

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RECOBRIMENTO COMESTÍVEL A BASE DE
HIDROXIPROPILMETILCELULOSE E CERA DE ABELHA
NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE CAJU**

**Karollayne Tomás Emiliano Fonsêca de Oliveira
Engenheira Agrônoma**

2020

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RECOBRIMENTO COMESTÍVEL A BASE DE
HIDROXIPROPILMETILCELULOSE E CERA DE ABELHA
NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE CAJU**

Discente: Karollayne Tomáz Emiliano Fonsêca de Oliveira

Orientador: Ben-Hur Mattiuz

**Dissertação apresentada à
Faculdade de Ciências Agrárias
e Veterinárias – Unesp, Câmpus
de Jaboticabal, como parte das
exigências para obtenção do
Título de Mestre em Agronomia
(Produção Vegetal).**

O48r

Oliveira, Karolayne Tomáz Emiliano Fonsêca de
Recobrimento comestível a base de hidroxipropilmetilcelulose e
cera de abelha na conservação pós-colheita de caju / Karolayne
Tomáz Emiliano Fonsêca de Oliveira. -- Jaboticabal, 2020
66 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Ben-Hur Mattiuz

1. Postharvest technology. 2. Anacardium occidentale L.. 3. HPMC.
4. Atmosfera modificada. 5. Qualidade. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

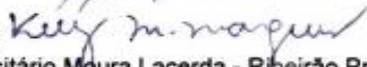
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: RECOBRIMENTO COMESTÍVEL A BASE DE HIDROXIPROPIL METILCELULOSE E CERA DE ABELHA NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE CAJU

AUTORA: KAROLLAYNE TOMÁZ EMILIANO FONSECA

ORIENTADOR: BEN-HUR MATTIUZ

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. BEN-HUR MATTIUZ 
Bioquímica e Microbiologia / Instituto de Bioeências - Unesp - Rio Claro

Profa. Dra. KELLY MAGALHÃES MARQUES 
Departamento de Agronomia / Centro Universitário Moura Lacerda - Ribeirão Preto/SP

Profa. Dra. TERESINHA DE JESUS DELEO RODRIGUES 
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 12 de fevereiro de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Karollayne Tomáz Emiliano Fonsêca de Oliveira – nascida em João Pessoa, Paraíba, no dia 21 de dezembro de 1993. Filha de Elenildo Fonsêca e Silvânia Tomáz Emiliano Fonsêca. Iniciou o curso de Engenharia Agrônômica – em novembro de 2012, no Centro de Ciências Agrárias e Veterinárias na Universidade do Federal da Paraíba, em Areia, onde foi bolsista de monitoria das disciplinas Estatística Geral sob orientação da prof^a Elizanilda Ramalho do Rego, Tecnologia de Produtos Agropecuários, sob orientação da prof^a Márcia Targino e na disciplina Biologia Celular sob orientação da prof^a Núbia Pereira da Costa Luna, sob a mesma orientação participou de projeto de extensão intitulado “Horta na Escola” durante o ano de 2017 e a mesma também foi orientadora do Trabalho de Conclusão de Curso defendido em janeiro de 2018. No ano de 2016 ingressou no curso de técnico em Agronegócio pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR, sendo concluído no ano de 2017. Em outubro de 2017 foi realizado um estágio na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus Jaboticabal, sob orientação do Prof. Ben-Hur Mattiuz, no Departamento de Tecnologia, no laboratório de tecnologia de pós-colheita. Em março de 2018, ingressou, por meio do processo seletivo, no curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Jaboticabal, desenvolvendo pesquisa na linha de Tecnologia e conservação pós-colheita, sob orientação do prof. Ben-Hur Mattiuz.

*Ao meu Deus, toda honra glória e louvor!
Portanto dele, por Ele e para Ele são todas as coisas.
A Ele seja a glória perpetuamente!*

*Amém!
Romanos 11 - 36*

A meus pais, Silvânia Tomáz e Elenildo Fonseca e a minha irmã Victória Tomáz por me ensinarem a voar, por serem meus alicerces e por me ensinarem os valores da vida, sinônimos de honestidade, humildade, cumplicidade, justiça e amor. Obrigado pelo amor e exemplos de dedicação a nossa família. Amo vocês!!

Ao meu esposo Luan Pereira, pelo seu amor, pelo carinho, pela amizade, pela cumplicidade, pelo apoio e ser sempre o meu maior incentivador a realizar os meus objetivos. Te amo!

DEDICO

AGRADECIMENTO

Ao meu Deus, que é o meu ontem, hoje e o meu amanhã e que mais uma vez me agraciou com essa conquista.

À minha família, que sempre me apoiou e dedicou sua vida à minha educação não medindo esforços para que pudesse conquistar cada degrau alcançado.

Ao meu orientador Prof. Ben-Hur Mattiuz e sua esposa Prof^a. Claudia Mattiuz, pela oportunidade, pela confiança e pelo apoio em me orientar a traçar os melhores caminhos, o meu muito obrigado.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, pela infraestrutura. À Comissão do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), pela realização do curso de mestrado.

À toda equipe do Laboratório de Tecnologia Pós-Colheita da Unesp/FCAV, em especial a José Pinsetta Junior, Ellen Cristina, Naum Collins (o melhor agregado de todos), Fagner Freires, Emmanuel Pereira e Ariadne Marino pela amizade e as valiosas contribuições durante essa jornada que de forma direta ou indireta contribuíram na realização deste trabalho.

Aos amigos da república toca fogo que foram minha família durante esse período de pós-graduação.

Finalmente agradeço a todos aqueles que de uma forma contribuíram para minha caminhada até este momento, por meio de conselhos, palavras amigas e momentos de sabedoria, fica aqui a minha eterna gratidão!

Os autores agradecem a CAPES. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES)– Código de financiamento 001. Os autores agradecem à Colorcon do Brasil, pelo HPMC utilizado neste experimento.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS	9
1. Introdução	9
2. Revisão de Literatura	11
3. Referências bibliográficas.....	14
CAPÍTULO 2 - RECOBRIMENTO COMESTÍVEL A BASE DE HIDROXIPROPILMETILCELULOSE E CERA DE ABELHA NA PÓS-COLHEITA DE CAJU	19
Resumo	19
1. Introdução	21
2. Material e Métodos	23
2.1 Material Vegetal	23
2.2 Recobrimento Comestível	23
2.3 Delineamento experimental.....	24
2.4 Análises físicas, químicas e bioquímicas.....	25
2.5. Análise estatística.....	31
3. Resultados e Discussão.....	32
4. Conclusões	55
5. Agradecimentos	55
6. Referências Bibliográficas	56

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

No decorrer dos últimos anos a fruticultura brasileira tem apresentado uma tendência de aumento na exportação dessas frutas. No ano de 2017 o Brasil chegou a exportar cerca de 536 toneladas de frutas fresca (FAOSTAT, 2020). Pelo aumento constante de novas informações do quanto as frutas trazem benefícios para a saúde do ser humano, a demanda de frutas aumenta cada vez mais, conseqüentemente, o aumento de sua produção. Para que as frutas cheguem ao consumidor com a qualidade esperada, há necessidade de novas tecnologias para mantê-las conservadas por mais tempo.

As frutas possuem tempo de prateleira curto e se deterioram rapidamente, sendo assim seu tempo de estocagem por longos períodos é tecnicamente inviável, exigindo um rápido processo de comercialização, desde a produção até a chegar à mesa do consumidor (Martins, Margarido e Bueno, 2007). Dentre as frutas comercializadas no estado de São Paulo, destaca-se o caju que é uma fruta que apresenta um valor agregado bastante elevado, embora sendo, uma fruta que possui tempo de vida muito curto. Com esses fatores influenciando a comercialização desse fruto em mercados mais distantes, a aplicação da técnica do revestimento comestível é uma alternativa viável, que tem como finalidade modificar a atmosfera em torno dos frutos e aumentar o tempo de vida útil pós-colheita.

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é de origem da região Amazônica brasileira. O fruto do cajueiro é composto pela castanha (verdadeiro fruto) e pedúnculo (pseudofruto) e encontrado em abundância nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí, maiores produtores brasileiros de castanha de caju (IBGE, 2018), com uma vida útil de apenas 48 horas após a colheita em temperatura ambiente (23°C).

Contudo, o aumento da vida de prateleira dessa fruta é uma necessidade para o consumidor, com vista a possibilitar de expandir e flexibilizar a comercialização do caju, reduzindo custos na produção e perdas

pós-colheita. Nesse sentido, a realização de pesquisas voltadas à conservação pós-colheita deste fruto pode cooperar para o desenvolvimento de tecnologias que permitam aumentar sua conservação, conseqüentemente, garantindo um produto de maior qualidade para os consumidores e maiores lucros aos produtores.

A técnica dos recobrimentos comestíveis, é uma tecnologia alternativa para conservação pós-colheita de frutas, pois fornecem eficiência no controle da troca de gases, na oxidação dos frutos, na transferência de água, quando produzidos com matérias-primas adequadas para cada produto vegetal que se pretende conservar. Além disso, são considerados ecológicos e podem fornecer um revestimento protetor adicional que apresenta o mesmo efeito que o armazenamento com o uso de embalagens na modificação da composição interna de gases (Dhall, 2013).

Pesquisas voltadas ao desenvolvimento de novas matérias-primas têm sido estudadas como coberturas comestíveis em frutas, para a redução das perdas pós-colheita, pois são fundamentais para a economia (Assis et al., 2009), visando um aumento no período de estocagem desses produtos. Dentre os quais os polímeros compostos de polissacarídeos e lipídeos, que propiciam melhor estrutura e permeabilidade aos gases (Navarro-Tarazaga et al., 2008). Estudos estão sendo realizados com recobrimento comestível de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) e cera de abelha relatados na literatura para conservação de diferentes frutas (Formiga et al., 2019; Klangmuang e Sothornvit, 2018; Sothornvit e Klangmuang, 2015; Contreras-Oliva et al., 2012; Navarro-Tarazaga et al., 2011; Valencia-Chamorro et al., 2009; Navarro-Tarazaga et al., 2008; Navarro-Tarazaga e Pérez-Gago, 2006; Pérez-Gago et al., 2002) corroborando com a manutenção dos principais parâmetros físico-químicos, reduzindo a perda de peso, manutenção da firmeza, diminuindo a degradação e aumentando a vida de prateleira dos mesmos (Luvielmo e Lamas, 2012).

Essas pesquisas apresentam resultados promissores, despertando assim, o interesse em pesquisas voltadas para a aplicação no caju, visto que aplicação dessa tecnologia nesta fruta são escassas.

Dessa forma, o objetivo dessa pesquisa é avaliar a efeito de recobrimentos a base de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) com cera de abelha na conservação pós-colheita de caju em temperatura ambiente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma árvore pertencente à família das Anacardiaceae, nativa do nordeste brasileiro, na época dos colonizadores já estavam amplamente disseminados no litoral nordestino, presente em vegetação de praias, dunas e restingas. Depois foram encontradas outras espécies nos biomas Amazônia e Cerrado (Lima, 1998; Serrano Pessoa, 2016). Atualmente, encontra-se disseminado em vários países (Vidal, 2016).

No ano de 2016, a produção mundial do pedúnculo de caju, foi de cerca de 2 milhões de toneladas. Atualmente o Brasil lidera o ranking de produção com cerca de 132,6 mil toneladas, seguido por Madagascar com 75 mil e Mali com 70 mil toneladas de caju produzidos (FAOSTAT, 2018).

A região nordestina brasileira se destaca na produção da cajucultura, com destaque para o estado do Ceará com um volume de comercialização anual de aproximadamente 70 mil t ano⁻¹, no estado de São Paulo a CEAGESP (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo) de janeiro à julho de 2018 chegou a comercializar um volume de 673 toneladas de pedúnculos de caju (AGRINUAL, 2019).

O fruto do cajueiro é composto por uma parte denominada *castanha* (fruto), a qual é processada industrialmente (torrada) e apresenta maior relevância econômica, e outra parte denominada de pseudofruto ou pedúnculo de caju ou, simplesmente, *caju*, botanicamente denominado de hipocarpo também conhecido como maçã de caju (Pereira, 2019). A polpa do caju é consumida *in natura* e é bastante utilizado no preparo de doces, sucos, compotas e também está presente em cardápios de chefes conhecido por apresentar um sabor bem característico.

A qualidade do caju para o consumo está relacionada com sua coloração alaranjada a vermelha, boa firmeza, baixo teor de taninos, sabor doce (mínimo 10 °Brix), baixa acidez (0,3 a 0,4%) pH entre 3,8 a 4,4 (Filgueiras et al., 2002; Paiva e Barros, 2004).

O caju é classificado como um fruto não-climatérico, com baixa produção de etileno, apresenta uma alta atividade respiratória e ao contrário da castanha, a vida útil pós-colheita do pedúnculo não ultrapassa 24 horas, se armazenado em condições ambientais da região produtora, desprovidos de qualquer revestimento (Menezes e Alves, 1995; Moura et al., 2010).

O caju maduro apresenta cerca de 160 a 387 mg/100g de vitamina C, sendo uma fonte deste poderoso antioxidante, chegando a superar em três a quatro vezes o valor encontrado na laranja, cerca de 50 mg/100g (Menezes e Alves, 1995; Aguiar, 2001; Paiva et al., 2000). A importância nutricional do caju está associada ao conteúdo de vitamina C e de compostos fenólicos que ajudam a proteger as células do sistema imunológico contra os danos causados pelos radicais livres (Araújo et al., 2004).

Técnicas inadequadas de manejo para a cultura do caju, contribuem para uma perda de produção de aproximadamente 80% (Souza et al., 2016), sendo grande parte ainda na colheita. Algumas tecnologias têm sido aplicadas para estender o tempo de armazenamento e manter a qualidade e conservação pós-colheita desses frutos. Estudos realizados por Moura et al., (2010) utilizaram para a conservação do pedúnculo de caju o armazenamento sob refrigeração a 3 °C, com umidade relativa de 85% e atmosfera modificada cobertas com PVC para modificar a atmosfera e obtiveram um aumento de 14 dias na vida útil dos cajus. Figueiredo et al. (2007) estudando a aplicação pós-colheita de cálcio (0,5 e 2,0%) em combinação com atmosfera modificada com PVC e refrigeração 5 °C e 85% de umidade relativa, observaram que o uso do cálcio aumentou os teores de cálcio nos pedúnculos, apresentando maior resistência pós-colheita dos frutos. No estudo de Morais et al. (2002), o uso da refrigeração 5°C e 85% de umidade relativa com a atmosfera modificada de PVC (15 µm) proporcionou 15 dias de conservação para o clone 157 e de até 25 dias para os clones CCP-76 e END-183.

Dentre as principais técnicas para a conservação de frutas, o recobrimento comestível tem se demonstrado eficiente, para a conservação de frutas que apresentam alta taxa respiratória, trocas gasosas, perda ou ganho de água, como por exemplo a atemóia, essa técnica pode preservar algumas características físico-química da fruta. As coberturas ainda também têm sido usadas como uma alternativa e/ou complementar com a refrigeração para a conservação de frutas (Assis e Britto, 2014; Dhall, 2013).

Os polissacarídeos, as ceras e as proteínas ou a combinação desses compostos são as principais matérias-primas utilizadas como cobertura em frutas (Assis e Britto, 2014). Os polissacarídeos apresentam boas características na constituição do filme formando uma barreira aos gases, no entanto, por serem hidrofílicos, possuem baixa permeabilidade ao vapor d'água, não sendo eficientes na redução da perda de massa (Assis e Britto, 2014; Pérez-Gago et al., 2002). Por outro lado, as ceras, por serem hidrofóbicas, apresentam boa barreira à água e, portanto, são mais indicadas para frutos que apresentam alta taxa de transpiração, nas quais a perda da qualidade ocorre principalmente por perda massa fresca (Assis e Britto, 2014; Pérez-Gago et al., 2002), porém, sem a junção de outro componente, não forma boa barreira a gases, o que favorece a respiração dos frutos, não retardando o amadurecimento (Navarro-Tarazaga et al., 2007).

Portanto, no intuito de melhorar as características de barreira dos recobrimentos, a fim de prolongar a vida útil dos frutos na pós-colheita, mantendo sua qualidade nutricional e sensorial tem sido realizado estudos, buscando a utilização de novos materiais a exemplo dos recobrimentos compostos, onde se têm apresentado melhores resultados (Braga et al., 2017; Klangmuang e Sothornvit, 2018a, 2018b).

Os polissacarídeos que são derivados da celulose têm sido bastante utilizados nos últimos anos, pelo alto potencial de aplicação, biodegradabilidade e solubilidade em água e sua alta capacidade de formar filmes e revestimentos (Tosati, 2013).

