



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
CAMPUS LIMOEIRO DO NORTE
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

JOSEANE LIMA MUNIZ

**REVESTIMENTO COMESTÍVEL A BASE DE CERA DE CARNAÚBA NA PÓS
COLHEITA DO CAJU ‘CCP 76’**

LIMOEIRO DO NORTE

2014

JOSEANE LIMA MUNIZ

REVESTIMENTO COMESTÍVEL A BASE DE CERA DE CARNAÚBA NA PÓS
COLHEITA DO CAJU ‘CCP 76’

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal do Ceará Campus Limoeiro do Norte como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof.^a Dra Renata Chastinet Braga

LIMOEIRO DO NORTE
2014

Catálogo na fonte : Tatiana Apolinário Camurça (CRB 3 – nº 1045)

M963r Muniz, Joseane Lima.

Revestimento comestível a base de cera de carnaúba na pós colheita do caju ' CCP 76 ' / Joseane Lima Muniz. - Limoeiro do Norte: IFCE, 2014.

126f.

Dissertação (Tecnologia de Alimentos).

Orientação: Prof^a. Dr^a. Renata Chastinet Braga.

1. REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS. 2. CERA DE
CARNAÚBA. 3. VIDA ÚTIL. I. Título.

CDD 664.23

JOSEANE LIMA MUNIZ

REVESTIMENTO COMESTÍVEL A BASE DE CERA DE CARNAÚBA NA PÓS
COLHEITA DO CAJU 'CCP 76'

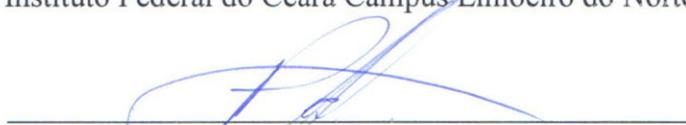
Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal do Ceará Campus Limoeiro do Norte como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em: 05/09/2014

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Dra. Renata Chastinet Braga (Orientadora)
Instituto Federal do Ceará Campus Limoeiro do Norte



Prof. Dr. Pahlevi Augusto de Souza
Instituto Federal do Ceará Campus Limoeiro do Norte



Prof. Dr. Franciscleudo Bezerra da Costa
Universidade Federal de Campina Grande

Aos que sempre acharam que eu seria capaz:
meus pais, José e Fátima;
meu marido, Júnior e
minha orientadora, Prof^ª. Renata Chastinet.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar meus caminhos e abençoar minhas escolhas.

Aos meus pais, José e Fátima pela educação fincada nos valores, pela confiança nas minhas ações e apoio em todos os momentos.

Ao meu esposo Júnior, pelo companheirismo incondicional, pela força nas horas difíceis e principalmente pelo amor e paciência dedicados a mim.

Ao meu filhinho João Davi que embora ainda não tendo nascido se comportou muito bem duração a escrita desse trabalho.

A Profa Dra. Renata Chastinet Braga, pela orientação, conselhos, ensinamentos, paciência e acima de tudo por acreditar no meu trabalho.

Aos Profs. Pahlevi Augusto e Franciscleudo Bezerra pela leitura desse manuscrito e contribuições para o trabalho.

Às minhas queridas bolsistas de iniciação científica; Darliane Veras e Adriana Freitas pelo companheirismo, responsabilidade com a pesquisa e por sonharem junto comigo.

As minhas colegas de Mestrado, pelas angústias divididas, e em especial a amiga Luana Lima, por caminhar ao meu lado sempre, compartilhando alegrias e tristeza.

A minha amada Escola Raul Barbosa, por proporcionar os melhores anos de docência vividos até aqui.

Aos meus amigos e companheiros de profissão Maria Pereira, Gilliani, Leila, Walbergues, Vânia, Jozenir, professores maravilhosos que me ajudaram durante todo o curso, permitindo e cobrindo minhas saídas para aulas e trabalhos do Mestrado.

Aos meus alunos, em especial a turma do 3º Ano C – 2013 da EEM Raul Barbosa pela paciência com as trocas de aulas e por torcerem pelo meu sucesso.

As técnicas dos laboratórios, Mayra e Juju, assim como as bolsistas dos laboratórios de química básica, química de alimentos e microbiologia, pela ajuda.

As instituições de fomento, CAPES, CNPQ, FUNCAP e IFCE pelo aporte financeiro para a realização desse trabalho.

*“Se enxerguei mais longe,
foi porque me apoiei sobre ombros de gigantes.”*

Isaac Newton

*“Ainda que eu ande pelo vale da sombra da morte,
não temerei mal algum, pois tu estás comigo;
a tua vara e o teu cajado me protegem.”*

Salmo 23:4

RESUMO

O caju apresenta perdas pós colheita em torno de 80 a 90% da sua produção a cada ano. Isso mostra uma subutilização de uma fonte de rico valor nutricional em uma região de elevada carência nutricional da sua população. Com o intuito de aumentar a vida de prateleira desse fruto, a cera à base de carnaúba vem sendo testada como importante biopolímero na cobertura de frutas e hortaliças por servir de importante fator de proteção. Na tentativa de amenizar as perdas pós colheita do caju, objetivou-se com esse trabalho preparar revestimentos comestíveis a partir de cera proveniente da carnaubeira e utilizá-los na conservação pós colheita do pedúnculo do caju. Para tanto foi realizada uma caracterização físico química dos tipos de cera de carnaúba a serem usados no revestimento e foi aplicado o delineamento de composto central rotacional nos testes, para a escolha do tipo e da concentração de cera, bem como a concentração do plastificante usado na confecção do revestimento. Na última etapa da pesquisa foi analisado através de índices físicos, físico-químicos e bioativos, a vida útil do caju revestido, em paralelo às análises sensoriais e microbiológicas dos frutos. O delineamento estatístico indicou que as ceras, branca e resíduo, apresentaram bons indicadores para uso como revestimento e determinou a concentração da cera e plastificante a ser usado da elaboração do revestimento. Os caju com revestimento a base de cera mostraram bons resultados para os índices físicos de senescência, perda de massa e firmeza da polpa com relação aos frutos imersos na fécula e glicerol e apenas na água. O que também ocorreu para os indicadores químicos sólidos solúveis e taxa de respiração. Já nas características bioativas, observou-se que os caju revestidos com cera apresentaram um retardamento no seu amadurecimento, comprovado pela menor síntese de flavonóides e carotenóides em relação aos demais frutos. A análise microbiológica apresentou uma incidência menor de fungos (e em contagem permitida para consumo) no 5º dia de armazenamento para os frutos recobertos com cera branca a temperatura ambiente. A avaliação sensorial mostrou que os frutos recobertos com cera resíduo apresentaram um grau de diferença significativa em relação aos frutos sem revestimento.

Palavras-chave: *Copernicia prunifera*. *Anacardium occidentale*. Filmes. Vida útil

ABSTRACT

Cashew presents postharvest losses around 80-90% of its production every year. This shows a waste of a rich source of nutritional value in a region that population has a high nutritional deficiency. The carnauba wax-based is being tested as important biopolymer in coating of fruits and vegetables for serving as an important protective factor. In an attempt to assuage the post harvest losses of cashew aimed to prepare this work with edible coatings from carnauba wax coming from (*Copernicia prunifera*) and use them in the conservation of the peduncle of post harvest cashew. For both a physicochemical characterization of the types of carnauba wax to be used in the coating and the rotational central composite design tests for the selection of the type and concentration of wax was applied was carried out and the concentration of the plasticizer used in making the coating. In the last stage of the research it was analyzed through physical, physico-chemical and bioactive indices, the shelf life of the coated cashews, parallel to the sensory and microbiological analyzes of the fruit. The experimental design indicated that the waxes, white residue, showed good indicators for use as coating and determined the concentration of wax and plasticizer to be used in the preparation of the coating. Cashews coating with wax-based physical indicators showed senescence, weight loss more satisfactory then control. What also occurred for soluble solids and chemical indicators respiration rate. Already in bioactive parameters, it was observed that the cashews coated with wax showed a delay in their maturation, evidenced by the lower incidence of anthocyanins and carotenoids in relation to other fruits. Microbiological analysis showed a lower incidence of fungi (and counting allowed for consumption) on day 5 of storage for coated fruits with white wax at room temperature. The sensory evaluation showed that the fruits coated with wax residue showed a degree of significant difference compared to the standard (uncoated fruits).

Keywords: *Copernicia prunifera*. *Anacardium occidentale*. Coating. Shelf Life.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Representação química da molécula de cera de carnaúba.....	29
Figura 3.2 – Representação química da molécula de amido.....	31
Figura 3.3 – Representação química da molécula de glicerol.....	32
Figura 4.1 – Caju CCP 76, Unidade Experimental de Pesquisa e Extensão, Chapada do Apodi, Limoeiro do Norte, 2014	35
Figura 4.2 - Tipos de ceras de carnaúba usadas na pesquisa (A) cera branca, B) preta e C) resíduo). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	36
Figura 4.3 – Fluxograma de preparo das amostras de cera. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	36
Figura 4.4 - Diagrama de fluxo das etapas dos delineamentos compostos centrais rotacionais (DCCR) 2 ² utilizados na elaboração de coberturas compostas de cera de carnaúba. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	41
Figura 4.5 - Fluxograma de preparação da emulsão de revestimento.....	42
Figura 4.6 - Imersão do caju na emulsão de revestimento a base de cera de carnaúba. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	46
Figura 5.1 - Superfície resposta e curva de contorno para a variável dependente taxa de respiração de pedúnculos de caju com coberturas contendo cera branca. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014	71
Figura 5.2 - Superfície resposta e curva de contorno para a variável dependente taxa de respiração de pedúnculos de caju com coberturas contendo cera resíduo. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	72
Figura 5.3 - Escala de cor para avanço da senescência de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de 23± 5°C e 81± 15% de U.R IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	80
Figura 5.4 - Perda de massa (%) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de 23± 5°C e 81± 15% de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014..	82
Figura 5.5 - Firmeza da polpa (N) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de 23± 5°C e 81± 15% de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte,	83

2014.....	
Figura 5.6 - Acidez titulável (% ácido málico) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	85
Figura 5.7 - Sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	87
Figura 5.8 - Relação SS/AT de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014..	88
Figura 5.9 - Valores de pH de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014..	90
Figura 5.10 - Atividade de água (A_w) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	91
Figura 5.11 – Teores de ferro ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 15\%$ de U.R IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	92
Figura 5.12 - Taxa de respiração ($\text{mg CO}_2\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	94
Figura 5.13 - Teores de vitamina C ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	96
Figura 5.14 - Teores de compostos fenólicos ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de	98

armazenamento em temperatura média de $23 \pm 5^\circ\text{C}$ e $81 \pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....

Figura 5.15 - Teores de flavonóides ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23 \pm 5^\circ\text{C}$ e $81 \pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....

99

Figura 5.16 – Teores de carotenóides ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23 \pm 5^\circ\text{C}$ e $81 \pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....

101

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Valor nutricional do pedúnculo do caju.....	24
Tabela 4.1 - Variáveis independentes e valores codificados e reais dos níveis utilizados no planejamento experimental fatorial 2 ² . IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	40
Tabela 4.2 - Planejamento experimental fatorial 2 ² com valores reais e codificados (entre parênteses) para cada ensaio. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	40
Tabela 4.3 - Escala subjetiva para avaliação de coloração externa dos caju (pedúnculo e castanha) visando à atribuição de notas com relação ao seu estágio de maturação.....	47
Tabela 5.1 - Composição centesimal da cera de carnaúba. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	51
Tabela 5.2 - Caracterização físico química das ceras. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	54
Tabela 5.3 – Composição centesimal do pedúnculo do caju CCP-76. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	57
Tabela 5.4 - Valores para índice de cremeação (%) após 06 dias (IC) seguidos pelos seus respectivos desvios padrões entre parênteses alcançados a partir dos ensaios do Delineamento Composto Central Rotativo 2 ² , obtidos a partir das variáveis independentes: % de glicerol e cera de carnaúba (branca). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	59
Tabela 5.5 - Valores para índice de cremeação (%) após 06 dias (IC) seguidos pelos seus respectivos desvios padrões entre parênteses alcançados a partir dos ensaios do Delineamento Composto Central Rotativo 2 ² , obtidos a partir das variáveis independentes: % de glicerol e cera de carnaúba (preta). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	60
Tabela 5.6 - Valores para índice de cremeação (%) após 06 dias (IC) seguidos pelos seus respectivos desvios padrões entre parênteses alcançados a partir dos ensaios do Delineamento Composto Central Rotativo 2 ² , obtidos a partir das variáveis independentes: % de glicerol e cera de carnaúba (resíduo). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	61
Tabela 5.7 - Coeficientes de regressão e significância estatística das variáveis porcentagem de glicerol e porcentagem de cera de carnaúba (branca, preta e resíduo) e	63

suas combinações sobre a resposta Índice de Cremeação (IC). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....

Tabela 5.8 - Análise de variância (ANOVA) para o índice de cremeação de revestimentos elaborados com glicerol e cera de carnaúba. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014..... 64

Tabela 5.9 - Valores para taxa de respiração ($\text{mL CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) após 48h (TR) seguidos pelos seus respectivos desvios padrões entre parênteses alcançados a partir dos ensaios do Delineamento Composto Central Rotativo 2^2 , obtidos a partir das variáveis independentes: % de glicerol e cera de carnaúba (branca). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014..... 65

Tabela 5.10 - Valores para taxa de respiração ($\text{mL CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) após 48h (TR) seguidos pelos seus respectivos desvios padrões entre parênteses alcançados a partir dos ensaios do Delineamento Composto Central Rotativo 2^2 , obtidos a partir das variáveis independentes: % de glicerol e cera de carnaúba (preta). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014..... 66

Tabela 5.11 - Valores para taxa de respiração ($\text{mL CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) após 48h (TR) seguidos pelos seus respectivos desvios padrões entre parênteses alcançados a partir dos ensaios do Delineamento Composto Central Rotativo 2^2 , obtidos a partir das variáveis independentes: % de glicerol e cera de carnaúba (resíduo). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014..... 67

Tabela 5.12 - Coeficientes de regressão e significância estatística das variáveis porcentagem de glicerol e porcentagem de cera de carnaúba (branca, preta e resíduo) e suas combinações sobre a resposta Taxa de Respiração (TR). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014..... 69

Tabela 5.13 - Análise de variância (ANOVA) para a taxa de respiração de revestimentos elaborados com glicerol e cera de carnaúba. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014..... 70

Tabela 5.14 - Valores para perda de massa (%) após 48h (PM) seguidos pelos seus respectivos desvios padrões entre parênteses alcançados a partir dos ensaios do Delineamento Composto Central Rotativo 2^2 , obtidos a partir das variáveis independentes: % de glicerol e cera de carnaúba (branca). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014..... 73

Tabela 5.15 - Valores para perda de massa (%) após 48h (PM) seguidos pelos seus 74

respectivos desvios padrões entre parênteses alcançados a partir dos ensaios do Delineamento Composto Central Rotativo 2 ² , obtidos a partir das variáveis independentes: % de glicerol e cera de carnaúba (preta). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	
Tabela 5.16 - Valores para perda de massa (%) após 48h (PM) seguidos pelos seus respectivos desvios padrões entre parênteses alcançados a partir dos ensaios do Delineamento Composto Central Rotativo 2 ² , obtidos a partir das variáveis independentes: % de glicerol e cera de carnaúba (resíduo). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014	75
Tabela 5.17 - Coeficientes de regressão e significância estatística das variáveis porcentagem de glicerol e porcentagem de cera de carnaúba (branca, preta e resíduo) e suas combinações sobre a resposta perda de massa (PM). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014	77
Tabela 5.18 - Análise de variância (ANOVA) para a perda de massa de revestimentos elaborados com glicerol e cera de carnaúba. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	78
Tabela 5.19 - Contagem de <i>Salmonella</i> , coliformes totais e bolores e leveduras em amostras de caju submetidas a diferentes tratamentos no início da estocagem (1° dia) e no 5° dia de armazenamento (bolores e leveduras). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	103
Tabela 5.20 - ANOVA para o teste de diferença do controle (NBR 13526/1995) comparando aparência, aroma, sabor, textura e impressão global em quatro amostras de caju (A= caju sem revestimento; B=cajus revestidos com fécula e glicerol; C=cajus revestidos com cera de carnaúba branca, fécula e glicerol; D=cajus revestidos com cera de carnaúba resíduo, fécula e glicerol). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	105
Tabela 5.21 - Teste de Dunnet (5%) para o teste de diferença do controle (NBR 13526/1995) comparando o atributo sabor, em quatro amostras de caju (A= caju sem revestimento; B=cajus revestidos com fécula e glicerol; C=cajus revestidos com cera de carnaúba branca, fécula e glicerol; D=cajus revestidos com cera de carnaúba resíduo, fécula e glicerol). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.....	106

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	19
2 OBJETIVOS.....	21
2.1 Objetivo geral.....	21
2.2 Objetivos específicos.....	21
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	22
3.1 Caju.....	22
<u>3.1.1 Importância nutricional do caju.....</u>	<u>23</u>
<u>3.1.2 Importância econômica do caju.....</u>	<u>25</u>
3.2 Revestimentos comestíveis.....	26
3.3 A cera de carnaúba.....	27
3.4 Revestimentos a base de cera de carnaúba.....	29
3.5 Revestimentos a base de amido.....	30
3.6 Uso de plastificantes.....	31
3.7 Filmes compostos.....	33
4 METODOLOGIA.....	35
4.1 Matéria prima.....	35
<u>4.1.1 Caju</u>	<u>35</u>
<u>4.1.2 Cera de carnaúba.....</u>	<u>35</u>
<u>4.1.3 Revestimentos comestíveis.....</u>	<u>37</u>
4.2 Métodos.....	37
<u>4.2.1 Caracterização das matérias primas.....</u>	<u>37</u>
<i>4.2.1.1 Cera de carnaúba.....</i>	<i>37</i>
<i>4.2.1.2 Composição centesimal do caju.....</i>	<i>39</i>
<i>4.2.1.3 Análise estatística.....</i>	<i>39</i>
<u>4.2.2 Seleção das variáveis para elaboração do revestimento.....</u>	<u>39</u>
<u>4.2.3 Seleção das formulações dos revestimentos.....</u>	<u>39</u>
<i>4.2.3.1 Preparo do revestimento comestível.....</i>	<i>42</i>
<i>4.2.3.2 Avaliação da estabilidade das emulsões para revestimentos em pedúnculos de caju.....</i>	<i>43</i>
<i>4.2.3.3 Avaliação dos revestimentos como barreiras a trocas respiratórias.....</i>	<i>43</i>
<i>4.2.3.4 Avaliação dos revestimentos como barreiras a perda de massa</i>	<i>44</i>

<i>fresca</i>	
4.2.3.5 <i>Análise estatística</i>	44
4.2.4 <u>Estudo da vida útil dos pedúnculos do caju com cobertura</u>	45
4.2.4.1 <i>Preparo e aplicação de revestimentos</i>	45
4.2.4.2 <i>Análises físicas</i>	46
4.2.4.3 <i>Análises físico-químicas</i>	47
4.2.4.4 <i>Compostos bioativos</i>	48
4.2.4.5 <i>Análise estatística</i>	49
4.2.4.6 <i>Análise microbiológica</i>	50
4.2.4.7 <i>Análise sensorial</i>	50
5 RESULTADOS	50
5.1 Caracterização da cera de carnaúba	50
5.1.1 <u>Composição centesimal da cera de carnaúba</u>	51
5.1.2 <u>Caracterização físico química das ceras</u>	53
5.2 Composição centesimal do caju	56
5.3 Seleção das variáveis para elaboração do revestimento	57
5.4 Seleção das formulações dos revestimentos	58
5.4.1 <u>Avaliação da estabilidade das emulsões para revestimentos em pedúnculos de caju</u>	58
5.4.2 <u>Avaliação dos revestimentos como barreiras a trocas respiratórias</u>	64
5.4.3 <u>Avaliação dos revestimentos como barreiras a perda de massa fresca</u>	72
5.5 Avaliação dos indicadores físicos, químicos e compostos bioativos de pedúnculos de caju recobertos com revestimentos a base de cera de carnaúba	79
5.5.1 <u>Avaliação dos indicadores físicos</u>	79
5.5.1.1 <i>Escala de cor para medir avanço da senescência</i>	79
5.5.1.2 <i>Perda de massa</i>	81
5.5.1.3 <i>Firmeza da polpa</i>	82
5.5.2 <u>Avaliação dos indicadores químicos</u>	84
5.5.2.1 <i>Acidez titulável</i>	84
5.5.2.2 <i>Sólidos solúveis</i>	86
5.5.2.3 <i>Relação SS/AT</i>	87
5.5.2.4 <i>pH</i>	89
5.5.2.5 <i>Atividade de água</i>	90

5.5.2.6 Ferro.....	92
5.5.2.7 Taxa de respiração.....	93
5.5.3 Avaliação dos compostos bioativos.....	95
5.5.3.1 Vitamina C.....	95
5.5.3.2 Compostos fenólicos.....	97
5.5.3.3 Flavonoides.....	98
5.5.3.4 Carotenóides.....	100
5.6 Avaliação microbiológica.....	101
5.7 Avaliação sensorial.....	103
6 RESUMO DOS RESULTADOS.....	107
7 CONCLUSÃO.....	109
8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
APÊNDICE A.....	124
ANEXO A.....	125

1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de frutas é de 609,2 milhões de toneladas e o Brasil é o 3º produtor mundial, atrás apenas da China e da Índia, de acordo com dados da ADECE (2013).

De acordo com os dados do IBGE de 2011, a área colhida de frutas no Brasil é de 3,1 milhões de hectares, produção de 47,6 milhões de toneladas e valor bruto da produção (VBP) de R\$ 24,3 milhões. O Ceará é o 4º maior estado produtor de frutas do país em 2011, destacando-se como o 1º produtor de caju, o 2º de coco, maracujá e melão e, o 3º de mamão (ADECE, 2013). Assim sendo, atualmente existe uma conscientização do consumidor por alimentos que contribuam para uma dieta saudável.

O pseudofruto do caju, rico em açúcares, cálcio, fósforo, ferro, vitamina C e taninos, além do consumo natural como fruta fresca é largamente utilizado na fabricação de doces, frutas secas e cristalizadas, geléias, suco comum, suco clarificado (cajuína), aguardente, bebidas fermentadas e enorme variedade de pratos e quitutes. Em 2009, a produção foi de aproximadamente 1.592.530 t de pedúnculo (ADECE, 2013). No entanto, apesar de toda essa produção, a quantidade de pedúnculos desperdiçados chega a 95% (LIMA, 2008).

Pensando na conservação de produtos naturais, novas tecnologias adequadas a esses produtos também são objeto de exploração pela pesquisa. O uso de revestimentos comestíveis para a conservação de frutos ao natural tem sido tema de alguns trabalhos. O revestimento é formado a partir de uma suspensão de um agente espessante, que após aplicação no produto forma uma película ao seu redor, agindo como barreira para trocas gasosas e perda de vapor d'água, modificando a atmosfera e retardando o amadurecimento do fruto (PEREIRA et al., 2005).

Vários tipos de biopolímeros podem ser utilizados no preparo desses revestimentos. Para tanto, faz-se necessário o conhecimento intrínseco das características físico-químicas desses compostos, visto que serão elas que darão a resposta esperada com relação à conservação do fruto. Entre os componentes mais utilizados no preparo das coberturas pode se citar proteínas, polissacarídeos e lipídeos ou a junção deles.

Os amidos figuram entre os polissacarídeos mais utilizados como componentes de coberturas. Embora apresentando alta higroscopicidade, revestimentos a base de amido promovem baixas trocas gasosa, além de não contribuir para alterações nas características sensoriais dos frutos e ser de baixo custo (LUVIELMO; LAMAS, 2012).

Os lipídios apresentam uma boa resposta em relação à perda de umidade, sendo a cera de carnaúba, um dos biopolímeros lipídicos mais eficazes quanto a esse parâmetro (JORGE; LUNARDI, 2005). As ceras são ésteres derivados de ácidos carboxílicos e álcoois de cadeia longa. Em geral são mais duras e quebradiças, menos gordurosas do que as gorduras, mais resistentes à hidrólise e à decomposição, portanto servem de fator de proteção (VIEIRA, 2003).

O uso da cera, além de repor a perda de cerosidade do fruto, contribui para o decréscimo do número de frutos descartados em função de danos físicos e podridões, representando uma alternativa de baixo custo, eficiente e ao alcance de pequenos produtores (ARTHUSO et al., 2009).

Inicialmente a cera de carnaúba foi escolhida como biopolímero por ser um produto extraído de uma palmeira típica da região, a carnaubeira (*Copernicia prunifera*). Pesquisas mostraram que a mesma diminui a perda de água e a desidratação natural de algumas frutas, entre elas: a goiaba, o tomate, e o maracujá (JACOMINO et al., 2003; MOTA et al., 2006; ASSIS; BRITTO; FORATO, 2009).

Assim filmes a base de polissacarídeos e lipídios são opções interessantes que podem apresentar boas propriedades de barreira, tanto à umidade quanto aos gases, além de contribuir para o crescimento econômico das regiões produtoras das matérias primas (CHIUMARELLI, 2011).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Elaborar revestimentos comestíveis a base de cera de carnaúba avaliando suas características físicas, químicas e seu efeito no armazenamento do pedúnculo do caju.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar as propriedades físico-químicas da cera de carnaúba utilizada como componente do revestimento.
- Selecionar formulações que influenciam significativamente no índice de cremeação, taxa respiratória e perda de massa do revestimento a base de cera de carnaúba elaborado.
- Preparar revestimento utilizando as concentrações ótimas no planejamento experimental utilizado.
- Avaliar as características físico-químicas, sensoriais e microbiológica do pedúnculo do caju revestido com cera de carnaúba.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Caju

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) pertence à família *Anacardiaceae*, nativo da América do Sul e cresce também nos trópicos das Américas, África e Ásia. De acordo com o porte da planta, o cajueiro é dividido em dois grupos, o comum e o anão. O comum é o que apresenta maior porte, conhecido também como cajueiro gigante, é o mais difundido, de altura entre 8 e 15 m e envergadura (medida da expansão da copa) que pode atingir até 20 m, a maioria desse tipo de cajueiro é mantida como cultura de sequeiro. O cajueiro anão é de porte baixo, altura inferior a 4 m, diâmetro do caule e envergadura inferiores ao do tipo comum, inicia o florescimento entre 6 e 18 meses enquanto que o comum tem sua primeira floração entre o terceiro e quinto ano (CHITARRA; CHITARRA, 2006; CRISÓSTOMO et al., 2001).

Segundo Moura et al. (2013) são necessárias técnicas empregadas no momento e após a colheita do cajueiro para preservar a qualidade dos pedúnculos, embora não sendo capazes de melhorá-la. Assim, a qualidade e o comportamento pós-colheita dependem, em grande parte, de fatores pré-colheita aos quais são submetidos os pomares. Esses fatores, que influenciam na qualidade e no comportamento pós-colheita dos pedúnculos, podem ser ambientais e de manejo (culturais). Os fatores ambientais incluem temperatura, umidade relativa do ar, luz, textura do solo, vento, altitude e precipitação pluviométrica. Os fatores de manejo são: nutrição mineral, manejo do solo, produtos químicos utilizados em pulverizações, densidade de plantio, irrigação e drenagem. Além desses, para a formação de um pomar comercial que garanta produtividade e qualidade homogêneas, é fundamental a obtenção de mudas selecionadas de material genético recomendado.

O verdadeiro fruto do cajueiro é a castanha de onde é extraída a amêndoa de coloração marron-acinzentado. Após o desenvolvimento da castanha o pedúnculo alongado ganha volume para formar um pseudofruto chamado “maçã de caju”, de formato piriforme com 5 –10 cm de comprimento, 4 – 8 cm de largura, possui uma casca fina e cerosa de cor vermelha, amarela ou vermelha e amarela. A polpa é amarelo pálido, macia, fibrosa, suculenta, adstringente e ácida a subácida, apresenta aroma característico (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O desenvolvimento completo do caju (castanha-de-caju + pedúnculo) ocorre em aproximadamente 50 dias. Inicialmente, observa-se o crescimento rápido e uniforme da castanha, até atingir seu tamanho máximo entre 30 e 36 dias. A partir desse ponto, verifica-se a diminuição no tamanho em aproximadamente 15%, que acontece ao mesmo tempo em que o pedúnculo termina seu processo de desenvolvimento e de amadurecimento. O crescimento do pedúnculo, ao contrário da castanha-de-caju, é muito lento nos estádios iniciais e rápido depois que a castanha atinge o tamanho máximo. Nessa etapa, ocorre a obstrução do hilo (comunicação entre a castanha e o pedúnculo), e conseqüentemente os fotoassimilados que serão produzidos pela planta posteriormente ficarão retidos no pedúnculo, havendo o acúmulo dessas substâncias e o conseqüente aumento de massa do pedúnculo (MOURA et al., 2013, pág.281).

Os melhores indicadores químicos do ponto de colheita do pedúnculo são a coloração, a firmeza da polpa e composição. Na prática, contudo, a colheita é realizada quando o pedúnculo está completamente desenvolvido, ou seja, com o tamanho máximo, textura firme e com a coloração característica do clone (IBRAF, 2005).

A colheita do caju tem início dois a três meses após o florescimento, sendo totalmente manual. Nas regiões onde é possível o aproveitamento do pedúnculo para a extração do suco, faz-se a colheita no período da manhã. Posterior ao descastanhamento (separação das castanhas dos pedúnculos), estas são acondicionadas em caixas e enviadas para a indústria, onde serão processadas (IBRAF, 2005).

O caju é classificado no grupo dos frutos não-climatéricos. Mesmo depois de colhidos, todos os frutos continuam a respirar, sendo classificados de acordo com seu comportamento respiratório em climatéricos e não-climatéricos. Após a colheita, nos frutos não climatéricos, a taxa respiratória decresce continuamente, não havendo aumento na produção de etileno e nem modificações relacionadas ao amadurecimento. Os frutos deste grupo, se colhidos antes de amadurecer, embora possam apresentar amolecimento e perda de coloração verde, não se tornam adequados para o consumo. Portanto, o caju deve ser colhido maduro (MENEZES; ALVES, 1995).

Para uniformizar as operações comerciais, recomenda-se tomar como referência os requisitos mínimos para apresentação das frutas frescas. De modo geral, os pedúnculos devem apresentar-se frescos, inteiros e intactos, firmes, sadios, limpos, sem manchas e com maturação adequada (FILGUEIRAS et al., 2002).

3.1.1 Importância nutricional do caju

O pedúnculo de caju nativo e de diferentes clones de cajueiro anão destaca-se por seu valor nutricional, apresentando um alto teor de vitamina C, um bom conteúdo de açúcares, sendo ainda uma fonte regular de cálcio e fósforo.

Com relação aos taninos os clones de cajueiro anão apresentam teores inferiores que os pedúnculos de caju nativo, o que representa uma redução na adstringência, tornando aqueles mais adequados e atrativos para o consumo *in natura* e para o processamento industrial (SOUSA FILHO et al., 2002).

A Tabela 3.1 apresenta as informações nutricionais do pedúnculo do caju. Observa-se uma grande variedade de compostos encontrados nesse fruto.

Tabela 3.1- Valor nutricional do pedúnculo do caju

Quantidade	100 gramas
Água (%)	78,1
Calorias (Kcal)	43
Proteína (g)	1,0
Carboidrato (g)	10,3
Fibra Alimentar (g)	1,7
Colesterol (mg)	n/a
Lipídios (g)	0,3
Ácido Graxo Saturado (g)	n/a
Cálcio (mg)	1
Fósforo (mg)	16
Ferro (mg)	0,2
Potássio (mg)	124
Sódio (mg)	3
Vitamina B1 (mg)	traços
Vitamina B2 (mg)	traços
Vitamina B6 (mg)	traços
Vitamina B3 (mg)	*
Vitamina C	~260

Fonte: www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_versao2.pdf

Ainda sobre nutrientes, Meneses (1994), afirma que os principais açúcares encontrados no pedúnculo são, maltose, sacarose, celobiose, rafinose, glicose e frutose, sendo estes 2 últimos presentes em maior quantidade. Holanda et al. (1996), encontraram valores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT) da ordem de 69,5; 8,61; 75,0%, respectivamente.

Alguns autores pesquisaram sobre a composição química do caju. Azevedo (2009), encontrou para o pedúnculo do caju desidratado os seguintes valores para matéria seca (88,70%), extrato etéreo (4,15%), proteína bruta (14,00%), fibra bruta (12,0%), cálcio (0,45%), fósforo (0,30%), tanino (0,8%) e energia bruta (4.320 kcal/kg). Segundo pesquisas realizadas por Soares (1986), a composição química do pseudofruto do caju desidratado apresentou os seguintes percentuais: 87% de matéria seca, 13,14% de proteína bruta, 5,76% de extrato etéreo, 12,63% de fibra bruta, 2,64% de matéria mineral. Araújo (1987), apresentou a análise bromatológica do pedúnculo do caju, matéria seca de 87,99% proteína bruta de 13,42%, fibra bruta de 17,60%, extrato etéreo de 3,25%, resíduo mineral 5,34%, extrato não nitrogenado de 60,38%, cálcio de 0,32%, fósforo de 0,16% e tanino de 1,04%.

De acordo com Sousa Filho et al. (2002), o pedúnculo de caju apresenta, de fato, uma grande variabilidade com relação às suas características físico-químicas e nutricionais tendo como principais fatores que as influenciam o tipo de solo, o clima, o tipo de cajueiro (nativo ou clone de anão precoce), o estágio de maturação e as condições de plantio (sequeiro ou irrigado).

3.1.2 Importância econômica do caju

Planta originária do Brasil, o cajueiro constitui-se atualmente em uma das mais importantes culturas do Nordeste Brasileiro. Com uma área plantada de aproximadamente 700.000 hectares, o cajueiro é responsável por cerca de 100.000 empregos diretos e indiretos, gerando divisas da ordem de 200 milhões de dólares anualmente. Inicialmente considerada uma planta típica de extrativismo, o cajueiro passou a ocupar extensas áreas de plantios a partir da década de 80 (FREIRE; BARGUIL, 2002).

No Brasil, a cultura do caju se destaca na Região Nordeste. Weber, Sousa e Gondin (2004), relataram também, que os principais estados produtores de caju são o Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte e Maranhão com 356, 147, 116 e 12 mil hectares plantados, respectivamente, o que caracteriza, assim, a vasta distribuição dessa cultura na região Nordeste do Brasil (IBGE, 2010).

A ocupação da mão-de-obra utilizada na cajucultura varia durante o ano em função das práticas culturais, ocorrendo um pico por ocasião da colheita. Esse aspecto torna-se mais relevante pelo fato de a colheita do caju coincidir com a entressafra dos demais cultivos de sequeiro da região, propiciando uma demanda por mão-de-obra rural num período crítico de baixa oferta de ocupação (BARROS, 2002).

O cajueiro destaca-se ainda no contexto socioeconômico pelo valor nutritivo e comercial dos seus produtos, cuja produção e industrialização garantem expressivo fluxo de renda, além de geração de milhares de empregos (LIMA, 1998).

Apesar da importância do pedúnculo de caju na alimentação humana, pouco volume tem sido efetivamente utilizado. Estudos mostram que o aproveitamento comercial do pedúnculo do caju é inferior a 12% (LIMA, 2008).

