relação à acidez durante o amadurecimento. Segundo Souza (2004) e Prado (2009), a contribuição dos ácidos orgânicos para a qualidade sensorial dos frutos deve-se, principalmente, ao balanço entre seus conteúdos e os de açúcares, pois esta relação alta contribui com um gosto doce na fruta. Os frutos do grupo CAR diferiram significativamente dos frutos dos grupos controle e CC3 e não diferiram significativamente entre os frutos revestidos dos grupos CC1 e CC2. O efeito benéfico da aplicação dos revestimentos na

redução da velocidade de amadurecimento das mangas pode ser verificado quando se analisam os valores da relação SS/AT, conhecida como *ratio*. A relação SS/AT é um dos índices mais utilizados para determinar a maturação, sendo indicativa do sabor (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Tabela 13. Médias do parâmetro SS/AT para os tratamentos e períodos de armazenamento.

Tratamentos	Controle	CAR	CC1	CC2	CC3
Armazenamento (dias)					
0	18,23±1,36 ^{b,B}	17,13±1,76 ^{a,B}	20,28±2,32 ^{ab,B}	16,57±1,66 ^{ab,B}	18,55±1,60 ^{b,B}
7	16,65±2,50 ^{b,B}	17,54±1,50 ^{a,B}	16,86±1,42 ^{ab,B}	20,02±3,54 ^{ab,B}	15,17±1,12 ^{b,B}
14	16,47±2,19 ^{b,B}	24,55±5,31 ^{a,B}	21,97±0,42 ^{ab,B}	17,73±2,78 ^{ab,B}	15,68±4,45 ^{b,B}
21	30,88±14,31 ^{b,A}	56,21±9,41 ^{a,A}	25,37±8,42 ^{ab,A}	39,73±22,06 ^{ab,A}	25,17±5,46 ^{b,A}

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Potencial Hidrogeniônico (pH)

De acordo com os resultados obtidos em relação ao pH, observou-se diferença significativa (p<0,05) entre os tratamentos (Tabela 14), não se observando diferenças significativas entre os grupos CAR, CC1, CC2 e CC3. De modo geral, o pH manteve-se estável nos períodos de armazenamento (0, 7 e 14 dias), iniciando com valor mínimo de 3,59 (CC2), e atingindo o máximo de 4,24 (CAR). O aumento de pH verificado, está associado com a evolução das reações bioquímicas dos processos de maturação e do metabolismo do fruto que ocorre durante o seu armazenamento, diminuindo a acidez e aumentando o teor de açúcares.

Tabela 14. Médias do parâmetro pH para os tratamentos e períodos de armazenamento.

Tratamentos	Controle	CAR	CC1	CC2	CC3
Armazenamento (dias)					
0	3,61±0,06 ^{b,B}	3,71±0,11 ^{a,B}	3,76±0,04 ^{ab,B}	3,59±0,10 ^{ab,B}	3,69±0,07 ^{ab,B}
7	3,66±0,10 ^{b,B}	3,79±0,12 ^{a,B}	3,75±0,06 ^{ab,B}	3,65±0,09 ^{ab,B}	3,62±0,06 ^{ab,B}
14	3,51±0,06 ^{b,B}	3,85±0,11 ^{a,B}	3,84±0,11 ^{ab,B}	3,67±0,10 ^{ab,B}	3,83±0,24 ^{ab,B}
21	3,89±0,25 ^{b,A}	4,25±0,03 ^{a,A}	3,80±0,18 ^{ab,A}	4,19±0,29 ^{ab,A}	3,96±0,23 ^{ab,A}

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Açúcares Solúveis Totais

Os resultados obtidos na avaliação dos açúcares solúveis totais mostraram que os tratamentos tiveram comportamentos significativamente diferentes com relação ao período de armazenamento ($p < 0,05$). Observaram-se progressivos aumentos nos teores de Açúcares Solúveis Totais (AST), cujo valor máximo foi de 13,7 % (CAR) no 21º dia de armazenamento e o valor mínimo foi de 8,9 % (CC2) neste mesmo período. Esse comportamento determina o estágio de maturidade em que os frutos se encontravam em decorrência da hidrólise do amido. Os valores médios de açúcares solúveis totais após o armazenamento concordam com os obtidos por Rocha (2001), o qual observou para essa cultivar um aumento com o avanço da maturação. Houve diferença significativa no tratamento CC2 em relação aos demais grupos como mostra a Tabela 15.