O biopolímero a base de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) que é um hidrocolóide de éter de celulose solúvel em água, com boas propriedades de

formação de película (Osorio et al., 2011). Recobrimentos a base de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), são especificamente formulados para reduzir o fluxo gasoso de O₂ e CO₂, criando um ambiente capaz de retardar o amadurecimento do fruto ao inibir a expressão de gene ligados a senescência (McGuire e Hallman, 1995; Tran et al., 2015).

A presença de menores concentrações de oxigênio no recobrimento tem efeito inibitório na biossíntese de etileno, reduz a atividade respiratória, atrasando o amadurecimento e senescência de frutos (Chitravathi et al., 2014). No entanto, pequenas concentrações de oxigênio podem induzir a respiração anaeróbica, o que pode levar à produção de sabores e odores indesejáveis (Benítez et al., 2014). Por isso, deve-se levar em consideração a concentração que será utilizada na produção do recobrimento comestível a base de HPMC.

Esse material é empregado em recobrimentos comestíveis por apresentar habilidade gelatinosa (sob indução térmica), mesmo em pequenas concentrações (Maia et al., 2000; Sothornvit, 2009), sendo associado à cera de abelha que é um material hidrofóbico, a junção desses dois materiais e em diferentes concentrações, confere melhores características há este recobrimento (Pérez-Gago et al., 2002).

3. REFERÊNCIAS

AGRIANUAL: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: IEG / FNP Agribusiness intelligence, 2019.

Aguiar LP (2001) **β -caroteno, vitamina C e outras características de qualidade de acerola, caju e melão em utilização no melhoramento genético**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, p, 87.

Araújo C, Mufarrej L, Borges MA (2004) O poder de cura de vitaminas, minerais e outros suplementos. **Reader's Digest**, p. 44.

Assis OBG, Britto D (2014) Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Brazilian Journal of Food Technology** 17:87-97.

Assis OBG, Britto D, Forato LA (2009) O uso de biopolímeros como revestimentos comestíveis protetores para conservação de frutas in natura e minimamente processadas, *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, p. 23.

Benítez S, Soro L, Achaerandio I, Sepulcre F, Pujolá M. (2014) Combined effect of a low permeable film and edible coatings or calcium dips on the quality of fresh-cut pineapple. **Journal of Food Process Engineering** 37: 91-99.

Braga, L. A. C. et al. (2017) **Uso de Revestimento de Polissacarídeos de Algas Marinhas e Cera de Carnaúba na Conservação Pós-colheita de Mangas**. 140. ed. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical.

Chitravathi K, Chauhan OP, Raju PS (2014) Postharvest shelf-life extension of green chillies (*Capsicum annum* L.) using shellac-based edible surface coatings. **Postharvest Biology and Technology** 92: 146–148.

Contreras-Oliva A, Rojas-Argudo C, Pérez-Gago MB (2012) Effect of solid content and composition of hydroxypropyl methylcellulose – lipid edible coatings on physico-chemical and nutritional quality of ‘Oronules’ mandarins. **Journal of Science Food and Agriculture**, n. 92, p. 794–802.

Dhall, RK (2013) Advances in Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 53, n. 5, p. 435–450.

FAOSTAT (2020) Mangoes production in Brazil. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> > . Acesso em: 10 jan. 2020

Figueiredo RW, Lajolo FM, Alves RE (2007) Qualidade de pedúnculos de caju submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e armazenamento sob refrigeração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 475-482.

Filgueiras HAS, Alves RE, Menezes JB, Mais CE, Moura CFH, Pinto SAA, Figueiredo RWW, Mosca JL, Freire FCO, Melo QS (2002) **Características do pedúnculo para exportação (Caju Pós-colheita)**. Frutas do Brasil.

Formiga AS et al. (2019) Use of edible coatings based on hydroxypropyl methylcellulose and beeswax in the conservation of red guava ‘Pedro Sato’. **Food Chemistry**, v. 290, n. December 2018, p. 144–151.

IBGE. CONAB– Companhia Nacional de Abastecimento, 2018. Conjuntura Mensal – Castanha de caju. Disponível em < <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do->

mercado/historico-mensal-de-castanha-de-caju/item/12705-castanha-de-caju-analise-mensal-novembro-2019 >. Acesso em: 13 jan. 2020.

Klangmuang P, Sothornvit R (2018a) Active hydroxypropyl methylcellulose-based composite coating powder to maintain the quality of fresh mango. *LWT – Food Science and Technology*, v. 91, n. October 2017, p. 541–548.

Klangmuang P, Sothornvit R (2018b) Active coating from hydroxypropyl methylcellulose-based nanocomposite incorporated with Thai essential oils on mango (cv. Namdokmai Sithong). *Food Bioscience*, v. 23, n. October 2017, p. 9–15.

Lima VPMS (1998) Botânica do cajueiro. In: Lima, V. P. M. S. (Org.). **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB/ETENE, p. 15-61. 1998.

Luvielmo MM, Lamas SV (2012) Revestimentos comestíveis em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia** 8:8-15.

Maia LH, Porte A, Souza VFDE (2000). Filmes comestíveis: Aspectos gerais, propriedades de barreira a umidade e oxigênio. **B. CEPPA** 18: 105–128.

Martins VA, Margarido MA, Bueno CRF (2007) Alteração no perfil de compras de frutas, legumes e verduras nos supermercados e feiras livres na cidade de São Paulo. **Informações econômicas**. São Paulo, 37:2.

Mcguire RG, Hallman GJ (1995) Coating guavas with cellulose-or carnauba-based emulsions interferes with postharvest ripening. 30, n. 2, p. 294-295.

Menezes JB, Alves RE (1995) Fisiologia e Tecnologia pós-colheita do caju. Fortaleza: Embrpa-CNPAT. (EMBRPA-CNPAT. Documentos, 17).

Morais AS, Maia GA, Figueiredo RW, Alves RE, Filgueiras EAC, Moura CFH (2002) Armazenamento refrigerado sob atmosfera modificada de pedúnculos de cajueiro anão-precoce dos clones CCP-76, END-157, END-183 e END189. **Revista brasileira de fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 647-650.

Moura CFH, Figueiredo RW, Alves RE, Silva EO, Araújo PGL, Maciel, VT. (2010). Aumento da vida útil pós colheita de pedúnculos de cajueiro anão precoce pela redução da temperatura de armazenamento. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 140-145, jan./fev.

Navarro-Tarazaga ML et al. (2007) A New Composite Coating Containing HPMC, Beeswax, and Shellac for ‘Valencia’ Oranges and ‘Marisol’ Tangerines. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, v. 120, p. 228–234.

Navarro-Tarazaga ML, Massa A, Pérez-Gago MB (2011) Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (Cv. Angeleno). **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 10, p. 2328–2334.

Navarro-Tarazaga ML, Pérez-Gago MB (2006) Effect of Edible Coatings on Quality of Mandarins cv. Clemenules. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 119, p. 350–352.

Navarro-Tarazaga, ML et al. (2008) Fatty Acid Effect on Hydroxypropyl Methylcellulose - Beeswax Edible Film Properties and Postharvest Quality of Coated 'Ortanique' Mandarins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 10689–10696.

Osorio FA et al. (2011) Characteristics of hydroxy propyl methyl cellulose (HPMC) based edible film developed for blueberry coatings. **Procedia Food Science**, v. 1, n. 1, p. 287–293.

Paiva FFA, Garruti DS, Silva Neto RM (2000) **Aproveitamento industrial de caju**. Fortaleza: Embrapa-CNPT/SEBRAE/CE (Documentos), v. 88, p. 38.

Paiva JR, Barros LM (2004) **Clones de cajueiro: Obtenção, Características e perspectivas**, EMBRAPA CENTRO NACIONAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – CNPT, (Documentos), v. 82, p. 26.

Pereira EM. (2019) **Qualidade de brócolis e caju submetidos a atmosferas hiperbáricas**. p. 88 Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Pérez-Gago M-B, Rojas C, Río MA DEL (2002). Effect of Lipid Type and Amount of Edible Composite Coatings Used to Protect Postharvest Quality of Mandarins cv. Fortune. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 8, p. 2903–2910.

Serrano AL, Paula Pessoa PFA (2016) **Sistema de produção de caju: Aspectos econômicos do cajueiro** 2ªed. EMBRAPA- agroindústria tropical, 2ª ed.

Sothornvit R (2009) Effect of hydroxypropyl methylcellulose and lipid on mechanical properties and water vapor permeability of coated paper. **Food Research International** 42: 307–311.

Sothornvit R, Klangmuang P (2015) Active edible coating to maintain the quality of fresh mango. **Acta Horticulturae**, v. 1079, p. 473–480.

Souza KO, Viana RM, Siqueira OL, Moura CFH, Miranda MRA (2016) Preharvest treatment of growth regulators influences postharvest quality and storage life of cashew apples. **Scientia Horticulture**, 209, 53-60.

Tosati JV (2013) **Determinação da taxa de respiração de tomate cereja e da permeabilidade à gás de filme comestível a base de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC)**. 47 f. Dissertação (Mestrado em engenharia de alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Tran DT, Verlinden BE, Hertog M, Nicolaï BM (2015) Monitoring of extremely low oxygen control atmosphere storage of “Greenstar” apples using chlorophyll fluorescence. **Scientia Horticulturae** 184: 18–22.

Valencia-Chamorro, S. A. et al. (2009) Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) – lipid edible composite coatings on postharvest decay development and quality attributes of cold-stored ‘Valencia’ oranges. **Postharvest Biology and Technology**, v. 54, p. 72–79.

Vidal MF (2016) **Situação da cajucultura nordestina após a seca**. BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. Fortaleza. Caderno Setorial ETENE. Ano 1, n. 4, dezembro, 2016.

CAPÍTULO 2 - RECOBRIMENTO COMESTÍVEL A BASE DE HIDROXIPROPILMETILCELULOSE E CERA DE ABELHA NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE CAJU

Resumo - O caju é um fruto tropical muito apreciado, porém apresenta uma elevada perecibilidade que resulta em elevadas perdas e baixa qualidade fora das regiões produtoras. Assim, com objetivo de retardar a senescência e reduzir as perdas na qualidade pós-colheita, avaliou-se o efeito de recobrimentos a base de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) e cera de abelha nas concentrações 10, 20 e 40g.100g⁻¹ em cajus armazenados por seis dias em temperatura ambiente. Os recobrimentos foram efetivos no controle da senescência, manutenção da coloração, firmeza, sólidos solúveis, acidez, ratio, açúcares, ácido ascórbico, reduzindo a perda de massa e os teores de taninos dos frutos que foram revestidos. Os tratamentos com HPMC de 20 g.100g⁻¹ de cera de abelha é o mais indicado para possíveis aplicações comerciais, contribuindo com ganho de quatro dias na vida útil do caju.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale* L., HPMC, atmosfera modificada, qualidade

**CHAPTER 2 – EDIBLE RECOVERY BASED ON
HYDROXYPROPYLMETHYLCELLULOSE AND BEE
WAX IN CASH POST-HARVEST CONSERVATION**

Abstract – Cashew is a highly appreciated tropical fruit, but it has a high perishability that results in high losses and low quality outside the producing regions. Thus, in order to delay senescence and reduce losses in post-harvest quality, the effect of coatings based on hydroxypropylmethylcellulose (HPMC) and beeswax in concentrations 10, 20 and 40g.100g⁻¹ in stored cashews was evaluated, for six days at room temperature. The coatings were effective in controlling senescence, maintaining color, firmness, soluble solids, acidity, ratio, sugars, ascorbic acid, reducing the loss of mass and the tannin contents of the fruits that were coated. Treatments with HPMC of 20 g.100g⁻¹ of beeswax are the most suitable for possible commercial applications, contributing with a gain of four days in the cashew life.

Key words: *Anacardium occidentale L.*, HPMC, modified atmosphere, quality

1. INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma frutífera tropical nativa do Brasil e seu cultivo tem uma ampla importância socioeconômica e alimentar para a região Nordeste do país (Petinari e Tarsitano, 2002; Carneiro, 2019). O fruto do cajueiro é composto por duas partes totalmente distintas, a *castanha* (fruto), que representa apenas 10% do peso total do produto, e o hipocarpo (pseudofruto) usualmente conhecido como *caju* (Abreu et al., 2013). O caju é uma importante fonte de ácido ascórbico, compostos fenólicos, minerais e ácidos orgânicos (Akinwale, 2000; Michodjehoun-Mestres et al., 2009; Zepka et al., 2014).

A produção mundial de caju, no ano de 2016, foi de 2 milhões de toneladas. Nesse cenário o Brasil lidera o ranking de produção com cerca de 132,6 mil toneladas, seguido por Madagascar com 75 mil e Mali com 70 mil toneladas de caju produzidos (FAOSTAT, 2018). No Brasil, a região nordestina se destaca na produção dessa frutífera, com destaque para o estado do Ceará, com um volume de comercialização anual de aproximadamente 70 mil t ano⁻¹. No estado de São Paulo a CEAGESP (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo) de janeiro à julho de 2018 chegou a comercializar um volume de 673 toneladas de caju (AGRINUAL, 2019).

A maior dificuldade enfrentada pelos produtores de caju, visando principalmente o consumo *in natura*, é a vida útil pós-colheita, que é muito curta, sendo decorrente da estrutura do caju ser bastante delicada, e isso, associado à sua rápida perda de firmeza (Moura et al., 2010), pode comprometer quase que totalmente a comercialização deste produto.

Em temperatura ambiente a conservação pós-colheita do caju não ultrapassa 48 horas em razão da sua alta susceptibilidade ao ataque de microorganismos fitopatogênicos, responsáveis por um rápido processo fermentativo, favorecido pela elevada temperatura e umidade (Alcântara et al., 2009; Santos et al., 2011). Já com o armazenamento refrigerado a 3 °C, juntamente com embalagens de filme de PVC, os cajus CCP 76 chegaram a 18 dias (Moura et al., 2010). No entanto, o custo para a manutenção do

armazenamento refrigerado se torna alto, por apresentar valores elevados no gasto de energia. Portanto, faz-se necessário encontrar alternativas de tecnologias para a conservação pós-colheita desse pseudofruto, para que possa ter uma maior vida de prateleira e menor custo para manter a sua conservação.

Os revestimentos comestíveis podem ser considerados uma alternativa para a conservação desses produtos. Revestimento comestível é definido como a aplicação de uma fina camada de material comestível, aplicada ou formada sobre a superfície de um produto (Fakhouri et al., 2015). Como estes revestimentos passam a fazer parte do fruto, os materiais empregados devem ser atóxicos e seguros para o uso em alimentos (FDA, 2013).

Revestimentos comestíveis a base de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), vem sendo aplicados para este fim, em frutos e hortaliças. O HPMC é um polissacarídeo que apresenta excelentes propriedades para a formação de películas, as quais são barreiras eficientes à permeação de gases (Siepmann; Peppas, 2001), contribuindo para diminuir a troca gasosa do oxigênio e gás carbônico, havendo, conseqüentemente, a diminuição da respiração do fruto. Esse material quando combinado com material hidrofóbico, como cera de abelha, permite a formação de uma película semipermeável também ao vapor d'água, reduzindo a perda de massa e de firmeza (Pérez-Gago; Rojas e Río, 2002).

Pesquisas têm demonstrando que a utilização de recobrimento a base de HPMC e cera de abelha propiciaram aumento na conservação de goiabas (Formiga et al., 2019), tomates (Fagundes et al., 2015) e citros (Navarro-Tarazaga et al., 2007; Valencia-Chamorro et al., 2009; Contreras-Oliva; Rojas-Argudo e Pérez-Gago, 2012; Navarro-Tarazaga et al., 2007; Navarro-Tarazaga e Pérez-Gago, 2006; Pérez-Gago; Rojas e Río, 2002), além de produtos minimamente processado de berinjela (Pinsetta Júnior, 2018).

Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar os recobrimentos comestíveis a base de hidroxipropilmetilcelulose associado a cera de abelha na conservação da qualidade pós-colheita de cajus armazenados à temperatura ambiente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material Vegetal

Para a condução do experimento foram utilizados cajus da cultivar clone anão precoce CCP-76, que é uma cultivar que apresenta muita aceitação para consumo no interior paulista. Os frutos foram adquiridos em um pomar comercial na cidade de Taquaritinga, São Paulo (21°24'22" S e 48°30'17" W, 565m de altitude). Os frutos foram colhidos no estágio de maturação comercial, seguindo a classificação comercial da Ceagesp (2019) que são diâmetro, peso, coloração e aparência. Após a colheita, os frutos foram transportados para o Laboratório de Tecnologia de Pós-Colheita – LTPC, da FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal-SP, cerca de 30 km de distância do local de produção.