O pedúnculo corresponde a 90% do peso total do fruto e no ano de 2007 produziu-se 2.392.992 toneladas de pedúnculo de caju, deste total a maior parte foi desperdiçada, cerca de 94%, contribuindo, assim, para a rejeição ou perda de centenas de milhares de toneladas do produto ano (MACHADO et al., 2012).

Para elevar o percentual de aproveitamento do pedúnculo, vários estudos têm sido realizados com o objetivo de desenvolver novas tecnologias, métodos e processos para utilização humana e animal, nas mais diferentes áreas do conhecimento, dentre as quais destaca-se o desenvolvimento de produtos industriais (PIMENTEL et al., 2002; LIMA; GARCIA; LIMA, 2004; CARVALHO et al., 2006). Os produtos originários do caju apresentam elevado potencial para a elaboração de diferentes produtos alimentícios em virtude da diversidade e riqueza na composição química da castanha e do pseudofruto (LIMA; GARCIA; LIMA, 2004).

3.2 Revestimentos comestíveis

Revestimentos comestíveis são finas camadas de material aplicados e formados diretamente na superfície do produto, ou colocados entre os componentes alimentares (PEREZ-GAGO; KROTA, 2005).

De acordo com Jacometti, Meneghel e Yamashita (2003), os revestimentos vem sendo usados para substituir o revestimento de proteção natural com intuito de reduzir a perda de água de frutas e hortaliças, embora nem sempre podem substituir materiais de embalagem sintética não comestível. Contudo, servem como adjunto para proporcionar maior qualidade, estendendo a vida útil, possibilitando economia com materiais de embalagem.

Há um interesse crescente e potencial na produção de películas comestíveis a partir de proteína, polissacárideo, e biopolímeros de lipídios devido características apresentadas de serem renováveis, biodegradáveis e compostáveis (WELLER, GENNADIOS; SARAIVA, 1998).

Os revestimentos comestíveis atuam principalmente como barreira a gases e vapor de água, modificando a atmosfera interna dos frutos, diminuindo a degradação e aumentando a vida de prateleira dos mesmos, além de atuarem também como carreadores de compostos antimicrobianos, antioxidantes, entre outros (MAIA; PORTE; SOUSA, 2000). Sobre os alimentos, os revestimentos comestíveis não devem interferir na aparência natural da fruta, devem possuir boa aderência a fim de evitar sua remoção facilmente no manuseio e não podem promover alterações no gosto ou odor original (ASSIS; BRITTO; FORATO, 2009; GONTARD; GUILBERT, 1996).

As três categorias principais de macromoléculas encontradas nos revestimentos comestíveis são: os polissacarídeos, as proteínas e os lipídios (CHEN; NUSSINOVITCH, 2001).

Geralmente, os filmes de proteínas fornecem resistência limitada a transmissão de umidade devido à substancial hidrofiliabilidade inerente de proteínas e à considerável quantidade de plastificantes hidrófilos incorporados para conferir flexibilidade adequada. Em contraste, os lipídios hidrófobos, tais como lipídios neutros de glicéridos, ácidos graxos de cadeia longa, ceras, resinas, óleos, e surfactantes, exibem boas propriedades de barreira à umidade (WELLER; GENNADIOS; SARAIVA, 1998).

Já a película formada pelo revestimento a base de polissacarídeos apresenta baixa permeabilidade a gases reduzindo, principalmente, a taxa de escurecimento enzimático, que ocorre devido a ação das polifenoloxidasas (LUVIELMO; LAMAS, 2012).

Segundo Chiumarelli (2011), filmes e coberturas comestíveis à base de polissacarídeos e proteínas, na maioria dos casos requerem plastificantes. Krochta (2002), afirma que plasticizantes são agentes de baixo peso molecular, incorporados a formulação de películas que modificam as interações entre as macromoléculas, aumentando a mobilidade de cadeias poliméricas e reduzindo a temperatura do sistema.

3.3 A cera de carnaúba

A carnaubeira é uma palmeira que ocorre no Nordeste brasileiro, especialmente nos vales de alguns rios da região, principalmente do Parnaíba e seus afluentes, do Jaguaribe, do Acaraú, do Apodi e do médio São Francisco. Também pode ser encontrada nos estados do Pará, Tocantins, Maranhão e Goiás (ALVES; COELHO, 2006).

No Ceará, são encontrados carnaubais em diversas regiões, tanto no sertão quanto no litoral. No litoral, em virtude da implantação dos perímetros irrigados às margens dos rios,

bem como do desenvolvimento da carcinicultura, perderam-se grandes quantidades de árvores de carnaúba. A maior ocorrência, de acordo com dados do IBGE para 2004, em termos de produção de pó, é observada, na ordem, nos municípios de Granja, Camocim, Moraújo, Santana do Acaraú, Morrinhos e Cariré. Na produção de cera, destacam-se os municípios de Russas, Granja, Morada Nova, Moraújo, Aracati, Cariré e Itarema (ALVES; COELHO, 2006).

A carnaubeira (*Copernicia prunifera*) é uma espécie de palmeira nativa do Brasil com altura que varia entre 7 e 10 metros, podendo atingir os 15 metros. A planta possui um tronco reto e cilíndrico com diâmetro entre 15 e 25 centímetros. Geralmente ocorre nos pontos mais próximos dos rios, preferindo solos argilosos (pesados), aluviais (de margens de rios) e com a capacidade de suportar alagamento prolongado durante a época de chuvas, além de ser bastante resistente a elevados teores de salinidade. A carnaubeira apresenta também elevada capacidade de adaptação ao calor, suportando 3.000 horas de insolação por ano. Segundo Duque (2004), a idade das palmeiras, o tipo de solo, o clima e a proximidade com o mar são fatores que influenciam na produção de cera.

As folhas da carnaubeira são dispostas de modo a formar um conjunto esferoidal e a copa apresenta tonalidade verde levemente azulada, em consequência da cera que recobre a lâmina, em forma de leque de até 1,5 m de comprimento, de superfície plissada com a extremidade segmentada em longos filamentos mais ou menos eretos e rígidos. A lâmina da folha é afixada ao tronco por pecíolos rígidos de até 2 metros de comprimento, recobertos parcialmente, principalmente nos bordos, de espinhos rígidos em forma de “unha-de-gato” (ALVES; COELHO, 2006).

Além do grande potencial paisagístico, possui celulose de qualidade superior para fabricação de papel e sua madeira é empregada para diversos usos. As folhas, depois de secas e retirada a cera, que é utilizada na indústria, são usadas na confecção de esteiras, chapéus e outros artefatos (ARRUDA; CALBO, 2004).

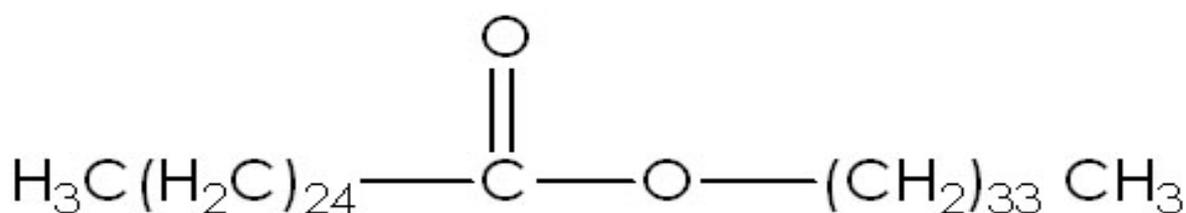
A cera que recobre a palha é uma consequência de sua adaptação às regiões secas, dado que esta camada cerífera reflete a luz, o que reduz danos ao maquinário fotossintético, por reduzir o aquecimento das folhas. A camada de cera dificulta a perda de água por transpiração e protege a planta contra o ataque de fungos (MOREIRA; SILVA, 1974, apud MESQUITA, 2005).

O material depois de extraído é chamado de pó de carnaúba e torna-se matéria-prima básica para produção da cera, que tem grande importância para indústria química,

eletrônica, cosmética, alimentícia e farmacêutica. O Brasil é o único país do mundo que produz e exporta cera de carnaúba (CARVALHO; GOMES, 2008).

Do ponto de vista químico a cera de carnaúba é formada por ésteres e ácidos graxos, além de uma boa quantidade de diésteres e hidroxiésteres, que contribuem ativamente com a formação da pasta lipídica e na capacidade de formar microemulsões (CHIUMARELLI, 2011). A Figura 3.1 apresenta a fórmula estrutural da cera de carnaúba.

Figura 3.1 – Representação química da molécula de cera de carnaúba



Fonte: <http://umaquimicairresistivel.blogspot.com.br/2011/04/as-ceras-de-animais-e-plantas.html>

A cera de carnaúba é adicionada a outras ceras para aumentar o ponto de fusão, dureza, resistência e brilho. Ela é considerada uma substância GRAS isto é, geralmente reconhecida como segura sendo, portanto, seu uso permitido em revestimentos de frutas e legumes frescos, em gomas de mascar, em confeitos, molhos e sem limitações que não sejam as boas práticas de fabricação (PINHEIRO, 2012).

3.4 Revestimentos a base de cera de carnaúba

Os revestimentos a base de lipídios são utilizados, principalmente, para limitar o transporte de umidade, em função de sua baixa polaridade (LUVIELMO; LAMAS, 2012).

A cera de carnaúba, tem sido usada como cobertura em frutas e hortaliças como uma opção de revestimento lipídico, conferindo brilho e evitando as perdas por transpiração (HAGENMAIER; BAKER, 1994).

De acordo com Lin e Zhao (2007), ceras naturais, como a de carnaúba, têm sido comercialmente aplicadas como películas protetoras em frutos e hortaliças desde 1930, com o propósito de evitar a perda de umidade, e reduzir a abrasão durante o transporte e manuseio e controlar as trocas gasosas entre o produto e o ambiente.

A película de cera aplicada na superfície do produto vegetal apresenta diferentes taxas de permeabilidade ao O₂, CO₂ e ao vapor d'água em função das propriedades da

matéria-prima, de sua concentração e da espessura da película. A combinação adequada destes fatores é variável para cada fruta, conforme suas características fisiológicas (AMARANTE; BANKS; GANESH, 2001).

A aplicação de ceras em produtos perecíveis exige que estes não sejam muito impermeáveis para não interferir na respiração aeróbica. Revestimentos que impedem a entrada de oxigênio ou a saída de gás carbônico podem induzir a respiração anaeróbica, que acarreta desordens fisiológicas e diminuição da vida de prateleira do produto (MAIA; PORTE; SOUZA, 2000).

O revestimento pode ser realizado por imersão na solução cerosa ou fazendo uso de um aspersor. Após a cobertura deve-se permitir o livre escoamento do excesso de gel e as amostras devem ser secas em condição ambiente, sem auxílio de ar forçado ou aquecimento. A formação do filme dá-se espontaneamente como consequência da evaporação do solvente e agregação das moléculas do polímero (ASSIS; BRITTO; FORATO, 2009).

Estudos apresentam bons resultados da aplicação da cera de carnaúba na manutenção da qualidade dos frutos como em goiabas (JACOMINO et al., 2003), mangas (RIBEIRO et al., 2009), caqui (BLUM et al., 2008) e tomates (CHIUMARELLI; FERREIRA, 2010). Nos trabalhos analisados a cera promoveu o aumento da vida útil do fruto, reduzindo a perda de massa e o índice de podridão.

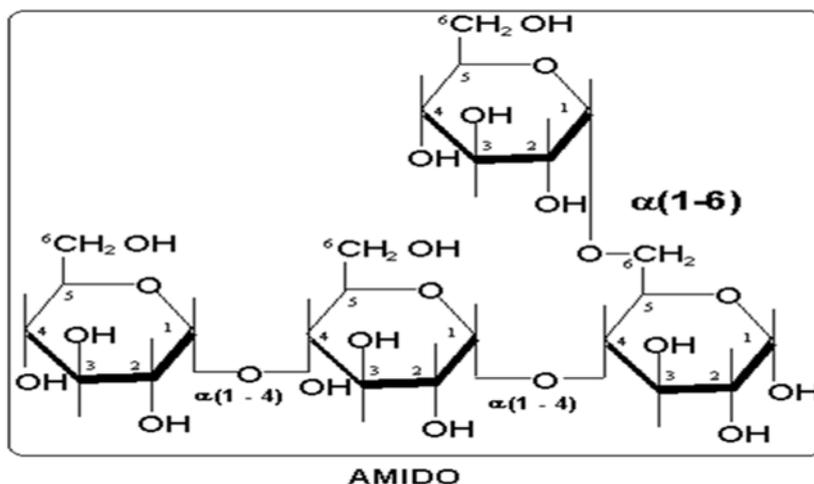
3.5 Revestimentos a base de amido

Os polissacarídeos mais utilizados na elaboração de revestimentos comestíveis em frutas são a fécula de mandioca, o alginato, a pectina, a goma carragena, quitosana e os derivados da celulose como por exemplo, a metilcelulose, carboximetilcelulose e hidroxipropilmetilcelulose (LUVIELMO; LAMAS, 2012).

Segundo Trigo (2010), o amido é formado por dois tipos de polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina, com estruturas e funcionalidades diferentes. A amilose é um polímero linear composto por unidades de D-glicose ligadas por ligações α -(1,4), com grau de polimerização de 200 a 3000, dependendo da fonte. A amilopectina é um polímero altamente ramificado, com unidades de D-glicose ligadas através de ligações α -(1,4), e ramificações em α -(1,6) (ELLIS et al., 1998). A Figura 3.2 representa a estrutura química do amido.

De acordo com Santos et al. (2005), filmes comestíveis a base de amido, tem sua obtenção a partir do princípio da geleificação do amido, que ocorre acima dos 70°C com excesso de água.

Figura 3.2 – Representação química da molécula de amido.



Fonte: http://reocities.com/CapeCanaveral/launchpad/9071/amido1_4.gfi.

A fécula de mandioca é um dos agentes mais estudados para formação de revestimentos comestíveis devido a suas características de boa transparência e resistência às trocas gasosas. Alguns autores a consideram como matéria-prima de grande potencial na elaboração de revestimentos comestíveis por ser uma matéria-prima de baixo custo, por formar películas resistentes e transparentes que proporcionam eficientes barreiras a gases e por serem atóxico, ou seja, podem ser ingeridos juntamente com o produto (HOJO et al., 2007; VICENTINI, 2003; CEREDA; BERTOLINI; EVANGELISTA, 1992).

Estudos mostram que revestimentos comestíveis a base de amido aumentaram o teor de açúcares em mangas (COSTA et al., 2013), tempo de armazenamento em pera (BOTREL et al., 2010) e diminuíram a incidência microbiológica em morangos (ALVES et al., 2011).

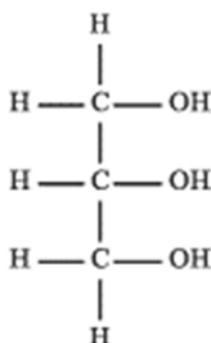
3.6 Uso de plastificantes

Os plastificantes são definidos como substâncias com alto ponto de fusão e baixa volatilidade. Uma característica importante dos plastificantes é que, por serem moléculas pequenas, são facilmente acoplados entre as cadeias poliméricas devido a sua habilidade em reduzir a formação de pontes de hidrogênio entre as cadeias (CARDOSO, 2011).

O efeito que o plastificante causa as propriedades funcionais dos filmes depende não só da sua concentração, mas também de sua natureza (CUQ et al., 1995; McHUGH; KROCHTA, 1994; MALI et al., 2005).

O glicerol é um dos plastificantes mais utilizados em filmes e coberturas comestíveis (HAN; GENNADIOS, 2005). É um composto orgânico pertencente a função álcool, cuja fórmula química é $C_3H_5(OH)_3$ (Figura 3.3). É líquido a temperatura ambiente ($25^\circ C$), higroscópico, inodoro, viscoso, de sabor adocicado e completamente solúvel em água e álcool (CHIUMARELLI, 2011).

Figura 3.3 – Representação química da molécula de glicerol



Fonte: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612008000100033

O glicerol é tido como uma substância atóxica desde 1959, permitido seu uso como aditivo em alimentos e também como substância *generally regarded as safe*, ou GRAS, pela agência Food and Drug Administration (FDA) nos Estados Unidos.

No Brasil seu uso é permitido pela Resolução da Agência nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) n° 386, de 5 e agosto de 1999 (ARRUDA; RODRIGUES; FELIPE, 2006)

Banker (1966), afirma que revestimentos contendo glicerol possuem boa flexibilidade e diminuem as propriedades de barreira dos filmes.

Segundo Oliveira et al. (2011), uma maior concentração de plastificante aumenta a permeabilidade ao vapor de água e a solubilidade do revestimento empregado em jabuticabas.

Cortez-Veja et al. (2013), trabalhando com mamão minimamente processado observaram que filmes contendo maiores quantidades de glicerol apresentaram uma barreira superior ao oxigênio em relação aos demais.

Moritz et al. (2009), observaram um aumento da vida útil de fatias de bananas imersas em revestimentos preparado com uma concentração de glicerol de 3%.

3.7 Filmes compostos

Os filmes elaborados a partir de polissacarídeos ou proteínas possuem excelentes propriedades mecânicas, ópticas e sensoriais, porém são sensíveis à umidade e apresentam alto coeficiente de permeabilidade ao vapor d'água. Ao contrário, as coberturas compostas de lipídios apresentam boas propriedades de barreiras ao vapor d'água, mas são opacas e pouco flexíveis, além de apresentarem sabor residual, o que pode influenciar as características sensoriais do alimento. A combinação dos biopolímeros tem como vantagem agregar os pontos positivos de cada um dos constituintes utilizados (FAKHOURI et al., 2007).

Devido a diversidade das características de cada componente, para a elaboração de filmes comestíveis e/ou biodegradáveis, de maior eficácia, é necessária a utilização de diversos componentes, de finalidade específica, constituídos de pelo menos um agente formador de filme (macromoléculas), solvente (água, etanol, entre outros), plastificante para atenuar a rigidez (glicerol, sorbitol, entre outros) e agente regulador de pH. Entre as macromoléculas, os principais grupos utilizados são as proteínas, polissacarídeos e seus derivados, e os lipídios (monoglicerídeos, ácidos graxos, ceras naturais e outros) (BERTAN, 2003).

Os sistemas compostos podem ser formados através da aplicação da camada lipídica sobre uma película à base de polissacarídeo ou proteína previamente formada, resultando em um recobrimento bicamada. Porém, a formação de uma emulsão lipídeo-polissacarídeo ou proteína é mais utilizada, devido à sua maior praticidade. A técnica de emulsão compreende a dispersão do lipídeo na solução contendo polissacarídeo ou proteína, e a emulsão formada pode ser estável ou não. Caso a emulsão não seja estável, há separação de fases durante a secagem da película, também formando um recobrimento bicamada (CHIUMARELLI, 2011).

Resultados positivos na conservação de uvas “Crimson” foram obtidos por Fakhouri et al. (2007) os quais utilizando coberturas de gelatina associada a amidos de diferentes fontes vegetais, estenderam o tempo de conservação em até 10 dias em comparação ao controle, sob refrigeração.

Guedes (2007) verificou a diminuição do amadurecimento dos frutos de manga “Rosa” a partir de 2% da concentração de biofilme contendo fécula de mandioca e plastificante, observando que os tratamentos deixaram os frutos mais atraentes, aumentando sua longevidade.

Segundo Silva et al. (2011), a aplicação de cera de carnaúba e agentes tensoativos aniônicos mostrou-se efetiva na conservação da qualidade pós colheita do caqui *cv. Fuyu* durante armazenamento, com melhor conservação da massa, mantendo a coloração externa e firmeza além dos parâmetros químicos avaliados.

De acordo com Larotonda (2002), a obtenção de materiais biodegradáveis a partir de recursos renováveis une duas necessidades prementes: a criação de alternativas econômicas para a agricultura brasileira e a diminuição dos impactos ambientais causados pelo uso intenso de embalagens originadas de derivados do petróleo.

Portanto a utilização de um biofilme a base de cera de carnaúba, fécula de mandioca e glicerol no revestimento de pedúnculo de caju parece promissor.

4 METODOLOGIA

4.1 Matéria prima

4.1.1 Caju

Os cajus do clone anão precoce CCP 76 (Figura 4.1) usados na pesquisa foram adquiridos na Unidade Experimental de Pesquisa e Extensão do IFCE, localizada na Chapada do Apodi, município de Limoeiro do Norte onde foram coletados entre 07:00 e 08:00h da manhã e imediatamente acondicionados em caixas plásticas com apenas uma camada de pedúnculos, para a prevenção de injúrias mecânicas. Em seguida foram transportadas para a planta piloto de frutos e hortaliças do IFCE campus Limoeiro do Norte. Para a sanitização foi utilizado hipoclorito de sódio a 1% por 10min. A concentração do sanitizante abaixo do valor normalmente utilizado (2,0%) se deve a fragilidade do pedúnculo do caju completamente maduro.

Figura 4.1 – Caju ‘CCP 76’, Unidade Experimental de Pesquisa e Extensão, Chapada do Apodi, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Joseane Muniz

4.1.2. Cera de carnaúba

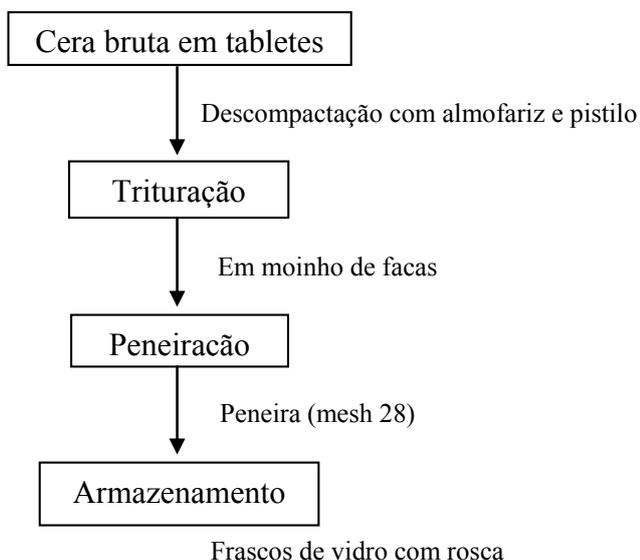
A cera de carnaúba bruta utilizada no estudo foi originária da safra de 2013 e comprada de produtor da cidade de São João do Jaguaribe-CE. A mesma passou por uma classificação em três tipos: branca, preta e resíduo conhecida como borra (Figura 4.2) na própria casa de cera por funcionário responsável pelo processamento. O preparo para as análises de composição centesimal e caracterização físico químicas está representado no fluxograma exposto na Figura 4.3.

Figura 4.2 – Tipos de ceras de carnaúba usadas na pesquisa (A) cera branca, B) preta e C) resíduo). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Joseane Muniz

Figura 4.3 - Fluxograma de preparo das amostras de cera. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Joseane Muniz

4.1.3. Revestimentos comestíveis

Os materiais utilizados na elaboração do revestimento foram: fécula de mandioca comercial da marca Amafil[®] adquirida em supermercado local; glicerol P.A., usado como plastificante e cera de carnaúba pura descrita no subitem 4.1.2.

4.2 Métodos

4.2.1 Caracterização das matérias primas

4.2.1.1 Cera de carnaúba

A cera de carnaúba foi caracterizada em relação ao seu conteúdo centesimal: teor de proteínas de acordo com Kjeldhal (IAL, 2008), umidade por gravimetria, cinzas (IAL, 2008), lipídeos pelo método de Bligh Dyer, segundo metodologia descrita por Cecchi (2003), e carboidratos por cálculo de diferença.

As características físico químicas da cera de carnaúba analisadas foram:

- Determinação de fósforo por espectrofotometria na região do visível (IAL, 2008),
- Índice de acidez: AOCS (1996) adaptado por Li e Parish (1998) aproximadamente 1,0 g da amostra foi dissolvido em 20 mL de etanol:toluol 1:1. A mistura foi aquecida para fusão da cera e titulada com solução padronizada de NaOH, 0,05 N, usando como indicador fenolftaleína. O índice de acidez, foi calculado seguindo a Equação 1:

$$IA \text{ (mg KOH.g}^{-1}\text{)} = V \times N \times 56,1 / m \times f \quad (1)$$

onde: V = volume gasto na titulação da amostra (mL);

N = normalidade da solução;

m = massa da amostra (g);

f = fator de correção da solução.

- Índice de saponificação: AOCS (1996) adaptado por Li e Parish (1998) a cerca de 0,5 g da amostra e foram adicionados 20 mL de toluol e 10 mL de solução de KOH

etanólica 0,5 M. a solução foi mantida sob refluxo por 4 horas e após o resfriamento e titulada com solução padronizada de HCl 0,5 N. Fenolftaleína foi usada como indicador. Foi preparado um branco sem amostra. O índice de saponificação foi calculado seguindo a Equação 2.

$$IS \text{ (mg KOH.g}^{-1}\text{)} = [(B-V) \times N \times 56,1] / m \times f \quad (2)$$

Sendo: B = volume gasto na titulação do branco (mL);

V = volume gasto na titulação da amostra (mL);

N = normalidade da solução;

m = massa da amostra (g);

f = fator de correção da solução.

- Determinação da matéria insaponificável: AOCS (1996) adaptado para o presente trabalho - 0,5 g amostra foi colocado em balão de fundo redondo e adicionaram-se 1,5 mL de KOH aquoso 50% e 25 mL de álcool etílico. A solução foi mantida sob refluxo durante 8 horas e transferida para funil de separação, com a adição de 50 mL, de água aquecida (40°C) e 50 mL de éter etílico. A fase etérea foi separada da fase aquosa, que foi extraída mais 3 vezes com porções de 50 mL de éter etílico. As frações de éter foram juntadas, a fase etérea foi transferida para balão tarado e a porcentagem de matéria insaponificável determinada gravimetricamente.

- Índice de iodo segundo Wijs: AOCS (1996) adaptado para o presente trabalho – a 0,5 g de amostra foi adicionado de 7,5 mL de ciclohexano e aquecido em placa aquecedora até a dissolução total da amostra. Após o resfriamento, foram adicionados 7,5 mL de ácido acético e 25 mL de solução de cloro-iodo segundo Wijs. O frasco foi tampado e mantido no escuro por 1 hora. Foram adicionados 20 mL de solução de KI 10% e 150 mL de água destilada. A amostra foi titulada com solução padronizada de tiossulfato de sódio 0,1 N, com solução de amido 1% como indicador. Preparou-se um branco, sem amostra. O índice de iodo, expresso em mg de iodo absorvido por 100 mg de amostra, foi calculado pela Equação 3:

$$I^2 \text{ (mg I}^2\text{.100 mg}^{-1}\text{)} = [(B - V) \times N \times 12,69] / m \quad (3)$$

Sendo: B = volume gasto na titulação do branco (mL)

V = volume gasto na titulação da amostra (mL)

N = normalidade da solução

m = massa da amostra (g)

4.2.1.2 Composição centesimal dos pedúnculos de caju

Os pedúnculos do caju foram analisados quanto ao seu teor de proteínas de acordo com Kjeldhal, umidade por gravimetria, cinzas, lipídeos pelo método soxlet (IAL, 2008), carboidratos por diferença e fibra bruta por extração ácida e básica de acordo com Cecchi (2003), com adaptações, em aparelho Fiber Analyzer[®].

4.2.1.3 Análise estatística

O delineamento estatístico utilizado nessa parte da pesquisa foi o inteiramente casualizado onde cada amostra de cera foi analisada em triplicata com cálculo de média e desvio padrão da amostra. Para os três tipos de ceras foi aplicado o teste de tukey a 5% de significância com auxílio do programa Statistica[®] 10.

4.2.2 Seleção das variáveis para elaboração do revestimento

Para a seleção das variáveis tempo e velocidade de rotação da emulsão, realizou-se testes onde foi preparado o revestimento com todos os componentes do filme e submetido ao agitador magnético. O procedimento consistiu de observações a olho nu do revestimento; paralelo ao acompanhamento do aumento da rotação e do intervalo de tempo cronometrado. Ao atingir o valor de rotação e um tempo ideal para homogeneização onde esses valores foram quantificados.

A variável temperatura foi estipulada a partir de testes para determinar a completa fusão da cera, utilizando aquecedor magnético e termômetro graduado.

A quantidade de fécula, e o intervalo das concentrações de glicerol e cera de carnaúba foram determinados baseados nos trabalhos de Chiumarelli e Hunbinger (2012).

4.2.3 Seleção das formulações dos revestimentos

O planejamento estatístico Delineamento Composto Central Rotativo foi utilizado para selecionar formulações na região otimizada. Foram realizados três delineamentos compostos centrais rotacionais (DCCR) 2^2 , um para cada tipo de cera de carnaúba (branca, preta e resíduo), compostos por 4 pontos fatoriais, 4 axiais e 3 repetições no ponto central, totalizando 11 ensaios para cada tipo de cera (Tabelas 4.1 e 4.2. e Figura 4.4).

Tabela 4.1. – Variáveis independentes e valores codificados e reais dos níveis utilizados no planejamento experimental fatorial 2^2 . IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

Variáveis Independentes	Níveis				
	-1,41	-1	0	+1	+1,41
Glicerol (mL/100g de suspensão)	0,03	0,6	2,0	3,4	4,0
Cera de carnaúba: branca, preta e resíduo (g/100g de suspensão)	0,01	0,05	0,2	0,35	0,4

Fonte: Joseane Muniz

Tabela 4.2. – Planejamento experimental fatorial 2^2 com valores reais e codificados (entre parênteses) para cada ensaio. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

Ensaio	Glicerol (%)	Cera de carnaúba (%) (branca, preta e resíduo)
01	0,6 (-1)	0,05 (-1)
02	0,6 (-1)	0,35 (+1)
03	3,4 (+1)	0,05 (-1)
04	3,4(+1)	0,35 (+1)
05	0,03(-1,41)	0,2 (0)
06	4,0 (+1,41)	0,2 (0)
07	2,0 (0)	0,01 (-1,41)
08	2,0 (0)	0,4 (+1,41)
09©	2,0 (0)	0,2 (0)
10©	2,0 (0)	0,2 (0)
11©	2,0 (0)	0,2 (0)

© Ponto Central

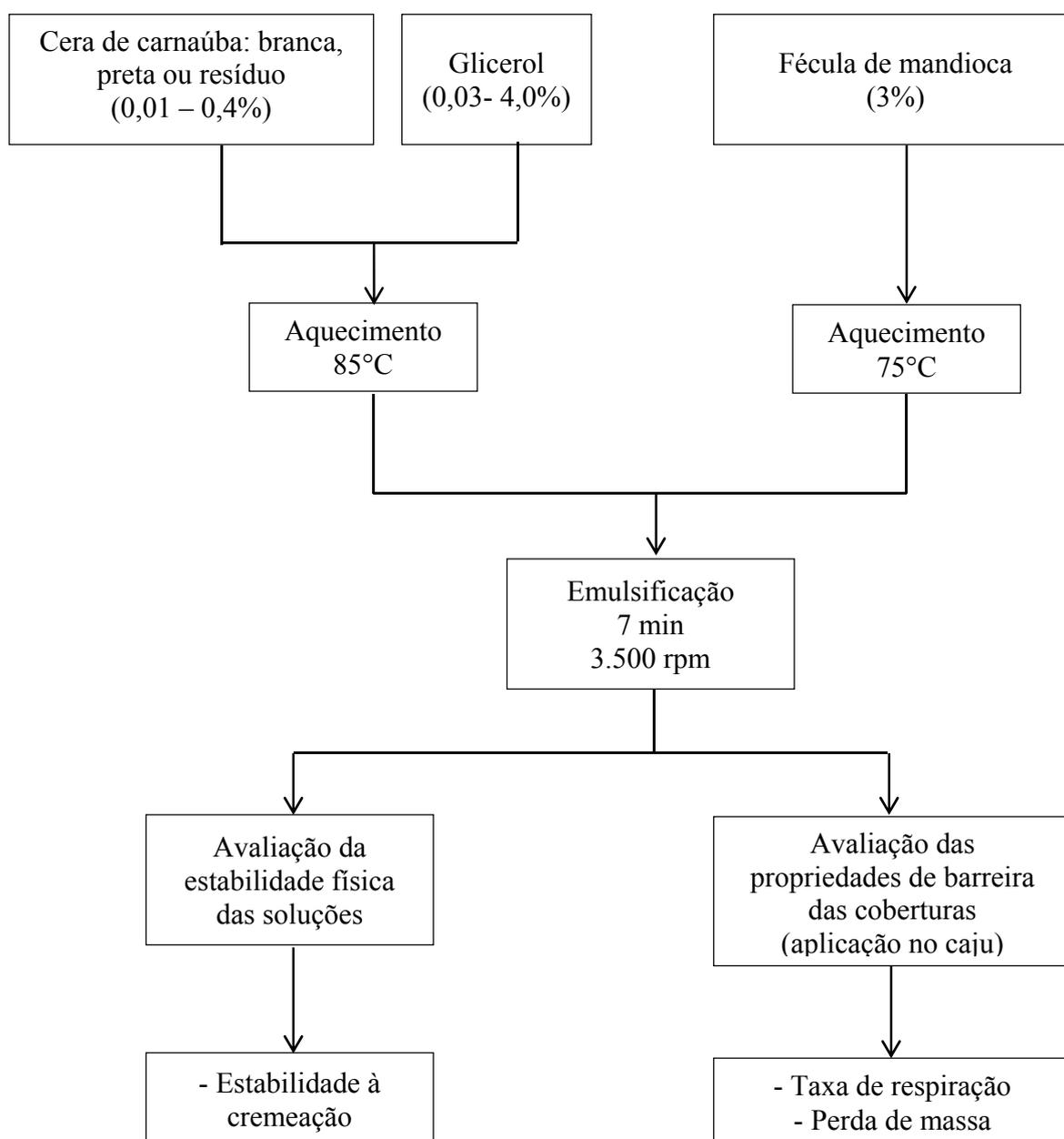
Fonte: Joseane Muniz

As respostas observadas foram: a estabilidade à cremação, a taxa de respiração e a perda de massa. As formulações na região otimizada foram analisadas e de acordo com as

respostas obtidas foi possível chegar a melhor formulação para uso no estudo da vida de prateleira dos pedúnculos do caju.

Como resposta experimental foram analisadas a estabilidade da emulsão como resposta ao parâmetro de cremeação e as propriedades de cobertura por meio da taxa de respiração e perda de massa.