Tabela 15. Médias do parâmetro açúcares solúveis totais para os tratamentos e períodos de armazenamento.

Tratamentos					
Armazenamento (dias)	Controle	CAR	CC1	CC2	CC3
0	9,98±1,14 ^{a,C}	6,10±0,23 ^{a,C}	9,91±0,94 ^{a,C}	2,74±0,64 ^{b,C}	8,66±2,22 ^{a,C}
7	12,41±1,29 ^{a,BC}	10,00±1,15 ^{a,BC}	9,81±2,30 ^{a,BC}	5,17±2,14 ^{b,BC}	8,89±1,02 ^{a,BC}
14	12,22±2,12 ^{a,AB}	13,01±2,68 ^{a,AB}	12,06±2,03 ^{a,AB}	6,64±0,46 ^{b,AB}	10,66±2,60 ^{a,AB}
21	12,28±4,32 ^{a,A}	13,71±1,59 ^{a,A}	12,15±0,82 ^{a,A}	8,95±2,80 ^{b,A}	11,85±0,80 ^{a,A}

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

4. CONCLUSÕES

A combinação entre revestimentos à base de polissacarídeos e atmosfera refrigerada contribui para a redução do amadurecimento de frutas e com características satisfatórias para uma maior conservação pós-colheita, sendo que entre os revestimentos utilizados neste trabalho, o tratamento CC2 se mostrou mais eficiente em manter a qualidade das mangas ‘Tommy Atkins’.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MENEZES, J. B.; ASSIS, J. S. de; LIMA, M. A. C. de; AMORIM, T. B. F.; MARTINS, A. G. Colheita e pós-colheita. In: GENU, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q.(Ed.). A cultura da mangueira. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2002. cap. 17, p. 381-405.

ALVES, J. A.; NASSUR, R. C. M. R.; PIRES, C. R. F.; ALCÂNTARA, E. M de.; GIANNONI, J. A.; LIMA, L. C. de O. Cinética de degradação de vitamina C em mangas “Palmer” minimamente processadas armazenadas em diferentes temperaturas. *Ciência e Agrotecnologia*. Lavras, v.34, n.3, p.14-721, 2010b.

AMARANTE, C.; BANKS, N. H.; GANESH, S. Relationship between character of skin cover of coated pears and permeance to water vapour and gases. **Postharvest Biology and Technology**, v. 21, n. 3, p. 291-301, 2001.

AOAC - Association Of Oficial Analytical Chemistral. Official methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 11. ed. Washington: AOAC, 1992. 1115 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL - AOAC. Official Methods of Analysis. 16 ed. Arlington, 1995. v. 2, 474p.

Assis, O. B. G. D., Forato, L. A., & Britto, D. D. Revestimentos comestíveis protetores em frutos minimamente processados. **Hig. aliment**, v. 22, n. 160, p. 99-105, 2008.

BAUTISTA-BAÑOS, S. HERNÁNDEZ-LAUZARDO, A.N.; VELÁZQUEZ-DEL VALLE, M.G.; HERNÁNDEZ-LOPEZ,M.; AIT BARKA, E.; BOSQUEZ-MOLINA, E.; WILSON, C.L. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. **Crop Protection, Guildford**, v. 25, p. 108-118, 2006.

BENEVIDES, S. D.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; CASTRO, V. C. Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.28, n.3, p.571-578, jul.-set, 2008.

BRASIL. Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003. Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade gerais para suco tropical.

CARDELLO, H. M. A. B.; CARDELLO, L. Teor de vitamina c, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de manga (Mangífera índica L.) var.haden, durante o amadurecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.18 n.2 Campinas Mai/Jul 1998.