No laboratório os frutos ficaram cerca de 30 minutos em repouso para a dissipação do calor do campo. Depois do repouso, foram sanitizados em solução de Dicloro S. Triazinatriona Sódica Dihidratada (Sumaveg®) a 200 mg L⁻¹ por 15 minutos e deixados secar por aproximadamente 2 horas no local onde foram aplicados os tratamentos. Após a secagem, os frutos foram selecionados, visando dar maior uniformidade ao lote, para à aplicação dos tratamentos.

2.2 Recobrimento Comestível

2.2.1. Preparo das soluções e aplicação dos tratamentos

Os recobrimentos foram preparados conforme a metodologia descrita por Formiga et al. (2019). Para confecção dos recobrimentos foram preparadas soluções de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) 5 g 100g⁻¹ (m/m) (Methocel E15®, Dow Chemical, USA, apresentando uma viscosidade a 2% em água de 12-18 cP), dissolvendo-o sob agitação em um terço da água desionizada total utilizada (90°C). Após a total dissolução foi adicionado o restante da água (fria), seguido de resfriamento sob agitação em banho de gelo até atingir os 20°C.

No preparo das soluções filmogênicas foi adicionado ao HPMC 5 g 100g⁻¹, diferentes proporções de cera de abelha (CA) (Synth, Brasil) (10, 20 e 40g

100g⁻¹ em relação ao HPMC), ácido esteárico (Synth, Brasil) na proporção de 5:1 (Cera: Ac. esteárico) como emulsificante, glicerina (Synth, Brasil) na proporção de 2:1 (HPMC: mg de glicerol) como plastificante e água desionizada. A mistura foi aquecida em forno micro-ondas até alcançar a temperatura de 90 ± 2°C e homogeneizada durante 1 minuto a 12.000 rpm e 3 min a 24.000 rpm em microhomogeneizador (Marconi, modelo MA 102). A solução foi resfriada em banho de gelo sob agitação até atingir os 20°C, deixada em repouso durante 45 minutos e armazenada sob refrigeração. Os recobrimentos comestíveis utilizados apresentaram a concentração de sólidos finais de 6g 100g⁻¹ (Tabela 1).

Os caju foram imersos nas soluções por 1 minuto, de acordo com os seguintes tratamentos: [T1] Controle (água desionizada), [T2] HPMC: 10% CA, [T3] HPMC: 20% CA e [T4] HPMC: 40% CA. Em seguida, os frutos foram colocados para secar em temperatura ambiente (20 °C e 80% UR). Na sequência, foram distribuídos em bandejas de poliestireno e armazenados a temperatura de 21±1 °C e a umidade relativa de 75±10% (monitorada a cada 30 minutos com o registrador de dados HOBO Prov2 U-23-001), durante o período de seis dias.

Tabela 1. Recobrimentos comestíveis a base de HPMC e cera de abelha (g 100g⁻¹ MS)

Formulações	HPMC	Cera de abelha	Glicerol	Ác. Esteárico	Viscosidade (cP)
T2	58,7	10,0	29,3	2,0	211,30
T3	50,7	20,0	25,3	4,0	177,00
T4	34,7	40,0	17,3	8,0	58,22

*HPMC= hidroxipropilmetilcelulose

2.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 4 x 4, com três recobrimentos comestíveis e o controle (Controle (imersão em água), HPMC + 10% CA, HPMC + 20% CA, HPMC + 40% CA) e com quatro datas de amostragem (0, 2, 4 e 6 dias), o tratamento controle só foi avaliado até o 4 dia de armazenamento, por não apresentar

mais características adequadas para consumo. A unidade experimental foi composta por três repetições com três frutos cada, totalizando 144 cajus.

2.4 Análises físicas, químicas e bioquímicas

2.4.1. Perda acumulada de massa

Os frutos foram pesados em balança semi-analítica de 0,5 a 1000g $\pm 0,01$ g (Bel, modelo Mark L 1002, Brasil) A perda acumulada de massa foi calculada como sendo a diferença entre a massa inicial e a massa final do produto, dividida pela massa inicial. O valor foi expresso em porcentagem acumulada de perda de massa fresca.

2.4.2. Firmeza

A firmeza foi determinada com a utilização de penetrômetro (Impact, modelo IP-90DI, Brasil) com escala de leitura entre 5 e 200 N, utilizando uma ponteira de 6 mm. As leituras foram realizadas em quatro pontos da região central dos pedúnculos. Logo, os resultados foram expressos em Newton (N).

2.4.3. Análise de cor

A coloração da casca e da polpa foi medida utilizando um colorímetro portátil (Minolta Corp, modelo CR-400, Japão) com iluminante padrão D65, um ângulo observador de 0° e calibrado com uma cor padrão (branco), usando o sistema CIELab. Foram avaliadas a Luminosidade (L^* ; 0 = Preto, 100 = Branco), a Cromaticidade ($*C$) e o ângulo Hue (h°). Realizaram-se duas leituras na região equatorial na casca do fruto.

2.4.4. Clorofila Total

O teor de clorofila total foi determinado de acordo com o método descrito por Nagata & Yamashita (1992). A extração foi realizada a partir de 2 g da amostra, a qual foi adicionada em tubos de ensaio e adicionado 10 mL de extrator acetona:hexano na proporção 4:6. A mistura foi agitada em Vortex

(Phoenix Luferco, modelo AP56, Brasil). Deixou-se decantar por alguns minutos em sala escura, transferiu-se 3 mL do sobrenadante para cubetas de quartzo e procedeu-se a leitura em espectrofotômetro UV- Vis (Femto, modelo 700 plus, Brasil), a 453, 505, 645 e 663 nm. Os valores foram expressos em μg de clorofila total 100g^{-1} MF (massa fresca).

2.4.5. Acidez titulável, sólidos solúveis e ratio

Os teores de acidez titulável e sólidos solúveis foram determinados a partir do suco dos frutos, extraído utilizando processador de alimentos (Mondial, modelo Super Centrífuga Premium, Brasil). O suco foi extraído a cada dia de amostragem, a partir dos frutos de caju, dos respectivos tratamentos e imediatamente realizada as análises, em triplicata.

A análise de acidez titulável foi realizada por meio de titulação com NaOH 0,1 N de 1 mL do suco diluído em 50 mL de água desionizada, utilizando fenolftaleína 1% como indicador (AOAC, 1997). O volume gasto na titulação foi utilizado para o cálculo da quantidade de equivalentes gramas de ácido cítrico 100g^{-1} MF. A análise de sólidos solúveis foi realizada por meio de leitura de uma alíquota do suco, filtrado em algodão, em refratômetro digital modelo PR 101, sendo os resultados expressos em °Brix. Após, foi determinado o *ratio*, a partir da razão entre os teores de sólidos solúveis e acidez titulável.

2.4.6. Açúcares Solúveis

Os açúcares solúveis foram determinados de acordo com descrito por Yemm e Willis (2015), com modificações. As amostras foram maceradas em nitrogênio líquido, pesadas (0,075 g), diluídas em 25 mL de água desionizada, aferido em balão volumétrico sob proteção da luz. Em seguida, foram filtradas e uma alíquota de 0,1 mL do filtrado foi transferida para tubos de ensaio em banho de gelo, nos quais foram adicionados 0,9 mL de água desionizada e 2 mL de antrona. Os tubos com a mistura foram agitados em agitador de soluções (Phoenix Luferco, modelo AP56, Brasil), e em seguida levados ao banho-maria a 100 °C por 3 min. para reação. Após resfriamento as amostras foram transferidas para cubetas de quartzo e se realizou a leitura em

espectrofotômetro UV-Vis (Femto, modelo 700 plus, Brasil), em comprimento de onda de 620 nm. Os resultados foram expressos como g de glicose 100 g^{-1} MF.

2.4.7. Açúcares Redutores

Os açúcares redutores foram determinados pelo método calorimétrico do ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) (Vasconcelos, Pinto e Aragão, 2013), com modificações. O mesmo extrato de açúcares solúveis foi utilizado. Uma alíquota de 0,5 mL do filtrado foi transferida para tubos de ensaio em banho de gelo, nos quais foi adicionado 0,5 mL de DNS. Os tubos com a mistura foram agitados em agitador de soluções (Phoenix Luferco, modelo AP56, Brasil), e em seguida levados ao banho-maria a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 15 min. para reação. Após o resfriamento as amostras foram transferidas para cubetas de quartzo e se realizou a leitura em espectrofotômetro UV-Vis (Femto, modelo 700 plus, Brasil), a 540 nm. Os resultados foram expressos como g de glicose 100 g^{-1} MF.

2.4.8. Ácido Ascórbico

O teor de ácido ascórbico foi determinado a partir do suco do pedúnculo de caju, extraído conforme descrito no item 2.4.6, usando o reagente de Tillmans para titular uma alíquota de 1 mL de suco diluído em 50 mL de ácido oxálico (Zenebon, Pascuet e Tiglea, 2008). O volume de 2,6-diclofenolindofenol gasto na titulação foi aferido e o teor de ácido ascórbico foi calculado, sendo os resultados expressos em mg de ácido ascórbico 100 mL^{-1} MF.

2.4.9. Compostos fenólicos totais

O conteúdo de compostos fenólicos nos frutos de caju foi realizado de acordo com o método Folin-Ciocalteu (Waterhouse, 2006), com modificações. A extração foi realizada a partir de 0,50g das amostras maceradas em nitrogênio líquido, as quais foram diluídas em 25 mL de acetona 80%, aferidas

em balão volumétrico sob proteção da luz, e armazenados em refrigerador (5-10°C) por 24 horas. Após, as amostras foram filtradas e uma alíquota de 135 µL do filtrado foi transferida para tubos de ensaio, nos quais foram adicionados 1,990 µL de água desionizada e 125 µL de solução de Folin-Ciocalteu. Em seguida as amostras foram agitadas em agitador de soluções (Phoenix Luferco, modelo AP56, Brasil), deixadas em descanso por 5 min. e logo após 250 µL de carbonato de sódio foi adicionado, sequentemente de uma nova agitação, em seguida de repouso em banho-maria a 40 °C por 35 min. para a reação. Em seguida as amostras foram transferidas para cubetas de quartzo e a leitura foi realizada em espectrofotômetro UV-Vis (Femto, modelo 700 plus, Brasil), a 765 nm. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico 100 g⁻¹ MF.

2.4.10. Atividade antioxidante

A determinação da atividade antioxidante total foi realizada pelo método de 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH), proposto por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). A solução de DPPH foi preparada a 2×10^{-4} g mL⁻¹ (0,0100 mg de DPPH em 50 mL de etanol a 99,8%). Para a extração, as amostras foram maceradas em N2 líquido, pesadas e diluídas em 10 mL de etanol a 99,8% em tubo para centrífuga, e centrifugadas a 2.000 x g por 10 min a 5 °C. Alíquotas de 500 µL do sobrenadante foram combinadas com 3 mL de etanol P.A. Após a adição de 300 µL de DPPH 2×10^{-4} g mL⁻¹, homogeneização, os tubos de ensaios foram armazenados no escuro por 60 min. O controle negativo foi preparado com o DPPH a 0,3 mM em etanol para observar o decaimento do radical contra os antioxidantes doadores. A determinação foi realizada mediante leitura da absorbância a 517 nm e os resultados foram convertidos em porcentagem de atividade antioxidante (% DPPH reduzido = $\frac{((\text{Abs branco} - \text{Abs amostra}) / \text{Abs branco}) * 100}{1}$). Os resultados foram expressos em % de DPPH reduzido.

2.4.11. Taninos totais

Para a determinação de taninos totais presentes nos cajus utilizado o método de Pancera et al. (2003), onde usou-se 0,5g da amostra diluída em 50 mL de etanol e os resultados foram expressos em mg de ácido tânico por 100 g⁻¹ MF.

2.4.12. Peroxidação lipídica

Para o método seguiu o procedimento de Heath e Packer (1968). As amostras foram congeladas em N₂ líquido e pesado cerca de 1g, em seguida foram maceradas, combinadas com 4 mL de tampão TCA (1% p/v), homogeneizadas e centrifugadas a 10.000 giros por 10 min a 4 °C (Biofuge Stratos model, Heraeus, Hanau, Alemanha). A partir do sobrenadante, 1 mL foi pipetado e transferido para o tubo de ensaio, adicionando 3 mL de ácido tiobarbitúrico a 0,5% (p/v) em 20% (p/v) de TCA e incubando em banho-maria a 95 °C por 60 min. Os tubos foram mantidos por 10 min em banho de gelo para interromper a reação. As amostras foram então novamente centrifugadas durante 10 min a 10.000 x g. A absorbância do sobrenadante foi medida usando um espectrofotômetro UV-vis (Femto 700 plus, São Paulo - SP, Brasil) a 535 nm e 600 nm. Os resultados foram expressos como malondialdeído (MDA) por nmol de peso fresco (nmol 100g⁻¹ MF).

2.4.13. Atividade da Superóxido dismutase (SOD) (EC 1.15.1.1)

Essa análise foi realizada, conforme Beauchamp e Fridovich (1971). A reação foi obtida combinando-se 50 µL de extrato enzimático, 2 mL de 50 mmol L⁻¹ de tampão fosfato de sódio pH 7,8, 450 µL µmol L⁻¹ da mistura de p-nitro azul de tetrazólio (NBT) (33 µmol L⁻¹) e EDTA (0,66 mmol L⁻¹) (5:4), 0,5 mL da mistura de L-metionina (5 mmol L⁻¹) e riboflavina (1,65 mol L⁻¹) (1:1), totalizando um volume de 3,0 mL. Após iluminação dos tubos, com lâmpadas fluorescentes de 20 W, por 20 min, a 25 °C, a redução do NBT foi medida por leituras de absorbância, em espectrofotômetro UV – vis (Femto 700 plus, São Paulo - SP, Brasil), a 560 nm. A atividade da SOD foi expressa em U mg⁻¹ de proteína, em

que “U” representa a quantidade de enzima necessária para inibir em 50% a razão de redução do NBT.

2.4.14. Atividade da Catalase (CAT) (EC 1.11.1.6)

Para a determinação da atividade de Catalase, foi realizada na adaptação método de Kar e Mishra (1976). A reação foi obtida pela combinação de 150 μL da amostra extraída em tampão fosfato de potássio + EDTA + DTT + PVPP 100 mmol L^{-1} (pH 7,5). Um total de 1950 μL de tampão fosfato de potássio 100 mmol L^{-1} (pH 7,5) foi usado como tampão de determinação, 150 μL de tampão fosfato de potássio + EDTA + DTT + PVPP 100 mmol L^{-1} (pH 7,5) como tampão de extração e 750 μL de solução de peróxido de hidrogênio 50 mM como substrato enzimático. As leituras foram feitas usando um espectrofotômetro UV – vis (Femto 700 plus, São Paulo - SP, Brasil) a 240 nm de absorvância. A atividade específica da CAT foi expressa como proteína U kg^{-1} .

2.4.15. Atividade das Polifenoloxidase (PPO) (EC 1.10.3.1)

A análise foi determinada segundo protocolo descrito por Kar e Mishra (1976). O sistema de reação foi composto de 1 mL de extrato enzimático adicionando-se 0,1 mol L^{-1} de tampão acetato (pH 5,0) e catecol 0,1 mol L^{-1} e colocando-os em banho-maria durante 30 minutos acrescentando ácido perclórico, após este período, para paralisar a reação. A leitura foi realizada em absorvância no espectrofotômetro a 395 nm e a atividade expressa em $\mu\text{mol de catecol oxidado min}^{-1} \text{g}^{-1}$.

2.4.16. Enzima Álcool desidrogenase (ADH) (EC 1.1.1.1)

A extração para a determinação da atividade enzimática foi realizada como descrito por Fernández-Trujillo et al. (1999) com modificações. Para a extração da ADH, as amostras foram maceradas em N_2 Líquido, pesadas, novamente maceradas em almofariz com 2 mL de Tampão ME 100 mM (pH 6,5) contendo 1 g L^{-1} de PVP, 1 mM de sulfato de zinco heptaidratado, 1 mM de fluoreto em

algodão e centrifugado a 4.000 giros durante 60 minutos a 4 °C. O sobrenadante foi coletado e usado para a determinação da atividade da ADH. A atividade foi realizada conforme Ke et al. (1994) com modificações, a partir de uma mistura em cubetas de quartzo contendo 800 µL de tampão MES 100 mM (pH 6,5), 50 µL de NADH 1,6 mM, 100 µL de extrato enzimático, e 50 µL de acetaldeído 80 mM e as leituras foram monitoradas a 340 nm por 10 minutos, em espectrofotômetro UV-visível (Femto, modelo 700 plus, Brasil). Os resultados da ADH foram expressos em EU de ADH min⁻¹ g⁻¹ FM.