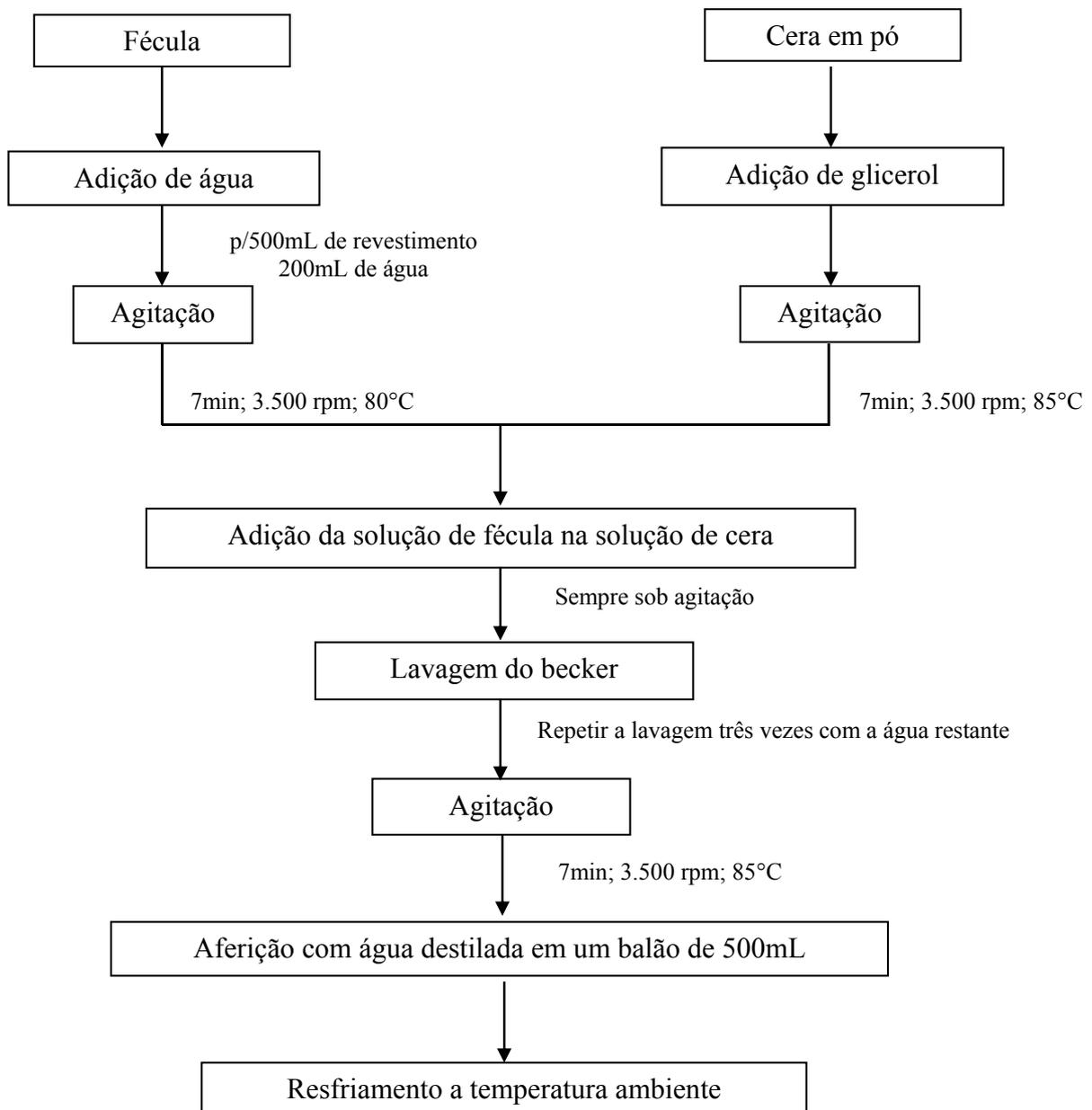
Figura 4.4 - Diagrama de fluxo das etapas dos delineamentos compostos centrais rotacionais (DCCR) 2^2 utilizados na elaboração de revestimentos compostos de cera de carnaúba. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



4.2.3.1 Preparo do revestimento comestível

A preparação do revestimento se deu por meio do fluxograma da Figura 4.5 e teve início pela solução de fécula de mandioca, a qual foi elaborada usando 3% p/p de fécula dispersa em água destilada.

Figura 4.5 - Fluxograma de preparação da emulsão de revestimento. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Chiumarelli (2011), adaptado para os valores de temperatura, tempo de agitação e rotação.

A solução foi aquecida a 75 °C sob agitação constante. Paralelamente, uma mistura de cera de carnaúba (ponto de fusão entre 78 °C e 85 °C) (0,01-0,4%) e glicerol (0,03-4% p/p) foi aquecida a 85 °C. Esta mistura visa a completa fusão da cera e homogeneização da mesma no glicerol. No momento em que a cera atingiu a fusão e homogeneização adequada, a suspensão de fécula de mandioca foi adicionada aos poucos à mistura cera-glicerol, sendo a mesma emulsificada a 3500 rpm durante 7 minutos. Após a homogeneização das duas soluções em uma única emulsão, a mesma foi resfriada em banho de gelo até atingir a temperatura ambiente.

4.2.3.2 Avaliação da estabilidade das emulsões para revestimentos em pedúnculos de caju.

Após o preparo das soluções das coberturas, conforme descrito no item 4.2.3., alíquotas de 25 mL de cada amostra foram transferidas para provetas de vidro graduadas de 100mL, seladas e estocadas a temperatura ambiente por seis dias, quantificando o volume da fase aquosa diariamente. Quando houve separação de fases, a estabilidade das soluções foi medida através do índice de cremação (IC), que correlaciona a altura da fase superior (H) durante a estocagem com a altura inicial (H₀), como apresentado na Equação 4 (PERRECHIL, 2008). As leituras foram feitas em triplicata.

$$IC (\%) = \frac{H}{H_0} \cdot 100 \quad (4)$$

4.2.3.3 Avaliação dos revestimentos como barreira a trocas respiratórias

A análise da taxa de respiração dos pedúnculos do caju foi realizada conforme metodologia apresentada por Castricini, Coneglian e Polidoro (2004), utilizando recipientes plásticos com tampa, com capacidade para 1,5L. Os frutos foram acondicionados no interior dos mesmos e ao lado destes (frutos), dentro dos recipientes, foi colocado um copo plástico contendo 50mL de NaOH 0,5N, que funciona como fixador do CO₂ produzido no processo de respiração. Para evitar trocas gasosas com o meio, as tampas dos recipientes foram envolvidas por película de filme de PVC. Cada tratamento possuiu três repetições (um fruto por recipiente). Foi realizada uma triplicata em branco, ou seja, recipiente sem fruto. Após intervalos de 48h, a solução de NaOH foi retirada do recipiente, e adicionada fenolftaleína e 10ml de BaCl₂ 0,2N e foi submetida à titulação com ácido clorídrico a 0,25N. O cálculo final

da taxa respiratória, em cada tratamento, foi realizado com base na média das três repetições, cujo resultado foi expresso em mg de CO₂/g por massa fresca dos frutos, para cada período de exposição (48 em 48h por oito dias), utilizando-se a Equação 5:

$$\text{mg CO}_2/\text{g matéria fresca} = \frac{(B - L) \times C}{MF} \quad (5)$$

Onde: B = volume em mL gasto para a titulação do “branco” (recipiente sem o fruto, somente com o copinho contendo o NaOH);

L = volume gasto para neutralizar o NaOH submetido à respiração dos frutos;

f = fator de correção da solução;

MF = massa fresca dos frutos no momento das avaliações.

Para determinação da taxa respiratória horária, foi utilizada a Equação 6:

$$\text{mg CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} = \frac{\text{mg CO}_2/\text{g matéria fresca} \times 1000}{IT} \quad (6)$$

Onde: IT = Intervalo de tempo entre as titulações (48h).

4.2.3.4 Avaliação dos revestimentos como barreira a perda de massa fresca

Para o cálculo da perda de massa procedeu-se pesando as frutas (bandejas com três cajus) em balança analítica a cada 48h, durante oito dias sendo determinada a diferença entre peso inicial e final e expressando-se os resultados em porcentagem. A análise se deu em triplicata

4.2.3.5 Análise estatística

As respostas obtidas no delineamento composto central rotacional 2² foram inseridas no programa Statística[®]10 e tratadas com a ferramenta “Experimental Design” de acordo com a metodologia descrita por Rodrigues e Iemma (2005). Para todas as respostas, foram analisados os coeficientes de regressão do modelo codificado e a ANOVA, a um nível de significância de 5% (p < 0,05). As variáveis independentes, que apresentaram p-valores maiores que 0,05 e que se apresentaram significativas após a eliminação dos demais parâmetros não-significativos, foram consideradas no modelo. Para respostas cujos valores de

$F_{\text{calculado}}$ foram maiores que F_{tabelado} e cujos valores de R^2 demonstraram bom ajuste dos dados ($R^2 \geq 75\%$) foram gerados os modelos e as superfícies de resposta.

4.2.4 Estudo da vida útil dos pedúnculos do caju com revestimento

A análise das respostas dos parâmetros apresentados nos subitens 4.2.3.1, 4.2.3.2 e 4.2.3.3 foi usada para a escolha da formulação de revestimento para aplicação nos pedúnculos de caju CCP 76. Para o estudo foram utilizados 180 frutos e foi procedido através de análises comparativas dos seguintes tratamentos.

- Controle - pedúnculos de caju apenas sanitizados com solução de hipoclorito de sódio.
- F+G - pedúnculos de caju sanitizados e tratados com cobertura contendo 3% de fécula de mandioca e concentração ótima de glicerol.
- CR - pedúnculos de caju sanitizados e tratados com cobertura contendo 3% de fécula de mandioca, concentração ótima de glicerol e de cera de carnaúba resíduo.
- CB - pedúnculos de caju sanitizados e tratados com cobertura contendo 3% de fécula de mandioca e concentração ótima de glicerol e de cera de carnaúba branca.

A vida de útil do pedúnculo do caju foi analisada durante oito dias de estocagem a temperatura ambiente através da avaliação do índice de senescência, firmeza da polpa, perda de massa, acidez titulável, pH, sólidos solúveis, SS/AT, atividade de água, teor de ferro, taxa de respiração, vitamina C, compostos fenólicos, carotenóides e flavonóides. As avaliações foram feitas nos dias 0, 2, 4, 6, e 8 de estocagem. Adotou-se o delineamento inteiramente ao acaso em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com três repetições e três frutos por parcela. Os resultados foram apresentados através de desvios padrões de média. O teste sensorial diferença do controle foi realizado no início do armazenamento (2º dia). A avaliação microbiológica foi realizada no 1º dia para coliformes a 45°C, *Samonella* sp. e bolores e leveduras, e no 5º dia para bolores e leveduras, apenas. A vida útil do fruto foi definida como o tempo máximo de armazenamento cuja contaminação atingiu níveis impróprios para o consumo (BRASIL, 2001; IFTS, 1999).

4.2.4.1 Preparo e aplicação de revestimentos

O preparo dos recobrimentos seguiu a metodologia descrita no fluxograma da Figura 4.5 para os tratamentos CB e CR. O preparo do tratamento F+G se deu seguindo os

mesmos procedimentos da Figura 4.5, no entanto, sem a presença da cera de carnaúba. Já no tratamento controle, os cajus passaram apenas pelo processo de sanitização e sendo imersos em água.

A aplicação do revestimento foi feita por meio de imersão dos frutos nas soluções de revestimento durante 30 segundos e deixados em repouso sob bandejas teladas por 30min para remover o excesso de líquido. Em seguida os frutos foram dispersos em bandejas de polipropileno (três frutos por bandeja) com três bandejas para cada tratamento e armazenados a temperatura ambiente durante 08 dias.

Figura 4.6 - Imersão do caju na emulsão de revestimento a base de cera de carnaúba. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Joseane Muniz

4.2.4.2 Análises físicas

a) Escala de senescência: a análise do estágio de maturação do fruto no decorrer do armazenamento se deu atribuindo notas a cada fruto contido nas bandejas de acordo com as características visuais da película tendo como base a Tabela 4.3. Sendo considerado impróprio para consumo frutos com notas iguais ou inferiores a 3.

b) Firmeza da polpa: determinada em pedúnculos íntegros, usando-se penetrômetro manual Fruit Pressure Tester Modelo FT 327 com ponteira de 8 mm de diâmetro. Foram feitas duas leituras por pedúnculo, em lados opostos da porção basal. As

leituras, em lbf, foram multiplicadas por 4,4482 para expressando o resultado da força necessária para romper a resistência da polpa em Newton (N).

c) **Perda de massa:** a análise da perda de massa se deu conforme subitem 4.2.3.4.

Tabela 4.3 – Escala subjetiva para avaliação de coloração externa dos cajus (pedúnculo e castanha) visando a atribuição de notas com relação ao avanço de sua senescência.

Estádio de maturação (notas)	Estágio do Fruto
5	Ausência de depressões, murchamento ou ataque de microrganismos
4	Traços de depressões e/ou murchamento
3	Leve depressões e/ou murchamento
2	Depressões e/ou murchamento com média intensidade e leve ataque de microrganismos
1	Depressões e murchamento com intensidade severa e ataque de microrganismos

Fonte: Lima et al., 2004 com adaptações

4.2.4.3. Análises físico-químicas

a) **Acidez titulável:** a acidez titulável foi determinada por diluição de 3 g de polpa em 60 mL de água destilada, titulando-se com solução de NaOH 0,1 N, usando o indicador fenolftaleína para verificação do ponto de viragem de incolor para róseo claro permanente AOCS (1996). Os resultados foram expressos em percentagem de ácido málico.

b) **Sólidos solúveis:** após filtrar a polpa em papel de filtro, o teor de sólidos solúveis foi obtido por meio de refratômetro manual com escala de variação de 0 a 45 °Brix, de acordo com metodologia recomendada pela AOCS (1996), sendo o resultado expresso em °Brix.

c) **Relação SS/AT:** a relação SS/AT foi obtida por meio da razão entre essas duas variáveis.

d) **pH:** o pH foi determinado diretamente na polpa, utilizando-se um potenciômetro (Hanna Instruments HI 2221) com membrana de vidro de acordo com a

recomendação da AOCS (1996) utilizando os tampões de 4,0 e 7,0 para calibragem do aparelho.

e) Atividade de água: para determinação da atividade de água (A_w) foi utilizado o aparelho Aqualab life[®]. A preparação da amostra e a utilização do aparelho foram realizadas conforme instruções descritas no manual de operação.

f) Análise de Ferro: preparo da amostra – pesou-se 1 g da amostra e levou-se para a mulha a 550 °C por 6h até obter cinzas brancas. **Análise das amostras de caju:** Em balões volumétricos de 50 mL foi adicionado 1mL de HCl concentrado, 1mL de cloridrato de hidroxilamina a 10% e 5 mL da solução padrão de acetato de amônio. Em seguida, foi adicionado 10,0 mL. Logo após completou-se o volume do balão com água destilada e deixou-se que a reação ocorresse na ausência total de luz por 15 a 20 minutos. Por fim as medidas espectrofotométricas foram realizadas a 510 nm e os dados analisados conforme curva de calibração do Apêndice A.

g) Taxa de respiração: de acordo com metodologia descrita no subitem 4.2.3.3

4.2.4.4 Compostos Bioativos

a) Vitamina C - determinado por titulação direta com solução de Tillman (STROHECKER; HENNING, 1967). Amostra de 1 mL do homogeneizado de polpa foi diluída para 50 mL em ácido oxálico 0,5% e titulada com solução de Tillman (2,6 diclorofenol indofenol-DFI) até o ponto de viragem. As amostras e os reagentes foram mantidos resfriados em banho de gelo e o resultado expresso em $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$.

b) Compostos fenólicos - de acordo com metodologia proposta por Albarici, Freitas e Pessoa (2009). **Preparo da Amostra:** fez-se a extração com 7 mL de acetona em 3g de polpa fresca livre de óleo, deixou-se sob agitação durante 20 minutos e procedeu-se a filtração. Dilui-se 100 μL do extrato em 9,9 mL de água. **Análise da amostra:** Adicionar a um tubo de ensaio 500 μL de água (branco), ou amostra diluída. Adicionar 2,5 mL de reagente de Folin-Ciocalteu, deixar em repouso durante 2 minutos a temperatura ambiente. Adicionar 2 mL de carbonato de sódio ($75 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) agitar com vortex e deixar em repouso durante 15 minutos em um banho de água a 50°C. A leitura foi realizada em

espectrofotômetro a 760 nm. e os dados analisados conforme curva de calibração do Apêndice A.

c) Flavonóides - os flavonóides foram determinados segundo Francis (1989), adaptado para o presente trabalho, sendo 1 g de amostra, pesado e homogeneizado com 30 mL da solução extratora (etanol 95% e HCl 1,5 N na proporção 85:15), em desintegrador de tecidos do tipo “Turrax” por 2 minutos na velocidade “5”. A mistura foi transferida para um balão volumétrico (50 mL) e desse para um recipiente de vidro envolto em papel de alumínio e colocado por 12 h na geladeira. Depois, o material foi filtrado, envolto com papel de alumínio e a absorbância foi medida a 374 nm para flavonóides.

Os resultados foram expressos em mg.100g^{-1} de polpa, calculados através da Equação 7:

$$\text{Flavonóides (mg.100g}^{-1}\text{)} = \text{Absorbância} \times \text{fator de diluição}/76,6 \quad (7)$$

d) Carotenóides Totais - a determinação dos carotenoides totais foi realizada segundo Higby (1962). Preparou-se um extrato partindo-se de 10 g de cada amostra *in natura*, 30 mL de álcool isopropílico e 10 mL de hexano que foram colocados em um erlenmeyer. A mistura foi homogeneizada, em seguida, adicionou-se 85 mL de água e a transferiu para o balão de separação. Após 30 minutos de repouso, adicionou-se 10 mL de água destilada. Em seguida, filtrou-se a mistura utilizando papel de filtro. O filtrado foi recolhido em balão volumétrico de 50 mL contendo 5 mL de acetona, o qual foi completado com hexano. A leitura dos carotenóides em espectrofotômetro a 450 nm. Para o cálculo do teor de carotenoides totais utilizou a Equação 8:

$$\text{Carotenóides (mg.100g}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Absorbância lida} \times 100}{250 \times L \times W} \quad (8)$$

L- largura da cubeta;

W- quociente original entre a amostra inicial e o volume final da diluição.

4.2.4.5 Análise estatística

A análise estatística dos índices físicos, químicos e bioativos feita através dos desvios padrões de média. O programa estatístico utilizado para tratamento dos dados foi o Origin® 6.0.

4.2.4.6 Análise microbiologia

As amostras de caju com e sem revestimento comestível foram analisadas em relação a contaminação por coliformes, *Salmonella* sp e bolores e leveduras (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 2001).

As referências para os padrões microbiológicos estão baseadas na RDC n° 12, de 02 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), para frutas, produtos de frutas e similares (BRASIL, 2001), bem como, do IFST - Institute of Science and Technology (1999), o qual trata de critérios microbiológicos para alimentos.

4.2.4.7 Análise sensorial

As amostras foram submetidas a análise sensorial para verificar se existiam diferenças entre os cajus controle e os cajus com revestimento e estimar o grau de diferença entre as amostras.

Para tanto, foi aplicado o teste de comparação múltipla ou diferença do controle (NBR 13526/1995). As características avaliadas foram aparência, aroma, textura, sabor e impressão global, através de uma escala de cinco postos variando de nenhuma diferença do padrão (1) a extremamente diferente do padrão (5). Os testes foram realizados em cabines individuais e apresentados em copos descartáveis na cor branca com códigos de três dígitos aleatórios. As amostras foram avaliadas por um grupo de 30 provadores não treinados (DUTCOSKY, 2011). A análise estatística se deu pela ANOVA e teste de Dunnet para comparação de média, comparando-se apenas o controle (padrão) com todas as outras amostras.

5 RESULTADOS

5.1 Caracterização da cera de carnaúba

Os três tipos de ceras utilizados na pesquisa provem de partes distintas da carnaúbeira. A cera branca é conhecida como cera nobre obtida da folha que ainda não foi exposta ao sol, encontrada sempre no “olho da carnaubeira”. A cera preta é considerada de qualidade inferior a branca e é obtida a partir da extração do pó das folhas externas da carnaubeira. A cera resíduo, aqui estudada, é o resíduo obtido do processo de beneficiamento da cera preta.

5.1.1 Composição centesimal da cera de carnaúba

Observou-se na Tabela 5.1 que a cera branca apresentou um teor de umidade superior as demais, embora estatisticamente diferente ($p>0.05$) apenas da cera resíduo. É possível que uma maior absorção de água por parte desse tipo de cera tenha ocorrido devido a uma maior superfície de contato.

Tabela 5.1 - Composição centesimal de ceras de carnaúba. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014

Parâmetros	Cera Branca	Cera Preta	Cera Resíduo	CV%
Umidade (%)	1,97 ^a ±(0,07)	1,70 ^a ±(0,02)	1,01 ^b ±(0,41)	15,4
Cinzas (%)	0,19 ^c ±(0,03)	0,93 ^a ±(0,03)	0,74 ^b ±(0,01)	4,4
Lipídeos (%)	97,18 ^{ab} ±(0,53)	96,54 ^b ±(0,83)	97,19 ^a ±(0,17)	0,61
Proteínas (%)	0,57 ^a ±(0,15)	0,67 ^a ±(0,09)	0,86 ^a ±(0,14)	18,07
Carboidratos (%)	0,09 ^c ±(0,07)	0,16 ^b ±(0,07)	0,20 ^a ±(0,04)	4,54

As médias seguidas pela mesma letra na mesma linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Desvio padrão entre parêntese.

Fonte: Joseane Muniz

De acordo com Bondin (2011), a carnaúba possui água em sua composição, o que pode acarretar em um aumento do teor de umidade neste tipo de cera. Este autor trabalhando com cera de carnaúba virgem destinada para processos industriais, observou índices em torno de 0,16% de umidade, valores inferiores aos encontrados no presente trabalho.

Com relação ao teor de cinzas, observa-se diferença significativa entre as três ceras estudadas. A cera branca apresentou os menores teores com média de 0,09% e as ceras preta e resíduo tiveram teor de 0,93 e 0,74%, respectivamente.

Merlo (2011) afirma que o teor de cinzas tem como finalidade a obtenção do valor de impurezas que restam na cera após a calcinação. Impurezas essas resultantes da degradação das matérias primas e principalmente de resíduos da carnaúba. O mesmo autor observou

teores de cinzas entre 0,17 e 0,18% para cera de carnaúba, valores inferiores aos demonstrados na Tabela 5.1 para cera resíduo e preta.

Bonin (2011), cita que, na maioria dos trabalhos consultados, é estabelecido um teor máximo de cinzas de 0,05 %, opondo-se aos resultados do presente trabalho, com valores superiores ao valor citado.

Os parâmetros umidade e cinza norteiam a classificação das ceras em diferentes tipos. Segundo a norma específica das características mínimas de identidade e de qualidade, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a cera de carnaúba é classificada em cinco tipos, de acordo com a sua coloração e qualidade (BRASIL, 2004).

As ceras analisadas foram enquadradas na tipagem 01, 02 e 04 onde o tipo 01 é entendido como cera de cor branca e/ou amarelo clara, vulgarmente denominada flor ou olho, contendo no máximo 1% (um por cento) de impurezas e até 2% (dois por cento) de umidade. Nesse tipo de cera inclui-se a cera branca analisada.

A cera do tipo 02 é classificada como cera de cor amarela, mais ou menos acinzentada e/ou esverdeada, vulgarmente denominada mediana ou mediana clara, contendo no máximo 1% (um por cento) de impurezas e até 2% (dois por cento) de umidade. Nessa classificação encontra-se a cera preta.

A cera tipo 04 é constituída de cera de cor castanho escura, verde escura e/ou escura tendendo a negro, vulgarmente denominada gorda escura ou gorda batida, contendo no máximo 2% (dois por cento) de impurezas e até 2% (dois por cento) de umidade. A cera resíduo é classificada na tipagem 04.

Em relação aos teores de lipídeos, a cera branca não distinguiu-se estatisticamente da cera resíduo (Tabela 5.1). Acredita-se que a cera branca apresentou um teor de lipídios significativo devido seu alto grau de pureza.

A cera preta e a cera resíduo diferiram significativamente, onde na cera resíduo foi observado um percentual elevado desse parâmetro. É possível que essa cera apresente, além do teor de lipídeos da sua própria composição, gorduras livres provenientes de resíduos incorporados a esse tipo de cera, em virtude da mesma ser o resíduo da extração.

As proporções dos componentes de uma cera variam entre espécies vegetais. A mesma planta pode mostrar diferenças de órgão para órgão, de tecido a tecido, e durante desenvolvimento (GUNSTONE, 1997).

Mamani (2009) afirma que diferentes tipos de ceras com teores de seus parâmetros sofrendo variações, ocorrem dependendo da idade das folhas, da parte onde é extraída a cera e os cuidados usados no processamento.

Chiumarelli (2011), trabalhando com cera de carnaúba comercial, encontrou valores de lipídeos próximos a 100% (99,29%), teores esses, superiores aos mostrados na Tabela 5.1, cuja cera analisada no presente trabalho foi considerada bruta, visto que, passou apenas por um processo artesanal de aquecimento para fusão.

Não observou-se diferença significativa entre as ceras estudadas para a característica proteína (Tabela 5.1). Porém, a cera branca apresentou tendência a maiores teores. Assim sendo, torna-se um resultado coerente devido essa cera possuir traços residuais de compostos ricos em proteínas, como restos de pequenos insetos, entre outros.

A cera de carnaúba assim como outros polímeros da classe dos lipídeos de origem vegetal, possui um teor relativamente baixo de proteínas e carboidratos o que se pode comprovar a partir dos valores obtidos na pesquisa (Tabela 5.1). Os carboidratos, apesar da diferença significativa entre os tratamentos, apresentaram valores mínimos, próximos a teores traços, o que era esperado devido a comum ausência desse composto em ceras.

Chiumarelli (2011), encontrou em sua caracterização de cera comercial de carnaúba valor de 0,13%, inferior aos apresentados da Tabela 5.1. O que reforça a hipótese da contaminação da cera por sujidades oriundas do processo artesanal de extração.

5.1.2. Caracterização físico química das ceras

Os resultados da análise das ceras bruta branca, preta e resíduo são apresentadas na Tabela 5.2.

Na cera pura, o índice de acidez, é um indicador do conteúdo de ácidos graxos livres na cera (FNAP, 2009). Nesse sentido, uma grande quantidade de ácidos graxos livres indica que o produto está em acelerado processo de deterioração, pois está sofrendo quebras em suas cadeias de carbono (RANGEL, 2006).

É possível observar na Tabela 5.2 que a acidez da cera branca diferiu significativamente das demais. O dado mostra que os ácidos livres nessa cera estão em menor quantidade, o que pode ser influenciado pelo nível de pureza desse tipo de cera e durabilidade da mesma.

Tabela 5.2 - Caracterização físico químicas das ceras de carnaúba. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014

Parâmetros	Cera Branca	Cera Preta	Cera Resíduo	CV%
Índice de acidez (mg KOH.g ⁻¹)	5,97 ^b (±0,60)	8,95 ^a (±0,12)	8,61 ^a (±0,64)	6,54
Índice de saponificação (mg KOH.g ⁻¹)	86,02 ^c (±5,45)	172,18 ^a (±14,10)	132,81 ^b (±3,10)	6,83
Índice de iodo-Wijs (mg II. 100g ⁻¹)	13,74 ^c (±0,26)	16,9 ^b (±0,66)	24,58 ^a (±0,49)	5,80
Matéria insaponificável (%)	75,04 ^a (±5,24)	77,46 ^a (±2,34)	69,40 ^a (±2,51)	4,89
Fósforo (mg.Kg ⁻¹)	9,28 ^b (±1,14)	28,93 ^b (±4,16)	73,19 ^a (±11,47)	19,72

As médias seguidas pela mesma letra na mesma linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Desvio padrão entre parêntese.

Fonte: Joseane Muniz

Vieira (2003), analisando cera de carnaúba comercial observou em sua pesquisa valores em torno de 13,09 mg KOH.g⁻¹ para acidez, maiores que os mostrados no presente trabalho. No entanto o mesmo autor, encontrou valores bem mais elevados para ceras originárias de outras espécies, 52,36; 44,52 e 22,28 mg KOH.g⁻¹ para cera de cana de açúcar orgânica, cera de cana de açúcar queimada e cera de abelha, respectivamente. Todas as análises das ceras citadas nos diferentes trabalhos foram feitas com solventes apolares. Assim sendo, o tipo de solvente não interferiu nas respostas as análises de acidez na cera. Os resultados vão de encontro ao fato da cera de carnaúba ter uma durabilidade superior as demais ceras encontradas no mercado.

O índice de saponificação é um indicador do conteúdo de ácidos graxos livres e de ácidos graxos esterificados, os quais são liberados durante o processo de saponificação.

Esse parâmetro tem grande importância para a indústria química por está relacionado com a capacidade dos lipídios tornarem-se ingredientes promissores para a indústria de sabões de diversos fins.

Na Tabela 5.2 observou-se que os índices de saponificação dos diversos tipos de ceras de carnaúba analisados apresentaram diferença significativa, sendo que a cera branca apresentou menor valor para esse parâmetro. Segundo Farias (2009), a cera branca é muito

utilizada na área farmacêutica, e para confecção de cosméticos finos, apresentando índices de saponificação relativamente baixos quando comparado a outros tipos de cera de carnaúba.

A Tabela 5.2 expõe os valores de insaturações expressos através do índice de iodo com diferença significativa entre os três tipos de ceras analisados. A cera branca apresentou um valor menor para esse parâmetro ($13,74 \text{ mg I}^2 \cdot 100\text{g}^{-1}$), sendo comprovado pela observação da fundição mais demorada dessa cera, visto que quanto menor o índice de insaturação, maior o ponto de fusão da cera bem como uma maior durabilidade dessa cera durante o armazenamento pelos produtores.

O índice de iodo é um indicador da presença de ácidos graxos e hidrocarbonetos insaturados na cera. Esse parâmetro está ligado à capacidade oxidativa da cera, visto que as duplas ligações na cadeia carbônica da cera, na presença de oxigênio são quebradas facilmente deteriorando a cera pelo processo de rancificação. Também é possível relacionar esse indicador ao ponto de fusão da cera.

Vieira (2003), apresentou em seu trabalho valores de 22, 91 e $20,54 \text{ mg I}^2 \cdot 100\text{g}^{-1}$ para o índice de insaturação das ceras de cana de açúcar orgânica e queimada, respectivamente, similares aos encontrados para a cera de carnaúba bruta preta e resíduo.

A matéria insaponificável corresponde à quantidade total de substâncias dissolvidas nos óleos e gorduras que após saponificação com álcalis são insolúveis em solução aquosa, mas solúveis em solventes comuns de gorduras (KOBORI; JORGE, 2005).

Para o parâmetro matéria insaponificável os dados contidos na Tabela 5.2 não apresentaram diferença significativa para os três tipos de cera, branca, preta e resíduo com valores de 75,04; 77,46 e 69,40% respectivamente. É possível que a semelhança dos dados se dê devido à composição lipídica e ao processamento artesanal das ceras analisadas.

Os resultados obtidos para matéria insaponificável são considerados alto em relação a outras ceras, inclusive a cera de carnaúba comercial (VIEIRA, 2003). É possível que os alcoóis livres e esterificados com ácidos graxos constituam uma fração que não são saponificados por álcali, e que estes estejam em quantidade elevada nas ceras. A análise também pode ter sofrido a interferência de fatores externos a composição da própria cera, decorrentes do processamento.

Na Tabela 5.2 observa-se que a cera branca apresenta uma quantidade inferior de fósforo comparadas a cera resíduo, comportamento esperado uma vez que é considerada mais pura. Estatisticamente, apenas a cera resíduo diferiu significativamente das demais apresentando quantidades elevadas do componente fósforo o que pode ser decorrente dos detritos obtidos nas etapas de processamento do resíduo.

A cera de carnaúba, assim como as demais ceras lipídicas possui quantidade de fósforo em sua cadeia muito baixa ou ausente se as mesmas de apresentarem de forma quimicamente pura.

A cera de carnaúba apresenta em sua estrutura química uma longa cadeia formada por um álcool e um ácido graxo de cadeia longa ligados por uma ligação éster. Portanto átomos de fósforos não fazem parte da composição da cera.

Quanto mais pura for à cera menor será a presença de fósforo o que pode justificar os resultados apresentados para esse parâmetro.

Vieira (2003), apresenta resultados para fósforo em torno de $6,55 \text{ mg.Kg}^{-1}$ para cera de carnaúba comercial, $10,7 \text{ mg.Kg}^{-1}$ para ceras purificadas, ou seja, ceras com alto grau de pureza. O mesmo autor apresenta valores de cera bruta próximos a 490 mg.Kg^{-1} , mais elevados que os valores mostrados na Tabela 5.2 para cera resíduo.

De posse dos resultados das Tabelas 5.1 e 5.2, observou-se que a cera preta apresentou valores menores de lipídios totais e uma maior quantidade de minerais, bem como um teor elevado de acidez e matéria insaponificável. Portanto, parâmetros que tornam a cera preta de qualidade inferior às demais analisadas.

5.2 Composição centesimal do caju

A Tabela 5.3 apresenta a composição centesimal do caju CCP-76 utilizado na pesquisa. Nela observa-se que o clone CCP-76 apresentou um alto teor carboidratos bem como um valor energético elevado.

Confrontando os valores obtidos na Tabela 5.3 com os contidos na tabela TACO (2011), é possível analisar que os teores de proteínas, lipídeos, fibras e cinzas estão de acordo com a referida publicação. Valores similares foram encontrados por Maia et al. (2004) para os mesmos compostos.

A Tabela 5.3 mostrou teores de 27,57% e 269,96kJ para os índices de carboidratos e valor energético respectivamente. No entanto a tabela TACO apresenta valores torno de 9,4%, e 180kJ para os mesmos indicadores. Já a umidade apresentou valores inferiores a 88,1% mostrado na tabela TACO (2011).

Duarte (2010), analisando os teores de energia (kJ) e a porcentagem de carboidratos e umidade, encontrou índices discrepantes dos apresentados na Tabela 5.3 para o mesmo clone cajueiro. Segundo Maia, Sousa e Lima (2007), a composição centesimal do caju

pode sofrer inúmeras variações de acordo com o solo, safra, grau de maturidade e condições climáticas.

Tabela 5.3 - Composição centesimal do pedúnculo de caju CCP-76. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014

Determinações	Valores obtidos
Proteínas	1,25%
Umidade	64,21%
Lipídios	1,30%
Fibra bruta	5,18%
Cinzas	0,49%
Carboidratos	27,57%
Valor Energético	269,96 kJ

Os resultados obtidos representam a média de três amostras de caju.

Fonte: Joseane Muniz

5.3 Seleção das variáveis para elaboração do revestimento

As variáveis escolhidas para a elaboração do revestimento foram: tempo de rotação, temperatura, porcentagem de fécula, porcentagem de glicerol e porcentagem de cera de carnaúba.

Para a variável tempo e velocidade de rotação, partiu-se de testes, onde foi possível observar que uma rotação a 3500 rpm por 7min homogeneizou todos os componentes do revestimento tornando-o uma solução visualmente homogênea.

A variável temperatura foi estipulada a partir de testes a 85°C, temperatura de fusão da cera de carnaúba (SINGH et al.,1990; GUNSTONE; PADLEY, 1997).

A porcentagem de fécula (3%) foi estimada a partir da otimização dos trabalhos com revestimentos a base de cera de carnaúba de Chiumarelli (2011) e Chiumarelli (2008). Os intervalos das porcentagens de glicerol (0,03 a 4%) e cera de carnaúba (0,01 a 0,4%) foram baseados nos trabalhos da autora, no entanto foram estudados intervalos maiores devido à imprevisão no comportamento da cera, já que a mesma foi utilizada na sua forma bruta.