CASTRO, P. R. C., VIEIRA, E. L., FANCELLI, A., & DOURADO NETO, D. Biorreguladores e bioestimulantes na cultura do milho. Milho: estratégias para alta produtividade. Piracicaba: Esalq/USP/LPV, p. 99-115, 2003.

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

COSTA, D. L. M. G. **Produção por extrusão de filmes de alto teor de amido termoplástico de mandioca com poli(butileno adipato co-tereftalato) (PBAT)**. 249p. 2008. Dissertação de mestrado (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

CRUZ, J. A.; HELBIG, E. **Teor e estabilidade da vitamina C em sucos de frutas in natura refrigerados**. 21º Congresso de Iniciação Científica, Universidade de pelotas. 2012.

DE ASSIS, J. S. Produção integrada de manga: manejo pós-colheita e rastreabilidade. Embrapa Semi-Árido. Circular Técnica, 2008.

EMEX. Norma de calidad para mango fresco de exportación. Zapopan: CIAD, 1998.

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

FONSECA, S.F.; RODRIGUES, R.S. 2009. **Utilização de embalagens comestíveis na indústria de alimentos**. Pelotas, RS. Trabalho Acadêmico. Universidade Federal de Pelotas, 34 p. 2009

GTZ. Manual de exportacion: frutas tropicales y hortalizas. Eschborn, 1992. 34 p.

HAMZAH, H. M., OSMAN, A., TAN, C. P., & GHAZALI, F. M. Carrageenan as an alternative coating for papaya (*Carica papaya* L. cv. Eksotika). **Postharvest Biology and Technology**, v. 75, p. 142-146, 2013.

JERONIMO, E.M.; KANESIRO, M.A.B. Efeito da associação de armazenamento sob refrigeração e atmosfera modificada na qualidade de mangas 'Palmer'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 22, n. 2, p.237-243, 2000.

JERONIMO, E. M.; BRUNINI, M. A.; ARRUDA, M. C. de.; CRUZ, J. C. S.; FISCHER, I. H.; GAVA, G. J. de C. Qualidade de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p. 122-130, 2007.

KADER, A. A. Fruits in the global market, In: KNEE, M. Fruit quality and its biological basis. Columbus: Sheffield Academic, p.1-14, 2002.

KESTER, J. J.; FENNEMA, O. R. Edible films and coatings: a review. **Food technology (USA)**, 1986.

DANG, Khuyen TH; SINGH, Zora; SWINNY, Ewald E. Edible coatings influence fruit ripening, quality, and aroma biosynthesis in mango fruit. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 56, n. 4, p. 1361-1370, 2008.

LACROIX e TIEN, 2005 – Lacroix, M., Tien, C.L., 2005. Edible films and coatings from non-starch polysaccharides. In: Han, J.H. (Ed.), Innovations in Food Packaging. Elsevier, CA, pp. 338–361.

LUCENA, E. M. P. de; SILVA JÚNIOR, A.; CAMPELO, I. K. M. Caracterização físico-química da manga (*Mangifera indica* L.), variedade Tommy Atkins, em diferentes estádios de maturação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17., 2000, Fortaleza. Resumos... Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000. v. 2, p. 5.246.

DE MELLO LUVIELMO, M.; LAMAS, S. V. Edible coating in fruits. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n. 1, p. 8, 2012.

MANICA, I.; ICUMA, I. M.; MALAVOLTA, E.; RAMOS, V. H. V.; OLVEIRA, M. E.; CUNHA, M. M.; JUNQUEIRA, N. T. V. Tecnologia, produção, agroindústria e exportação da manga. Ed. Cinco Continentes, Porto Alegre – RS, 2001.

McGLASSON, W.B. Modified atmosphere packaging: matching physical requirements with physiology of produce. **Food Australian**, Sydney, v.44, n.4, p.168-170, 1992.

MEDLICOTT, A. P.; SIGRIST, J. M. M.; SY, O. Ripening of mangos following low-temperature storage. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 115, n. 3, p. 430-434, 1990.