2.4.17. Antocianinas

A determinação de antocianinas seguiu a metodologia para análise de antocianinas (Francis, 1982), com adaptações. A extração foi realizada a partir de 2 g da amostra, que foi macerada com 5 mL de etanol:HCl, adicionada de mais 5 mL da solução utilizada na maceração e mantida sob refrigeração por 24h. Após esse período, as mostras foram centrifugadas por 5 minutos a 3000 g sob refrigeração (5 °C). O sobrenadante foi filtrado em papel filtro e uma alíquota foi transferida para uma cubeta de quartzo (3 mL) e realizada a leitura em espectrofotômetro UV-Vis (Femto, modelo 700 plus, Brasil), a 374 nm. Os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹ de MF.

2.5. Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando-se o teste F para verificar o efeito dos tratamentos. Foram realizadas análises de regressão polinomial para testar os efeitos linear e quadrático dos fatores nas variáveis avaliadas, sendo que, na escolha da equação de regressão, foram aceitas as equações que apresentaram pelo menos 5% de significância pelo teste F e coeficiente de determinação ($R^2 \geq 0,500$). O teste de Tukey ($P \leq 0,05$) foi utilizado para a comparação de médias entres os tratamentos e entre os dias de armazenamento. Para a análise estatística foi empregado o programa Agroestat versão 1.1 (Barbosa e Maldonado Júnior, 2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Coloração da epiderme

Quanto a luminosidade (L^*) houve diferença significativa ($P < 0.01$) entre os frutos do controle e os tratados com o recobrimento (Figura 1A). As médias de luminosidade (L^*) da epiderme dos frutos revestidos com HPMC e cera de abelha foram de 62,99, 60,51 e 58,63 para os tratamentos de HPMC 10%, 20% e 40%, respectivamente. Observa-se que com o decorrer do tempo de armazenamento houve redução nos dados de luminosidade dos frutos em comparação com os frutos do 1º dia de avaliação, nos tratamentos com maiores concentrações de cera de abelha (20 e 40%). Isso indica que, apesar de os revestimentos aplicados impedirem parcialmente a entrada de oxigênio, não foi suficiente para evitar a oxidação e escurecimento da polpa.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a luminosidade relaciona-se diretamente com a percepção da aparência pelo consumidor. Embora os tratamentos de 20% (T3) e 40% (T4) apresentarem o mesmo comportamento, o tratamento com o recobrimento de 20% foi o que obteve um melhor resultado na manutenção da luminosidade dos frutos de caju em todos os dias de armazenamento. Sendo o recobrimento de HPMC+20% de cera de abelha superou em 10% em relação ao tratamento controle no 4º dia de armazenamento.

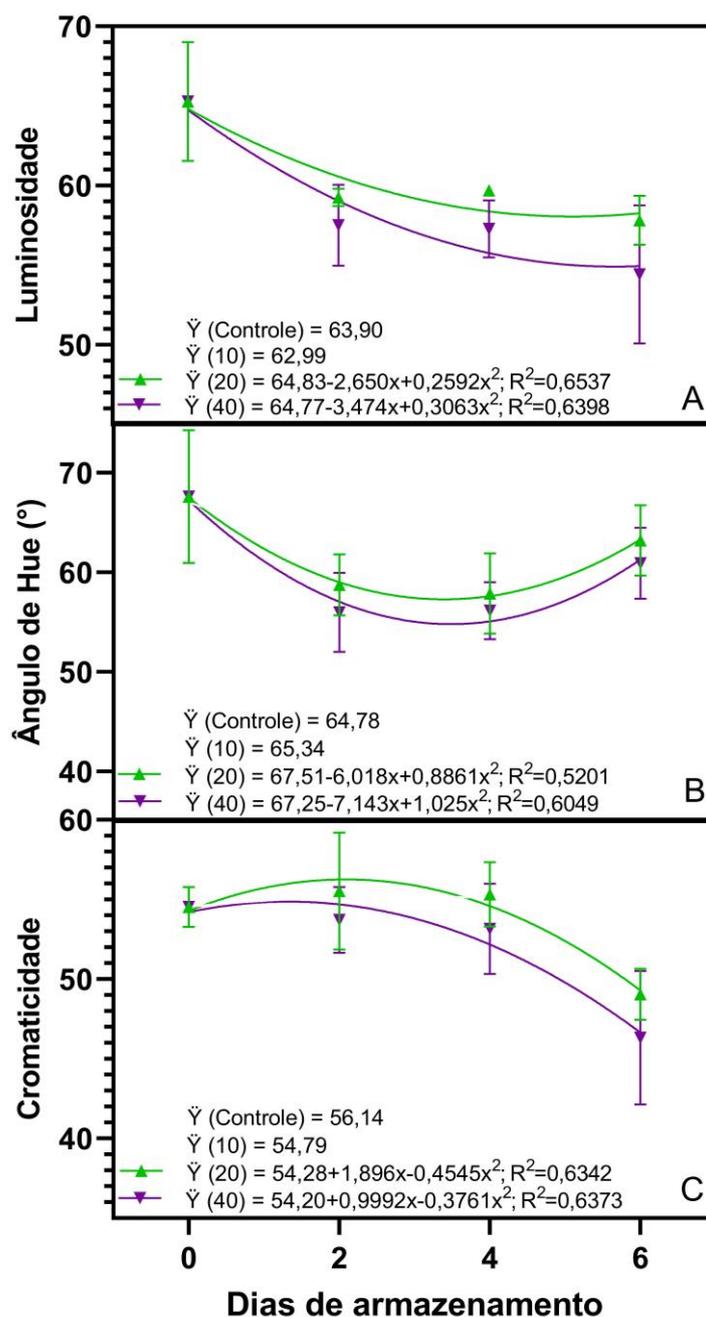


Figura 1. Efeito do recobrimento a base de HPMC e cera de abelha na evolução da luminosidade (A), ângulo de Hue (B) e cromaticidade (C) da epiderme de cajus armazenados durante seis dias a 21 °C. Controle - Sem recobrimento; 10 – HPMC + 10% de cera de abelha; 20 – HPMC + 20% de cera de abelha e; 40 – HPMC + 40% de cera de abelha.

Quanto os valores de ângulo Hue (h°) houve diferença significativa ($P < 0.01$) entre os frutos do controle e aqueles tratados com o recobrimento (Figura 1B). Observa-se que não houve diferença significativa entre os frutos revestidos com maior concentração de cera de abelha (20 e 40%). Ao longo dos dias de armazenamento observa-se tendência de redução do ângulo Hue até o 2º dia de armazenamento e, a partir do 4º dia de armazenamento, tendência de aumento, indicando que os frutos permaneceram com a coloração laranja-amarelado, sendo uma coloração esperada para os cajus anão precoce CCP-76. A diferença dos valores médios de ângulo Hue é considerada pequena, não representando diferenças estatísticas entre os dias.

Nos valores da cromaticidade da epiderme dos cajus, houve diferença significativa ($P < 0.01$) entre a média dos frutos controle com os frutos tratados com o recobrimento de HPMC e cera de abelha (Figura 1C). As médias para a cromaticidade dos frutos recobertos com HPMC e 20% e 40% de cera de abelha foram de 53,60 e 51,93. Apesar de os valores dos tratamentos controle e HPMC 10% não terem ajuste ao longo dos dias, percebe-se nos demais tratamentos (HPMC 20% e 40%) que os valores médios reduziram ao longo do armazenamento, indicando uma perda de brilho. Isso é explicado pelo processo de senescência dos vegetais e que após a colheita, tem início o processo de degradação de compostos responsáveis pela coloração.

Na Figura 2 percebe-se que ao longo da sua maturidade fisiológica, o caju CCP 76, apresenta pigmentos de cor laranja avermelhado e laranja-amarelo, que ao longo da senescência são degradados, adquirindo tonalidades pardas. Embora os cajus perdessem coloração vermelha ao longo do armazenamento, como também foi verificado por outros autores (Moura et al., 2001, Moura et al., 2005, Moura et al., 2008, Moura et al., 2010), os tratamentos com os recobrimentos apresentaram uma média de 26,93% superior que o tratamento controle nos frutos de caju, em relação ao valor da cromaticidade.

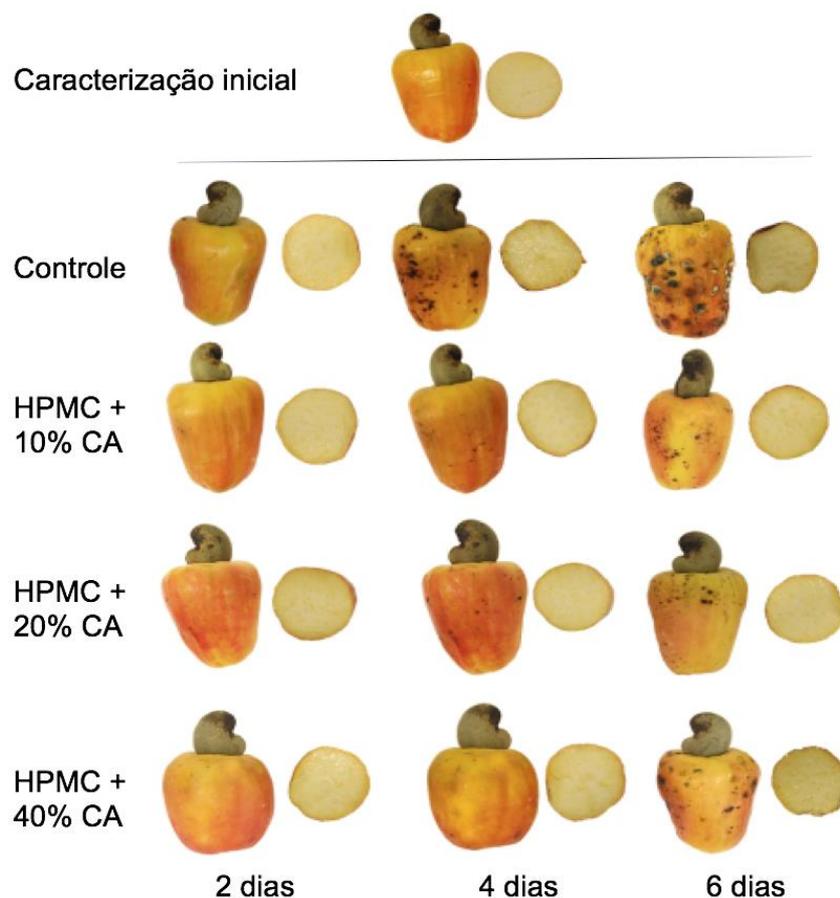


Figura 2. Caju revestidos com hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) e cera de abelha (CA) armazenados durante seis dias a 21°C.

3.2. Clorofila Total

Quanto os valores de clorofila total, observa-se que houve diferença significativa ($P < 0.01$) entre os frutos do controle em comparação aos frutos que foram revestidos com HPMC a 10%, 20% e 40% de cera de abelha. Esse efeito está associado, possivelmente, à modificação da atmosfera gerada pelos revestimentos, que reduz a quantidade de O_2 e aumenta CO_2 em torno dos frutos, limitando a oxidação da clorofila (Midmore, 2015). Havendo um aumento gradativo deste pigmento até o 4º dia de armazenamento, decrescendo em seguida, diferentemente do tratamento controle que apresentou uma perda mais acentuada dessa característica, já no 2º dia de armazenamento, registrando-se diferença de 223,18% em comparação com demais tratamentos no 4º dia de armazenamento. Os tratamentos apresentaram valores médios de

clorofila total de 360,63; 499,47 e 391,45 mg de clorofilas kg^{-1} MF, respectivamente, para os tratamentos com HPMC 10%, 20% e 40% de cera de abelha (Figura 2).

Na Figura 3 observa-se que o recobrimento com HPMC e 20% de cera de abelha demonstrou ser o mais eficiente, apresentando 196% a mais de clorofila em relação ao tratamento controle. A redução dos teores de clorofilas ao longo do armazenamento deve-se a sua degradação, síntese e/ou o surgimento de pigmentos coloridos como carotenoides, associados à atividade de enzimas como clorofilase que favorecem o aparecimento dos carotenoides (Pruzinská et al., 2005). Essa manutenção da clorofila no tratamento HPMC + 20% de cera de abelha é refletida em uma melhor aparência dos caju, apresentando maior frescor.

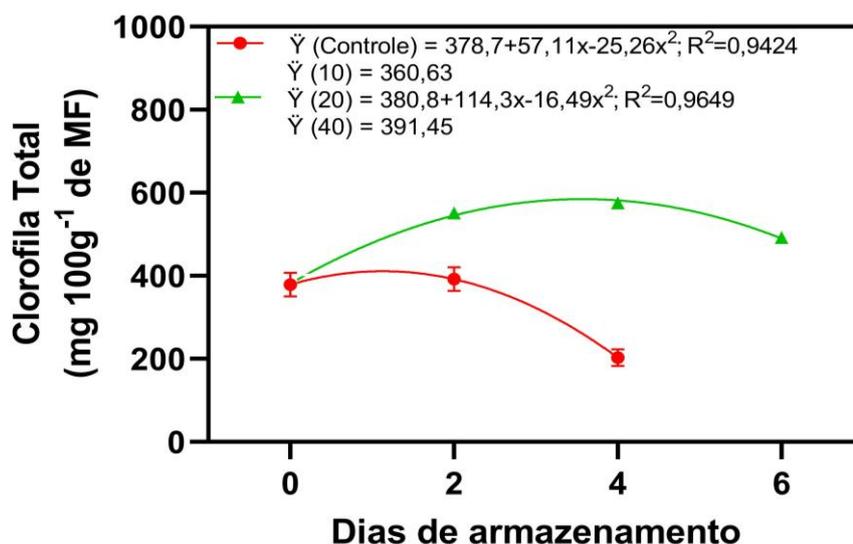


Figura 3. Efeito do recobrimento a base de HPMC e cera de abelha sobre a clorofila total da epiderme de caju armazenados durante seis dias a 21 °C. Controle - Sem recobrimento; 10 – HPMC + 10% de cera de abelha; 20 – HPMC + 20% de cera de abelha e; 40 – HPMC + 40% de cera de abelha.

3.3. Perda acumulada de massa fresca (PM) e firmeza.

Em relação aos valores de perda acumulada de massa fresca houve diferença significativa ($P < 0.01$) entre os frutos do controle em comparação com os frutos revestidos, durante os seis dias de avaliação. Observa-se (Figura

4A) que o tratamento com HPMC + 20% de CA que apresentou perda acumulada de massa fresca 43,8% menor, em média, em relação ao controle no 4º dia de armazenamento. Os demais tratamentos não apresentaram diferença significativa entre si.

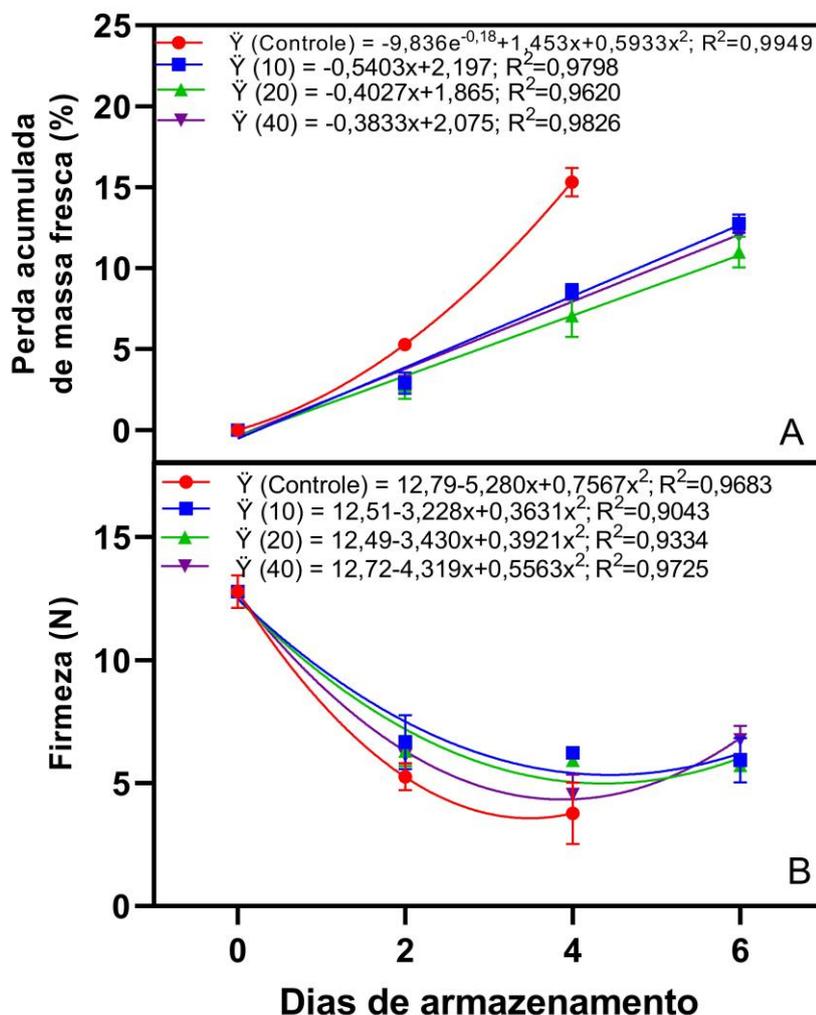


Figura 4. Efeito do recobrimento a base de HPMC e cera de abelha sobre perda acumulada de massa fresca (A) e firmeza (B) em caju armazenados durante seis dias a 21 °C. Controle - Sem recobrimento; 10 – HPMC+10% de cera de abelha; 20 – HPMC+20% de cera de abelha e; 40 – HPMC+40% de cera de abelha.