5.4 Seleção das formulações dos revestimentos

Para minimizar efeitos adversos e otimizar tempo, material e recursos humanos faz-se necessário o uso de técnicas estatísticas que aperfeiçoam todo o processo de pesquisa.

Numerosas variáveis podem afetar a resposta do sistema em estudo, e é praticamente impossível identificar e controlar as pequenas contribuições de cada uma delas. Portanto, é necessário selecionar as variáveis com efeitos principais (RAMOS, 2013).

A escolha das variáveis da pesquisa foi feita usando a técnica estatística delineamento composto central rotacional 2^2 , incluindo 4 pontos axiais e 3 pontos centrais, totalizando 11 ensaios para cada tipo de cera. Segundo Calado e Montgomery (2003), esse tipo de planejamento é particularmente útil nos estágios iniciais de um trabalho experimental e fornece o menor número de corridas que podem ser estudados em um planejamento estatístico.

O delineamento experimental foi estudado para verificar a relação entre o glicerol e a cera de carnaúba sobre a estabilidade do revestimento, a taxa de respiração do pedúnculo envolto na cobertura, bem como sua perda de massa fresca. Através dos coeficientes de determinação (R^2) foi possível estimar quanto cada variável independente influenciou na dependente, sendo que valores do coeficiente positivo indicaram que o aumento da variável implicou em um aumento da resposta estudada. Um coeficiente negativo indicou que um aumento da variável apontou para uma diminuição da resposta estudada.

Já através do significado dos valores de p -value foi possível obter a significância estatística. Para os delineamentos composto central rotacional o nível de significância foi fixado em 5%. Quando a variável independente foi considerada significativa o valor de p foi menor que 0,05 e a análise de variância apresentou $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$ e $R^2 > 75\%$. Nessas condições o modelo de superfície resposta foi gerado para predição da variável em estudo.

5.4.1 Avaliação da estabilidade das emulsões para revestimentos em pedúnculos de caju

Uma emulsão estável pode ser definida como um sistema no qual as gotículas da fase interna retêm suas características iniciais e permanecem uniformemente distribuídas por toda a fase contínua (AULTON, 2005).

Na prática a emulsificação é conseguida pelo calor. Porém, as interações são complexas, sendo praticamente impossível prever se um aumento da temperatura irá favorecer a emulsificação ou não. Leggli (2010), afirma que alguns procedimentos podem ser utilizados para evitar, contornar ou pelo menos minimizar estas instabilidades físicas como: procurar

produzir emulsões com tamanho pequeno de gotículas e aumentar a viscosidade da fase contínua.

Na pesquisa com cera de carnaúba a agitação constante oportunizou a diminuição das partículas lipídicas, além da homogeneização. Já o aumento da viscosidade foi proporcionado pela presença da fécula de mandioca cujas ligações entre as moléculas de amido na presença de água promovem uma boa viscosidade a solução.

As Tabelas 5.4, 5.5 e 5.6 apresentam os valores do índice de cremeação apresentados após seis dias de estocagem das emulsões que formam revestimentos comestíveis para pedúnculos de caju, elaboradas a partir de três tipos de cera de carnaúba seguindo o delineamento composto central rotativo 2² descrito nas Tabelas 4.1 e 4.2.

Tabela 5.4 - Valores para índice de cremeação (%) após 06 dias (IC) seguidos pelos seus respectivos desvios padrões entre parênteses alcançados a partir dos ensaios do Delineamento Composto Central Rotativo 2², obtidos a partir das variáveis independentes: % de glicerol e cera de carnaúba (branca). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

Ensaio	Glicerol %	Cera de Carnaúba % (branca)	Índice de Cremeação (IC)
1	0,6 (-1)	0,05 (-1)	0,62 (0,00)
2	0,6 (-1)	0,35 (+1)	1,51 (0,07)
3	3,4 (+1)	0,05 (-1)	0,90 (0,06)
4	3,4(+1)	0,35 (+1)	1,62 (0,02)
5	0,03 (-1,41)	0,2 (0)	1,19 (0,04)
6	4,0 (+1,41)	0,2 (0)	0,05 (0,07)
7	2,0 (0)	0,01 (-1,41)	0,64 (0,03)
8	2,0 (0)	0,4 (+1,41)	1,22 (0,03)
9 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	0,53 (0,01)
10 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	0,55 (0,00)
11 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	0,52 (0,03)

© Ponto Central. Valores entre parêntese referentes ao IC, correspondem aos desvios padrões das médias.
Fonte: Joseane Muniz

Tabela 5.5 - Valores para índice de cremeação (%) após 06 dias (IC) seguidos pelos seus respectivos desvios padrões entre parênteses alcançados a partir dos ensaios do Delineamento Composto Central Rotativo 2², obtidos a partir das variáveis independentes: % de glicerol e cera de carnaúba (preta). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

Ensaio	Glicerol %	Cera de Carnaúba % (preta)	Índice de Cremeação (IC)
1	0,6 (-1)	0,05 (-1)	4,24 (1,07)
2	0,6 (-1)	0,35 (+1)	5,09 (0,34)
3	3,4 (+1)	0,05 (-1)	4,26 (2,23)
4	3,4(+1)	0,35 (+1)	6,86 (1,21)
5	0,03 (-1,41)	0,2 (0)	5,59 (0,05)
6	4,0 (+1,41)	0,2 (0)	5,53 (0,29)
7	2,0 (0)	0,01 (-1,41)	5,51 (3,37)
8	2,0 (0)	0,4 (+1,41)	5,55 (0,36)
9 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	4,69 (0,00)
10 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	4,82 (0,18)
11 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	5,31 (0,21)

© Ponto Central. Valores entre parêntese referentes ao IC, correspondem aos desvios padrões das médias.
 Fonte: Joseane Muniz

Tabela 5.6 - Valores para índice de cremeação (%) após 06 dias (IC) seguidos pelos seus respectivos desvios padrões entre parênteses alcançados a partir dos ensaios do Delineamento Composto Central Rotativo 2², obtidos a partir das variáveis independentes: % de glicerol e cera de carnaúba (resíduo). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

Ensaio	Glicerol %	Cera de Carnaúba % (resíduo)	Índice de Cremeação (IC)
1	0,6 (-1)	0,05 (-1)	5,02 (1,73)
2	0,6 (-1)	0,35 (+1)	10,61 (0,49)
3	3,4 (+1)	0,05 (-1)	3,57 (1,95)
4	3,4(+1)	0,35 (+1)	6,80 (4,71)
5	0,03 (-1,41)	0,2 (0)	1,11 (0,20)
6	4,0 (+1,41)	0,2 (0)	0,66 (0,01)
7	2,0 (0)	0,01 (-1,41)	1,01 (0,06)
8	2,0 (0)	0,4 (+1,41)	5,12 (0,05)
9 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	0,67 (0,01)
10 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	0,75 (0,01)
11 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	0,71 (0,01)

© Ponto Central. Valores entre parêntese referentes ao IC, correspondem aos desvios padrões das médias.
Fonte: Joseane Muniz

É possível observar nas Tabelas 5.4, 5.5 e 5.6 que a maioria das formulações dos três tipos de cera apresentam alguma separação de fases, com formação de uma camada superior contendo cera de carnaúba. No entanto, ainda se reportando as mesmas observa-se que a resposta IC para cera branca (Tabela 5.4) apresentou valores inferiores as demais ceras analisadas. Verificando as concentrações das variáveis viu-se que a melhor resposta para IC (0,05%) ocorre quando a concentração de cera atingiu valores iguais aos obtidos no ponto central do delineamento e quando a concentração de glicerol apresentou-se em seu ponto máximo. Para os demais ensaios as concentrações localizadas no ponto central do delineamento apresentaram as respostas satisfatórias para esse tipo de cera. As respostas IC para cera resíduo mostraram um comportamento semelhante ao demonstrado pelos ensaios com cera branca (Tabela 5.6), embora apresentando valores de IC bem superiores. A formulação correspondente ao ensaio 6 mostrou a melhor resposta para o IC, seguida pelas concentrações localizadas na região do ponto central. Já a cera preta estudada apresentou índices de cremeação (Tabela 5.5) relativamente altos para a maioria dos ensaios, e

inconstância nos resultados levando em consideração as combinações das variáveis independentes (glicerol e cera de carnaúba).

Os coeficientes de regressão para os valores de IC após 06 dias de estocagem estão representados na Tabela 5.7. Para cera de carnaúba branca foi possível observar que o parâmetro cera linear e quadrática foram estatisticamente significativos ($p < 0,05$). Esse parâmetro mostrou-se positivo para essa resposta. Verificou-se que o aumento da cera branca aumenta o índice de cremeação da solução, ou seja, revestimentos emulsionados com pouca estabilidade. Revestimentos elaborados com cera de carnaúba branca na região do ponto central (0,2%) apresentaram a melhores respostas para essa variável, apontando soluções estáveis e homogêneas.

Para cera de carnaúba preta apenas a média apresentou-se estatisticamente significativa ($p < 0,05$). Nenhum parâmetro analisado com esse tipo de cera mostrou-se significativo para essa resposta. Todos os ensaios apresentaram valores relativamente altos e sem distinção estatística entre eles, como observado na Tabela 5.5.

Na cera de carnaúba resíduo, assim como na cera branca, foi observado que os parâmetros cera de carnaúba linear e quadrática mostraram-se estatisticamente significativos ($p < 0,05$). A resposta para essa variável apresentou-se positiva, ou seja, um aumento na porcentagem da cera de carnaúba provocou um aumento no índice de cremeação da cera. Os menores índices de cremeação foram conseguidos nas formulações localizadas no ponto central do delineamento ou quando a concentração de glicerol apresentou-se em seu valor máximo. A partir dos ensaios mencionados foi possível a obtenção de coberturas homogêneas e estáveis.

De acordo com Perez-Gago e Krochta (2005), a natureza das interações entre os componentes dos revestimentos determina as características de formulações de emulsões. Assim sendo, as películas podem ser fortemente afetadas pela distribuição das partículas hidrofóbicas na emulsão, o que foi comprovado pela análise de ANOVA na Tabela 5.8

Tabela 5.7 - Coeficientes de regressão e significância estatística das variáveis porcentagem de glicerol e porcentagem de cera de carnaúba (branca, preta e resíduo) e suas combinações sobre a resposta Índice de Cremeação (IC). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

	Variáveis ^a	Coeficientes de Regressão	Erro Padrão	t(16)	p-value
Formulações contendo cera branca	Média	0,5068	0,12889	3,9321	0,0012
	Glicerol (L)	-0,3155	0,15719	-2,0072	0,0619
	Glicerol (Q)	0,2713	0,18361	1,4777	0,1589
	Cera (L)	0,6278	0,16258	3,8615	0,0012
	Cera (Q)	0,6786	0,20494	3,3113	0,0044
	Glicerol (L) x Cera (L)	-0,0625	0,22344	-0,2798	0,7833
Formulações contendo cera preta	Média	4,9537	0,5011	9,8845	0,0000
	Glicerol (L)	0,4188	0,6112	0,6851	0,5031
	Glicerol (Q)	0,3858	0,7139	0,5404	0,5964
	Cera (L)	0,9278	0,6321	1,4677	0,1616
	Cera (Q)	0,3733	0,7968	0,4685	0,6457
	Glicerol (L) x Cera (L)	0,8775	0,8687	1,0100	0,3275
Formulações contendo cera resíduo	Média	0,5684	1,0648	0,5338	0,6007
	Glicerol (L)	-1,4608	1,2987	-1,1248	0,2773
	Glicerol (Q)	2,2993	1,5169	1,5158	0,1491
	Cera (L)	3,7871	1,3431	2,8196	0,0123
	Cera (Q)	5,4270	1,6931	3,2054	0,0055
	Glicerol (L) x Cera (L)	-1,1750	1,8459	-0,6365	0,5334

^a Variáveis em negrito=significativo para $p < 0,05$.

Fonte: Joseane Muniz

A interação da cera de carnaúba com o glicerol embora não significativa (Tabela 5.7) parece ter sido importante para que a estabilização do IC (Tabelas 5.4 e 5.6). O componente plastificante glicerol promoveu uma boa homogeneização da cera, durante a confecção do revestimento devido o mesmo possuir características apolares similares a cera. No entanto a cera denominada preta não mostrou valores de IC condizentes com as demais. Acredita-se que o teor de cinzas, mais elevado do que as demais ceras, tenha interferido na leitura do IC, apresentado partículas sobrenadantes visíveis a olho nu.

Chiumarelli (2011), observou índices de cremeação variando entre 0 a 5% para revestimentos a base de cera de carbaúba, glicerol e fécula. No entanto uma variação maior foi encontrada no presente trabalho, o que pode ter sido causado pelo fato da cera ser de natureza bruta.

A Tabela 5.8 apresenta a análise de variância (ANOVA) levando em conta somente os parâmetros significativos do modelo. Os demais foram incluídos nos resíduos. Contudo nenhum tipo de cera apresentou resultados possíveis de serem expressos através de superfície resposta devido à ausência de um modelo de regressão condizente, visto que o coeficiente de determinação R^2 foi inferior a 75%.

Tabela 5.8 – Análise de variância (ANOVA) para o índice de cremeação de revestimentos elaborados com glicerol e cera de carnaúba. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

	Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F calculado	F tabelado*
Formulações contendo cera branca	Regressão	1,8912	2	0,9456	6,5651	0,0068
	Resíduo	2,7367	19	0,1440		
	Falta de Ajuste	1,5754	3	0,5251		
	Erro Puro	0,0223	13	0,0017		
	Total	4,6279	21			
Formulações contendo cera preta	Regressão	3,9605	2	1,9803	1,4304	0,2638
	Resíduo	26,3034	19	1,3844		
	Falta de Ajuste	5,9288	4	1,48221		
	Erro Puro	19,7646	13	1,52036		
	Total	30,2639	21			
Formulações contendo cera resíduo	Regressão	62,8031	2	31,40156	3,22655	0,0622
	Resíduo	184,9123	19	9,73223		
	Falta de Ajuste	79,6905	3	26,56351		
	Erro Puro	29,3527	13	2,25790		
	Total	247,7155	21			

*Teste F tabelado a 5% de significância
Fonte: Joseane Muniz

5.4.2. Avaliação dos revestimentos como barreira a trocas respiratórias

Quando o fruto é colhido, há uma interrupção no balanço gasoso, ocorrendo um alto influxo do oxigênio com proporcional perda do CO₂.

Nessa nova condição (alta concentração de O₂ com baixa de CO₂), as células internas não são mais renovadas e a respiração aumenta, o que provoca uma queda metabólica levando o fruto a um gradual amadurecimento e eventual senescência. Com o revestimento ocorre entupimento parcial dos poros, reduzindo, dessa forma, a troca gasosa, ou seja, reduzindo a taxa de respiração, o que permite um prolongamento da vida do fruto (ASSIS; LEONI, 2003).

O uso dos revestimentos busca a redução das trocas gasosa mantendo uma atmosfera rica em CO₂ ao redor do fruto, embora não se aproximando do estado de anaerobiose completa, fato esse que ajuda na redução da perda excessiva de oxigênio e conseqüentemente perda de massa e nutrientes pelo fruto (CHIUMARELLI, 2011).

As Tabelas 5.9, 5.10 e 5.11, apresentam as respostas para a variável taxa de respiração dos pedúnculos de caju revestidos com coberturas comestíveis elaboradas a partir de três tipos de cera de carnaúba após 48h em recipiente hermeticamente fechado a temperatura ambiente.

Tabela 5.9 - Valores para taxa de respiração (mg CO₂ Kg⁻¹.h⁻¹) após 48h (TR) seguidos pelos seus respectivos desvios padrões entre parênteses alcançados a partir dos ensaios do Delineamento Composto Central Rotativo 2² obtidos a partir das variáveis independentes: % de glicerol e cera de carnaúba (branca). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

Ensaio	Glicerol %	Cera de Carnaúba % (branca)	Taxa de Respiração (TR)
1	0,6 (-1)	0,05 (-1)	7,36 (0,02)
2	0,6 (-1)	0,35 (+1)	8,75 (0,17)
3	3,4 (+1)	0,05 (-1)	6,54 (0,04)
4	3,4(+1)	0,35 (+1)	7,29 (0,08)
5	0,03 (-1,41)	0,2 (0)	8,37 (0,01)
6	4,0 (+1,41)	0,2 (0)	6,42 (0,01)
7	2,0 (0)	0,0 (-1,41)	6,82 (0,01)
8	2,0 (0)	0,4 (+1,41)	9,85 (0,04)
9 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	7,15 (0,00)
10 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	7,10 (0,15)
11 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	7,19 (0,01)

© Ponto Central. Valores entre parêntese referentes ao TR, correspondem aos desvios padrões das médias.

Fonte: Joseane Muniz

Tabela 5.10 - Valores para taxa de respiração ($\text{mg CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) após 48h (TR) seguidos pelos seus respectivos desvios padrões entre parênteses alcançados a partir dos ensaios do Delineamento Composto Central Rotativo 2², obtidos a partir das variáveis independentes: % de glicerol e cera de carnaúba (preta). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

Ensaio	Glicerol %	Cera de Carnaúba % (preta)	Taxa de Respiração (TR)
1	0,6 (-1)	0,05 (-1)	14,93 (2,01)
2	0,6 (-1)	0,35 (+1)	15,11 (1,88)
3	3,4 (+1)	0,05 (-1)	14,89 (2,08)
4	3,4(+1)	0,35 (+1)	14,82 (1,23)
5	0,03 (-1,41)	0,2 (0)	15,74 (0,20)
6	4,0 (+1,41)	0,2 (0)	13,60 (0,28)
7	2,0 (0)	0,01 (-1,41)	13,18 (0,07)
8	2,0 (0)	0,4 (+1,41)	14,91 (0,02)
9 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	12,74 (7,59)
10 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	13,78 (0,65)
11 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	11,97 (1,35)

© Ponto Central. Valores entre parêntese referentes ao TR, correspondem aos desvios padrões das médias.
Fonte: Joseane Muniz

Tabela 5.11 - Valores para taxa de respiração ($\text{mg CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) após 48h (TR) seguidos pelos seus respectivos desvios padrões entre parênteses alcançados a partir dos ensaios do Delineamento Composto Central Rotativo 2², obtidos a partir das variáveis independentes: % de glicerol e cera de carnaúba (resíduo). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

Ensaio	Glicerol %	Cera de Carnaúba % (resíduo)	Taxa de Respiração (TR)
1	0,6 (-1)	0,05 (-1)	9,20 (0,06)
2	0,6 (-1)	0,35 (+1)	10,55 (0,06)
3	3,4 (+1)	0,05 (-1)	8,54 (0,05)
4	3,4(+1)	0,35 (+1)	9,40 (0,15)
5	0,03 (-1,41)	0,2 (0)	10,40 (0,02)
6	4,0 (+1,41)	0,2 (0)	8,40 (0,02)
7	2,0 (0)	0,01 (-1,41)	8,84 (0,08)
8	2,0 (0)	0,4 (+1,41)	11,80 (0,00)
9 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	8,74 (0,17)
10 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	8,76 (0,13)
11 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	8,76 (1,71)

© Ponto Central. Valores entre parêntese referentes ao TR, correspondem aos desvios padrões das médias.
Fonte: Joseane Muniz

A taxa de respiração do pedúnculo do caju sem cobertura, apenas imersos em água, foi $23,18 \pm 14,10 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ sendo esperado que os frutos cobertos com o revestimento apresentassem valores inferiores a este para esse indicador. O que pode ser comprovado nas Tabelas 5.9, 5.10 e 5.11.

A Tabela 5.9 mostra valores para a resposta taxa de respiração utilizando na composição do revestimento a cera branca. É possível observar que o valor mais baixo para essa variável aparece no ensaio com porcentagem de cera de carnaúba do ponto central e com porcentagem de glicerol no ponto axial (+1,41) do delineamento 0,2% e 4%, respectivamente.

As análises com a cera preta mostraram as maiores taxas de respiração quando comparada as demais ceras analisadas (Tabela 5.10). É possível que a composição da cera preta, apresente componentes que facilitem a desestabilização da matriz lipídica, como o alto índice de minerais e matéria insaponificável promovendo a separação das fases lipídicas e não lipídicas possibilitando a saída de CO_2 para o meio externo a película do revestimento.

A cera resíduo apresenta valores intermediários em relação a taxa respiratória, no entanto, o comportamento dos ensaios foi bem similar aos valores encontrados para cera

branca. O ensaio 6 (Tabela 5.11) mostrou valores promissores para taxa de respiração, visto que apresentou o resultado mais baixo para essa resposta com esse tipo de cera.

O delineamento estatístico para cera branca mostrou que os parâmetros glicerol (linear) e cera (linear e quadrática) foram estatisticamente significativos (Tabela 5.12). Para as formulações contendo cera preta nenhum o parâmetro foi estatisticamente significativo (Tabela 5.12). Já os ensaios elaborados utilizando cera resíduo (Tabela 5.12) apresentaram os parâmetros glicerol (linear) e cera (linear e quadrática) significativos estatisticamente. Assim pode-se observar que as variáveis de forma isolada interferem no comportamento da taxa de respiração

Nas formulações elaboradas a partir da cera de carnaúba branca e resíduo com porcentagem de cera acima do ponto central (0,2%) apresentaram aumento na taxa respiratória do pedúnculo do caju. A partir dos dados observados é possível afirmar que a polimerização lipídica da cera não é capaz de barrar as trocas gasosas. Oliveira (2010), reforça que a aplicação de ceras não reduz significativamente a transpiração. A formação da matriz lipídica permite a passagem de oxigênio devido a microfissuras oriundas dos espaços entre as micropartículas lipídicas.

Já a variável glicerol linear comum as ceras branca e resíduo mostrou-se significativo apresentando um comportamento com efeito negativo, ou seja, o aumento da concentração de glicerol promoveu uma diminuição da taxa de respiração. É possível a confirmação dessa resposta pois, a ação plastificante do glicerol promove a cobertura completa de possíveis microespaços originados pela interação das gotículas lipídicas características da cera impedindo as trocas gasosas.

De acordo com Chiumarelli e Hubinger (2014), o glicerol é um plastificante utilizado para reforçar os filmes/revestimentos melhorando a flexibilidade além de ter baixo peso molecular, modificando as interações entre as macromoléculas, que aumentam a mobilidade de as cadeias poliméricas.

Tabela 5.12 - Coeficientes de regressão e significância estatística das variáveis porcentagem de glicerol e porcentagem de cera de carnaúba (branca, preta e resíduo) e suas combinações sobre a resposta Taxa de Respiração (TR). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

	Variáveis ^a	Coeficientes de Regressão	Erro Padrão	t(16)	p-value
Formulações contendo cera branca	Média	7,1317	0,1357	52,5701	0,0001
	Glicerol (L)	-1,2759	0,1655	-7,7117	0,0001
	Glicerol (Q)	0,0827	0,1933	0,4279	0,6744
	Cera (L)	1,6738	0,1711	9,7819	0,0001
	Cera (Q)	1,1045	0,2157	5,1207	0,0001
	Glicerol (L) x Cera (L)	-0,4250	0,2352	-1,8072	0,0896
Formulações contendo cera preta	Média	12,8109	0,9178	13,9589	0,0001
	Glicerol (L)	-0,8382	1,1193	-0,7489	0,4648
	Glicerol (Q)	2,0607	1,3074	1,5762	0,1346
	Cera (L)	0,6379	1,1576	0,5512	0,5892
	Cera (Q)	1,7002	1,4592	1,1651	0,2610
	Glicerol (L) x Cera (L)	-0,1300	1,5910	-0,0817	0,9359
Formulações contendo cera resíduo	Média	8,8246	0,1050	84,0156	0,0001
	Glicerol (L)	-1,2130	0,1281	-9,4689	0,0001
	Glicerol (Q)	0,1612	0,1496	1,0774	0,2973
	Cera (L)	1,6703	0,1325	12,6074	0,0001
	Cera (Q)	1,1510	0,1670	6,8919	0,0004
	Glicerol (L) x Cera (L)	-0,2450	0,1821	-1,3455	0,1972

^a Variáveis em negrito=significativo para $p < 0,05$

Fonte: Joseane Muniz

A análise de variância (ANOVA) foi calculada a partir dos parâmetros estatisticamente significativos (Tabela 5.13). Os parâmetros não significativos foram adicionados aos resíduos. A ANOVA ($p < 0,05$) para taxa de respiração foi realizada para os três tipos de cera.

Observou-se que as formulações com cera preta mostraram coeficientes de regressão inferior a 75%, portanto, impossível a geração dos modelos e superfície resposta para essa cera. Já os ensaios originados da cera branca e resíduo mostraram coeficientes de regressão acima de 75% com valores de 76,95% e 79,03%, respectivamente, mostrando assim

um modelo preditivo e explicativo sendo possível de representar na superfície resposta, atingindo uma significância de 95%.

Tabela 5.13 – Análise de variância (ANOVA) para a taxa de respiração de revestimentos elaborados com glicerol e cera de carnaúba. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

	Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F calculado	F tabelado*
Formulações contendo cera branca	Regressão	17,16237	2	8,58118	31,7124	0,0001
	Resíduo	5,14129	19	0,27059		
	Falta de Ajuste	1,76654	3	0,58885	2331,47	0,0001
	Erro Puro	0,00328	13	0,00025		
	Total	22,30366	21		R ² = 76,95%	
Formulações contendo cera preta	Regressão	4,3767	2	2,188325	0,43047	0,6564
	Resíduo	96,5879	19	5,083572		
	Falta de Ajuste	4,2859	3	1,42863	0,24210	0,8654
	Erro Puro	76,7136	13	5,90105		
	Total	100,9645	21		R ² = 4,33%	
Formulações contendo cera resíduo	Regressão	16,4849	2	8,24245	35,7950	0,0001
	Resíduo	4,3751	19	0,23026		
	Falta de Ajuste	0,9590	3	0,31967	40,7690	0,0001
	Erro Puro	0,1019	13	0,00784		
	Total	20,8600	21		R ² = 79,03%	

*Teste F tabelado a 5%de significância.

Fonte: Joseane Muniz

A partir do coeficiente de regressão R² os modelos foram preditos com o intuito de analisar a interação entre as variáveis cera de carnaúba e glicerol e a resposta obtida a partir dos ensaios.

O modelo codificado proposto para apresentar a taxa respiratória de pedúnculos de caju envoltos em coberturas a base de cera de carnaúba branca e resíduo são descritos respectivamente pelas Equações 9 e 10.

$$TR = 7,5886 - 0,3377 * GLI - 2,2148 * CB + 0,0211 * GLI^2 - 1,0119 * GLI * CB + 24,545 * CB^2 \quad (9)$$

TR é a taxa de respiração; GLI é a concentração de glicerol; CB é a concentração de cera branca. As concentrações estão distribuídas no intervalo do delineamento -1,41 a + 1,41

$$TR = 9,5317 - 0,481 * GLI - 3,4965 * CR + 0,0411 * GLI^2 - 0,5833 * GLI * CR + 25,5771 * CR^2 \quad (10)$$

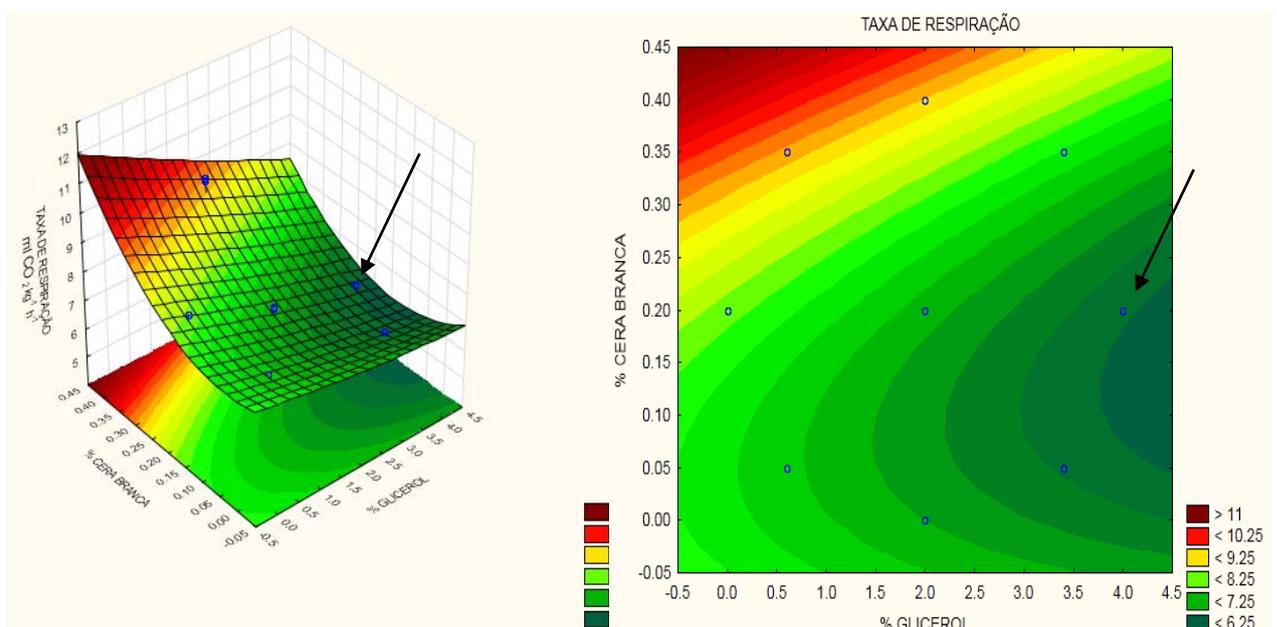
TR é a taxa de respiração; GLI é a concentração de glicerol; CR é a concentração de cera resíduo. As concentrações estão distribuídas no intervalo do delineamento -1,41 a + 1,41.

Percebe-se que o glicerol foi a variável que mais influenciou na taxa respiratória, sendo que quantidades elevadas de glicerol promoveram uma redução significativa na taxa de respiração.

As concentrações de glicerol acima do ponto central (0,2%) mostram-se proveitosas com relação a resposta taxa de respiração. O modelo de superfície resposta (Figuras 5.1 e 5.2) aponta para uma concentração de glicerol em torno de 4% para ambas as ceras (região mais escura do gráfico) como sendo as melhores respostas para a variável taxa de respiração.

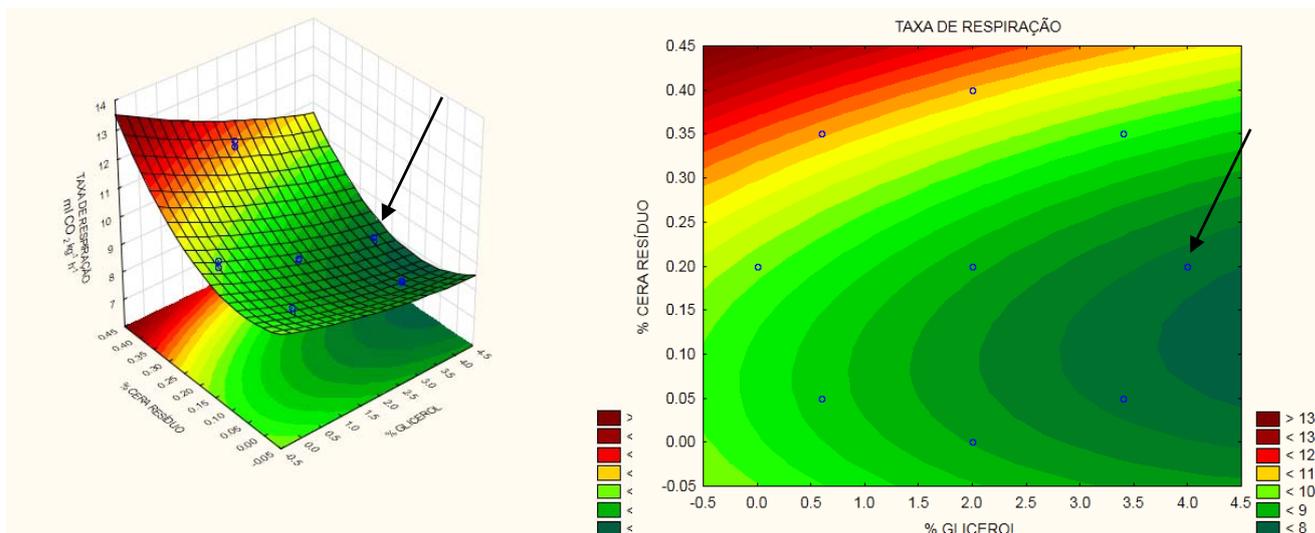
O glicerol possui características plastificantes, ou seja, ele tende a criar um invólucro coeso reduzindo a possível formação de espaços vazios na matriz polimérica. A cera por possuir características lipídicas é conhecida por permitir a troca de gases interno e externo ao revestimento. Os modelos preditivos indicam concentrações de cera de carnaúba branca e resíduo em torno de 0,2% (ponto central).

Figura 5.1 - Superfície resposta e curva de contorno para a variável dependente taxa de respiração de pedúnculos de caju com coberturas contendo cera branca. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Joseane Muniz

Figura 5.2 - Superfícies resposta e curva de contorno para a variável dependente taxam de respiração de pedúnculos de caju com coberturas contendo cera resíduo. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Joseane Muniz

5.4.3 Avaliação dos revestimentos como barreira a perda de massa fresca

A perda de água de produtos armazenados não só resulta em perda de massa, mas também em perda de qualidade, principalmente pelas alterações na textura. Alguma perda de água pode ser tolerada, mas aquela responsável pelo murchamento ou enrugamento deve ser evitada (VICENTINI; CEREDA; CÂMARA, 1999).

Bioquimicamente a perda de massa, por está ligada a perda de água, acontece devido ao aumento da concentração de açúcares solúveis na polpa em relação a casca, o que causa um gradiente de potencial osmótico entre polpa e casca, resultando no movimento (migração) de água da casca para polpa. Além disso, a casca perde água para atmosfera por transpiração. Assim, a perda de água pelo fruto por transpiração resulta em significativa perda de massa do fruto durante seu amadurecimento (HULME, 1970).

Segundo Fallik et al. (2005), os revestimentos a base de cera de carnaúba tendem a prevenir a excessiva perda de massa pelo fruto devido a característica hidrofóbica típica do revestimento lipídico.

As Tabelas 5.14, 5.15 e 5.16, apresentam as respostas para a variável perda de massa dos pedúnculos de caju revestidos com coberturas comestíveis elaboradas a partir de três tipos de cera de carnaúba após 48h.