MORAES, L. D.; FILGUEIRAS, H. A. C.; NUNES, J. L.; ALVES, R. E. Ponto de colheita ideal de mangas „Tommy Atkins“ destinadas ao mercado europeu. Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal – SP, v.24, n. 3, p.671 – 675, dezembro, 2002.

Moraes, K. S., Fagundes, C., Melo, M. C., Andreani, P., Monteiro, A. R. Conservation of Williams pear using edible coating with alginate and carrageenan. **Food Science and Technology (Campinas)**, 32(4), 679-684. Epub September 18, 2012.

MORILLON, V., DEBEAUFORT, F., BLOND, G., CAPELLE, M., VOILLEY, A. MORILLON, Valérie et al. Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films: a review. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 42, n. 1, p. 67-89, 2002.

NUNES, M.C.N.; BRECHT, J. K.; MORAIS, A. M. M. B.; SARGENT, S. A. Physical and chemical characteristics of strawberries after storage are reduced by short delay to cooling. *Postharvest Biology and Technology*, v.6.p.17-28, 1995.

OLIVAS, G. I.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Edible coatings for fresh-cut fruits. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 45, n. 7-8, p. 657-670, 2005.

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

PRADO, A. **Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais**. 106f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiza de Queiroz”, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Piracicaba. ESALQ, 2009.

PROTRADE. Mango – Manual de exportacion: frutas tropicales y hortalizas. Eschborn: GTZ, 1992. 34 p.

RIBEIRO, V. G., ASSIS, J. D., 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**, v. 27, n. 2, p. 203-206, 2005.

RIBEIRO, C., VICENTE, A. A., TEIXEIRA, J. A., & MIRANDA, C. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. **Postharvest Biology and Technology**, v. 44, n. 1, p. 63-70, 2007.

ROCHA, R. H. C. et al. Uso do índice de degradação de amido na determinação da maturidade da manga "Tommy Atkins". **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.2, p.302-305, 2001.

SOUZA, J. P.; PRAÇA, E. F.; ALVES, R. E.; BEZERRA NETO, B.; DANTAS, F. F. Influência do armazenamento refrigerado em associação com atmosfera modificada por filmes plásticos na qualidade de mangas 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.665-668, 2002.

SOUZA, L. M. de. **Algumas características físicas e químicas de mamões (Carica Papaya L.) dos grupos "Formosa" (Tainung 01) e "solo" (Golden), com e sem mancha fisiológica, colhidos em diferentes estádios de maturação.** 2004. 103p. Tese (Produção Vegetal) - Universidade Estadual Norte do Fluminense - UENF. Campos dos Goytacazes, 2004.

STROHECKER, Rolf; HENNING, Heinz M. Análisis de vitaminas, métodos comprobados. 1967.

VARGAS, M., PASTOR, C., CHIRALT, A., MCCLEMENTS, D. J., GONZALEZ-MARTINEZ, C. Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 48, n. 6, p. 496-511, 2008.

YAMASHITA, F.; TONZAR, A. C.; FERNANDES, J. G.; MORIYA, S.; BENASSI, M. T. Embalagem individual de mangas cv. Tommy Atkins em filme plástico: efeito sobre a vida de prateleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, n.23, v.3, p.288-292, 2001.

YAMASHITA, F.; VEIGA, G. F.; BENASSI, M. de T.; ROBERTO, S. R. Morangos embalados com filme de Policloreto de Vinila (PVC). *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.27, n.3, p.429-436, jul/set, 2006.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, v.57, p.508-14, 1954.

WILLS, R.B.H., MCGLASSON, W.B., GRAHAM, D., JOYCE, D.C., 2007. *Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables and Ornamentals*. CABI, Oxfordshire, UK, pp. 28-51.