A perda progressiva de massa do vegetal ao longo do armazenamento deve ser atribuída, em grande parte, à perda de água pela transpiração do fruto, devido à diferença de pressão do vapor de água entre a atmosfera e a

superfície do fruto em que o recobrimento se encontra envolto (Murmu & Mishra, 2017). Esse efeito foi minimizado nos frutos de caju recobertos com HPMC+CA, pois este recobrimento forma uma película na superfície do fruto que atua na diminuição da perda do vapor de água do fruto para a atmosfera. Segundo Oliveira et al. (2018) a cera de abelha adicionada ao recobrimento atua como um agente hidrofóbico que dificulta a passagem do vapor de água para a atmosfera pelo recobrimento, diminuindo a perda de massa do fruto. Em estudo realizado em tangerinas, a perda de massa fresca foi significativamente menor em frutos recobertos com HPMC e 50% de cera de abelha, em comparação ao controle (sem recobrimento), chegando a uma redução de 28% (Pérez-Gago et al., 2002).

Quanto à firmeza dos frutos, verifica-se que houve diferença significativa ($P < 0.01$) entre os frutos do controle e aqueles que foram tratados com o recobrimento. Na Figura 4B observa-se que as três formulações de recobrimento (10%, 20% e 40%) não diferiram entre si e apresentaram as maiores médias de firmeza em relação aos frutos sem recobrimento. No 4º dia de armazenamento, os frutos recobertos apresentaram, em média, firmeza 44,82% maior em relação ao controle, permitindo a manutenção dos caju por mais dois dias de armazenamento. No 6º dia de avaliação pode-se observar um aumento na firmeza dos frutos em todos os tratamentos. Isso pode ser justificado pelo fato de, no amadurecimento, os frutos perderam água em suas células, apresentando uma polpa mais elástica, fazendo com que ocorra um aumento a resistência da polpa e conseqüentemente aumentando a firmeza desses frutos.

A firmeza é um dos principais atributos que o mercado consumidor busca nas frutas e hortaliças, pois ela está diretamente relacionada com o tempo de vida pós-colheita. Paula (2017) estabelece que caju que apresentam valor de firmeza menor que 3 N estão impróprios para a comercialização. Desta forma, os caju que foram submetidos ao recobrimento com HPMC e cera de abelha de 10%, 20% e 40% permaneceram apropriados para a comercialização até o 6º dia de armazenamento, representando um ganho de quatro dias na pós-colheita dos frutos, como pode ser observado na Figura 2.

É possível afirmar que a atmosfera modificada criada no interior dos frutos com recobrimento, retardou os processos metabólicos, contribuindo para maior firmeza dos caju, prolongando a vida útil à temperatura ambiente. Resultados semelhantes foram observados para goiabas 'Pedro Sato' revestidas com HPMC e cera de abelha, em que o recobrimento com 20% de cera permitiu um ganho de seis dias na vida útil dos frutos, permitindo a comercialização por até 8 dias em temperatura ambiente (Formiga et al., 2019).

3.4. Acidez titulável, sólidos solúveis e ratio

Quanto ao conteúdo de ácidos orgânicos houve diferença significativa ($P < 0.01$) entre os frutos de caju do controle e os que foram recobertos com HPMC e cera de abelha. Observa-se que na Figura 5A no 4º dia de armazenamento os caju do controle apresentaram menor média comparada aos caju recobertos, conseqüentemente, menor acidez. Os caju dos tratamentos HPMC + 10% e 40% de cera de abelha mantiveram, respectivamente, acidez titulável cerca de 18% e 12% superiores ao controle no 4º dia de armazenamento (Figura 5A). Já no 6º dia de armazenamento os recobrimentos apresentaram uma média de 0,27; 0,29 e 0,28 g de ac. cítrico 100 g⁻¹ MF para os recobrimentos de 10, 20 e 40% de cera de abelha, respectivamente. A maior quantidade de ácidos orgânicos nos caju com recobrimento está relacionada à menor utilização dos ácidos orgânicos como substrato no metabolismo respiratório, o que denota retardo da senescência (Batista-Silva et al., 2018; Zakir et al., 2018). Estes dados corroboram com estudo realizado por Moura et al. (2010), com caju dos clones CCP-76 e END-183, revestidos com filmes plásticos e armazenados sob refrigeração, constatando pequena redução na acidez.

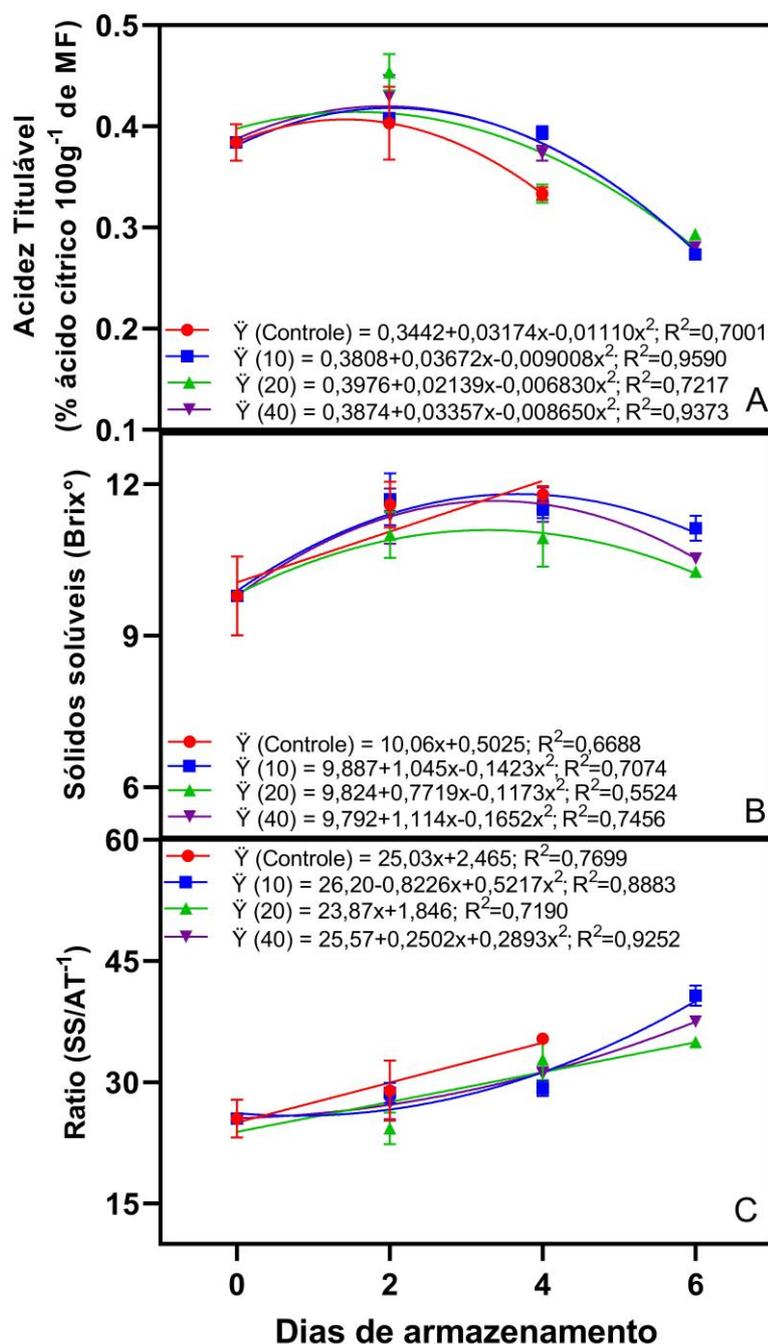


Figura 5. Efeito do recobrimento a base de HPMC e cera de abelha nos teores de acidez titulável (A), sólidos solúveis (B) e *ratio* (C) da polpa de cajus armazenados durante seis dias a 21°C. Controle - Sem recobrimento; 10 – HPMC+10% de cera de abelha; 20 – HPMC+20% de cera de abelha e; 40 – HPMC+40% de cera de abelha.

Em relação ao teor de sólidos solúveis houve diferença significativa ($P < 0.01$) para os frutos do controle e os frutos que foram aplicados os recobrimentos. Observa-se na Figura 5B os tratamentos apresentaram valores médios de 11,03; 10,49 e 10,82 para HPMC + 10%, HPMC + 20% e HPMC + 40% de cera de abelha, respectivamente. Observou-se que o tratamento de HPMC + 20% de cera de abelha, apresentou o menor teor de sólidos solúveis durante o armazenamento, evidenciando que o processo de senescência do caju não foi completamente interrompido pelos recobrimentos aplicados. Assim, pode configurar a redução do metabolismo enzimático dos processos de conversão do açúcar, que é responsável pela elevação do teor de sólidos solúveis (Faasema, Alakali e Abu, 2014), e, conseqüentemente, do *ratio*, caracterizando o amadurecimento dos frutos.

Na Figura 5C, observa-se um aumento na relação sólidos solúveis/acidez titulável (*ratio*) dos pedúnculos durante o período de armazenamento, passando de 25 para cerca de 40 aos seis dias de armazenamento. Essa elevação deve-se a redução dos ácidos orgânicos e manutenção dos sólidos solúveis elevados.

Quanto ao *ratio*, houve diferença significativa ($P < 0.01$) entre os frutos do controle e os frutos que foram submetidos aos tratamentos (Figura 5C) os quais apresentaram valores médios de *ratio* de 31,03; 29,41 e 30,37 para HPMC + 10%, 20% e 40% de cera de abelha, sendo o revestimento com HPMC + 20% de cera de abelha que apresentou o melhor resultado, que os demais tratamentos, onde a menor relação de sólidos solúveis (Figura 5B) e acidez (Figura 5A) demonstra um controle na senescência dos frutos de caju.

O *ratio* é um indicador do ponto de colheita de alguns frutos, também é uma das formas mais utilizadas para avaliar o sabor das frutas, por proporcionar uma ideia do equilíbrio entre o doce e o ácido (Chitarra e Chitarra, 2005). No estudo realizado por Gomes et al. (2006), foi observado em caju do clone CCP-76, que reúne as melhores características para o consumo de mesa, médio da relação SS/AT igual a 54,78, maior do que os registrados na presente pesquisa.

3.5. Açúcares solúveis e redutores

Nos teores de açúcares solúveis (Figura 6A) e açúcares redutores (Figura 6B) observa-se que houve diferença significativa ($P < 0.01$) entre os frutos do tratamento controle e os frutos dos tratamentos que foram recobertos com HPMC + 10%, 20% e 40% de cera de abelha.

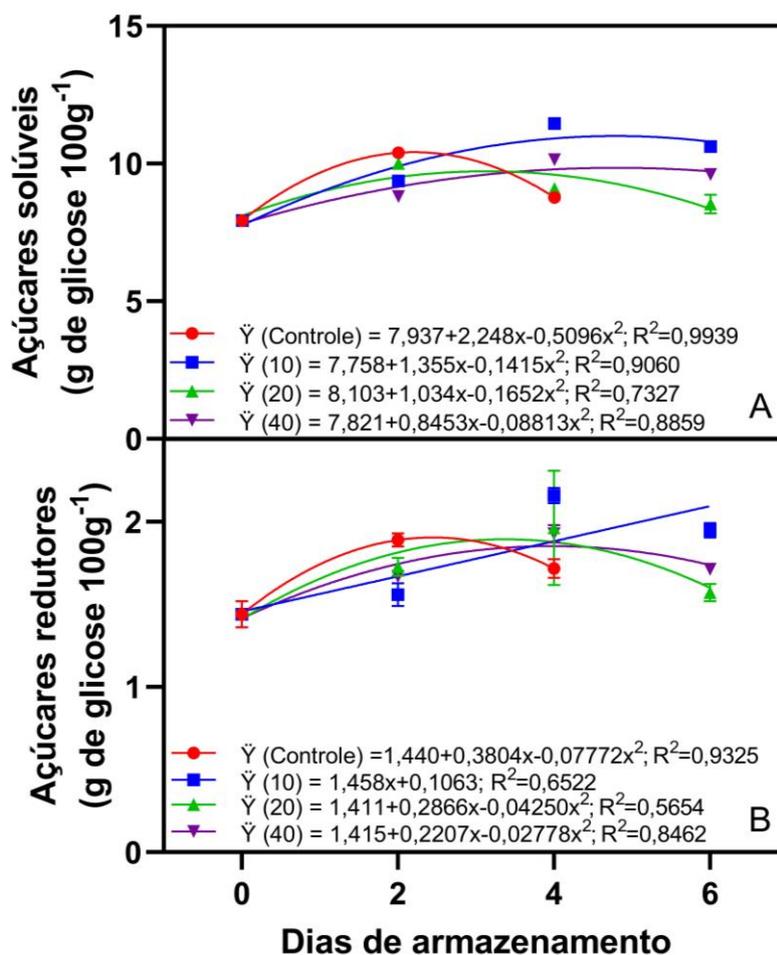


Figura 6. Efeito do recobrimento a base de HPMC e cera de abelha nos teores de açúcares solúveis (A) e açúcares redutores (B) da polpa de cajus armazenados durante seis dias a 21°C. Controle - Sem recobrimento; 10 – HPMC+10% de cera de abelha; 20 – HPMC+20% de cera de abelha e; 40 – HPMC+40% de cera de abelha.

O teor de açúcares solúveis (Figura 6A) e de açúcares redutores (Figura 6B) dos cajus, no tratamento controle, apresentou uma tendência crescente até o segundo dia de armazenamento com incremento de 31,02% de açúcares

solúveis e 31,25% de açúcares redutores em comparação ao início do armazenamento. A partir de então, inicia a redução do teor de açúcares o que pode estar associada à conversão do amido em açúcar até o segundo dia de armazenamento, quando então os açúcares passam a ser consumidos como fonte de energia para os processos metabólicos do fruto. Segundo Singh et al. (2013) nos frutos que apresentam um estágio de senescência avançado, ocorre a degradação de enzimas responsáveis pela hidrólise do amido e conseqüentemente há redução do consumo de açúcares pelo processo respiratório.

O mesmo se aplica para os frutos com recobrimento, no entanto, o consumo do açúcar pelo fruto só inicia no quarto dia de armazenamento, implicando em maior vida útil. Assim, o recobrimento atua como uma barreira que ao diminuir as trocas gasosas, atrasa o processo de maturação dos frutos, garantindo ganho de até quatro dias na vida útil.

O tratamento com HPMC+10% de cera de abelha apresentou os maiores conteúdos de açúcares solúveis e açúcares redutores ao longo do armazenamento, com tendência crescente dos valores até o 4º dia de avaliação e com uma pequena redução no 6º dia de armazenamento (Figura 9A e 9B). No 6º dia de armazenamento os frutos recobertos com HPMC + 20% de cera de abelha apresentaram os menores valores entre os demais tratamentos, tanto de açúcares solúveis (9,09 g de glicose 100g⁻¹ MF) quanto de açúcares redutores (1,57 g de glicose 100g⁻¹ MF) sendo valores semelhantes aos frutos do controle no 2º dia de armazenamento. Isso corresponde a um ganho de no mínimo quatro dias de comercialização desses frutos.

Isso ocorre porque o filme modifica a atmosfera gasosa no interior do fruto, reduzindo os níveis de O₂ que entram e de CO₂ que saem, resultando em redução do metabolismo, o que em condições de equilíbrio adequado retarda a senescência (Chitarra e Chitarra, 2005; HOJO et al., 2007). Segundo Maia et al. (2004) em estudo de caracterização química de diferentes clones de cajueiro anão precoce (CCP-76, CCP-01 e CCP-06) encontraram teor de açúcar solúveis total igual a 9%, para o clone CCP-76. No presente estudo, no tempo inicial de armazenamento, o conteúdo de açúcar total foi 8% (Figura 6A).

3.6 Compostos bioativos

Quanto ao teor de ácido ascórbico houve diferença significativa ($P < 0.01$) nos frutos que foram recobertos com HPMC + 10%, 20% e 40% de cera de abelha e os frutos do tratamento controle (Figura 7A).