Tabela 5.14 - Valores para perda de massa (%) após 48h (PM) seguidos pelos seus respectivos desvios padrões entre parênteses alcançados a partir dos ensaios do Delineamento Composto Central Rotativo 2² obtidos a partir das variáveis independentes: % de glicerol e cera de carnaúba (branca). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

Ensaio	Glicerol %	Cera de Carnaúba % (branca)	Perda de Massa (PM)
1	0,6 (-1)	0,05 (-1)	14,71 (0,02)
2	0,6 (-1)	0,35 (+1)	8,90 (0,01)
3	3,4 (+1)	0,05 (-1)	14,95 (0,02)
4	3,4(+1)	0,35 (+1)	8,05 (0,01)
5	0,03 (-1,41)	0,2 (0)	8,96 (0,04)
6	4,0 (+1,41)	0,2 (0)	7,95 (0,06)
7	2,0 (0)	0,01 (-1,41)	15,03 (0,03)
8	2,0 (0)	0,4 (+1,41)	8,03 (0,03)
9 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	8,21 (0,02)
10 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	8,20 (0,02)
11 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	8,20 (0,01)

© Ponto Central. Valores entre parêntese referentes ao PM, correspondem aos desvios padrões das médias.
Fonte: Joseane Muniz

Tabela 5.15 - Valores para perda de massa (%) após 48h (PM) seguidos pelos seus respectivos desvios padrões entre parênteses alcançados a partir dos ensaios do Delineamento Composto Central Rotativo 2², obtidos a partir das variáveis independentes: % de glicerol e cera de carnaúba (preta). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

Ensaio	Glicerol %	Cera de Carnaúba % (preta)	Perda de Massa (PM)
1	0,6 (-1)	0,05 (-1)	16,50 (0,28)
2	0,6 (-1)	0,35 (+1)	17,35 (0,35)
3	3,4 (+1)	0,05 (-1)	16,40 (0,14)
4	3,4(+1)	0,35 (+1)	16,45 (0,21)
5	0,03 (-1,41)	0,2 (0)	17,40 (0,28)
6	4,0 (+1,41)	0,2 (0)	19,20 (0,14)
7	2,0 (0)	0,01 (-1,41)	18,35 (0,07)
8	2,0 (0)	0,4 (+1,41)	16,45 (0,35)
9 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	14,50 (0,14)
10 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	14,25 (0,07)
11 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	14,25 (0,21)

© Ponto Central. Valores entre parêntese referentes ao PM, correspondem aos desvios padrões das médias.
Fonte: Joseane Muniz

Tabela 5.16 - Valores para perda de massa (%) após 48h (PM) seguidos pelos seus respectivos desvios padrões entre parênteses alcançados a partir dos ensaios do Delineamento Composto Central Rotativo 2², obtidos a partir das variáveis independentes: % de glicerol e cera de carnaúba (resíduo). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

Ensaio	Glicerol %	Cera de Carnaúba % (resíduo)	Perda de Massa (PM)
1	0,6 (-1)	0,05 (-1)	17,65 (0,07)
2	0,6 (-1)	0,35 (+1)	11,85 (0,07)
3	3,4 (+1)	0,05 (-1)	18,00 (0,02)
4	3,4(+1)	0,35 (+1)	11,10 (0,03)
5	0,03 (-1,41)	0,2 (0)	11,82 (0,04)
6	4,0 (+1,41)	0,2 (0)	10,98 (0,01)
7	2,0 (0)	0,01 (-1,41)	18,02 (0,01)
8	2,0 (0)	0,4 (+1,41)	11,06 (0,02)
9 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	11,28 (0,02)
10 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	11,30 (0,01)
11 ©	2,0 (0)	0,2 (0)	11,29 (0,01)

© Ponto Central. Valores entre parêntese referentes ao PM, correspondem aos desvios padrões das médias.
Fonte: Joseane Muniz

Os revestimentos foram preparados seguindo o delineamento composto central rotativo 2² (Tabelas 4.1 e 4.2). As Tabelas 5.14, 5.15 e 5.16 apresentam uma perda de massa do fruto superior a 7% nas primeiras 48h de armazenamento, considerando-se frutos com possibilidades de comercialização, esse valor significa perdas consideráveis. As Tabelas 5.14, 5.15 e 5.16 mostram ainda que a resposta PM para cera branca (Tabela 5.14) obteve valores menores, comparando com as demais ceras. A tabela mostra que o ensaio 6 apresentou a melhor resposta para essa variável (7,95%). Analisando o delineamento pode-se observar que a formulação é composta pela concentração de cera em torno de 0,2% (ponto central do delineamento para essa variável) e 4% de glicerol (ponto axial maior). As demais formulações mostraram-se aceitáveis nos ensaios 4, 8 e no ponto central do delineamento. As respostas PM para cera resíduo mostraram um comportamento similar (Tabela 5.16), pois, embora apresentando valores de PM acima dos obtidos com a cera branca, a formulação correspondente ao ensaio 06 apresentou o melhor resultado para a resposta estudada, seguida pelas concentrações dos ensaios 4, 8 e as localizadas na região do ponto central. Já a cera preta estudada apresentou os maiores valores de perda de massa (Tabela 5.15) quando

comparada as demais ceras, para a maioria dos ensaios (glicerol e cera de carnaúba). Os resultados para essa cera não foram condizentes com as concentrações dos componentes do revestimento. Acredita-se que o índice de minerais e matéria insaponificável tenha prejudicado a matriz polimérica da película a base dessa cera, promovendo a ocorrência de fissuras na cobertura.

Os coeficientes de regressão para os valores de PM após 48h de estocagem estão representados na Tabela 5.17. A cera de carnaúba branca mostrou como parâmetros estatisticamente significativos ($p < 0,05$), glicerol quadrático e cera linear e quadrática. Os parâmetros quadráticos apresentaram-se positivos para essa resposta. Verificou-se que o aumento da cera branca e do glicerol em uma regressão quadrática provocou o aumento da perda de massa. Já frutos cobertos com revestimentos elaborados com cera de carnaúba branca em uma regressão linear mostraram uma resposta negativa apontando que quando maior a quantidade de cera, menor a perda de massa. Na Tabela 5.14 observa-se que concentrações de cera branca abaixo do ponto central (0,2%) do delineamento para cera de carnaúba promovem um aumento da perda de massa pelo fruto. De acordo com Chiumarelli e Hubinger (2012), a cera serve, sem dúvida, como uma barreira para o vapor de água e outros compostos metabólicos, também desempenha as funções de proteção (por exemplo, danos mecânicos e ataques de fungos e insetos) entre outros fatores associados a perda de massa.

Para cera de carnaúba preta apenas os parâmetros glicerol e cera de carnaúba quadrática apresentaram-se estatisticamente significativos (Tabela 5.17). Os parâmetros citados mostraram significância positiva, ou seja, uma maior quantidade dos compostos mencionados provocam uma maior resposta da variável estudada. Os valores de perda de massa para revestimentos a base de cera preta foram os mais altos, levando em consideração as demais ceras.

O comportamento da cera de carnaúba resíduo, assim como nos outros indicadores estudados até o momento (IC e TR) mostrou-se bem similar ao demonstrado pela cera branca. Foi observado que os parâmetros cera de carnaúba linear e quadrática mostraram-se estatisticamente significativos (Tabela 5.17). A resposta para essa variável apresentou-se negativa para o parâmetro linear, ou seja, um aumento na porcentagem da cera de carnaúba provocou uma diminuição na perda de massa do fruto. As menores perdas de massa, usando a cera resíduo foram obtidas a partir dos ensaios 6, 4 e no ponto central do delineamento (Tabela 5.16).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o uso de ceras ou de emulsões de cera como cobertura superficial em certos produtos perecíveis reduz a perda de umidade e retarda o

enrugamento, bem como pode propiciar aparência lustrosa, o que é muito apreciado pelo consumidor.

Tabela 5.17 - Coeficientes de regressão e significância estatística das variáveis porcentagem de glicerol e porcentagem de cera de carnaúba (branca, preta e resíduo) e suas combinações sobre a resposta Perda de Massa (PM). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

	Variáveis ^a	Coeficientes de Regressão	Erro Padrão	t(16)	p-value
Formulações contendo cera branca	Média	8,1520	0,3106	26,245	0,0001
	Glicerol (L)	-0,5075	0,3788	-1,3397	0,1991
	Glicerol (Q)	0,9533	0,4425	2,1544	0,0468
	Cera (L)	-5,8337	0,3918	-14,889	0,0001
	Cera (Q)	4,6684	0,4939	9,4528	0,0001
	Glicerol (L) x Cera (L)	-0,5475	0,5385	-1,0168	0,3244
Formulações contendo cera preta	Média	14,3772	0,3781	38,027	0,0001
	Glicerol (L)	0,3889	0,4611	0,8434	0,4115
	Glicerol (Q)	3,2422	0,5386	6,0198	0,0001
	Cera (L)	-0,4324	0,4769	-0,9066	0,3781
	Cera (Q)	2,6072	0,6011	4,3371	0,0005
	Glicerol (L) x Cera (L)	-0,4000	0,6554	-0,6104	0,5503
Formulações contendo cera resíduo	Média	11,2394	0,3164	35,523	0,0001
	Glicerol (L)	-0,3990	0,3859	-1,0339	0,3166
	Glicerol (Q)	0,8261	0,4508	1,8328	0,0855
	Cera (L)	-5,8187	0,3991	-14,580	0,0001
	Cera (Q)	4,5948	0,5031	9,1336	0,0001
	Glicerol (L) x Cera (L)	-0,5475	0,5485	-0,9982	0,3331

^a Variáveis em negrito=significativo para $p < 0,05$

Fonte: Joseane Muniz

A Tabela 5.18 mostra a análise de variância (ANOVA) construída a partir dos parâmetros significativos do modelo. Os demais foram incluídos nos resíduos. Contudo nenhum tipo de cera apresentou resultados possíveis de serem expressos através de superfície resposta devido à ausência de um modelo de regressão condizente, visto que o coeficiente de determinação R^2 foi inferior a 75%.

Tabela 5.18 – Análise de variância (ANOVA) para a perda de massa de revestimentos elaborados com glicerol e cera de carnaúba. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

	Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F calculado	F tabelado*
Formulações contendo cera branca	Regressão	129,6052	2	64,8026	19,9247	0,0001
	Resíduo	61,7953	19	3,2524		
	Falta de Ajuste	9,2696	3	3,0899	4781,9	0,0001
	Erro Puro	0,0084	13	0,0006		
	Total	191,4005	21		R ² = 69,52%	
Formulações contendo cera preta	Regressão	1,3173	2	0,6587	0,2407	0,7885
	Resíduo	51,9937	19	2,7365		
	Falta de Ajuste	13,0931	3	4,3643	86,8422	0,0001
	Erro Puro	0,6533	13	0,0503		
	Total	53,3109	21		R ² = 2,47%	
Formulações contendo cera resíduo	Regressão	128,5474	2	64,27370	20,12260	0,0001
	Resíduo	60,6880	19	3,19410		
	Falta de Ajuste	9,6118	3	3,2039	2734,2	0,0001
	Erro Puro	0,0152	13	0,0012		
	Total	189,2354			R ² = 67,93%	

*Teste F tabelado a 5%de significância

Fonte: Joseane Muniz

A respeito da escolha da formulação mais indicada para o revestimento, essa foi feita através da análise das tabelas estatística mostradas anteriormente.

A partir das respostas para os três tipos de cera pode-se observar que a cera preta não mostrou resultados aceitáveis para sua utilização como revestimento, sendo, portanto, descartado o uso da mesma na composição das coberturas comestíveis.

As regressões geradas pela ANOVA (Tabelas 5.8, 5.13 e 5.18) para as três respostas analisadas (IC, TR e PM) não foram úteis para a predição dos modelos, visto que a relação do $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabelado}}$ não foi superior a 3 (BOX; HUNTER; HUNTER, 1978).

Já o $F_{\text{calculado}}$ da falta de ajuste dos modelos para as variáveis dependentes (IC, TR e PM) foram superiores ao F_{tabelado} o que resulta em uma relação extremamente alta o que não é ideal para a validação do modelo (Tabelas 5.8, 5.13 e 5.18). De acordo com Box, Hunter e

Hunter (1978), para que um modelo seja considerado bem ajustado o mesmo deve apresentar uma relação menor que 0,10.

No entanto, a formulação apresentada no ensaio 6 do delineamento para cera de carnaúba branca e resíduo propiciou as melhores respostas para os indicadores estudados.

Observa-se que a formulação escolhida mostrou a porcentagem de cera no ponto central do delineamento (0,2%) sendo, portanto, um valor intermediário para essa variável, visto que, elevadas quantidades promovem um aumento das trocas gasosas e emulsões menos estáveis, já quantidades menores não mostram eficácia com relação a perda de massa. A concentração de glicerol (4,0%) apresentou-se no extremo superior do delineamento ($\alpha = +1,41$). Devido a características como: plastificante, flexibilidade e viscosidade, o glicerol em quantidades mais elevadas mostrou-se mais eficaz no tocante as suas funções na composição do revestimento.

5.5 Avaliação dos indicadores físicos, químicos e compostos bioativos de pedúnculos de caju recobertos com revestimentos a base de cera de carnaúba

Após a escolha da formulação a ser usada no preparo do revestimento à base de glicerol e cera de carnaúba foi feito um estudo sobre os indicadores de qualidade físicos e químicos, e compostos bioativos importantes encontrados no caju envolto pela cobertura comestível durante o seu armazenamento.

Os tratamentos utilizados nos pedúnculos de caju foram: Controle (cajus sanitizados e mergulhados em água); F+G (amostras imersas em revestimento a base de fécula a 3% e glicerol a 4%); CB (amostras imersas em revestimento a base de fécula a 3%, glicerol a 4% e cera branca a 0,2%) e CR (amostras imersas em revestimento a base de fécula a 3%, glicerol a 4% e cera resíduo a 0,2%).

5.5.1 Avaliação dos indicadores físicos

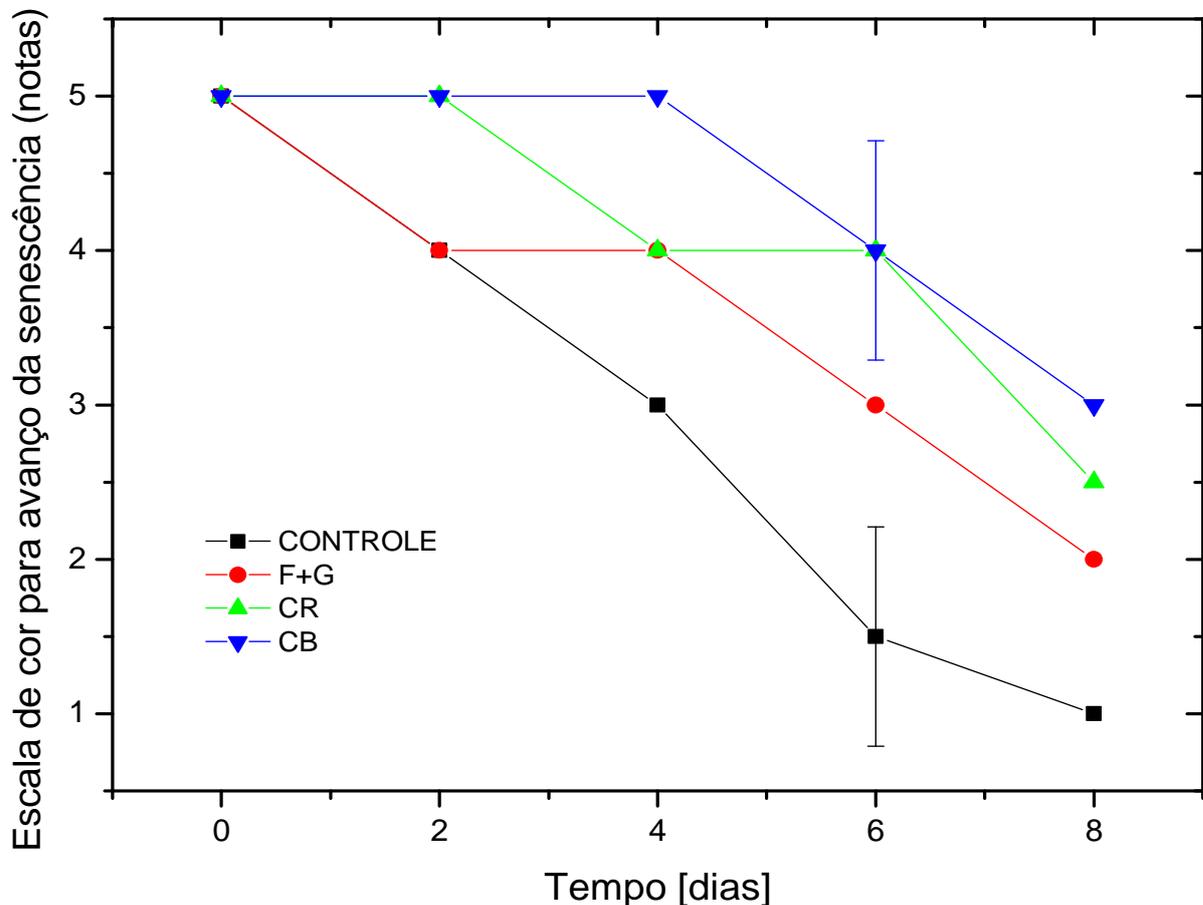
Todas as respostas aos índices físicos foram tratadas estatisticamente através dos desvios padrões de média.

5.5.1.1 Escala cor de para análise do avanço da senescência

Morais et al. (2002), afirmam que o consumo do pedúnculo de cajueiro do tipo anão precoce vem crescendo, a cada safra, no mercado de frutas frescas, ou caju de mesa, tanto pela consolidação de mercados tradicionais como pela abertura de novos mercados. Assim sendo, aparência externa é um atributo diretamente relacionado ao mercado consumidor de caju de mesa. Para tanto o consumidor precisa está assegurado da integridade do fruto no momento da compra. A senescência, entre outros fatores, indica a impossibilidade do fruto para consumo humano.

Observa-se na Figura 5.3 que os tratamentos Controle e F+G apresentaram uma acentuada evolução da sua maturação, de acordo com as características da Tabela 4.3, entre o dia zero e o sexto dia de armazenamento. Entretanto esse decréscimo da nota foi bem mais acentuado para o tratamento controle durante o intervalo do sexto ao oitavo dia de armazenamento, caracterizando uma aceleração na maturação dos frutos desse tratamento.

Figura 5.3 – Escala de cor para avanço da senescência de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23 \pm 5^\circ\text{C}$ e $81 \pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Joseane Muniz

Para o avanço da maturação, de acordo com a escala de notas, a cera de carnaúba (branca e resíduo) se mostrou promissora em barrar essa aceleração no amadurecimento do fruto em detrimento aos demais tratamentos. Todos os revestimentos causaram como impacto positivo a redução da podridão e retardo na senescência do fruto, contudo a cera de carnaúba branca contribuiu de forma mais acentuada para amenizar esse retardo.

Outro dado importante foi que a partir do quarto dia de armazenamento o tratamento controle passou a apresentar incidência de fungos e enrugamento em alguns pontos da película do fruto, mostrando assim um fruto impróprio para o consumo a partir dessa data. Os demais frutos apresentaram fungos em sua superfície apenas no oitavo dia de armazenamento.

Pinheiro (2012), trabalhando com cajus da variedade CCP 76 revestidos com cera de carnaúba observou a incidência de fungos, e conseqüentemente, início da senescência no quarto dia de armazenamento a temperatura de 24°C.

5.5.1.2 Perda de massa

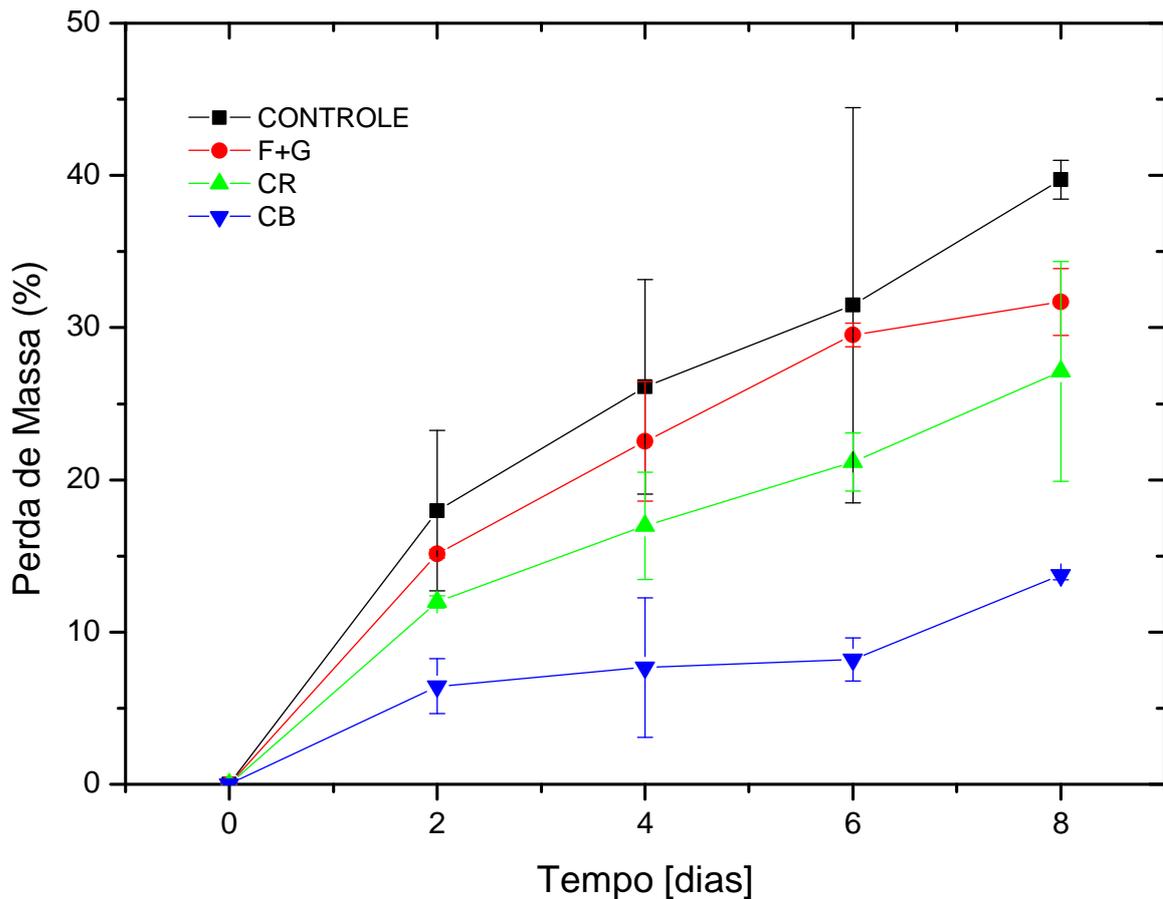
A Figura 5.4 apresenta a perda de massa em % dos cajus submetidos a tratamento com e sem cera de carnaúba. A análise da Figura 5.4 mostra que houve aumento na perda de massa para todos os tratamentos estudados, sendo mais intensa nos frutos controle. Acredita-se ser devido à intensa transpiração do fruto. No entanto, o tratamento com cera branca apresentou os melhores resultados nesse intervalo de tempo com valor médio de 6,45%, comportamento seguido durante os demais dias de armazenamento. Observa-se que a perda de massa foi significativamente menor para os frutos revestidos com cera branca em relação aos frutos controle. A perda de massa nesse tratamento foi significativamente observada, também em relação ao tempo. No último dia de estocagem os cajus revestidos com cera branca apresentaram uma perda de massa de apenas 13,7% comparada a 39,7% dos cajus controle. Pode-se afirmar que frutos revestido com cera branca apresentaram resultados promissores, em relação à comercialização, visto que apresentam perda de massa significativamente menor, portanto prejuízos comerciais mínimos.

A perda de massa durante o armazenamento de frutos acarreta prejuízos aos produtores e compradores. Para tanto alternativas economicamente viáveis são utilizadas para reverter esse quadro. O uso de revestimentos é uma delas.

A redução da perda de água deve ser considerada o principal benefício da utilização da cera, visto que reduz perdas por murchamento do fruto (BLUM et al., 2008).

Chitarra e Chitarra (2005), afirmam que o uso das ceras e/ou emulsões a base de cera diminuem a perda de água pelo fruto.

Figura 5.4 – Perda de massa (%) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23 \pm 5^\circ\text{C}$ e $81 \pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Joseane Muniz

Pinheiro (2012), trabalhando com revestimento a base de cera em caju, encontrou perda de massa em torno de 7% no quarto dia de armazenamento.

Já Silva et al. (2008), analisando maracujás revestidos com cera de carnaúba, observou perda de massa em torno de 12,53%.

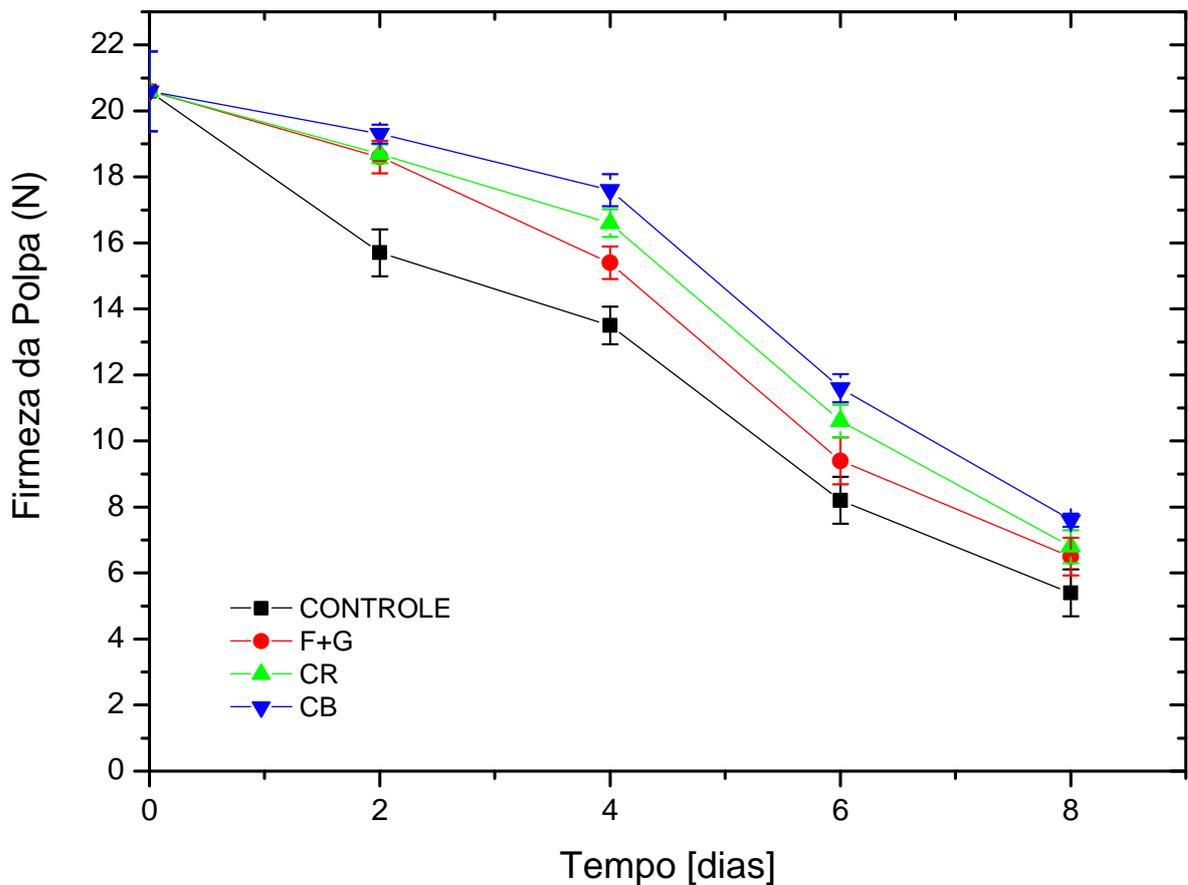
Frutos cobertos com revestimentos a base de cera de carnaúba com menor perda de massa em relação ao controle foi observado por Chiumarelli e Ferreira (2010) em tomates e por Fernandes et al., (2006) em mamão *Formosa*.

5.5.1.3 Firmeza da polpa

A Figura 5.5 apresenta o comportamento da firmeza da polpa dos cajus submetidos aos tratamentos com e sem cera de carnaúba de acordo com o delineamento experimental. É possível observar uma queda da firmeza da polpa para todos os tratamentos, contudo a cera branca e cera resíduo apresentaram, ao término do último dia de armazenamento uma tendência a valores maiores dessa característica, em torno de 6,8 e 7,6 respectivamente, em relação aos demais tratamentos.

Uma tendência a uma maior firmeza foi observada nos frutos revestidos com cera branca, confirmando a formação da barreira, evitando as trocas respiratórias e assim proporcionando uma intensidade menor nas reações de deterioração das pectinas, responsáveis pela firmeza da parede celular.

Figura 5.5 – Firmeza da polpa (N) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23 \pm 5^\circ\text{C}$ e $81 \pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Joseane Muniz

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a firmeza da polpa dá a ideia das transformações na estrutura celular, coesão das células e alterações bioquímicas, responsáveis pela textura do produto.

Pinheiro (2012), trabalhando com cajus recobertos com emulsões de cera de carnaúba, encontrou valores de firmeza da polpa em torno de 4,78N, no 4º dia de armazenamento a temperatura de 24°C, valor abaixo do encontrado no presente trabalho para cajus da mesma variedade também revestidos com cera de carnaúba.

Moura et al. (2010), observou valores de firmeza da polpa em torno de 5,5N para cajus sem revestimento armazenados a baixas temperaturas a partir do 15º dia de armazenamento.

Os índices de firmeza da polpa (Figura 5.5) vão de encontro aos valores de perda de massa (Figura 5.4) nos cajus revestidos com cera branca. O revestimento usado nos frutos desse tratamento funcionou como barreira a excessiva transpiração, e conseqüente perda de massa devido às características hidrofóbicas presentes na emulsão. Assim a diminuição da perda de massa, implicou no aumento da firmeza devido ao retardo nas reações químicas provenientes da degradação dos substratos internos do fruto.

5.5.2 Avaliação dos indicadores químicos

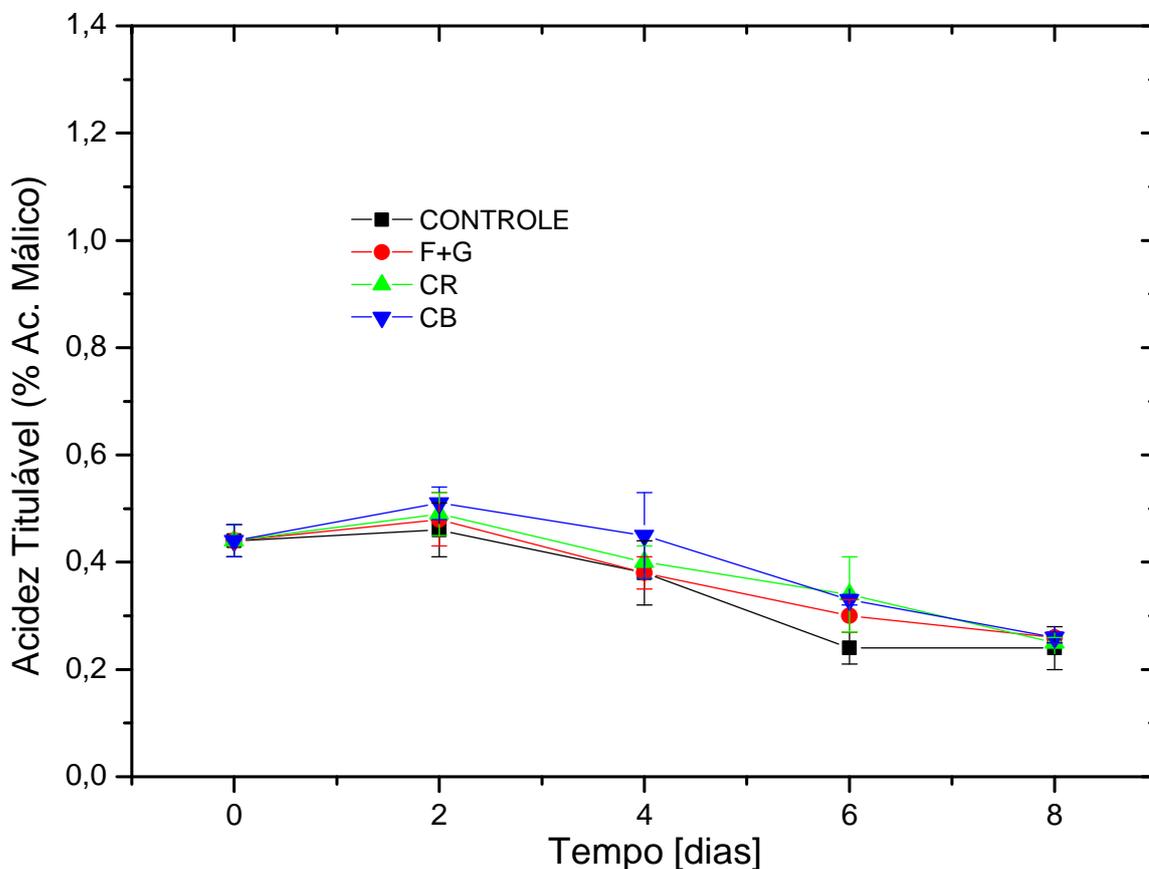
Todas as respostas aos índices químicos foram tratadas estatisticamente através dos desvios padrões de média.

5.5.2.1 Acidez titulável

A Figura 5.6 apresenta o comportamento da acidez dos pedúnculos do caju revestidos com cera de carnaúba e cajus controle durante o armazenamento.

É possível observar que entre o início e o segundo dia de armazenamento houve um crescimento significativo no teor de ácido málico em todos os tratamentos, contudo os cajus revestidos com cera branca apresentaram um crescimento levemente maior que os demais tratamentos. Após o segundo dia de armazenamento os cajus apresentaram um declínio na quantidade de ácido, o que pode ter acontecido devido à intensa respiração, e a conversão dos mesmos em açúcares, sendo os ácidos os principais substratos dessas reações metabólicas. Assim sendo, não houve uma intervenção do revestimento nos teores de ácido málico nos cajus analisados.

Figura 5.6 – Acidez titulável (% ácido málico) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23 \pm 5^\circ\text{C}$ e $81 \pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Joseane Muniz

Os ácidos orgânicos, responsáveis diretos pela acidez em frutos, encontram-se dissolvidos nos vacúolos das células e/ou na forma livre. Porém no pedúnculo do caju, além dos ácidos comumente encontrados, a acidez pode sofrer certa contribuição também dos compostos fenólicos, pois os mesmos apresentam caráter ácido (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Valores próximos ao do presente trabalho no final do armazenamento foram encontrados por Figueiredo (2000), com teores de 0,29% para o clone CCP-76 no estágio 7, que corresponde ao estágio de maturação comercial. Valores de ácido málico próximos aos apresentados na Figura 5.6 para o final do armazenamento foram encontrados nos trabalhos de Aguiar et al. (2004) e Paiva et al. (1998) com teores de 0,31% e 0,26%, respectivamente.

No entanto, Maia et al. (2004), encontraram valores elevados de ácido málico (0,49%) se comparados aos do presente trabalho para o mesmo clone no final do armazenamento.

Pinheiro (2012), trabalhando com caju revestido com cera de carnaúba encontrou um comportamento similar aos frutos da presente pesquisa, onde os pedúnculos controle mostram um teor de ácido málico maior que o dos caju com revestimento.

Figueiredo et al. (2002), verificaram valores de acidez variando entre 0,23 a 0,29% de ácido málico, com pico de 0,31% no 5 estágio de maturação.