ANEXOS



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 38097-2	Data da Emissão: 10/01/2014 10:44	Data para Revalidação*: 09/02/2015
* De acordo com o art. 33 da IN 154/2009, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Men de sá Moreira de Souza Filho	CPF: 169.317.003-59
Título do Projeto: Desenvolvimento de revestimentos à base de polissacarídeos de algas marinhas para mangas	
Nome da Instituição : Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa	CNPJ: 00.348.003/0131-22

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Coleta de algas e extração de carragenanas	03/2013	10/2017
2	Elaboração e caracterização de filmes	04/2013	01/2018
3	Avaliação do desempenho dos revestimentos em mangas	02/2014	01/2018

Observações e ressalvas

1	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
2	Esta autorização NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
3	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa IBAMA n° 154/2007 ou na Instrução Normativa ICMBio n° 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
4	A autorização para envio ao exterior de material biológico não consignado deverá ser requerida por meio do endereço eletrônico www.ibama.gov.br (Serviços on-line - Licença para importação ou exportação de flora e fauna - CITES e não CITES).
5	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
6	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio e o material biológico coletado apreendido nos termos da legislação brasileira em vigor.
7	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em www.mma.gov.br/cgen .
8	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade.

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Doc. Identidade	Nacionalidade
1	Norma Maria Barros benevides	Coleta e caracterização de algas	045.056.703-68	2004002004821 SSP-CE	Brasileira
2	GABRIELA ALMEIDA DE PAULA	Coleta e caracterização de algas; elaboração de filmes	750.025.313-34	93002368196 SSP-CE	Brasileira
3	Maria do Socorro Rocha Bastos	Elaboração e caracterização de revestimentos	389.503.673-00	14432750 SSP-MG	Brasileira
4	Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo	Desenvolvimento e caracterização de filmes	546.005.616-00	36780743-9 SSP/SP-SP	Brasileira
5	Ebenezzer de Oliveira Silva	Avaliação de revestimentos sobre a estabilidade de mangas	750.306.246-00	M.3.357.000 SSP-MG	Brasileira

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2007. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 43959316



Página 1/3



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 38097-2	Data da Emissão: 10/01/2014 10:44	Data para Revalidação*: 09/02/2015
* De acordo com o art. 33 da IN 154/2009, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Men de sá Moreira de Souza Filho	CPF: 169.317.003-59
Título do Projeto: Desenvolvimento de revestimentos à base de polissacarídeos de algas marinhas para mangas	
Nome da Instituição : Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa	CNPJ: 00.348.003/0135-22

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1		CE	Praia de Flecheiras, Trairi/CE	Fora de UC Federal
2		CE	Praia do Pacheco	Fora de UC Federal

Atividades X Táxons

#	Atividade	Táxons
1	Coleta/transporte de amostras biológicas in situ	Solieria filiformis, Hypnea musciformis

Material e métodos

1	Método de captura/coleta (Vegetais hidróbios)	Outros métodos de captura/coleta(As algas serão coletadas durante marA© baixa de sizA-gia (-0,2 a 0,3 m) e levadas ao laboratA©rio.)
---	---	--

Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo Destino
1	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa	

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2007. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 43959316



Página 2/3



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 38097-2	Data da Emissão: 10/01/2014 10:44	Data para Revalidação*: 09/02/2015
* De acordo com o art. 33 da IN 154/2009, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Men de sá Moreira de Souza Filho	CPF: 169.317.003-59
Título do Projeto: Desenvolvimento de revestimentos à base de polissacarídeos de algas marinhas para mangas	
Nome da Instituição : Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa	CNPJ: 00.348.003/0135-22

Registro de coleta imprevista de material biológico

De acordo com a Instrução Normativa nº154/2007, a coleta imprevista de material biológico ou de substrato não contemplado na autorização ou na licença permanente deverá ser anotada na mesma, em campo específico, por ocasião da coleta, devendo esta coleta imprevista ser comunicada por meio do relatório de atividades. O transporte do material biológico ou do substrato deverá ser acompanhado da autorização ou da licença permanente com a devida anotação. O material biológico coletado de forma imprevista, deverá ser destinado à instituição científica e, depositado, preferencialmente, em coleção biológica científica registrada no Cadastro Nacional de Coleções Biológicas (CCBIO).

Táxon*	Qtde.	Tipo de amostra	Qtde.	Data

* Identificar o espécime no nível taxonômico possível.

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2007. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 43959316



Página 3/3