Observa-se na Figura 7A. que houve uma tendência no aumento de ácido ascórbico até o 2º dia de armazenamento, principalmente nos frutos do controle e os frutos recobertos com HPMC+40% de cera de abelha. Já no 4º dia de armazenamento, os cajus do controle e os do tratamento com HPMC + 40% mantiveram alto teor de ácido ascórbico. O aumento desse teor nesses frutos pode ter ocorrido devido a necessidade de o fruto desintoxicar os tecidos de espécies reativas de oxigênio (EROS) produzidas durante o amadurecimento/senescência (Gomez e Lajolo, 2008; Jiang et al., 2018). Para isso, verifica-se que os frutos do tratamento controle, apresentou as maiores concentrações de açúcares (Figura 5B, 6A e 6B), facilitando a síntese de ácido ascórbico via glicose que por sua vez aumentaram o teor deste composto (Conklin, 2001). Enquanto os frutos dos demais tratamentos de HPMC + 10 e 20% de cera de abelha mantiveram os teores mais estáveis (Figura 7A), indicando que o metabolismo foi reduzido e, conseqüentemente, houve um atraso na senescência dos cajus.

O ácido ascórbico está associado à defesa ao estresse oxidativo dos frutos, portanto, a elevação do teor deste ácido no início do armazenamento pode estar relacionada a processos oxidativo que induziram a sua síntese, enquanto a posterior redução pode decorrer do processo oxidativo deste ácido (García-Batanzos et al., 2017). O caju é fonte de vitamina C, com níveis bem maiores comparados a outras frutas como o morango, manga e abacaxi (Crecente-Campo et al., 2012; Hong et al., 2013; Khaliq et al., 2015), assim, mesmo com diminuição no teor de vitamina C registrados ao longo do armazenamento, estes frutos ainda apresentam estes níveis superiores aos encontrados em laranjas armazenadas sob refrigeração (48,86 - 63,66 mg 100g⁻¹) (Rapisarda et al., 2008).

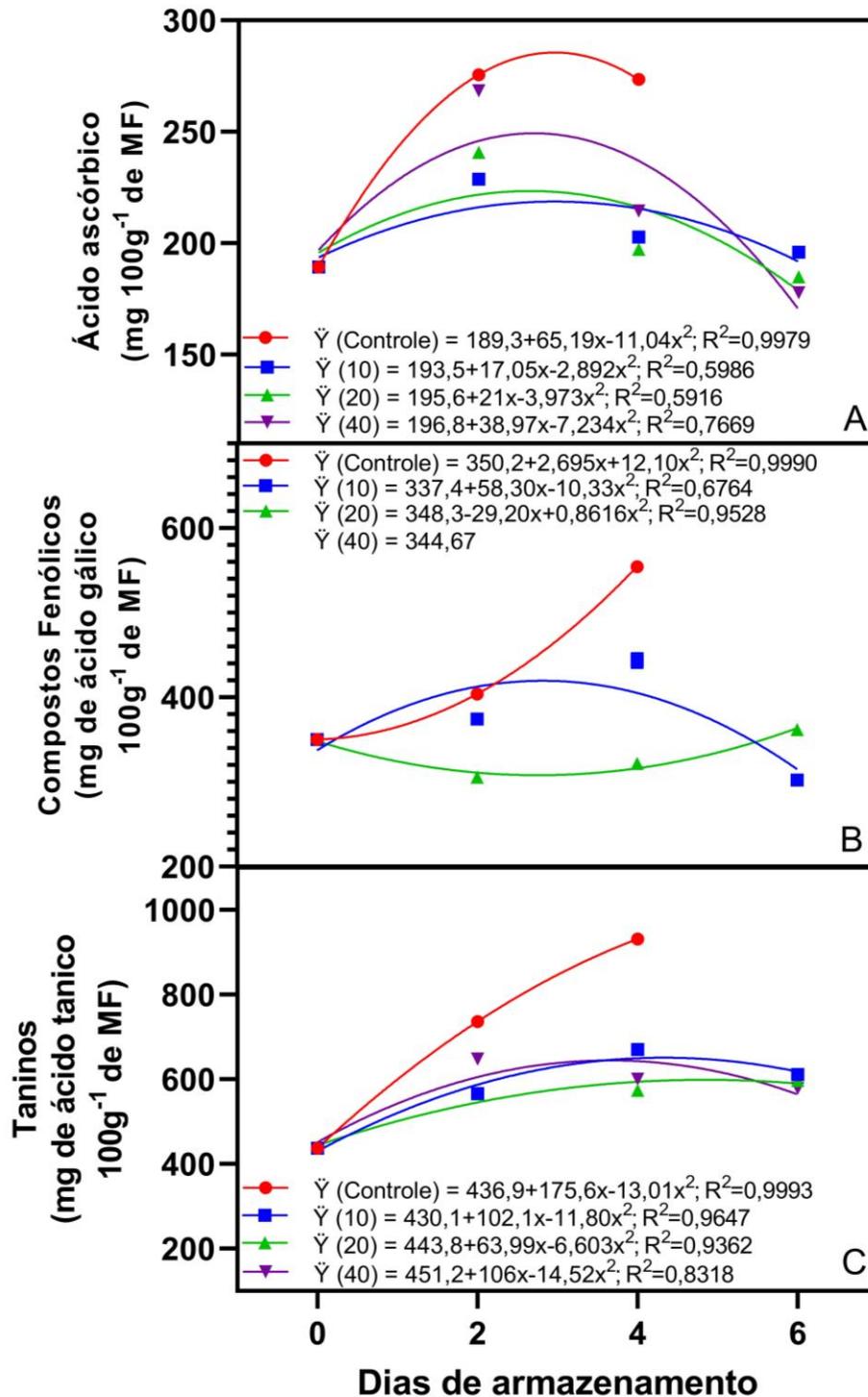


Figura 7. Efeito do recobrimento a base de HPMC e cera de abelha nos teores de ácido ascórbico (A), compostos fenólicos (B) e taninos (C) da polpa de cajus armazenados durante seis dias a 21°C. Controle - Sem recobrimento; 10 – HPMC+10% de cera de abelha; 20 – HPMC+20% de cera de abelha e 40 – HPMC+40% de cera de abelha.

Quanto à relação ao conteúdo de compostos fenólicos (CF) verifica-se que houve diferença significativa ($P < 0.01$) entre os frutos do tratamento controle e os frutos que foram recobertos com HPMC e cera de abelha. Na Figura 7B observa-se que os tratamentos, controle e HPMC + 10% de cera de abelha apresentaram tendência de aumento dos CF até o 4º dia de armazenamento. O tratamento com 20% de CA apresentou estabilização de conteúdo de compostos fenólicos até o quarto dia, seguida de um aumento, no sexto dia de armazenamento, obtendo a menor média de compostos fenólicos cerca de 334,79 mg de ácido gálico 100^{-1} g de MF. Este tratamento parece ter criado barreiras mais flexíveis ao fluxo de O_2 e CO_2 , retardando de forma mais equilibrada a senescência dos cajus, conforme também observado para os teores de vitamina C (Figura 7A). O aumento nos valores de compostos fenólicos nos frutos do tratamento controle pode ter ocorrido em função da ativação do mecanismo de defesa dos frutos, causado pela ocorrência de patógenos, juntamente com a perda de água dos frutos, por ocasião da senescência como pode ser observado na Figura 2.

Em relação ao teor de taninos totais houve diferença significativa ($P < 0.01$) entre os frutos do tratamento controle e os frutos dos recobrimentos a base de HPMC e cera de abelha (Figura 7C). Ao longo do armazenamento foi o tratamento controle que apresentou maior tendência de aumento, logo apresentou as maiores médias comparado aos demais tratamentos, com cerca de 931,22 mg ácido tânico $100g^{-1}$ de MF. Provavelmente, em função da maior ocorrência de fitopatógenos como pode ser observado na Figura 2, uma vez que os taninos agem como barreira aos microrganismos durante a pós-colheita de alguns frutos.

Os cajus com recobrimento de HPMC + 10, 20 e 40% de cera de abelha mantiveram o teor de taninos com médias, respectivamente, de 670,33; 573,60 e 600,06 mg de ácido tânico $100g^{-1}$ de MF, apresentando leve aumento até o 4º dia de armazenamento com redução subsequente para os tratamentos HPMC + 10% de cera de abelha e HPMC + 40% de cera de abelha (Figura 7C). Observa-se que o recobrimento com HPMC + 20% de cera de abelha foi o tratamento que apresentou uma tendência de crescimento contínuo até o

último dia de armazenamento e o menor teor de taninos comparado aos demais tratamentos, em função da menor presença de patógenos nos frutos.

Em estudo realizado com caju, Michodjehoun-Mestres et al. (2009), encontraram teores de taninos de $500 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ MF em clone CCP-76, assim que colhidos, condizendo com os valores de taninos deste trabalho. Os taninos são compostos químicos responsáveis pela adstringência do caju. Logo, a redução da adstringência do caju é um processo benéfico, uma vez que ela provoca uma sensação táctil, na qual a lubrificação normal da superfície da boca é prejudicada devido à precipitação das proteínas salivares (Lyman e Green, 1990). Desta forma, a aplicação de recobrimentos comestíveis com HPMC + cera de abelha parece reduzir a adstringência em comparação com os frutos do controle. Assim, pode-se considerar que o recobrimento é uma tecnologia de baixo custo que permite reduzir essa característica indesejável nos frutos de caju.

3.8. Antocianinas

Quanto o teor de antocianinas verifica-se que houve diferença significativa ($P < 0.01$) entre os frutos do tratamento controle e os frutos dos tratamentos que foram recobertos com HPMC + 10%, 20% e 40% de cera de abelha.

Ao longo do armazenamento o tratamento controle foi o que apresentou maior tendência de aumento, como pode ser observado na Figura 8. Logo, apresentou as maiores médias, comparado aos demais tratamentos, com cerca de $4,62 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ de MF no quarto dia de armazenamento. O tratamento com o recobrimento de HPMC + 10% de cera de abelha apresentou os maiores conteúdos de antocianinas ao longo do armazenamento, com tendência crescente dos valores até o último dia de avaliação, em comparação com os demais recobrimentos. Logo, os tratamentos retardaram a degradação da antocianina, pois provavelmente, no caju ocorre a síntese desses pigmentos.

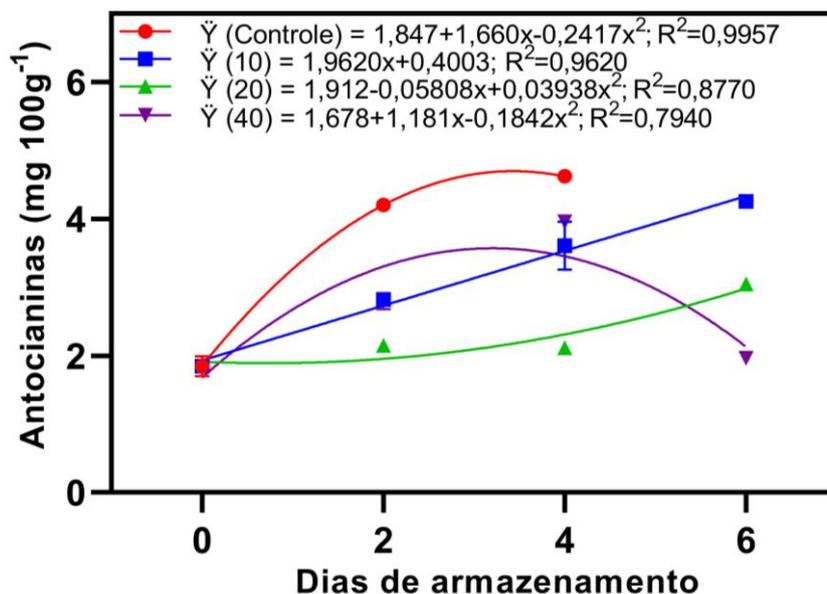


Figura 8. Efeito do recobrimento a base de HPMC e cera de abelha na atividade de antocianinas da polpa de cajus armazenados durante seis dias a 21°C. Controle - Sem recobrimento; 10 – HPMC+10% de cera de abelha; 20 – HPMC+20% de cera de abelha e; 40 – HPMC+40% de cera de abelha.

O recobrimento de HPMC + 10% de cera de abelha, apresentou uma média de 90% maior em comparação com os recobrimentos de HPMC + 20% e 40% de cera de abelha. Os teores de antocianinas encontrados neste trabalho variaram de 1,70 a 4,30 mg 100g⁻¹ MF, e são coerentes com os valores observados em cajus por Lopes et al. (2012) e Pereira (2019). A presença da coloração vermelho-alaranjado nos clones de caju CCP-76 é especialmente devido ao aumento da quantidade de antocianinas presente nestes frutos (Agostini-Costa et al., 2000). A síntese/degradação das antocianinas podem ser afetadas pelos níveis de O₂ e CO₂ que está relacionado com a atividade das enzimas de biossíntese desse pigmento (Miguel et al., 2004). Com os resultados encontrados nesta pesquisa pode-se afirmar que os recobrimentos de HPMC + 10% e 20% de cera de abelha não afetaram a produção de antocianinas nos frutos de caju.

3.9. Atividade antioxidante

Quanto à atividade antioxidante houve diferença significativa ($P < 0.01$) dos frutos que foram recobertos com HPMC e cera de abelha e os frutos do tratamento controle. A atividade antioxidante, que foi determinada a partir do consumo do radical livre DPPH, apresentou um comportamento decrescente ao longo de todo o armazenamento para os frutos revestidos, enquanto que nos do controle, houve redução até o segundo dia, seguida de elevação no quarto dia (Figura 9).

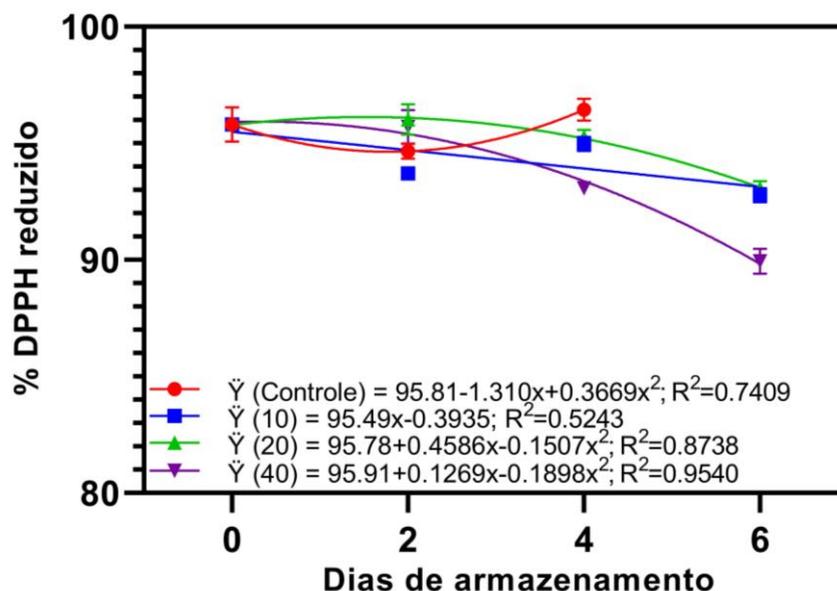


Figura 9. Efeito do recobrimento a base de HPMC e cera de abelha sobre a atividade antioxidante da polpa de cajus armazenados durante seis dias a 21°C. Controle - Sem recobrimento; 10 – HPMC+10% de cera de abelha; 20 – HPMC+20% de cera de abelha e 40 – HPMC+40% de cera de abelha.

Os recobrimentos com HPMC e 10% e 20% de cera de abelha, apresentaram, no 6° dia de armazenamento, apresentando médias de 92,77 e 93,08 da % de DPPH reduzido, mantendo cerca de 97% na conservação de antioxidante em comparação com os valores encontrados no 1° dia de avaliação, indicando que os recobrimentos manteve a capacidade antioxidante desses frutos e, conseqüentemente, não restringiram as atividades metabólicas dos frutos de caju, contribuindo para maior vida útil da fruta, mas sem comprometer sua qualidade nutricional. Estudo realizado por Queiroz et al. (2011) utilizando a metodologia da atividade antioxidante de DPPH, classificou

o caju como uma fruta de alta capacidade antioxidante e Rufino et al. (2010), ao analisar 18 frutos brasileiros, afirmam que o caju apresenta média atividade antioxidante.

3.10. Peroxidação lipídica

Quanto a peroxidação lipídica observa-se que houve diferença significativa ($P < 0.01$) entre os tratamentos do controle e com os frutos que foram recobertos com HPMC + 10, 20 e 40% de cera de abelha, determinada pelo teor de malondialdeído (MDA). O malondialdeído é utilizado como um indicador do estresse oxidativo por ser uma espécie reativa ao oxigênio, derivado da peroxidação de lipídeos.