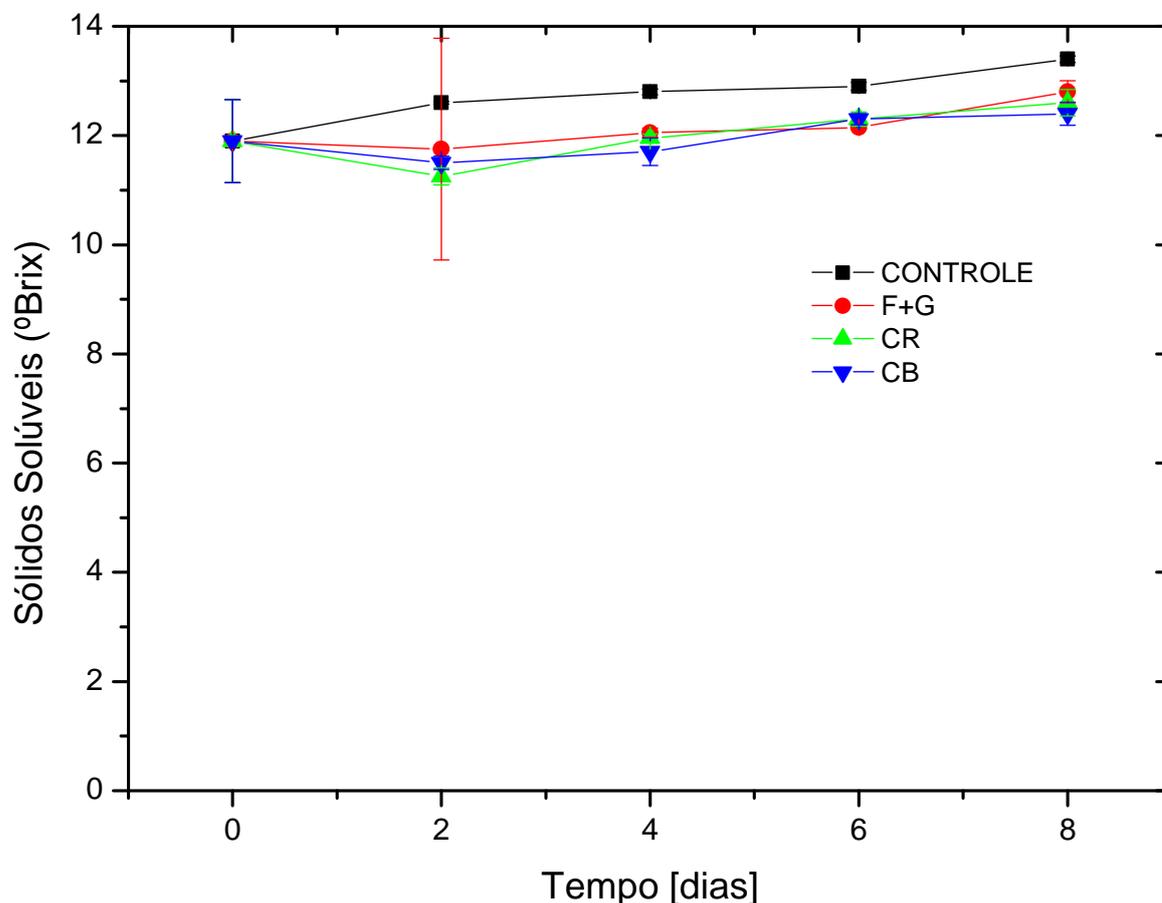
5.5.2.2 *Sólidos solúveis*

A Figura 5.7 apresenta a evolução do teor de sólidos solúveis nos pedúnculos de caju analisados. Observou-se que houve tendência a um aumento dos sólidos solúveis em todos os tratamentos, apresentando significativo apenas nos frutos controle, a partir do quarto dia de armazenamento. No oitavo dia, os sólidos solúveis dos frutos revestidos com cera branca, embora estatisticamente iguais aos demais, mostraram uma leve tendência a um valor menor desse indicador. É possível que a cera branca tenha interferido nas reações metabólicas devido suas propriedades de barreira (troca gasosa e perda de água), e tenha ocorrido a inibição das quebras de compostos maiores em produtos de reação que contribuam para o aumento do teor de sólidos solúveis

Assim observa-se como promissor recurso para retardar o amadurecimento dos caju o uso de revestimentos, embora sem interferência da cera de carnaúba como componente dos mesmos.

Sólidos solúveis são usados como índice dos açúcares totais em frutos, indicando o grau de maturidade. São constituídos por compostos solúveis em água, que representam substâncias, tais como açúcares, ácidos, vitamina C e algumas pectinas (OLIVEIRA et al., 1999).

Figura 5.7 – Sólidos solúveis (°Brix) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23 \pm 5^\circ\text{C}$ e $81 \pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Joseane Muniz

Lopes (2011), trabalhando com cajus da variedade CCP 76 no estágio de maturação comercial encontrou teores de sólidos solúveis em torno de $12,37^\circ$ Brix, valores esses, próximos aos mostrados na Figura 5.7.

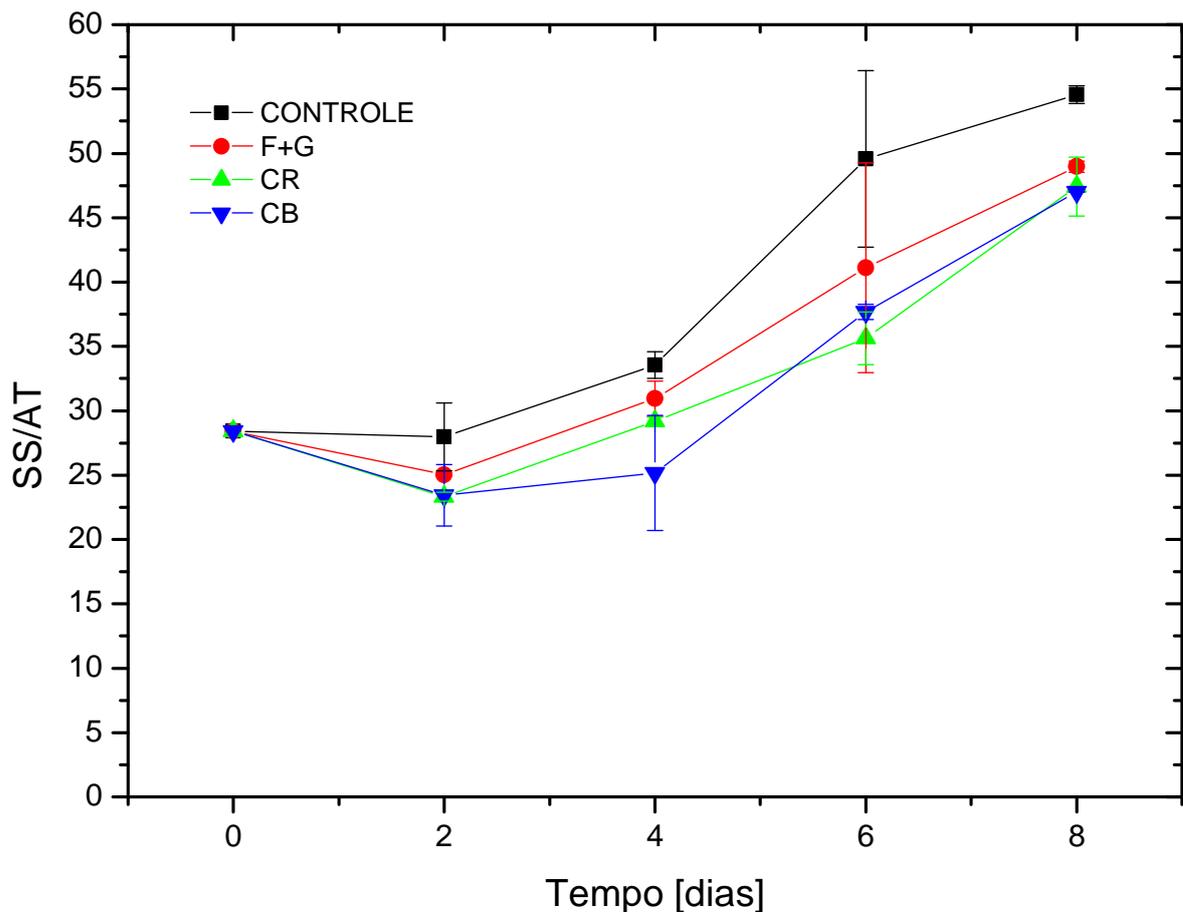
Pinheiro (2012), analisando cajus revestidos com cera de carnaúba encontrou valores para o teor de sólidos solúveis em torno de $11,4^\circ$ Brix, e para o controle valor próximo a $11,3^\circ$ Brix diferindo, portanto do presente trabalho, onde o teor da variável mencionada foi maior para todos os tratamentos.

Contrastando com os resultados obtidos no presente trabalho com frutos de caju sem recobrimento, Moraes et al. (2002), não observaram diferença de sólidos solúveis ao longo do armazenamento.

5.5.2.3 Relação SS/AT

É possível analisar que houve um decréscimo do valor SS/AT entre o dia zero e o segundo dia de armazenamento para os pedúnculos de caju revestidos (Figura 5.8). O crescimento no valor da relação SS/AT passou a ser significativo a partir do 6º dia de armazenamento, sendo que o tratamento Controle diferiu significativamente dos demais tratamentos. Esse fato pode ser justificado devido ao parâmetro acidez ter apresentado teores elevados até a metade do período de armazenamento (Figura 5.6). Nos demais dias de estocagem foi analisado um comportamento crescente para a relação SS/AT devido à queda nos teores de acidez (Figura 5.6) e a uma escala crescente para os valores de sólidos solúveis nesse período (Figura 5.7).

Figura 5.8 – Relação SS/AT de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23 \pm 5^\circ\text{C}$ e $81 \pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Joseane Muniz

A análise da Figura 5.8 aponta para a interferência dos revestimentos a base de cera branca e resíduo no aumento da relação SS/AT, em detrimento aos frutos controle.

De acordo com Lopes (2011), essa relação é um dos índices mais usados para avaliar o grau de doçura, posto que além de indicar o sabor dos mesmos, através do balanço açúcares/ácidos, pode estabelecer níveis de SS e AT para que se determine o ponto ótimo de colheita

Esse comportamento também foi comprovado por Lopes (2011) e por Paiva et al.(1998) em pedúnculos de caju no final do amadurecimento.

5.5.2.4 pH

A Figura 5.9 apresenta os valores de pH nos pedúnculos de caju tratados ou não com cera carnaúba. É possível analisar que o pH sofreu oscilações na faixa de 3,5 a 4,4, as quais podem ter sido provocadas, entre outros fatores, pela variação na acidez. O tratamento Controle diferiu significativamente dos demais tratamentos a partir do quarto dia de armazenamento. O menor valor de pH foi observado no quarto dia de estocagem dos frutos. É possível que nesse período a quantidade de hidrogênios ionizáveis dentro do vacúolos das células estejam em quantidades elevadas, declinando no decorrer do armazenamento devido a intensidade das reações responsáveis pelo processo de maturação.

No entanto não houve grandes mudanças nos valores de pH entre os tratamentos. O tratamento F+G mostrou teores levemente menores dessa variável ao final do armazenamento. Contudo os valores de pH nos caju não sofreram interferência dos revestimentos.

Segundo Lopes (2011), o conteúdo de ácidos orgânicos diminui com o amadurecimento na maioria dos frutos tropicais devido à sua utilização no ciclo de Krebs ou sua transformação em açúcares durante o processo respiratório.

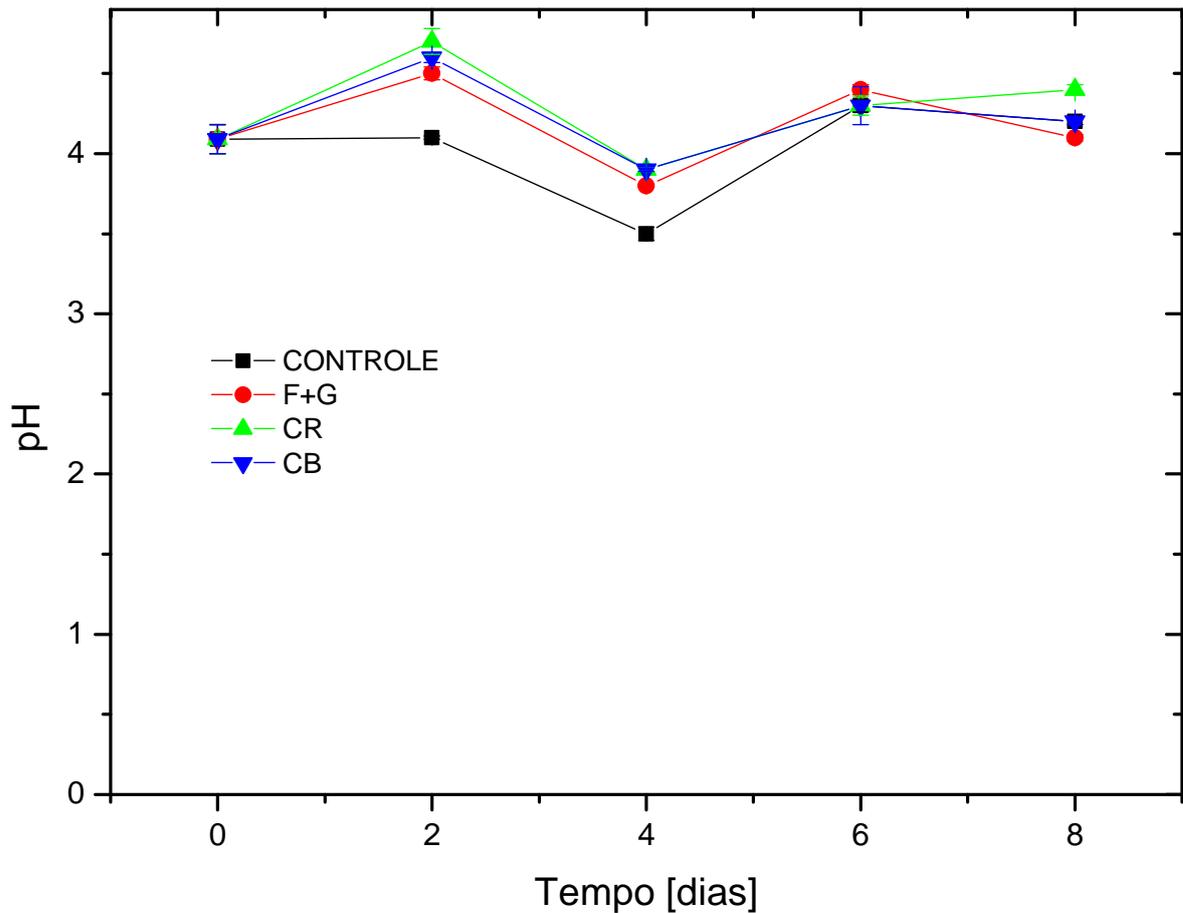
É importante considerar que o pH está ligeiramente relacionado a acidez, pois um fruto com alta acidez demonstra ter uma quantidade significativa de hidrogênios dissolvidos nos vacúolos celulares, refletindo assim nos valores de pH.

Menezes e Alves (1995), atribui a pouca variação observada no pH de um fruto a natureza dos ácidos predominantes na seiva vacuolar das células do fruto. Estes ácidos são di e tri básicos e mostram valores múltiplos de pK e capacidade tamponante numa faixa ampla de pH.

Brandão et al. (2003), encontraram valores de pH para pedúnculos de caju *in natura* em torno de 4,01.

No trabalho de Moura (1998), com nove clones de cajueiro anão precoce, o autor encontrou uma faixa de pH que variou de 4,10 a 4,64, para CCP 76, sendo esta variação normalmente encontrada para esta espécie.

Figura 5.9 – Valores de pH de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23 \pm 5^\circ\text{C}$ e $81 \pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

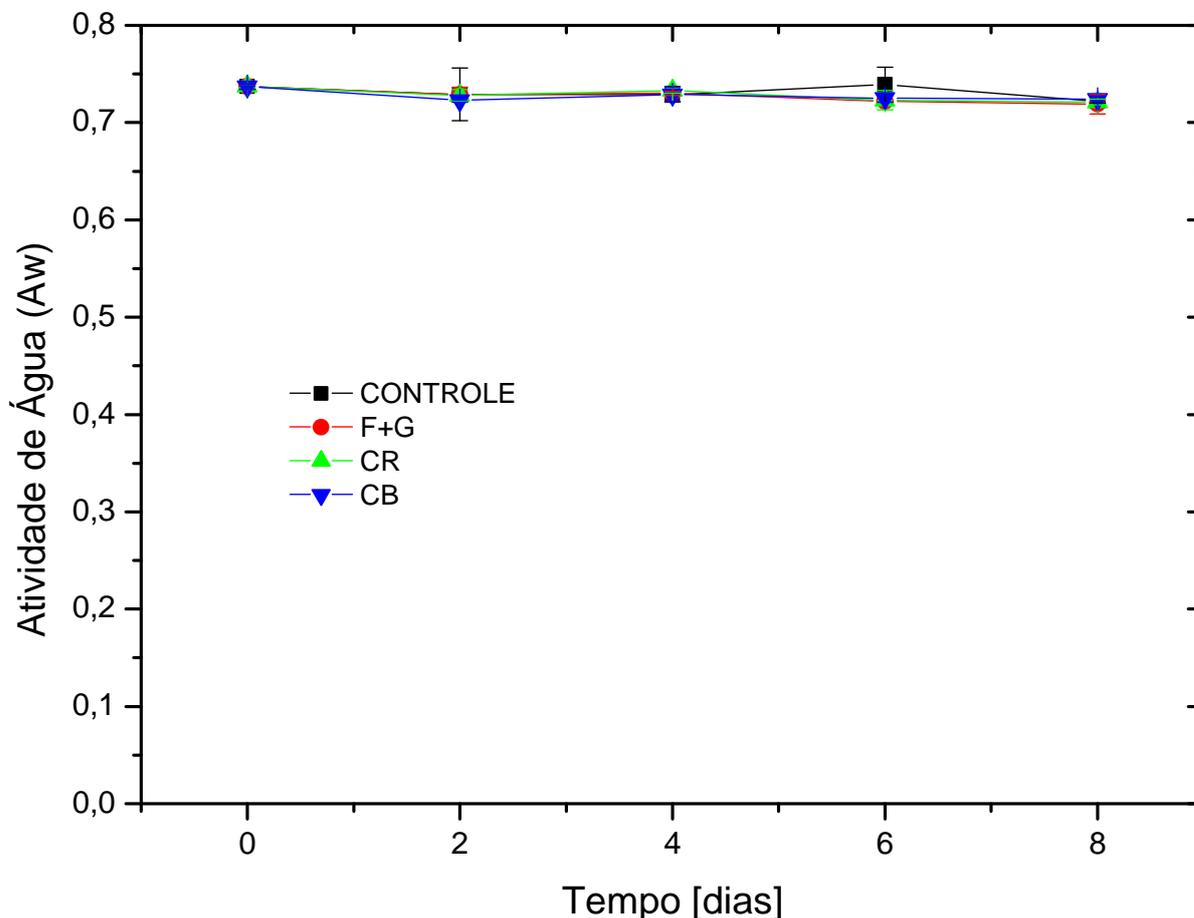


Fonte: Joseane Muniz

5.5.2.5 Atividade de água

A Figura 5.10 contem os valores para atividade de água no decorrer dos oito dias de armazenamento. A Figura 5.13 aponta para uma queda desse parâmetro a partir do 2º dia de armazenamento, sendo que ao térmico a atividade de água alcançou teores de 0,720; 0,720; 0,721 e 0,724 para os tratamentos Controle, F+C, Cera resíduo e Cera branca, respectivamente, provavelmente devido às intensas reações ocorridas nesse período, utilizando a água livre como um dos substratos.

Figura 5.10 – Atividade de água (A_w) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23 \pm 5^\circ\text{C}$ e $81 \pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Joseane Muniz

A atividade de água (A_w) é um dos fatores intrínsecos dos alimentos e é uma medida qualitativa que possibilita avaliar a disponibilidade de água livre que é suscetível a diversas reações (GARCIA, 2004). Portanto, devido a características como essa é que o interesse no controle da atividade de água em alimentos de umidade intermediária ($0,65 < A_w < 0,90$) e alta umidade ($A_w > 0,90$) têm estimulado estudos nessa área (MOURA; HUBINGER; VITALI, 1998).

A temperatura exerce influência direta na atividade de água. Assim sendo pouca variação da temperatura no momento da análise (22 a 24°C) pode ter contribuído para a baixa variação das leituras de atividade de água observadas na Figura 5.12., sendo que os revestimentos apresentaram pouca interferência nesse indicador.

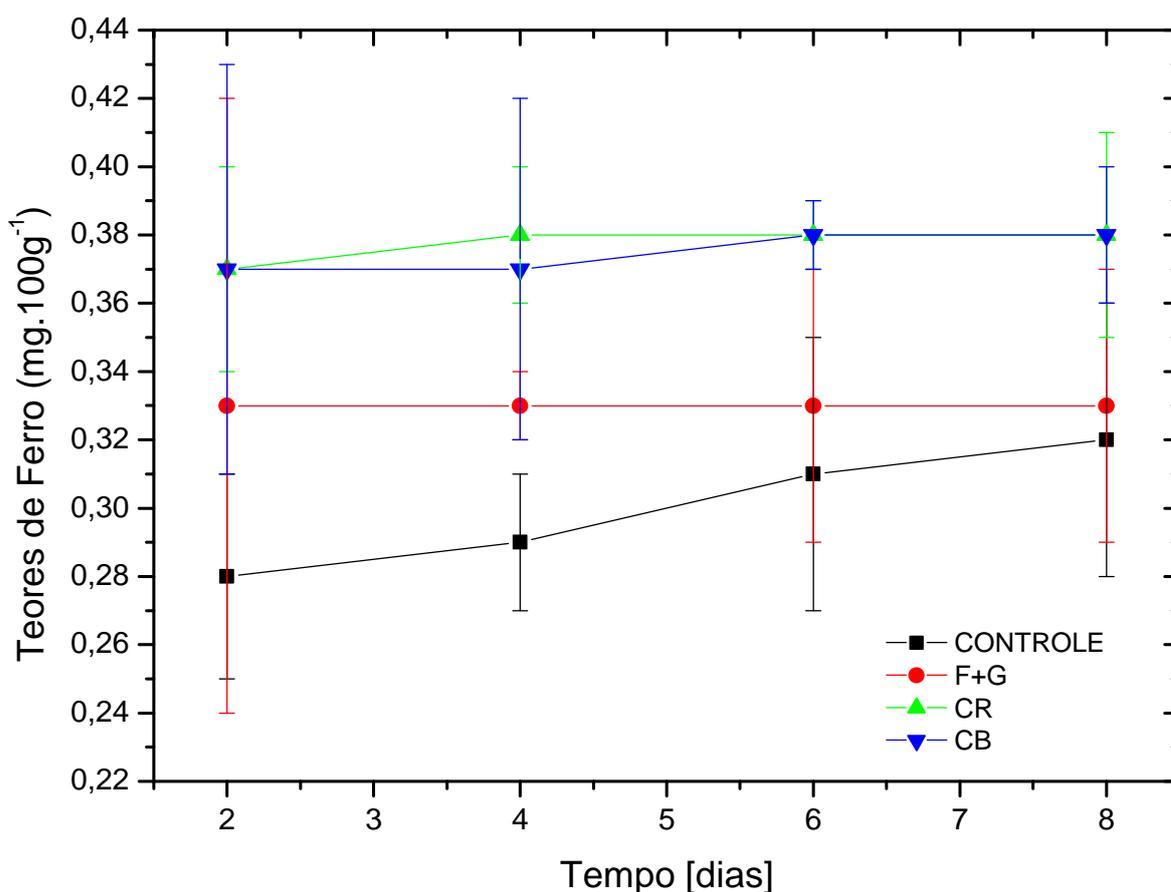
Essa afirmativa é reforçada por Moura, Hubinger e Vitali (1998), quando, analisando a atividade de água em sucos de frutas, observaram que ela aumenta com o

aumento da temperatura para uma mesma concentração, porém este aumento é praticamente imperceptível, quando se trabalha na faixa de 15 a 30°C, faixa de temperatura a qual inclui-se a avaliação de atividade de água dos cajus.

5.5.2.6 Ferro

Observa-se na Figura 5.11 que o comportamento dos tratamentos mostrou-se significativo em relação aos frutos revestidos com cera branca e os frutos controle.

Figura 5.11 – Teores de ferro ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23\pm 5^\circ\text{C}$ e $81\pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Joseane Muniz

Observa-se que os tratamentos com maiores teores de ferro são os que contêm os revestimentos F+G, CR e CB, com valores médio de 0,34; 0,37 e 0,38 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente. É possível inferir que a cera usada no revestimento do caju, por ser de

natureza bruta possui resíduos de ferro, provenientes, provavelmente, do equipamento rudimentar usado no beneficiamento da mesma. O mesmo pode ter ocorrido com a fécula usada na confecção das emulsões.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o ferro tem como função principal atuar no processo de respiração. As necessidades de ferro em seres humanos variam conforme a idade. As principais fontes são de origem animal e nas frutas, em geral, encontra-se em baixas concentrações.

Morgano, Queiroz e Ferreira (1999), estudando teores de minerais em sucos de frutas, encontraram para o caju 0,126 mg de Fe.100g⁻¹, valor inferior ao encontrado no presente estudo o que justifica a possível contaminação da cera por minerais.

Valor similar ao apresentado no início do armazenamento (0,26 mg de Fe.100g⁻¹) foi observado por Silva et al. (2008), em cajus do cerrado.

5.5.2.7 Taxa de Respiração

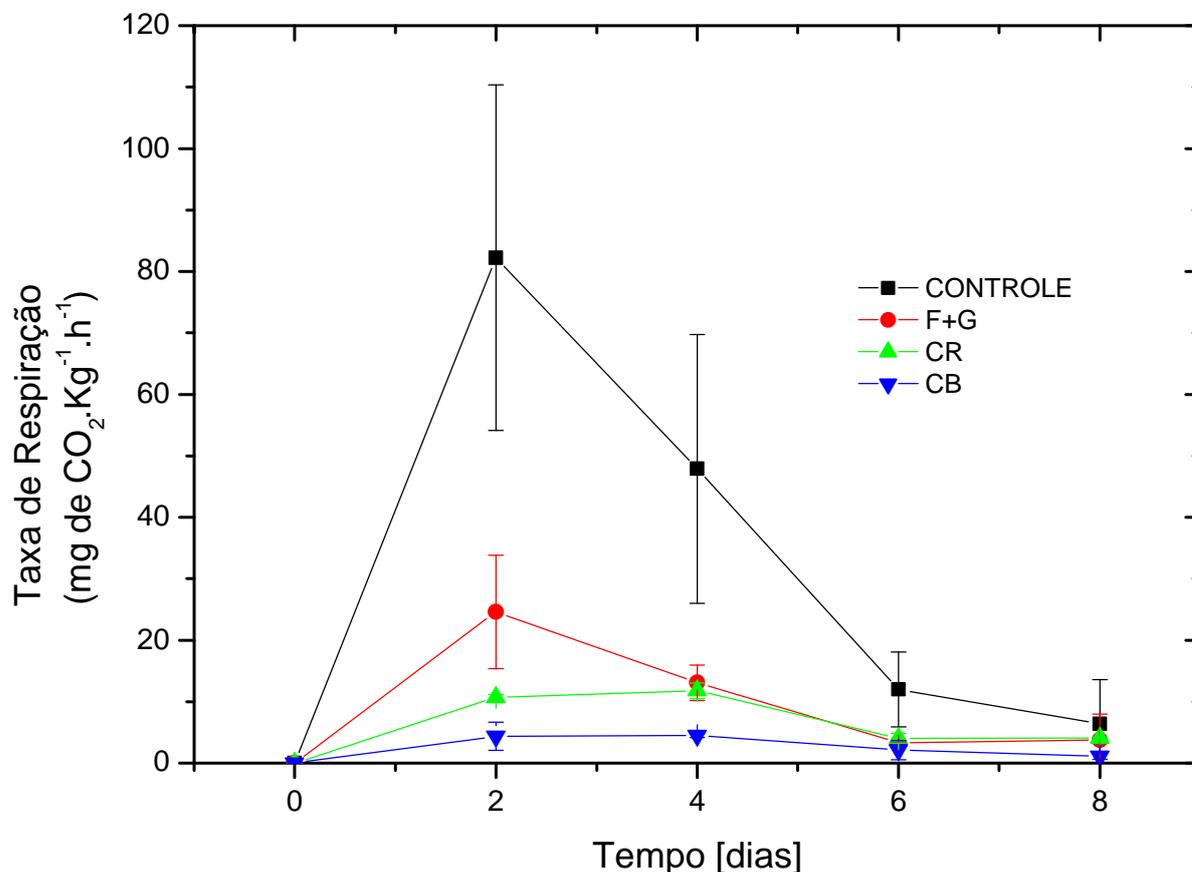
A Figura 5.12 apresenta a taxa de respiração dos pedúnculos de caju revestidos com emulsão de fécula, glicerol e cera de carnaúba (branca e resíduo). Nota-se que houve uma intensa respiração entre o dia 0 e 2 de armazenamento. Os tratamentos Controle e F+G mostraram-se significativamente diferente dos tratamentos a base de cera, a partir do quarto dia de estocagem. No entanto todos os frutos iniciaram um decréscimo na taxa de respiração no segundo dia de armazenamento, devido entre outros fatores, a diminuição dos substratos para as reações metabólicas, ocasionadas pelas propriedades de barreira do revestimento.

É importante ressaltar a discrepância entre os cajus com revestimento e os frutos controle. Esses últimos apresentaram durante todos os períodos de estocagem valores mais elevados dessa variável diferindo significativamente dos demais tratamentos, ressaltando o valor extremo no segundo dia de armazenamento (82,25 mg de CO₂.Kg⁻¹.h⁻¹).

Quando o fruto é colhido há uma interrupção do balanço gasoso, ocorrendo um alto influxo de oxigênio e proporcional perda de CO₂. Nessas condições as células não são mais renovadas e a respiração aumenta, o que provoca uma queda metabólica levando o fruto a um gradual amadurecimento e eventual senescência (ASSIS; LEONI, 2003).

Verifica-se a importância dos revestimentos a base de cera de carnaúba para a resposta a esse indicador. No presente trabalho observou-se que a cera mostrou boa eficiência reduzindo as trocas gasosas, amenizando os impactos causados pela excessiva transpiração do fruto.

Figura 5.12 – Taxa de respiração ($\text{mg CO}_2\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23\pm 5^\circ\text{C}$ e $81\pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Joseane Muniz

Os revestimentos comestíveis em frutos agem como uma barreira contra trocas gasosas, portanto atuando no metabolismo, diminuindo a perda de água e de aroma, melhorando a aparência geral do fruto.

Em vários estudos com revestimentos observa-se a utilização da cera de carnaúba como bom componente para atribuir brilho e prolongar a vida útil do fruto, entre eles o caju (PINHEIRO, 2012).

De acordo Biale e Barcus (1967) apud Menezes e Alves (1995), os primeiros estudos fisiológicos sobre o pedúnculo do caju mostraram que este é um dos produtos de metabolismo mais ativo, com alta taxa de respiração ($74 \text{ mg a } 76 \text{ mg O}_2 \cdot \text{Kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ou $62 \text{ mg a } 72 \text{ mg CO}_2\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) à temperatura de 20°C , fato fisiologicamente desejável para o amadurecimento de frutos tropicais.

Moura et al. (2003), trabalhando com cajus CCP 76 em atmosfera modificada mostrou valores decrescentes de CO₂, comportamento similar ao da presente pesquisa.

Já mamões em atmosfera modificada apresentaram uma taxa de respiração crescente, tanto para frutos revestidos como para frutos controle (CASTRICINI; CONEGLIAN; POLIDORO, 2004).

5.5.3 Avaliação dos compostos bioativos

Todas as respostas aos índices bioativos foram tratadas estatisticamente através dos desvios padrões de média.

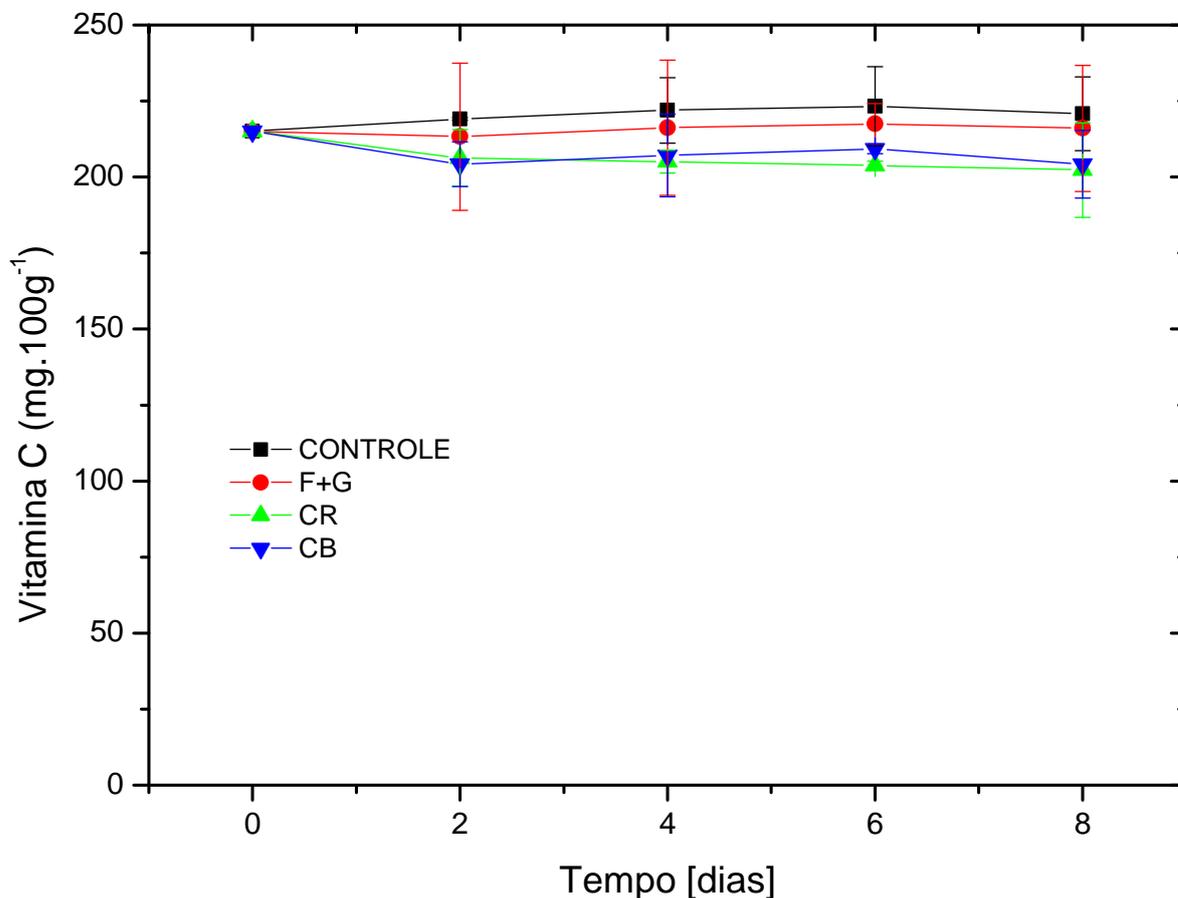
5.5.3.1 Vitamina C

A Figura 5.13 apresenta o comportamento da vitamina C nos pedúnculos de caju durante oito dias de armazenamento. É possível comprovar uma tendência no crescimento dessa variável até o sexto dia de estocagem apenas no tratamento controle e F+G. Acredita-se que as intensas reações metabólicas características desse período de armazenamento tenham contribuído para o aumento do teor de ácido ascórbico nesse tratamento. No entanto, para os tratamentos com cera houve um leve decréscimo no teor dessa vitamina, sem significância estatística, provavelmente devido à diminuição dos substratos usados na síntese ou oxidação desse composto. Outro fator interferente, está no fato da perda de massa possibilitar a concentração dos teores de vitamina C no fruto. É possível constatar que, ao término do período de armazenamento, os valores para essa variável foram estatisticamente iguais. Outra observação importante está no fato da cera de carnaúba não interferir nos índices de vitamina C dos frutos, como mostra a Figura 5.13.

O termo Vitamina C é uma denominação genérica para todos os compostos que apresentam atividade biológica do ácido ascórbico (SILVA; NAVES, 2001).

Morais et al. (2002), afirma que a vitamina C está presente nos tecidos vegetais, principalmente na forma de ácido ascórbico reduzido (AA). Esse composto pode ser oxidado, de modo reversível, à ácido deidroascórbico (DHA). De acordo com Mapson (1970), essas oxidações ocorrem via enzimas ou na presença de metais.

Figura 5.13 – Teores de vitamina C ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23\pm 5^\circ\text{C}$ e $81\pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Joseane Muniz

De acordo com Soares (1986), o pedúnculo do cajueiro destaca-se em teores de vitamina C, chegando a superar a laranja, fruta padrão para essa vitamina, em até 5 vezes mais.

Morais et al. (2002) trabalhando com caju em atmosfera modificada observaram oscilações nos teores de vitamina C similares as mostradas na Figura 5.13.

Já Maia, Monteiro e Guimarães (2001), em pesquisa com estocagem de suco de caju, observaram um decréscimo no teor de vitamina C das amostras analisadas no decorrer do armazenamento. O mesmo comportamento decrescente nos teores de vitamina C foi observado por Moura et al. (2010) analisando a vida útil de caju pós colheita.

Assunção e Mercadante (2003), trabalhando com produtos comerciais a base de caju encontraram teores de AA em torno de 102 a 120 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ em polpas de sucos concentrados de caju respectivamente. Pode-se, portanto afirmar, que o processamento

promove a perda desse composto, que por ser extremamente sensível pode sofrer degradação de diversos fatores, entre eles a temperatura, exposição e luz e ao oxigênio.

5.5.3.2 *Compostos fenólicos*

A Figura 5.14 apresenta o comportamento dos teores de compostos fenólicos nos pedúnculos de caju ao longo do armazenamento.

É possível observar um decréscimo acentuado com diferença significativa nas quantidades de compostos fenólicos em todos os tratamentos durante o período de estocagem. Não houve diferença significativa entre os tratamentos até o quarto dia de armazenamento, a partir do sexto dia foi possível observar que o tratamento com cera branca apresentou teores de compostos fenólicos estatisticamente maiores que os encontrados nos frutos controle.

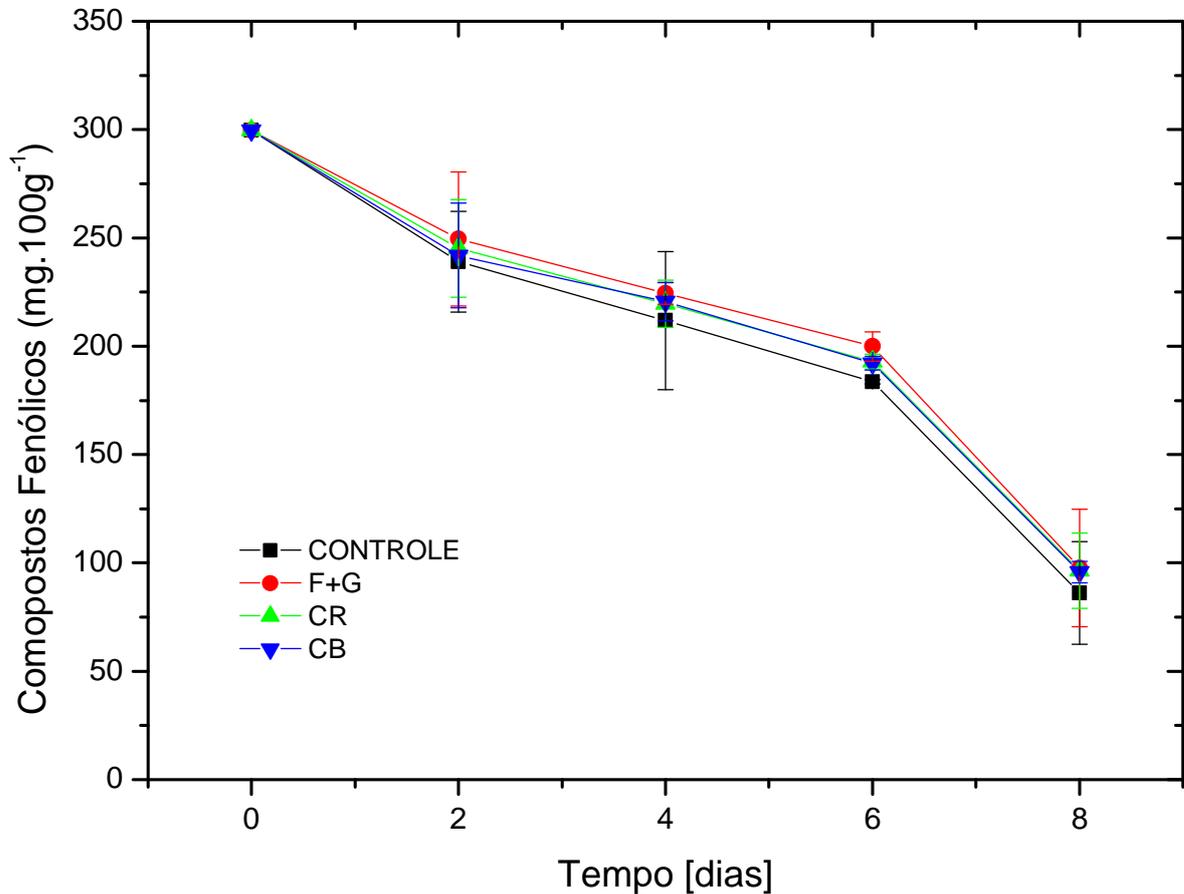
Observou-se que ao término do armazenamento, os tratamentos controle e cera branca apresentaram uma menor quantidade de compostos fenólicos com teores de 86,19 e 95,74%, respectivamente, sendo que os tratamentos fécula + glicerol e cera resíduo mostraram valores de 97,69 e 96,49% respectivamente.

Os dados apontam de um modo geral, para um maior teor de compostos fenólicos para os frutos com revestimentos, sugerindo para o fato dos revestimentos contribuírem para as reações de polimerização dos taninos, acarretando uma melhor palatabilidade do fruto.

Os compostos fenólicos de fontes vegetais podem ser divididos em dois grupos: os flavonóides e os não flavonóides, sendo que ambos são metabólitos secundários presentes em frutas e vegetais. As frutas, principalmente as que apresentam a coloração vermelha/azul, são as mais importantes fontes de compostos fenólicos em dietas alimentares. Especialmente os derivados do ácido hidroxibenzóico e do ácido hidroxicinâmico (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004).

De acordo com Figueiredo (2000), a diminuição dos compostos fenólicos está relacionada à complexação e a polimerização durante o processo de amadurecimento, o que diminui a adstringência e torna o pedúnculo com boa palatabilidade.

Figura 5.14 – Teores de compostos fenólicos ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23\pm 5^\circ\text{C}$ e $81\pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Joseane Muniz

Uma tendência geral de diminuição no teor de todos os compostos fenólicos durante o período de armazenamento foi observada nos trabalhos de Figueiredo (2000); Morais et al. (2002); Moura et al. (2010) e Lopes (2011).

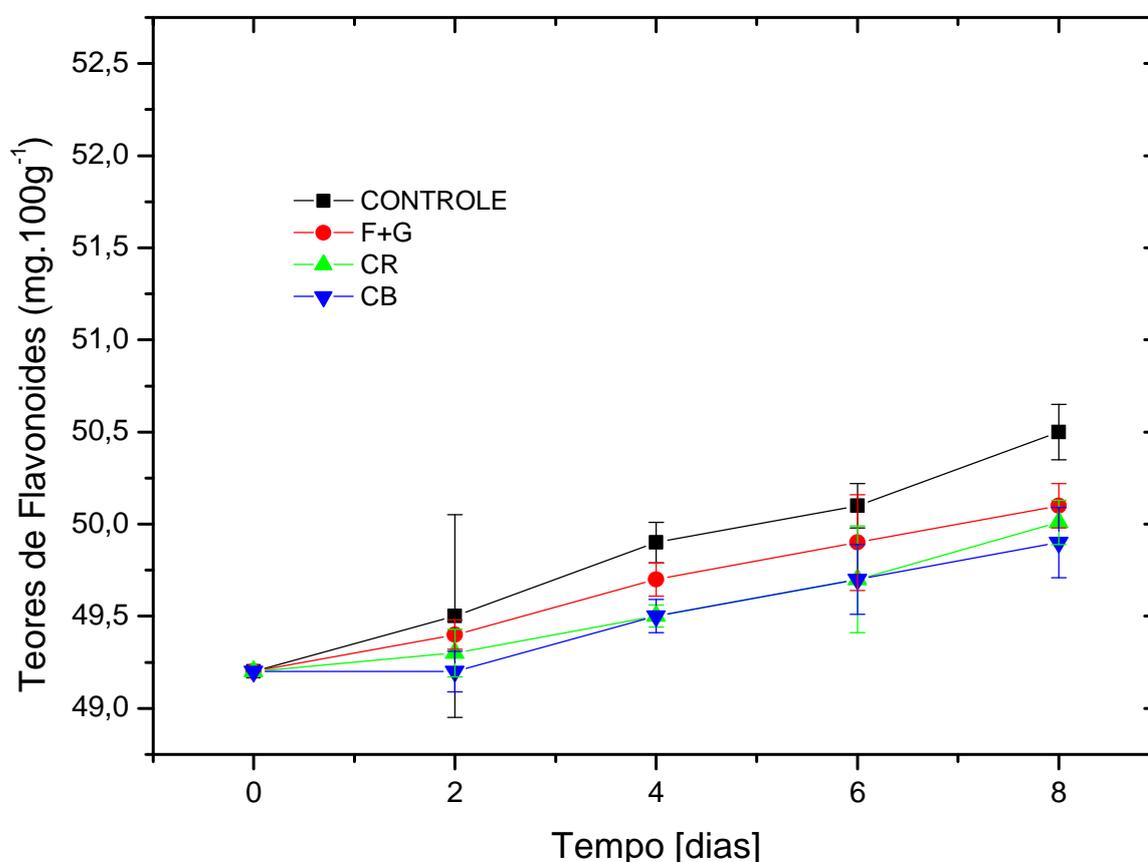
Trevisan et al. (2006), analisando alquifenóis em cajus observaram índices em torno de $215,01 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, valores próximos aos mostrados na Figura 5.14 para o segundo dia de estocagem.

5.5.3.3 Flavonoides

Na Figura 5.15 encontra-se os teores de flavonoides nos frutos revestidos ou não com cera de carnaúba. É possível observar que os tratamentos a base de cera apresentaram um menor valor para a resposta estudada, comprovando que os revestimentos foram eficazes

retardando às mudanças de pigmentos naturais, como é o caso dos flavonóides, característico do avanço do amadurecimento do fruto. Contudo é possível observar que um leve crescimento a partir do segundo dia de armazenamento, indo de encontro a formação dos pigmentos no decorrer do amadurecimento.

Figura 5.15 - Teores de flavonoides ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23\pm 5^\circ\text{C}$ e $81\pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Joseane Muniz

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a variação no teor de pigmentos é utilizada como indicativo importante do grau de maturação de frutos e hortaliças.

Os flavonóis são pigmentos de cores branca ou amarelo-claro encontrados nesses alimentos. Esses pigmentos são importantes por atuarem na co-pigmentação das antocianinas (BOBBIO; BOBBIO, 1995).

Eles exibem várias atividades biológicas, como antialérgico, antiviral, ação anti-inflamatória, anticancerígena e atividade antioxidante que dependem principalmente do

número e posição de grupos de hidroxilas dentro de sua estrutura (CHU et al., 2002; HASSIMOTTO et al., 2005).

Os flavonoides são compostos instáveis e sofrem descoloração por ação de sistemas enzimáticos sendo também degradadas pelo oxigênio. A decomposição desse pigmento pode ser afetada pela temperatura, pH, presença de outros compostos fenólicos, açúcares, oxigênio, ácido ascórbico, luz e íons metálicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Lopes (2011), trabalhando com estádios de maturação de cajus anão precoce, encontrou teores crescentes de flavonóides para a variedade CCP 76 com valores de 49,39 a 49,56 mg.100g⁻¹ para o estágio de maturação comercial.

5.5.3.4 Carotenóides

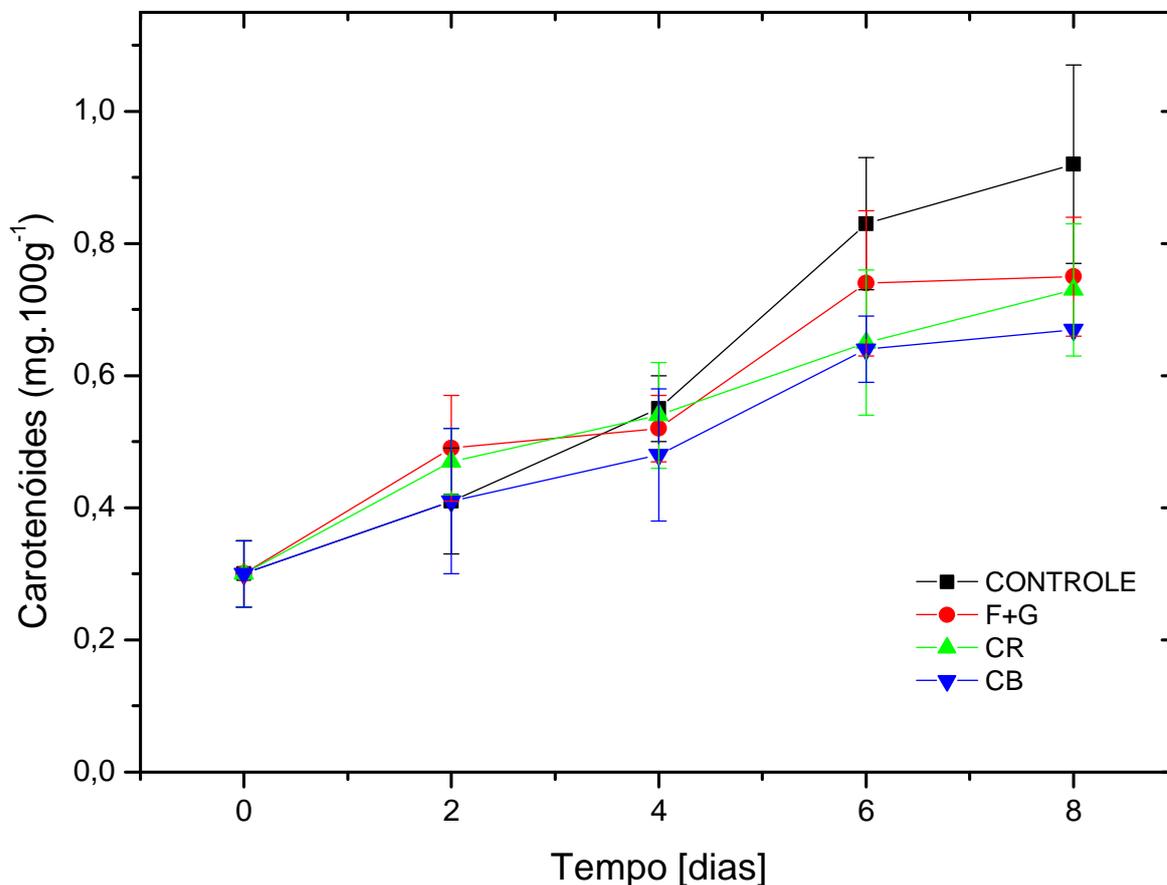
Na Figura 5.20 observa-se um crescimento significativo para os teores de carotenóides totais nos pedúnculos de caju analisados. Os cajus controle apresentaram teores bem mais elevados para esse componente em relação aos outros tratamentos com valores de 0,30; 0,41; 0,55; 0,83 e 0,92 para os dias 2, 4, 6 e 8 de armazenamento, respectivamente.

Acredita-se que os revestimentos utilizados retardaram e/ou inibiram a produção de carotenóides pelo fruto, visto que, para esses tratamentos foi observado teores de carotenóides abaixo dos que foram encontrados nos frutos controle. Observa-se ainda que os tratamentos com cera apresentaram níveis de carotenóides mais baixos que o tratamento apenas com fécula e glicerol. Assim sendo, é possível inferir que a cera atuou de forma a retardar a degradação da clorofila e a consequente produção de carotenóides.

É provável que seja devido o revestimento atuar como barreira a trocas gases e a umidade, promovendo assim alterações nas reações na composição e/ou quantidades dos substratos usados nas reações metabólicas características do processo de amadurecimento do caju.

De acordo com Aguiar et al. (2004), os pigmentos carotenóides podem apresentar cor laranja, amarela ou vermelha. Assim como em outras frutas, no caju estes pigmentos podem estar presentes nos pedúnculos verdes e tornar-se visível pela degradação da clorofila, e/ou também ter seu conteúdo aumentado com a maturação do pedúnculo.

Figura 5.16 – Teores de carotenóides ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) de pedúnculos de caju submetidos a diferentes recobrimentos (Controle, F+G, CR e CB) durante 08 dias de armazenamento em temperatura média de $23\pm 5^\circ\text{C}$ e $81\pm 15\%$ de U.R. IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.



Fonte: Joseane Muniz

Lopes (2011), trabalhando com cajus CCP 76 em diferentes estádios de maturação observou níveis de carotenóides crescentes entre o durante o armazenamento ($0,19$ a $0,41 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$), assim como o comportamento dos teores de carotenóides da Figura 5.16.

Já Barbosa (2010), trabalhando com bagaço do pedúnculo do caju macerado extraído durante uma hora usando como substrato a água obteve $0,2 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de carotenóides totais.

Aguiar et al. (2004), analisando atributos de qualidade em pedúnculos de caju de diversas variedades encontraram valores próximos a $1,5 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de carotenóides para cajus CCP 76, resultados esses superiores aos mostrados na Figura 5.16 para os frutos revestidos com F+G, cera resíduo e cera branca no final da etapa de estocagem.

5.6 Avaliação microbiológica

A Tabela 5.19 apresenta os resultados obtidos nas análises microbiológicas dos cajus com e sem revestimentos. Observa-se que para *Salmonella* ssp. e Coliformes totais as amostras apresentaram ausência total desses microrganismos, o que pode ser atribuído a um eficaz processo de sanitização e manipulação dos frutos.

Chiumarelli (2011), embora não apresentando ausência total dos microrganismos acima citados, mostrou em sua pesquisa resultados aceitáveis ($< 3 \text{ UFC g}^{-1}$) em maçãs minimamente processadas e revestidas com cera de carnaúba.

De uma maneira geral frutos são ambientes propícios ao crescimento e proliferação de microrganismos, em virtude do mesmo ter em sua composição substratos necessários ao desenvolvimento desses seres, entre eles pode-se citar o ambiente, a manipulação, a água disponível, e a umidade, a temperatura, a atmosfera e a acidez como os mais importantes. As alterações são causadas por mesófilos, bactérias ácido lácticas, coliformes totais e fecais, bactérias pectinolíticas, leveduras e fungos (PORTE; MAIA, 2001).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (BRASIL, 2001), frutos *in natura* dentro dos padrões microbiológicos, ou seja, que não comprometam a saúde do consumidor apontam que *Salmonella* ssp. deve está ausente em 25g da amostra e a contagem de coliforme totais a 45°C deve ser inferior a 2.10^2 g^{-1} . No entanto a ANVISA não aborda limites para a contagem de bolores e leveduras, o que é preocupante, pois esses microrganismos produzem metabólicos tóxicos em alimentos quando a presença de UFC g^{-1} é maior que 10^6 (LEE et al., 2003). Essa afirmação pode ser reforçada pelo Institute of Food Scienceand Technology (IFST, 1999), o qual menciona que esse valor é considerado o limite máximo de aceitação de alimentos a base de frutas *in natura* durante seu *self life*.

Para a análise de bolores e leveduras feita no primeiro dia de armazenamento (Tabela 5.19) observou-se uma contagem de bolores e leveduras maior nos cajus revestidos com cera de carnaúba (CR e CB), embora ainda dentro do permitido pelo IFST (1999). É possível que, embora os frutos tenham passado por um bom processo de sanitização, a cera que os revestiu, provavelmente estava contaminada com esporos de fungos e/ou leveduras, visto que a mesma não sofreu nenhuma esterilização prévia.

Tabela 5.19 - Contagem de *Salmonella*, coliformes totais e bolores e leveduras em amostras de caju submetidas a diferentes tratamentos no início da estocagem (1º dia) e no 5º dia de armazenamento (bolores e leveduras). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

Análises	Tratamentos			
	Controle	F+G	CR	CB
<i>Salmonella</i> ssp.(em 25g)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Coliformes totais (UFC g ⁻¹)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Bolores e leveduras (1º dia) (UFC g ⁻¹)	6,2.10 ⁴	2,6.10 ⁵	10,6.10 ⁵	41,6.10 ⁵
Bolores e leveduras (5º dia) (UFC g ⁻¹)	9,8.10 ⁴	7,0.10 ⁵	21,4.10 ⁴	5,4.10 ⁴

Controle: caju sem revestimento; F+G: caju revestidos com fécula e glicerol; CR: caju revestidos com cera de carnaúba residuo, fécula e glicerol; CB: caju revestidos com cera de carnaúba branca, fécula e glicerol.

Fonte: Joseane Muniz.

Bruno et al. (2005), encontrou em sua pesquisa valores para bolores e leveduras em abacaxis pérola em torno de $1,9 \cdot 10^5$ UFC g⁻¹, resultado inferior ao demonstrado na Tabela 5.19.

Na análise feita no quinto dia de armazenamento, para bolores e leveduras (Tabela 5.19) as amostras apresentaram uma menor contagem desses microrganismos para os tratamentos com cera em relação ao primeiro dia de armazenamento. Observa-se que a consolidação da matriz polimérica envolta da película do fruto com o passar dos dias de estocagem promoveu uma barreira à entrada dos fungos e leveduras. Outra alternativa para esse comportamento seria uma possível diminuição de alguns substratos contidos no fruto, entre eles a água, promovendo assim uma competição maior por alimento entre esses microrganismos.

O trabalho de Jacometti, Meneghel e Yamashita (2003), embora não apresentando índices decrescentes para bolores e leveduras, como os da Tabela 5.19, mostra valores semelhantes (sem diferença estatística significativa) para esses microrganismos durante 16 dias de estocagem de pêssegos.

5.7 Avaliação sensorial

Segundo Cardello e Moraes (1997), os testes sensoriais, os quais utilizam os órgãos dos sentidos humanos como “instrumentos”, devem ser incluídos como garantia de qualidade por ser uma medida multidimensional integrada, que possui importantes vantagens.

Para conhecer a diferença significativa ($p \leq 0,05$) e estimar um grau de diferença entre as amostras de caju revestidas em relação ao caju sem revestimento, o teste de diferença do controle (NBR 13526/1995) foi aplicado para a análise dos atributos de aparência, aroma, sabor, textura e impressão global, cuja ANOVA encontra-se na Tabela 5.20.

É possível observar que para os atributos aparência, aroma, textura e impressão global não houve diferença significativa. Os julgadores consideram que os caju revestidos com fécula, glicerol e cera de carnaúba (branca ou resíduo) ou apenas com fécula e glicerol, não apresentaram nenhuma diferença para os atributos citados em relação à amostra padrão (caju sem revestimento).

Segundo Zhao e McDaniel (2005), o uso de revestimentos comestíveis pode impactar significativamente na aparência da superfície de produtos. Por exemplo, por redução da perda de umidade, os revestimentos comestíveis pode controlar desidratação da superfície, deixando o fruto com aparência viçosa.

Embora tendo como principal função atribuir brilho a película do fruto, o revestimento a base de cera de carnaúba, pela avaliação dos julgadores, não apresentou uma real diferença em termos de aparência entre os frutos revestidos ou não.

Com relação ao aroma sabe-se que os componentes do revestimento são tidos como inodoros, assim, sendo comprovado pelos avaliadores, pois, os resultados não diferiram entre si nos caju com e sem coberturas.

Reforçando a afirmação de acordo com Zhao e McDaniel (2005), geralmente, os filmes comestíveis são insípidos o que é desejável para minimizar qualquer interferência no gosto. Felizmente, a concentração da maioria dos compostos ativos utilizados em películas comestíveis e revestimentos é normalmente muito baixo, e, conseqüentemente, a seu efeito de gosto pode ser negligenciável.

Firmeza e nitidez são os critérios de qualidade de textura muito importantes de produtos frescos, e pode ser perdida rapidamente durante o armazenamento pós-colheita, devido à perda de umidade e pós-colheita durante o amadurecimento. Embora um revestimento comestível reduza a perda de umidade e retarde o processo de amadurecimento de produtos frescos, também é esperado que o mesmo ajude a manter a qualidade do produto com relação a textura (ZHAO; MCDANIEL, 2005).

Tabela 5.20 – ANOVA para o teste de diferença do controle (NBR 13526/1995) comparando aparência, aroma, sabor, textura e impressão global em quatro amostras de caju (A = caju sem revestimento; B = caju revestidos com fécula e glicerol; C = caju revestidos com cera de carnaúba branca, fécula e glicerol; D = caju revestidos com cera de carnaúba resíduo, fécula e glicerol). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

Atributo	ANOVA	G.L.	SQ	QM	F. 5%	F. 1%	F cal.
APARÊNCIA	AMOSTRA	03	6,00	2,00	2,92	4,13	0,82 ^{NS}
	JULGADOR	29	1,18	0,04			
	RESÍDUO	87	211,22	2,43			
	TOTAL	119					
AROMA	AMOSTRA	03	1,01	0,34	2,92	4,13	0,17 ^{NS}
	JULGADOR	29	107,30	3,70			
	RESÍDUO	87	172,80	1,99			
	TOTAL	119					
SABOR	AMOSTRA	03	15,09	5,03	2,92	4,13	3,95*
	JULGADOR	29	93,84	3,24			
	RESÍDUO	87	111,60	1,28			
	TOTAL	119					
TEXTURA	AMOSTRA	03	2,16	0,72	2,92	4,13	1,01 ^{NS}
	JULGADOR	29	130,04	4,48			
	RESÍDUO	87	62,59	0,71			
	TOTAL	119					
GLOBAL	AMOSTRA	03	2,70	0,90	2,92	4,13	1,06 ^{NS}
	JULGADOR	29	105,30	3,63			
	RESÍDUO	87	74,00	0,85			
	TOTAL	119					

NS= Não significativo; *= Significativo a 5%; **=Significativo a 1%

Fonte: Joseane Muniz

Contudo não houve nenhuma diferença significativa entre as amostras com relação à textura, assim observa-se que o revestimento não foi capaz de interferir na textura do fruto, de acordo com os julgadores.

A impressão global não mostrou nenhuma diferença significativa. Isso deve-se ao fato das amostras analisadas através dos quesitos sensoriais acima citados não diferirem estatisticamente.

Contudo a Tabela 5.20 mostrou o atributo sabor diferindo estatisticamente. Ou seja, as amostras com revestimento apresentaram diferença significativa em relação à amostra padrão no atributo sabor. Para analisar o grau de diferença e/ou em quais amostras essa diferença se manifestou o teste de Dunnet foi aplicado, e teve como resultado os valores apresentados na Tabela 5.21.

Observa-se que apenas o caju revestido com cera resíduo apresentou diferença significativa de sabor. Esse fato está relacionado ao revestimento em si ser o resíduo do processo de extração da cera, possuindo, portanto, substâncias que possam vir a alterar o sabor, como os minerais provenientes das cinzas e um teor elevado de proteínas, quando relacionada aos outros tipos de cera estudados.

Tabela 5.21 – Teste de Dunnet (5%) para o teste de diferença do controle (NBR 13526/1995) comparando o atributo sabor, em quatro amostras de caju (A= caju sem revestimento; B=cajus revestidos com fécula e glicerol; C=cajus revestidos com cera de carnaúba branca, fécula e glicerol; D=cajus revestidos com cera de carnaúba resíduo, fécula e glicerol). IFCE, Limoeiro do Norte, 2014.

Atributo	AMOSTRA CONTROLE	TRATAMENTOS		
		B	C	D
SABOR	A	0,50 ^{NS}	0,17 ^{NS}	0,70*

Diferença Mínima Significativa (DMS) para o teste de Dunnet com 5% de significância = 0,61; NS= Não significativo; *= Significativo a 5%.

Fonte: Joseane Muniz

6 RESUMO DOS RESULTADOS

A cera de carnaúba branca e resíduo apresentaram em sua composição, componentes propícios para a confecção de revestimento, em virtude do seu bom percentual de lipídios e baixa umidade. A sua baixa acidez e a sua significativa quantidade de matéria insaponificável.

Diferente das outras duas a cera preta apresentou uma expressiva quantidade de minerais e um baixo teor de lipídeos, fato de prejudicou a polimerização da matriz lipídica. Atribui-se a essa constatação a forma de extração da cera preta. Acredita-se que na primeira extração os constituintes não se desprenderam totalmente da cera, comprovando através das análises a presença dos mesmos na cera preta, tornando a cera resíduo (2ª extração da cera preta) uma cera com uma menor porcentagem dos constituintes citados.

O delineamento estatístico composto central rotacional 2² utilizado foi uma ferramenta importante para a escolha da formulação ideal para a composição do revestimento. Embora as respostas estudadas das análises (Índice de cremeação, taxa de respiração e perda de massa, não tenha favorecido a geração dos modelos de superfícies resposta em duas das três respostas estudadas (Índice de cremeação e perda de massa) foi possível através dos 11 ensaios promovido pelo delineamento para cada tipo de cera, observar a corrida que melhor correspondeu aos indicadores analisados.

Os resultados dos ensaios mostraram que a cera preta não apresenta características compatíveis para a confecção de um revestimento comestível. Já a formulação com 0,2% de cera (branca ou resíduo) e 4% de glicerol localizada no ensaio 06 do delineamento, além da concentração fixa de fécula (3%), apresentou ótimos resultados em comparação aos demais, sendo, portanto, está a formulação escolhida para a elaboração e aplicação do revestimento em pedúnculos de caju.

Os parâmetros escala de senescência, firmeza da polpa, perda de massa e taxa de respiração mostraram uma boa resposta para uso do revestimento no fruto. O uso da cera mostrou retardo do amadurecimento do fruto através da baixa produção de sólidos solúveis e de corantes naturais (flavonoides e carotenoides). A quantidade de ferro mostrou-se elevada dos pedúnculos envoltos com cobertura a base de cera (branca e resíduo), fato esse que pode ser atribuído a contaminação da cera por esse metal. Os demais indicadores analisados não mostraram uma resposta eficaz para o uso do revestimento no pedúnculo do caju.

Na análise microbiológica, os tratamentos que apresentaram uma menor contagem desses microrganismos foram os que continham cera. A consolidação da matriz polimérica

envolta da película do fruto com o passar dos dias de estocagem promoveu uma barreira à entrada dos fungos e leveduras. Com os procedimentos microbiológicos realizados observou-se uma boa resposta do revestimento a base de cera de carnaúba como barreira ao crescimento dos microrganismos estudados.

A análise sensorial mostrou que os atributos aparência, aroma, textura e impressão global não apresentaram diferença significativa. Contudo o atributo sabor diferiu estatisticamente a 5%. A diferença se manifestou no tratamento CR. Esse fato está relacionado ao revestimento em si ser o resíduo do processo de extração da cera possuindo, portanto, substâncias que possam vir a alterar o sabor, como os minerais provenientes das cinzas e um teor elevado de proteína característico dessa cera.

7 CONCLUSÃO

O revestimento à base de fécula de mandioca, cera de carnaúba e glicerol é promissor no que concerne a diminuição do avanço de senescência, firmeza da polpa, perda de massa e taxa de respiração em pedúnculos de caju *in natura* cujas condições otimizadas com potencial para aplicação na indústria de beneficiamento pós colheita de caju foram 4% de glicerol e 0,2% de cera de carnaúba.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADECE - AGENCIA DE DESENVOLVIMENTO DO CEARÁ. **Perfil da produção de frutas Brasil-Ceará 2013**. Fortaleza: ADECE, 2013. 31p.

AGUIAR, L.; LIMA, D.; ARRAES, G. M.; ELESBÃO, R. A.; RODRIGUES, J. P. β caroteno, vitamina c e outros atributos de qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Cidade do México, v. 6, n. 1, p. 12-16, jan./jun. 2004.

ALBARICI, T. R.; FREITAS, D. M.; PESSOA, J. D. C. **Protocolos de análises para polpa de açai**: um guia prático de consulta. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2009. 48p.

ALVES, A. I.; SARAIVA, S. H.; LUCIA, S. M. D.; TEIXEIRA, L. J. Q.; JUNQUEIRA, M. S. Qualidade de morangos envolvidos com revestimento comestível antimicrobiano à base de diferentes fontes de amido, **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA-Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.7, n.13, p. 1519-1526, 2011.

ALVES, M.O.; COELHO, J.D. Tecnologia e relações sociais de produção no extrativismo da carnaúba no nordeste brasileiro. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 44., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2006. 9p.

AMARANTE, C.; BANKS, N.H.; GANESH, S. Effects of coating concentration, ripening stage, water status and fruit temperature on pear susceptibility discoloration. **Postharvest Biology and Technology**, Wageningen, v.21, p.283-290, 2001.

AOCS - AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY. **Official Methods and Recommended Practices**. 4 ed. Champaign: AOCS Press, 1996.

ARAÚJO, Z. B. **Estudo de níveis de substituição do milho pelo pseudofruto desidratado do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em rações para frangos de corte**. 1987. 50p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1987.

ARRUDA, G. M. T.; CALBO, M. E. R. Efeitos da inundação no crescimento, trocas gasosas e porosidade radicular da carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore), **Acta bot. bras.** v. 18, n. 2, p.219-224. 2004.

ARRUDA, P. V.; RODRIGUES, R. C.; FELIPE, M. G. Glicerol: um subproduto com grande capacidade industrial e metabólica. **Revista Analytica**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 1, p. 56-62, dez. 2006/jan. 2007, 2006.

ARTHUSO, D.Z.; DONZELES, S. M. L.; PINTO, C. L. O. **Cera de carnaúba: uma alternativa para conservação pós-colheita de frutas e hortaliças**. 2009. Disponível em: <http://www.epamig.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=148&Itemid=216>.