Percebe-se (Figura 10) que houve um aumento acentuado no 4º dia de armazenamento para os frutos do controle, cerca de 65% maior que os valores encontrados na primeira avaliação. Já o tratamento com o recobrimento de HPMC e 10% de cera de abelha, apresentou uma tendência de aumento no 2º dia de armazenamento e foi reduzindo ao longo do armazenamento (Figura 10). Não havendo a elevação do teor de malondialdeído nos frutos de cajus submetidos ao recobrimento de HPMC e cera de abelha, os resultados sugerem que o tratamento foi eficiente na redução do processo oxidativo. Resultados semelhantes foram observados em morangos com revestimento comestível de quitosana (Petriccione et al., 2015) e em mangas com revestimento comestível de galactomanana (Aguiar et al., 2011).

O aumento do MDA ao longo do armazenamento, está associado aos processos de senescência dos frutos, pois é produto dos processos bioquímicos que ocorrem nessa fase, resultando em aumento de produtos da peroxidação (Aguiar et al., 2011), quando há um desequilíbrio entre a produção de espécies reativas ao oxigênio (EROS) e as de defesa antioxidante em qualquer compartimento celular (Foyer e Noctor, 2000), sendo este um processo que pode ocorrer em qualquer organismo vivo, podendo desencadear lesões nas células (Gill e Tuteja, 2010), resultando na ruptura da membrana celular ocasionando danos na permeabilidade da célula e a morte celular.

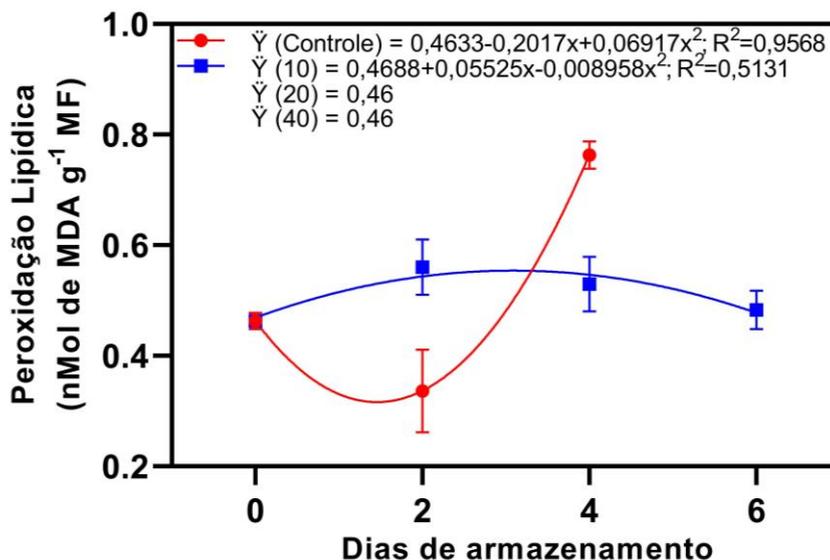


Figura 10. Efeito do recobrimento a base de HPMC e cera de abelha na atividade da peroxidação lipídica da polpa de cajus armazenados durante seis dias a 21°C. Controle - Sem recobrimento; 10 – HPMC+10% de cera de abelha; 20 – HPMC+20% de cera de abelha e; 40 – HPMC+40% de cera de abelha.

3.11. Enzimas oxidativas

Quanto a atividade da enzima catalase (Figura 11A) e da superóxido dismutase (Figura 11B) observa-se que houve diferença significativa ($P < 0.01$) entre os frutos do tratamento controle e os frutos dos tratamentos que foram recobertos com HPMC + 10%, 20% e 40% de cera de abelha.

A atividade da enzima catalase (Figura 11A) no tratamento controle apresentou um aumento acentuado até o 2º dia de armazenamento e uma diminuição brusca no 4º dia de armazenamento. Já os demais tratamentos com o recobrimento HPMC + 10%, 20% e 40% de cera de abelha, apresentaram um comportamento semelhante, aumentando no 2º dia de armazenamento e com um decréscimo no 4º dia de armazenamento, apresentando, respectivamente, médias de 1,83; 2,30 e 4,20 U Kg⁻¹ de proteína, para os cajus revestidos com HPMC + 10%, 20% e 40% de cera de abelha, sendo que o recobrimento de 40% de cera de abelha apresentou a maior média durante o armazenamento.

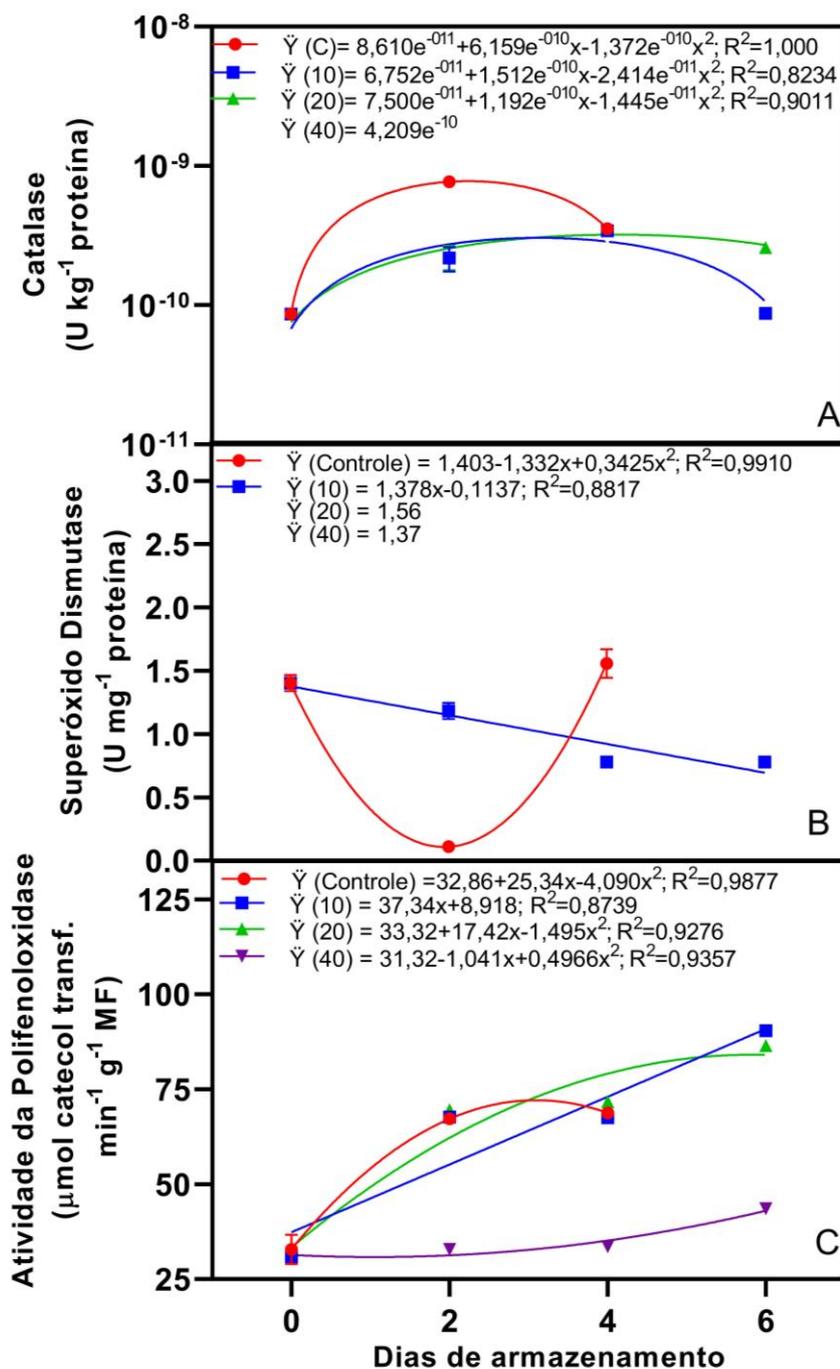


Figura 11. Efeito do recobrimento a base de HPMC e cera de abelha nas atividades enzimáticas da catalase (A), superóxido dismutase (B) e (C) Polifenoloxidase da polpa de cajus armazenados durante seis dias a 21°C. Controle - Sem recobrimento; 10 – HPMC+10% de cera de abelha; 20 – HPMC+20% de cera de abelha e; 40 – HPMC+40% de cera de abelha.

A atividade da enzima superóxido dismutase (Figura 11B) apresentou uma diminuição brusca no tratamento controle no 2º dia de armazenamento, com um aumento elevado no 4º dia de armazenamento, pois os frutos deste tratamento já não estavam mais adequados para o consumo (Figura 3) e, conseqüentemente, apresentavam grande quantidade de espécies reativas do oxigênio e a atividade da enzima superóxido dismutase se elevou e os radicais livres responsáveis pela oxidação foram combatidos. Já os frutos que foram recobertos com HPMC + 10% de cera de abelha apresentaram uma redução constante e controlada ao longo de todo o armazenamento, o que significa que o recobrimento não produziu estresse e controlou a senescência do fruto.

Estudo realizado em morangos por Li et al., (2017) com recobrimento de quitosana, também demonstraram redução na atividade da superóxido dismutase e catalase ao longo de 16 dias de armazenamento. Portanto, os resultados indicam que os caju revestidos apresentam maior capacidade de proteção enzimática contra espécies reativas do oxigênio durante o armazenamento, pois segundo Li et al., (2017) a capacidade antioxidante é dependente do nível de enzimas antioxidantes como a superóxido dismutase e a catalase.

Com relação à atividade da enzima polifenoloxidase (PPO) observou-se que houve diferença significativa ($P < 0.01$) entre os frutos (Figura 11C) do tratamento controle e os frutos que foram recobertos com HPMC + 10%; 20% e 40% de cera de abelha. A atividade da enzima polifenoloxidase contribui para reações cujo os frutos são coloridos e, portanto, contribui para o escurecimento enzimático dos produtos.

Verifica-se (Figura 11C) que o recobrimento com HPMC e 40% de cera de abelha apresentou as menores médias em todos os dias de avaliação, assim, pode-se afirmar que o recobrimento presente nestes frutos impediu a atividade da enzima polifenoloxidase. Já os tratamentos Controle, HPMC + 10% e 20% de cera de abelha, apresentaram comportamentos semelhantes com uma tendência de aumento da enzima polifenoloxidase no decorrer do armazenamento. Os recobrimentos com HPMC +10% e 20% de cera de abelha apresentaram um aumento de 187% na atividade da PPO, comparado com os valores encontrados no primeiro dia de avaliação. De acordo com, Miguel et al.,

(2016) a atividade da enzima polifenoloxidase aumenta com o decorrer do tempo de armazenamento.

3.12. Atividade da enzima álcool desidrogenase

Quanto a atividade da enzima álcool desidrogenase observa-se que houve diferença significativa ($P < 0.01$) entre os frutos do tratamento controle e os frutos dos tratamentos que foram recobertos com HPMC + 10%, 20% e 40% de cera de abelha. Observa-se na Figura 12 que durante o armazenamento o tratamento controle apresentou um leve decréscimo no 2º dia de armazenamento, elevando-se no 4º dia. Por outro lado, o tratamento controle apresentou aumento no 2º dia de armazenamento, seguindo uma tendência de decréscimo até o 6º dia de armazenamento, indicando que esse recobrimento formado na epiderme dos frutos pode ter inibido a formação de O_2 e, assim, induzido a formação de sabores indesejáveis (Benítez et al., 2014). Frutos submetidos a condições de atmosfera modificada, com baixa concentração de O_2 e/ou alta concentração de CO_2 , podem sofrer alteração do metabolismo com consequente aumento na atividade da enzima álcool desidrogenase, que utiliza o acetaldeído como substrato para a formação do etanol, nos vegetais, caracterizando o processo fermentativo (Porat e Fallik, 2008).

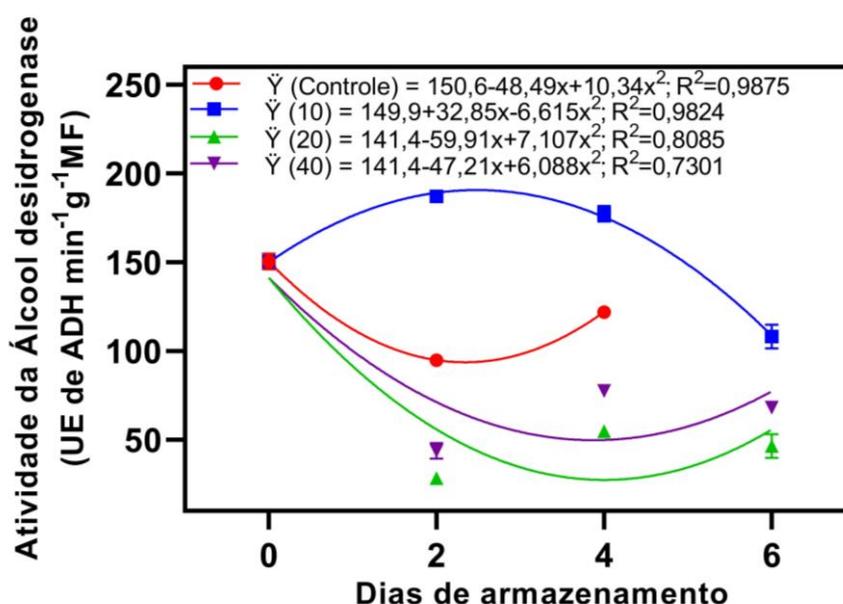


Figura 12. Efeito do recobrimento a base de HPMC e cera de abelha na atividade do álcool desidrogenase da polpa de cajus armazenados a seis dias a 21°C. Controle - Sem recobrimento; 10 – HPMC+10% de cera de abelha; 20 – HPMC+20% de cera de abelha e 40 – HPMC+40% de cera de abelha.

Nesse sentido, os recobrimentos de HPMC com 20% e 40% de cera de abelha, parecem ter sido mais efetivos no controle da enzima álcool desidrogenase, visto que os cajus submetidos a esses tratamentos apresentaram as menores médias de ADH (70,17 e 85), durante todos os dias de armazenamento, em comparação com os demais tratamentos, sugerindo que os recobrimentos não induziram a fermentação dos frutos de caju.

4. CONCLUSÕES

O recobrimento a base de HPMC e cera de abelha apresenta significativos benefícios na conservação pós-colheita e qualidade de caju, retardando a senescência dos frutos, com manutenção da coloração da casca, da firmeza, da acidez titulável, dos sólidos solúveis, do *ratio* e do ácido ascórbico, redução na perda de massa fresca, além de reduzir a quantidade de açúcares e os taninos nesses frutos, possibilitando um ganho de pelo menos quatro dias na vida comercial. O tratamento de HPMC + 20% de cera de abelha é o mais indicado para aplicações comerciais.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001. Os autores agradecem à Colorcon do Brasil, pelo HPMC utilizado neste experimento.

6. REFERÊNCIAS

Abreu FP, Dornier M, Dionisio AP, Carail M, Caris-veyrat, CDM. (2013). Cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) extract from byproduct of juice processing: A focus on carotenoids. **Food Chemistry**, 138, 25–31.

Agostini-Costa TDS, Santos JRD, Garruti DDS, Feitosa T (2000) **Caracterização, por cromatografia em camada delgada, dos compostos fenólicos presentes em pedúnculos de caju (*Anacardium occidentale* L.)**. Boletim CEPPA 18, 129–137.

Agriannual (2019) Caju In: AGRIANUAL (24, ed.). Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, p. 285–287.

Aguiar RP et al. (2011) Effect of a galactomannan coating on mango postharvest physicochemical quality parameters and physiology. **Fruits**, v. 66, n. 4, p. 269–278.

Akinwale TO, (2000). Cashew apple juice: its use in fortifying the nutritional quality of some tropical fruits. **European Food Research and Technology**, 211(3): 205– 207.

Alcântara SR, Almeida, FAC, Da Silva, FLH, Gomes, JP. (2009). Isotermas de adsorção do pedúnculo seco do caju. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p.81-87.

AOAC. (1997). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. (16th 683, ed.). Washington: Horwitz, W.

Barbosa JC, Maldonato, JW. (2015). AgroEstat: **Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos**. Jaboticabal: Gráfica Multipress LTDA. Disponível em:<<https://www.agroestat.com.br>>.

Batista-Silva W, Nascimento VL, Medeiros DB, Nunes-Nesi A, Ribeiro DM, Zsögön A, & Araújo WL. (2018). Modifications in Organic Acid Profiles During Fruit Development and Ripening: Correlation or Causation? **Frontiers in Plant Science**, 9, 1–20. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01689>.

Beauchamp C, & Fridovich I. (1971) Superoxide dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. - **Anal. Biochem.** 44: 276-287.

Benítez S, Soro L, Achaerandio I, Sepulcre F, Pujolá M. (2014) Combined effect of a low permeable film and edible coatings or calcium dips on the quality of fresh-cut pineapple. **Journal of Food Process Engineering** 37: 91-99.

Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30.

Carneiro LC. (2019) **Revestimento à base de amido na conservação pós-colheita de pedúnculos de caju anão precoce CCP-76 e goiabas Paluma**. Tese (doutorado em ciência e tecnologia). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas.

Conklin PL (2001) Recent advances in the role and biosynthesis of ascorbic acid in plants. **Pant, Cell and Environment** 24: 383-394.

Chitarra MIF, Chitarra, AB. (2005). Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio. 2. ed. Lavras: ESAL:FAEPE, p. 783.

Crecente-Campo J, Nunes-Damaceno M, Romero-Rodríguez MA, & Vázquez OML. (2012). Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (Fragaria x ananassa Duch, cv Selva). **Journal of Food Composition and Analysis**, 28(1): 23–30.

Faasema J, Alakali, JS, & Abu JO. (2014). Effects of storage temperature on 1-methylcyclopropene-treated mango (*mangnifera indica*) fruit varieties. **Journal of Food Processing and Preservation**, 38(1), 289–295. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2012.00775.x>

Fagundes C, Palou L, Monteiro AR, & Pérez-Gago, MB. (2015). Hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings formulated with antifungal food additives to reduce alternaria black spot and maintain postharvest quality of cold-stored cherry tomato. **Scientia Horticulture**. 193.

Fakhouri FM, Martelli SM, Caon T, Velasco JI, Mei LHI, (2015). Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 109, p.56-64.

Faostat (2018). Food and Agricultural Organization Statistics.

Fernández-Trujillo JP, NOCK CB. (1999) Fermentative metabolismo and organic acid concentrations in fruit of selected strawberry cultivars with diferente tolerances to carbono dioxide. **Journal of the American Society for horticultural Science** 124: 696-701.

Formiga AS, Pinsetta JS, Pereira EM, Cordeiro INF, & Mattiuz, B-H. (2019). Use of edible coatings based on hydroxypropyl methylcellulose and beeswax in the conservation of red guava 'Pedro Sato.' **Food Chemistry**, 290, 144–151. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.142>

Foyer CH, Noctor G (2000) Oxygen processing in photosynthesis: regulation and signalling. **New Phytologist**, London, 146, 359-388. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2000.00667.x>.

Francis, F. J. (1982) Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.). Anthocyanins as food colors. New York: Academic Press, p. 181–207.

García-Betanzos CI, Hernández-Sánchez H, Bernal-Couoh TF, Quintanar-Guerrero D, Zambrano-Zaragoza ML. (2017) Physicochemical, total phenols and pectin methylesterase changes on quality maintenance on guava fruit (*Psidium guajava* L.) coated with candeuba wax solid lipid nanoparticles-xanthan gum. **Food Research International** 101: 218–227.

Gill SS, Tuteja N (2010) Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, New York, 48, 909-930. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016>.

Gomez MPL, Lajolo FM (2008) Ascorbic acid metabolism in fruits: activity of enzymes involved in synthesis and degradation during ripening in mango and guava. **Journal of the Science of the Food Chemistry** 41: 283-287.

Gomes JCM, Gomes NW, Silva LCA, Lima WA, Silva JM, (2006). Caracterização pós-colheita de clones de cajueiro anão-precoce no Oeste da Bahia. **Bahia Agrícola**, p. 76-80. v.7, n.2.

Heath RL, Packer L (1968) Photoperoxidation in isolated chloroplast: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives in Biochemistry Biophysics**, Abingdon, 125, 2141-2145. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1).

Hojo ETD, Cardoso AD, Hojo RH, Vilasboas EVB, Alvarenga, MA. (2007). Uso de películas de fécula de mandioca e PVC na conservação pós-colheita de pimentão. **Ciência Agrotecnológica**, v. 31, p. 184-190.

Hong, K, Xu H, Wang J, Zhang L, Hu H, Jia Z, Gong D. (2013). Quality changes and internal browning developments of summer pineapple fruit during storage at different temperatures. **Scientia Horticulturae**, 151: 68–74.

Jisng ZY, Zhong Y, Zheng J, Ali M, Liu GD, Zheng XL (2018) L-ascorbic acid metabolism in an ascorbate-rich kiwifruit (*Actinidia*, *Eriantha Benth.*) cv. "White" during postharvest. **Plant Physiology and Biochemistry** 124: 20-28.

Kar M, Mishra D (1976) Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology** 57, 315–319. <https://doi.org/10.1104/PP.57.2.315>.

Khaliq G, Muda Mohamed MT, Ali A, Ding P, & Ghazali HM. (2015). Effect of gum arabic coating combined with calcium chloride on physico-chemical and qualitative properties of mango (*Mangifera indica* L.) fruit during low temperature storage. **Scientia Horticulturae**, 190: 187–194.

Li, L. et al. (2017) Effects of Polysaccharide-Based Edible Coatings on Quality and Antioxidant Enzyme System of Strawberry during Cold Storage. **International Journal of Polymer Science**, v. 2017.

Lima GPP, Brasil OG, Oliveira AM (1999) Poliaminas e atividade da peroxidase em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado sob estresse salino. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, 56, 1, 21-25. <https://doi.org/10.1590/S0103-90161999000100004>.

Lima, MAC. de; Alves, RE; Filgueiras, HAC.; Enéas-Filho, J., (2003). Comportamento respiratório e qualidade pós-colheita de graviola (*Annona muricata* L.) 'morada' sob temperatura ambiente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n. 1, p.49-52.

Lopes MMDA, Miranda MRAD, Moura CFH, Enéas Filho J (2012) Bioactive compounds and total antioxidant capacity of cashew apples (*Anacardium occidentale* L.) during the ripening of early dwarf cashew clones. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n.3, p. 325-332.

Lyman BJ, Green BG. (1990). Oral astringency - effects of repeated exposure and interactions with sweeteners. *Chem. Senses*, 15:2, 151–164. <https://doi.org/10.1093/chemse/15.2.151>.

Maia GA, Sousa Filho MSM, Figueiredo RW, Brasil IM (2004) Caracterização química de pedúnculos de diferentes clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale*, L.). *Revista Ciência Agronômica*, vol. 35, out, 2004: 272-278.

Michodjehoun-Mestres L, Souquet JM, Fulcrand H, Meudec E, Reynes M, Brillouet JM (2009). Characterisation of highly polymerised prodelphinidins from skin and flesh of four cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) genotypes. **Food Chemistry**. 114:3, 989–995. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.052>.

Michodjehoun-Mestres, L., Souquet, J. M., Fulcrand, H., Bouchut, C., Reynes, M., & Brillouet, J. M. (2009). Monomeric phenols of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.). **Food Chemistry**, 112(4): 851–857.

Midmore, D. J. (2015). **Principles of tropical horticulture**. CABI.

Miguel G, Fontes C, Antunes D, Neves A, Martins D (2004) Anthocyanin Concentration of "Assaria" Pomegranate Fruits During Different Cold Storage Conditions. **Journal of biomedicine & biotechnology**, 5, 338-342.

Miguel, ACA. et al. (2016) Qualidade de mangas cv. Palmer após armazenamento sob baixas temperaturas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 35, n. 2, p. 398–408, 2013. MITRA, S. K. Mango production in the world – present situation and future prospect. **Acta Horticulture**, p. 287–296.

Moura CFH, Alves REM, Inneco R, Filgueiras HA, Mosca, LJ, & Pinto, SAA. (2001). Características físicas de pedúnculos de cajueiro para comercialização in natura. **Revista Brasileira de Fruticultura** ,23(3):537-540.

Moura CFH, Alves, RE, Silva, EO, De Araújo PGL, & Maciel, TV. (2008). Conservação pós-colheita de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) BRS e END 189. *Proc. Interamer. Soc.Trop. Hort.*52:119-121.

Moura CFH, Figueiredo, RW, Alves RE, & Oliveira, E. (2005). Aparência e cor da película de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce para consumo in natura armazenados sob diferentes camadas de PVC, **Revista Ciência Agronômica**, 36(3): 371–375.

Moura CFH, Figueiredo RW, Alves RE, Silva EO, Araújo PGL, Maciel, VT. (2010). Aumento da vida útil pós colheita de pedúnculos de cajueiro anão precoce pela redução da temperatura de armazenamento. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 140-145, jan./fev.

Murmu SB, Mishra HN, (2017) Engineering evaluation of thickness and type of packaging materials based on the modified atmosphere packaging requirements of guava (Cv. Baruipur). **LWT - Food Science and Technology** 78: 273–280.

Nagata, M.; Yamashita, I. (1992) Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Society of Food Science and Technology** (Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi), v. 39, n. 102, p. 925–928.

Navarro-Tarazaga ML, Pérez-Gago MB (2006) Effect of Edible Coatings on Quality of Mandarins cv. Clemenules. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 119, p. 350–352.

Navarro-Tarazaga ML et al. (2007) A New Composite Coating Containing HPMC, Beeswax, and Shellac for 'Valencia' Oranges and 'Marisol' Tangerines. Proceedings of the Florida State. **Horticultural Society**, v. 120, p. 228–234.

Navarro-Tarazaga, ML, Massa A, & Pérez-Gago MB. (2011). Effect of beeswax content 768 on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of 769 coated plums (Cv. Angeleno). **LWT - Food Science and Technology**, 44(10), 2328–2334. 770
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.03.011>

Oliveira VRL, Santos FKG, Leite RHL, Aroucha EMM, Silva, KNO, (2018). Use of biopolymeric coating hydrophobized with beeswax in post-harvest conservation of guavas. **Food Chemistry** 259: 55–64.

Pancera MR, Santos ACA, Paese K, Wasum R, Rossato M, Rota LD, Pauletti GF, Serafini LA, (2003). Análise de taninos totais em plantas aromáticas e medicinais cultivadas no Nordeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.13, n.1, p.17-22.

Paula JT. (2017) **Métodos de conservação pós-colheita de pedúnculos de caju clone anão precoce CCP-76**. Tese de Doutorado. USP-Esalq. Piracicaba-SP.

Pereira EM. (2019) **Qualidade de brócolis e caju submetidos a atmosferas hiperbáricas**. p. 88 Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Pérez-Gago MB, Rojas C, Del Rio MA, (2002). Effect of Lipid Type and Amount of Edible Hydroxypropyl Methylcellulose-lipid Composite Coatings Used to Protect Postharvest Quality of Mandarins cv. Fortune. **Journal of Food Science**, v. 67, p. 2903-2910.

Petinari RA, Tarsitano, MAA, (2002). Comercialização de caju (*Anacardium occidentale* L.) no noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**,24, pp.700-702.

Petriccione M et al. (2015) Effect of Chitosan Coating on the Postharvest Quality and Antioxidant Enzyme System Response of Strawberry Fruit during Cold Storage. **Foods**, v. 4, n. 4, p. 501–523.

Pinsetta Júnior JS, (2018). **Recobrimento comestível com hidroxipropilmetilcelulose e agentes antiescurecimento em berinjela minimamente processada**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 47 p.

Porat R, Fallik E. (2008) Production of off-flavours in fruit and vegetables under fermentative conditions. In: Brückner B, Wyllie SG (1 ed.) *Fruit and Vegetable Flavour: Recent Advances and Future Prospects*. **Woodhead Publishing Limited**, p. 336.

Pruzinská A, Tanner G, Aubry S, Anders L, Moser S, Muller T. (2005). Chlorophyll breakdown in senescent *Arabidopsis* leaves. Characterization of chlorophyll catabolites and of chlorophyll catabolic enzymes involved in the degreening reaction. **Plant Physiology**, v. 139, p. 52-63.

Queiroz C, Lopes MML, Fialho E, Mesquita, VLV. (2011). Changes in bioactive compounds and antioxidant capacity of fresh-cut cashew apple. **Food Research International**, v. 44, n. 4, p. 1459-1462.

Rapisarda P, Lo Bianco M, Pannuzzo P. & Timpanaro N (2008). Effect of cold storage on vitamin C, phenolics and antioxidant activity of five orange genotypes [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]. **Postharvest Biology and Technology**, 49, 348–354.

Rufino MDSM, Alves RE, Brito ES, Pérez-Jimenez J, Saura-Calixto F, Mancini-Filho J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacity of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996-1002.

Santos RP, Marinho MM, Sá RA, Martins JL, Teixeira EH, Alves FCS, Ramos VSC, Souza GS, Cavada BS, Santos RP, (2011). Compositional analysis of cashew (*Anacardium occidentale* L.) peduncle bagasse ash and its in vitro antifungal activity against *Fusarium* species. **Revista Brasileira de Biociências** (Online), v. 9, n. 2, p. 200-205.

Siepmann J, Peppas NA. (2001). Modeling of drug release from delivery systems based on hydroxypropylmethylcellulose (HPMC). **Advanced Drug Delivery Reviews**, v. 48, p. 139-157.

Singh Z, Singh RK, Sane VA, & Nath P. (2013). Mango - Postharvest Biology and Biotechnology. **Critical Reviews in Plant Sciences**, 32(4), 217–236.

Tsaniklidis G, Delis C, Nikoloudakis N, Katinakis P, Aivalakis G. (2014). Low temperature storage affects the ascorbic acid metabolism of cherry tomato fruits. **Plant physiology and biochemistry**, 84, 149-157.

Vasconcelos NM de, Pinto GAS, & Aragão FA de S. (2013). Determinação de Açúcares Redutores pelo Ácido 3,5-Dinitrosalicílico: Histórico do Desenvolvimento do Método e Estabelecimento de um Protocolo para o Laboratório de Bioprocessos. **Boleim de Pesquisa e Desenvolvimento**. **Fortaleza**: Embrapa Agroindústria Tropical.

Waterhouse, A, (2006). Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine. Disponível em: <<http://waterhouse.ucdavis.edu/faqs/foolin-ciocalteau-micro-method-for-total-phenol-in-wine>>. Acesso em: 11 ago. 2014.

Yemm EW, & Willis AJ. (2015). The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. 836 **Biochemical Journal**. <https://doi.org/10.1042/bj0570508>.

Zakir HM, Fardush J, Hossain MS, Islam MZ, Shariar SMS, Rokshana, K, & Hossian M. (2018). Effects of Storage Temperatures on different Biochemical Characteristics of 1-Methylcyclopropene Treated Mango (*Mangifera Indica* L.) Variety Khirshapat. **American Journal of Food Science and Technology**, 6(2), 76–82. <https://doi.org/10.12691/AJFST-6-2-3>

Zenebon O, Pascuet NS, & Tiglia P. (2008). Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos (4a 846). São Paulo: Instituto Adolfo 847 Lutz. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

Zepka LQ, Garruti DS, Sampaio KL, Mercadante AZ, & Da Silva MAAP, (2014). Aroma compounds derived from the thermal degradation of carotenoids in a cashew apple juice model. **Food Research International**, 56: 108–114.

APÊNDICE

Apêndice 1. Análise de variância dos resultados dos conteúdos de L = luminosidade; h° = ângulo hue; C = cromaticidade; CT = clorofila total; PMA = perda de massa acumulada; AT = acidez titulável; SS = sólidos solúveis; AS = açúcares solúveis; AR = açúcares redutores dos frutos de caju submetidos aos tratamentos (HPMC + 10% de CA, HPMC + 20% de CA e HPMC + 40% CA) e aos dias (0,2,4 e 6) de armazenamento sob condições de ambiente (21°C e 75% UR).

Causas da variação	Probabilidade > F										
	L	h°	C	CT	PMA	Firmeza	AT	SS	Ratio	AS	AR
Tratamento	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Dia	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Dia + Tratamento	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
C.V. (%)	10,15	15,06	8,07	5,06	13,37	15,07	4,37	4,93	6,58	1,47	6,37

Apêndice 2. Análise de variância dos resultados dos conteúdos de AA = ácido ascórbico; CF = compostos fenólicos; TAN = taninos; ANTO = antocianinas; ANTI = antioxidante; PL = peroxidação lipídica; CAT = catalase; SOD = superóxido dismutase; PPO = polifenoloxidase; ADH = álcool desidrogenase dos frutos de caju submetidos aos tratamentos (HPMC + 10% de CA, HPMC + 20% de CA e HPMC + 40% CA) e aos dias (0,2,4 e 6) de armazenamento sob condições de ambiente (21°C e 75% UR).

Causas da variação	Probabilidade > F									
	AA	CF	TAN	ANTO	ANTI	PL	CAT	SOD	PPO	ADH
Tratamentos	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Dia	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Dia + Tratamentos	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
C.V. (%)	0,88	1,17	1,51	4,18	0,54	8,15	12,12	5,67	1,12	3,60