ASSIS, O. B. G.; LEONI, A. M. Filmes comestíveis de quitosana: ação biofungicida sobre frutos fatiados. **Revista Biotecnologia Ciências e Desenvolvimento**, Brasília, n.30, ano 6, p. 33-38, jan./jun. 2003.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D.; FORATO, L. A. **O uso de biopolímeros como revestimentos comestíveis protetores para conservação de frutas *in natura* e minimamente processadas**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2009. 23 p.

ASSUNÇÃO, R. B.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoids and ascorbic acid composition from commercial products of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.), **Journal of Food Composition and Analysis**, Cambridge, v.16, p. 647–657, 2003.

AULTON, M. **Delineamento de forma farmacêutica**, 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 678p.

AZEVEDO, M. M.; VASCONCELOS, V. R.; PIMENTEL, J. C. M.; PINTO, B. I. S.; ARAÚJO NETO, J.; CARVALHO, A. A. Dinâmica de fermentação ruminal *in vitro* do pseudofruto de cinco clones de cajueiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.4, p.752-759, 2009.

BANKER, G. S. Film coating – theory and practice. **Journal of Pharmaceutical Science**, Kidlington Oxford, v. 55, n. 1, p. 81-89, 1966.

BARBOSA, M. M. **Obtenção de carotenóides e flavonóides a partir do bagaço do pedúnculo do caju por maceração enzimática e prensagem**. 2010. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

BARROS, L. M. **Caju. Produção: aspectos técnicos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 148p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Frutas do Brasil, 30).

BERTAN, L. C. **Desenvolvimento e caracterização de filmes simples e compostos a base de gelatina, ácidos graxos e breu branco**. 2003. 157 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BLUM, J.; HOFFMANN, F. B.; AYUB, R. A.; JUNG, D. L.; MALGARIM, M. B. Uso de cera na conservação pós-colheita do caqui cv. Giombo, **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 830-833, set. 2008.

BOBBIO, P. A., BOBBIO, F. O. **Introdução à química de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Varela, 1995. 222p.

BONDIN, E. S. **Estudo da viabilidade de utilização de cera recuperada para injeção de modelos em indústria de microfusão**. 2011. 51f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

BOTREL, D. A.; SOARES, N. F. F.; CAMILLOTO, G. P.; FERNANDES, R. V. B. Revestimento ativo de amido na conservação pós-colheita de pera williams minimamente processada, **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 8, p.1814-1820, ago. 2010.

BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistics for experimenters**. Na introduction to design, data analysis and model building. Nova York: Editora Wiley, 1978. 655p.

BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P.; PARENTE, E. J. S.; CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P. H. M. Análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de pedúnculos de caju submetidos a desidratação osmótico-solar. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 34, n.2, p.139 – 145, 2003.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. **Resolução nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Disponível em: < http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm >. Acesso em: 25/03/2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação da Cera de Carnaúba. Instrução Normativa nº. 35, de 30 de novembro de 2004. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p. 59, 01/12/2004.

BRUNO, L. M.; QUEIROZ, A. A. M.; ANDRADE, A. P. C.; VASCONCELOS, N. M.; BORGES, M. F. Avaliação microbiológica de hortaliças e frutas minimamente processadas comercializadas em fortaleza (CE), **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 23, n. 1, p. 75-84, jan./jun. 2005.

CALADO V.; MONTGOMERY, D. **Planejamento de experimentos usando o statistica**. Rio de Janeiro: e-papers serviços editoriais, 2003. 260p.

CARDELLO, H. M. A. B.; MORAES, M. A. C. Análise sensorial de manga (*Mangifera indica* L.) var. Haden em pedaços processada e congelada. **Alimentação e Nutrição**, Araraquara, v. 8, p. 27-38, 1997.

CARDOSO, G. P. **Revestimentos comestíveis à base de gelatina, glicerina, quitosana e óleos essenciais para conservação de carne bovina refrigerada**. 2011. 220p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

CARVALHO, F. P. A.; GOMES, J. M. A. Eco-eficiência na Produção de Cera de Carnaúba no Município de Campo Maior, Piauí, **RER**, Piracicaba, v. 46, n. 2, p. 421-453, abr/jun 2008.

CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J.; VELOSO, C. M.; MAGALHÃES, A. F.; FREIRE, M. A. L.; SILVA, F. F.; SILVA, R. R.; CARVALHO, B. M. A. Valor nutritivo do bagaço de cana de açúcar amonizado com quatro doses de uréia, **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 125-132, jan. 2006.

CASTRICINI, A.; CONEGLIAN, R. C. C.; POLIDORO, J. C. Influência da atmosfera modificada e metilciclopropeno (1-mcp) sobre a taxa respiratória de mamão em pós-colheita, **Agronomia**, v.38, n.2, p. 64 - 68, 2004.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2 ed. rev. Campinas: UNICAMP, 2003.

CEREDA, M. P.; BERTOLINI, A. C.; EVANGELISTA, R. M. Uso de amido em substituição às ceras na elaboração de ‘películas’ na conservação pós-colheita de frutas e hortaliças: estabelecimento de curvas de secagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 7., 1992, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira da Mandioca, 1992, p. 107.

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

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós colheita de frutas e hortaliças: glossário**. Lavras: UFLA, 2006. 256p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CHIUMARELLI, M. **Avaliação da vida útil de manga (*Mangifera indica* cv ‘Tommy Atkins’) minimamente processada pré-tratada com ácido cítrico e coberturas comestíveis**. 2008. 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

CHIUMARELLI M.; FERREIRA M. D. Qualidade pós-colheita de tomates ‘Débora’ com utilização de diferentes coberturas comestíveis e temperaturas de armazenamento, **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 381-385, jul./set. 2010.

CHIUMARELLI, M. **Aplicação de coberturas comestíveis à base de fécula de mandioca e cera de carnaúba em maçãs minimamente processadas**. 2011. 281f. Tese (doutorado em engenharia de alimentos)- Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2011.

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

CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D. Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid, **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 38, p.20-27, 2014.

CHU, Y. F.; SUN, J.; WU, X.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of vegetables. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 50, p. 6910-6916, 2002.

CORTEZ-VEJA, W. R.; PIOTROWICZ, I. B. B.; PRENTICE, C.; BORGES, C. D. Conservação de mamão minimamente processado com uso de revestimento comestível à base de goma xantana. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1753-1764, jul./ago. 2013.

COSTA, E. K. C.; SILVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, E. P.; COSTA, R. A. S.; SILVA, N. M. C.; LANDIM, L. B. Utilização e desenvolvimento de revestimento comestível a base de

amido da semente de jaca na conservação pós-colheita de manga (*Mangifera indica* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA 65., 2013, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 2013. Disponível em: <<http://www.sbpnet.org.br/livro/65ra/resumos/resumos/6908.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2014.

CRISÓSTOMOS, L. A.; SANTOS, F. J. S.; OLIVEIRA, V. H.; RAIJ, B. V.; BERNARDI, A. C. C.; SILVA, C. A.; SOARES, I. **Cultivo do cajueiro anão precoce: Aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e na irrigação**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical Circular técnica n. 08, 2001. 20p.

CUQ, B.; AYMARD, C.; CUQ, J. L.; GUILBERT, S. Edible packaging films based on fish myofibrillar proteins: formulation and functional properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, n. 6, p. 1369-1374, 1995.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos, **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 33-40, Jan./Jun., 2004.

DUARTE, T. C. **Processo de produção de concentrados de glicose e frutose a partir do xarope obtido do suco clarificado de caju**. 2010. 67p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

DUQUE, J. G. **Solo e Água no Polígono das Secas**. 6. ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 334p.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**, 3 ed. (rev. e ampl.). Curitiba: Champagnat, 2011. 426p.

ELLIS, R.P.; COCHRANE, M. P.; DALE, M. F. B.; DUFFUS, C. M.; LYNN, A.; MORRISON, I. M.; PRENTICE, R. D. M.; SWANSTON, J. S.; TILLER, S. A. Starch production and industrial use (Review), **Journal of Science Food and Agriculture**, London, v.77, n. 3, p.289-311, 1998.

FAKHOURI, F. M.; FONTES, L. C. B.; GONÇALVES, P. V. M.; MILANEZ, C. F.; STEEL, C. J.; COLLARES-QUEIROZ, F. P. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v.27, n.2, p.369-375, abr./jun. 2007.

FALLIK, E.; SHALOM, Y.; ALKALAI-TUVIA, S.; LARKOV, O.; BRANDEIS, E.; RAVID, U. External, internal and sensory traits in Galia-type melon treated with different waxes, **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 36, p. 69–75, 2005.

FARIAS, P. **Processo de obtenção da cera de carnaúba**. 2009. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/profpedrofarias/system/app/pages/sitemap/list>>. Acesso em: 12 maio 2014.

FERNANDES, P. L. O.; AROUCHA, E. M. M.; SOUZA, P. A.; SOUSA, A. E. G.; FERNANDES, P. L. O. Qualidade de mamão ‘Formosa’ produzido no RN e armazenado sob

atmosfera passiva. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 599-604, out-dez, 2006.

FIGUEIREDO, R. W. **Desenvolvimento, maturação e armazenamento de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 sob influencia do cálcio**. 2000. 149 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

FIGUEIREDO, R. W.; LAJOLO, F. M.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M. **Qualidade de pedúnculos de caju submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e armazenados sob refrigeração**, *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.42, n.4, p.475-482, abr. 2007.

FIGUEIREDO, R. W.; LAJOLO, F. M. ; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. Physical-chemical changes in early dwarf cashew pseudofruits during development and maturation. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 77, p.343–347, 2002.

FILGUEIRAS, H. A. C.; ALVES, R. E.; MENEZES, J. B.; MAIA, C. E.; MOURA, C. F. H.; PINTO, S. A. A.; FIGUEIREDO, R. W.; MOSCA, J. L.; FREIRE, F. C. O.; MELO, Q. M. S. Características do pedúnculo para exportação. In: ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. (Org.). **Caju pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 14-21.

FNAP. **Manual de Boas Práticas na Produção de Cera de Abelha: princípios gerais**. Lisboa, 2009. 64p.

FRANCIS, F. J. Food colorants: anthocyanins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.28, p.273-314, 1989.

FREIRE, F. C. O.; BARGUIL, B. M. Caju imprestável. 2002. Disponível em:<<http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=407>>. Acesso em: 23 abr. 2014. FRUTOS TROPICAIS 1., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Embrapa/UFPB/UFS/ SBF, 2005. CD Rom.

GARCIA, D. M. **Análise de atividade de água em alimentos armazenados no interior de granjas de integração avícola**. 2004. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

GONTARD, N.; GUILBERT, S. Bio-packaging:technology and properties of edible and/or biodegradable material of agricultural origin. **Boletim SBCTA**, v. 30, n.1, p. 3-15. 1996.

GUANZIROLI, C. E.; SOUZA, H. M.; JÚNIOR VALENTE, A.; BASCO, C. A. Entraves ao desenvolvimento da cajucultura no nordeste: margens de comercialização ou aumentos de produtividade e de escala? **Revista Extensão Rural**, Santa Maria, ano 15, n. 18, p. 96-112, jul./dez. 2009.

GUEDES, P. A. **Utilização de biofilme comestível na conservação pós-colheita de manga, cv. Rosa**. 2007. 70p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2007.

GUNSTONE, F. D.; PADLEY, F. B. **Lipid Technology and Applications**. New York: Marcel Dekker, 1997. 834p.

GUNSTONE, F.D. Major sources of lipids. In: Gunstone, F.D.; Padley, F.B. (Eds.) **Lipid Technologies and Applications**. New York: Marcel Dekker, Inc., 1997. Cap. 2, p. 19- 50.

HAGENMAIER, R. D.; BAKER, R. A. Internal gases, ethanol content and gloss of citrus fruit coated with polyethylene wax, carnauba wax, shellac or resin at different application levels. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Florida, v. 107, p. 261-265, 1994.

HAN, J. H.; GENNADIOS, A. Edible films and coatings: a review. In: HAN, J. H. (Edi.). **Innovations in Food Packaging**. Amsterdam: Elsevier Science & Technology Books, 2005. Cap. 15, p. 239 -262.

HASSIMOTTO, N. M. A.; GENOVESE; M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and comercial frozen pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 8, p. 2928-2935, 2005.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice, **Journal of Food Science**, v. 27, p.42-49, 1962.

HOJO, E. T. D.; CARDOSO, A. D.; HOJO, R. H.; VILAS BOAS, E. V. de B.; ALVARENGA, M. A. R. Uso de películas de fécula de mandioca na conservação pós-colheita de pimentão. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p.184-190, jan./fev. 2007.

HOLANDA, J. S.; FURUSHO, I. F.; LIMA, G. F. C. Perspectiva do uso do pedúnculo de caju na alimentação animal. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE RUMINANTES, 6., 1996, Natal. **Anais...** Natal: SNPA, p.155-161.

HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970. 620p.

IAL. **Normas Analíticas; métodos químicos e físicos para a análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 37, 2010. 91p.

IBRAF. **Estudo da Cadeia Produtiva de Fruticultura do Estado da Bahia**. São Paulo: Sebrae, 2005.

IFST. **Development and use of microbiological criteria for foods**. London: Institute of Food Science and Technology, 1999. 76p.

JACOMETTI, J. A.; MENEGHEL, R. F. A.; YAMASHITA, F. Aplicação de revestimentos comestíveis em pêssego (*Prunus pérsica*), **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 23, n.1, p. 95-100, jan./abr. 2003.

JACOMINO, A. P.; OJEDAS, R. M.; KLUGE, R. A.; SCARPARE FILHO, J. A. Conservação de goiabas tratadas com emulsões de cera de carnaúba. **Rev. Bras. Frutic**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 401-405, dez. 2003.

JORGE, N.; LUNARDI, V.M. Influência dos tipos de óleos e tempos de fritura na perda de umidade e absorção de óleo em batatas fritas. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 635-641, maio/jun., 2005.

KOBORI, C. N.; JORGE, N. Caracterização dos óleos, de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1008-1014, set./out., 2005

KROCHTA, J. M. **Proteins as raw materials for films and coatings: definitions, current status, and opportunities**. In: Protein-based Films and Coatings, Boca Raton: CRC Press, p.1 – 41, 2002.

LAROTONDA, F. D. S. **Desenvolvimento de biofilmes a partir da fécula de mandioca**. 2002. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

LEE, J. Y.; PARK, H. J.; LEE, C. Y.; CHO, W. Y. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. **LWT – Food Science and Technology**, Amsterdam, v.36, n.3, p.326-329, Maio, 2003.

LEGLLI, C. V. S. **Sistemas emulsionados para análise de amostras com alto teor lipídico por espectrometria de absorção atômica**. 2010. 130f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

LI, S.; PARISH, E. J. The chemistry of waxes and sterols. In: AKOH, C.; MIN, D. B. **Food Lipids - Chemistry, Nutrition, and Biotechnology**. New York: Marcel Dekker, 1998. Cap. 4, p.89-114.

LIMA, A. C.; GARCÍA, N. H. P.; LIMA, J. R.; Obtenção e caracterização dos principais produtos do caju. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 1, jan./jun. 2004.

LIMA, J. R. Caracterização físico-química e sensorial de hambúrguer vegetal elaborado à base de caju, **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 191-195, jan./fev., 2008.

LIMA, V. P. M. S. **A cultura do Cajueiro no Nordeste do Brasil**. 2.ed. Fortaleza: BNB-ETENE, 1998. 458p.

LIN, D.; ZHAO, Y. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. **Comprehensive Reviews in Food Science And Food Safety**, Chicago, v. 6, n. 3, p. 60-75, jun. 2007.

LOPES, M. M. A. **Qualidade e atividade antioxidante total em pedúnculos de clones de cajueiros anão precoce em diferentes estádios de maturação**. 2011. 101f. Dissertação (mestrado em bioquímica) - Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

LUVIELMO, M. M.; LAMAS, S. V. Revestimentos comestíveis em frutas, **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n. 1, p. 8-15, jan./jun. 2012.

MACHADO, A. V.; OLIVEIRA, E. L.; SANTOS, E. S.; OLIVEIRA, J. A.; FREITAS, L. M. Avaliação de um secador solar sob convecção forçada para a secagem do pedúnculo de caju. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 1, p. 01-07, Jan./mar. 2011.

MACHADO, A. V.; OLIVEIRA, E. L.; OLIVEIRA, J. A.; SOUZA, D. F. S.; FREITAS, L. M. Modelagem e simulação da secagem solar do pedúnculo de caju, **Revista Verde**, Mossoró, v. 7, n. 3, p. 94-101, jul./set. 2012.

MAIA, G. A.; MEN DE SÁ - FILHO, M. S.; FIGUEIREDO, R. W.; BRASIL, I. M. Caracterização química de pedúnculos de diferentes clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale*, L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza v. 35, n. esp., p. 272 – 278, out., 2004.

MAIA, G. A.; MONTEIRO, J. C. S. GUIMARÃES, A. C. L.. Estudo da estabilidade físico-química e química do suco de caju com alto teor de polpa, **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 21, n.1, p. 43-46, jan./abr. 2001.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. H.; LIMA, A. S. **Processamento de sucos de frutas tropicais**. Fortaleza: edições UFC, 320p. 2007.

MAIA, L. H.; PORTE, A.; SOUZA, V. F. Filmes comestíveis: aspectos gerais, propriedades de barreira a umidade e oxigênio, **B.CEPPA**, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 105-128, jan./jun. 2000.

MALI, S., GROSSMANN, M. V. E., GARCÍA, M. A., MARTINO, M. M.; ZARITZKY, N. E. Mechanical and thermal properties of yam starch films. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 19, n. 1, p. 157-164, 2005.

MAMANI, H. N. C. **Produção e caracterização de filmes compostos de metilcelulose, glucomanana, pectina, gelatina e lipídios**. 2009. 174f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

MAPSON, L. W. Vitamins in fruits. In: HULME, A. C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970. v.1, cap.13, p.369-382.

McHUGH, T. H; KROCHTA, J. M. Sorbitol- vs glycerol – plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 42, n. 4, p. 841-845, 1994.

MENESES, J. B. Pós colheita do pedúnculo de caju. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.180, p.1317, 1994.

MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. **Fisiologia e tecnologia pós colheita do pedúnculo do caju**. Fortaleza: EMBRAPA CNPAT, 1995. 20p.

MERLO, L. E. **Relatório de Estágio Curricular I – Sulmaq Industrial e Comercial S.A.** 2011. . Trabalho apresentado como requisito parcial para aprovação na Disciplina de Estágio Supervisionado I- Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Santa Catarina, Guaporé, 2011.

MESQUITA, R. C. M. **Seleção de genótipos superiores de carnaubeira (*Copernicia* sp).** Formulário de projeto de pesquisa apresentado ao FUNDECI-ETENE-BNB, Fortaleza, jan. 2005.

MORAIS, A. S.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, E. A. C.; MOURA, C. F. H. Armazenamento refrigerado sob atmosfera modificada de pedúnculos de cajueiro-anão-precoce dos clones CCP-76, END-157, END-183 e END-189. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 647-650, dez. 2002.

MORGANO, M. A.; QUEIROZ, S. C. N.; FERREIRA, M. M. C. Determinação dos teores de minerais em sucos de frutas por espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). **Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas, v.19, n.3, Set./Dez. 1999.

MORITZ, K. K.; ROLIM, L. C.; TOMÁS, R. F.; AGUIAR, C. L. Redução na perda de água em fatias de bananas (*Musa* spp AAB 'Prata') recobertas com revestimento elaborado à base de proteínas do soro de leite bovino, **UNOPAR Cient., Ciênc. Biol. Saúde**, Londrina, v.11, n.2, p.45-47, abr. 2009.

MOTA, W. F.; SALOMÃO, L. C. C.; NERES, C. R. L.; MIZOBUTSI, G. P.; NEVES, L. L. M. Uso de cera de carnaúba e saco plástico poliolefinico na conservação pós-colheita do maracujá-amarelo. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 190-193, ago. 2006.

MOURA, C. F. H. ALVES, R. E. SILVA, E. O. LOPES, M. M. A. **Fisiologia e tecnologia pós-colheita do pedúnculo do cajueiro.** 2. ed. rev. ampl. – Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical Documentos 17, 2013. 32p.

MOURA, C. F. H. **Qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L. var *nanum*) irrigados.** 1998. 96f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

MOURA, C. F. H.; FIGUEIREDO, R. W.; ALVES, R. E.; ARAÚJO, P. G. L.; SILVA, A. S.; SILVA, E. O. Avaliação respiratória de clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.) armazenados sob diferentes camadas de PVC. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v.47, p.143-145, out. 2003.

MOURA, C. F. H.; FIGUEIREDO, R. W.; ALVES, R. E.; SILVA, E. O.; ARAÚJO, P. G. L.; MACIEL, V. T. Aumento da vida útil pós-colheita de pedúnculos de cajueiro anão precoce pela redução da temperatura de armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n.1, p. 140-145, jan/fev, 2010.

MOURA, S. C. S. R.; HUBINGER, M. D.; VITALI, A. A. Predição da atividade de água e relação entre a atividade de água e a depressão do ponto de congelamento de sucos de frutas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 18, n. 4, Out./Dez., 1998. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20611998000400019> >. Acesso em 14 maio 2014.

NBR 13526. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS:** teste de comparação múltipla em análise sensorial. Rio Janeiro: ABNT, 1995.

OLIVEIRA, E. B. L. **Conservação pós-colheita de mamão ‘Sunrise solo’ com uso de revestimentos naturais**. 2010. 55f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2010.

OLIVEIRA, M. E. B.; BASTOS, M. S. R.; FEITOSA, T.; BRANCO, M. A. A. C.; SILVA, M. G. G. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v.19, n.3, p. 326-332, set./dez. 1999.

OLIVEIRA, T. A.; LEITE, R. H. L.; AROUCHA, E. M. M.; FERREIRA, R. M. A. Efeito do revestimento de tomate com biofilme na aparência e perda de massa durante o armazenamento, **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 1, p. 230-234, jan./mar. 2011.

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; BARROS, L. M.; CAVALCANTI, J. J. U.; ALMEIDA, J. H. S.; MOURA, C. F. H. Produção e qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce sob cultivo irrigado. **Comunicado Técnico-Embrapa**, Fortaleza, n. 19, p. 1-5, set. 1998.

PEREIRA, M. C. T.; CORREA, H. C. T.; NIETSCHKE, S.; MOTA, W. F.; MARQUES, S. V. Caracterização físico-química de pedúnculos e castanhas de clones de cajueiro anão-precoce nas condições do norte de Minas Gerais. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 02, p. 169-175, 2005.

PEREZ-GAGO, M. B.; KROCHTA, J. M. Emulsion and bi-layer edible films. In: HAN, J. (Edi). **Innovations in Food Packaging**. Amsterdam: Elsevier Science & Technology Books, 2005. p. 384-402.

PERRECHIL, F. A. **Avaliação estrutural e reológica de emulsões simples e múltiplas estabilizadas por caseinato de sódio**. 2008. 95p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.

PIMENTEL, C. R. M.; FILGUEIRAS, H. A. C.; ALVES, R. E. . **Frutas do Brasil: caju pós colheita**. Agroindústria Tropical. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2002. 36p.

PINHEIRO, N. M. S. **Revestimentos com cera de carnaúba incorporados de antimicrobianos em caju (*Anacardium occidentale* L) e goiaba (*Psidium guajava*)**. 2012. 125f. Tese (Doutorado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

PORTE, A.; MAIA, L. H. Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas de alimentos minimamente processados. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 105 -118, jan./jun. 2001.

RAMOS, A. P. P. **Influência da glucose, etanol e dióxido de enxofre no crescimento de bactérias do ácido láctico**. 2013. 107f. Dissertação (Mestrado em Viticultura e Enologia) – Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Lisboa, 2013.

RANGEL, R. N. **Práticas de físico-química**, São Paulo: Blucher, 2006. 336p.

REPRESENTAÇÃO QUÍMICA DA MOLÉCULA DE AMIDO. Disponível em:<http://reocities.com/CapeCanaveral/launchpad/9071/amido1_4.gfi>. Acesso em: 26 abr. 2014.

REPRESENTAÇÃO QUÍMICA DA MOLÉCULA DE CERA DE CARNAÚBA Disponível em:<<http://umaquimicairresistivel.blogspot.com.br/2011/04/as-ceras-de-animais-e-plantas.html>>. Acesso em: 12 fev. 2014.

REPRESENTAÇÃO QUÍMICA DA MOLÉCULA DE GLICEROL. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612008000100033> Acesso em: 26 abr. 2014.

RIBEIRO, T. P.; LIMA, M. A. C.; TRINDADE, D. C. G.; SANTOS, A. C. N.; AMARIZ, A. Uso de revestimentos à base de dextrina na conservação pós-colheita de manga 'Tommy Atkins', **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.2, p.343-351, jun. 2009.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**: uma estratégia sequencial de planejamentos. Campinas: Casa do Pão Editora, 2005.

SANTOS, D. B.; VIEIRA, E.; PEREIRA, M. E. C.; SOUZA, E. G.; SILVA, A. S.; LIMA, M. A. C. L.; SILVA, L. G. Utilização de revestimentos comestíveis à base de amido de milho na conservação pós colheita da manga. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE POS COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS 1., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Embrapa/UFPB/UFS/SBF, 2005. CD Rom.

SILVA, C. R. M.; NAVES, M. M. V. Suplementação de vitaminas na prevenção de câncer-revisão, **Rev. Nutr.**, Campinas, v.14, n.2, p.135-143, maio/ago., 2001.

SILVA, M. C.; ATARASSI, M. E.; FERREIRA, M. D.; MOSCA, M. A. Qualidade pós-colheita de caqui 'fuyu' com utilização de diferentes concentrações de cobertura comestível. **Ciênc. agrotec.**, v.35, n.1, Lavras, jan./fev. 2011.

SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.6, p.1790-1793, set, 2008.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 2 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001. 295p.

SILVA, R. A.; RODRIGUES, A. E.; RIBEIRO, M. C. M.; CUSTÓDIO, A. R.; ANDRADE, N. E. D.; PEREIRA, W. E. Características físico-químicas e atividade antimicrobiana de extratos de própolis da Paraíba, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.6, p.1842-1848, nov./dez., 2006.

SINGH, R. P.; GUHA, L.; MAHESHWARI, P. N.; VASISHTHA, A. K. Isolation of waxes from ricebran oils. In: APPLEWHITE, T. H. (ed). **World Conference on Oleochemicals Proceedings**, Kuala Lumpur, Malásia. Champaign: AOCS, 1990. p. 315-318.

SOARES, A. G. Desperdício de Alimentos no Brasil – um desafio político e social a ser vencido, 2002. Disponível em:< <http://www.ctaa.embrapa.br/upload/publicacao/art-182.pdf>>. Acesso em: 04 maio 2014.

SOARES, J. B. **O caju**: aspectos tecnológicos. Fortaleza: BNB, 1986. 256p.

SOUSA FILHO, M de S. M.; ARAGÃO, A. O.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C ASPECTOS DA COLHEITA, PÓS-COLHEITA E TRANSFORMAÇÃO INDUSTRIAL DO PEDÚNCULO DO CAJU (*Anacardium occidentale* L.), 2002. Disponível em:< http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/AspectoColheita_Caju_000g7d94xb102wx5ok0wtedt3xxfvd00.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2014.

STRINGHETA, P. C. **Identificação da estrutura e estudo da estabilidade das antocianinas extraídas de inflorescência de capim-gordura (*Melinis minutiflora* Pal. de Beauv.)**. 1991. 138p. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

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

TACO - **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Campinas: NEPA UNICAMP, 2011. 161 p.

TREVISAN, M.T.S.; PFUNDSTEIN, B.; HAUBNER, R.; WU RTELE, G.; SPIEGELHALDER, B.; BARTSCH, H.; OWEN, R. W. Characterization of alkyl phenols in cashew (*Anacardium occidentale*) products and assay of their antioxidant capacity. **Food and Chemical Toxicology**, Cambridge, v.44, p.188–197, 2006.

TRIGO, J. M. **Qualidade de mamão ‘Formosa’ minimamente processado utilizando revestimentos comestíveis**. 2010. 102p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

VALOR NUTRICIONAL DO PEDUNCULO DO CAJU. Disponível em:< <http://www.informacaonutricional.blog.br/caju-tabela-valor/>>. Acesso em: 15 abr. 2014.

VICENTINI, N. M. **Elaboração e caracterização de filmes comestíveis à base de fécula de mandioca para uso em pós-colheita**. 2003. 62f. Tese (doutorado em agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2003.

VICENTINI, N. M.; CEREDA, M. P.; CÂMARA, F. L. A. Revestimentos de fécula de mandioca, perda de massa e alteração da cor de frutos de pimentão, **Sci. agric.**, Piracicaba, v.56, n.3, p. 103-107, jul., 1999.

VIEIRA, T. M. F. S. **Obtenção de cera de cana-de-açúcar a partir de subproduto da indústria sucro-alcooleira: extração, purificação e caracterização**. 2003. 139f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

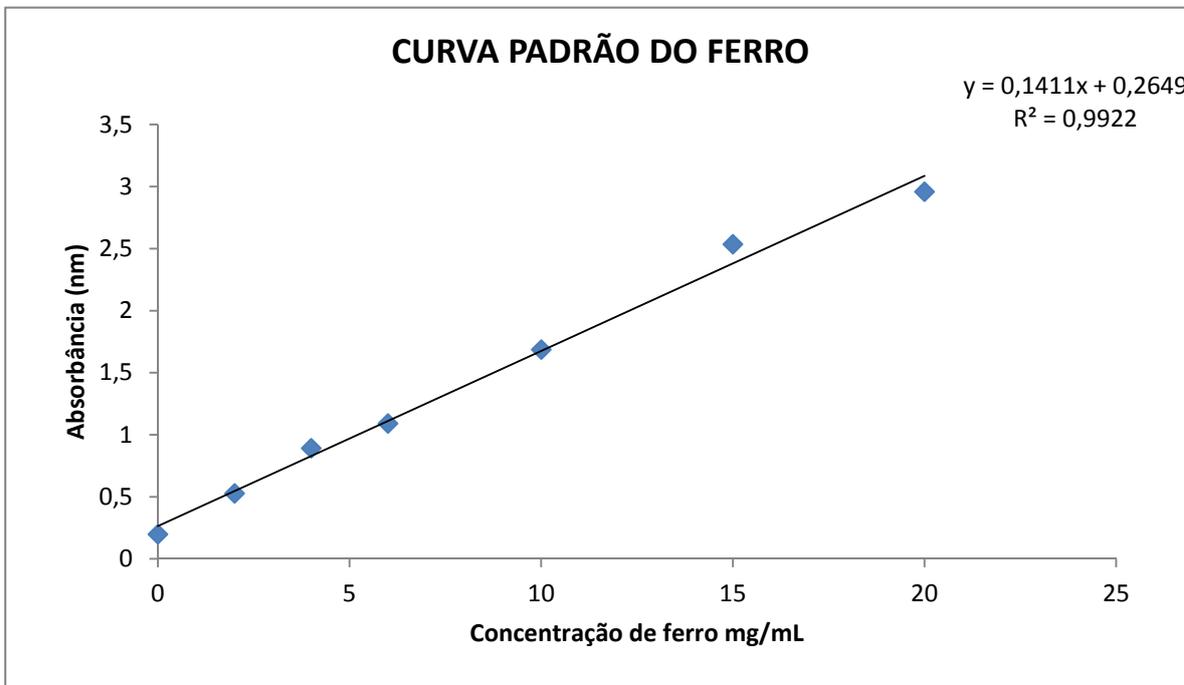
WEBER, O. B.; SOUZA, C. C. M.; GONDIN, D. M. F. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de cajueiro-anão-precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 5, p.477-483, 2004.

WELLER, C. L.; GENNADIOS, A.; SARAIVA, R. A. Edible Bilayer Films from Zein and Grain Sorghum Wax or Carnauba Wax, **Lebensm.-Wiss. u.-Technol.**, Washington, v.31, n.3, p. 279–285. 1998.

ZHAO, Y.; McDANIEL, M. Sensory quality of foods associated with edible film and coating systems and self-life extension In: HAN, J. (Edi). **Innovations in Food Packaging**. Amsterdam: Elsevier Science & Technology Books, 2005. p. 434-453.

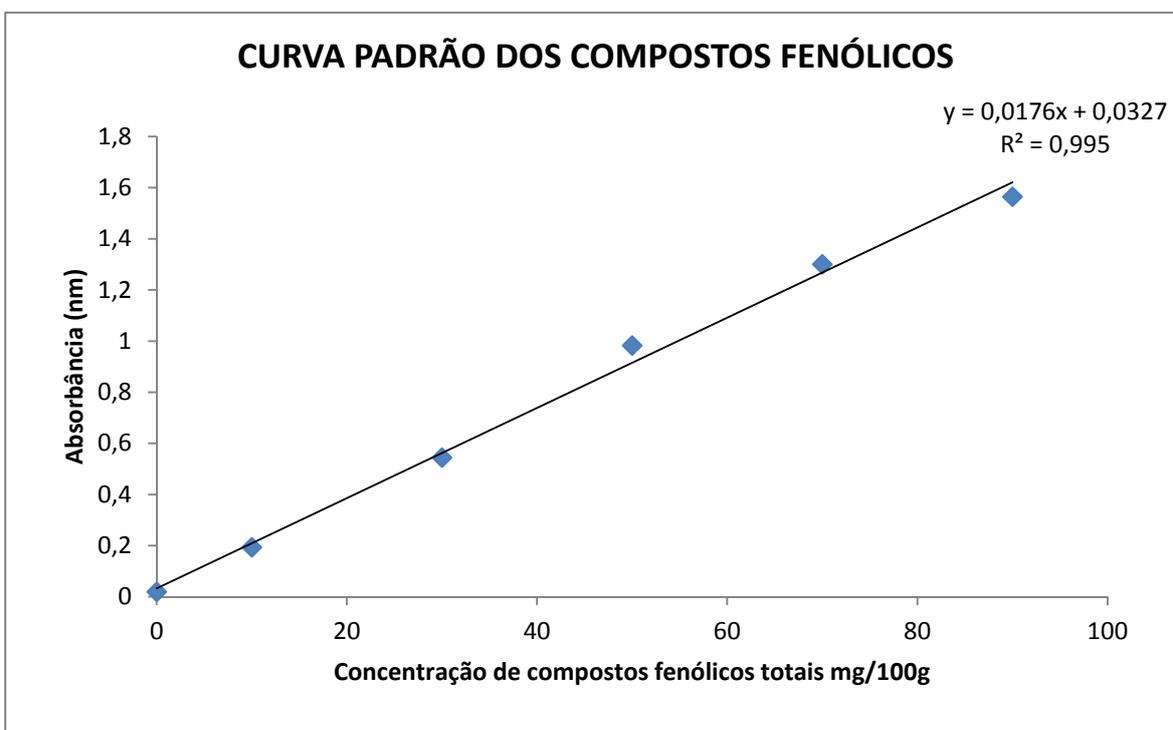
APÊNDICE A – CURVAS DE CALIBRAÇÃO

Figura 1 - Curva padrão de calibração para ferro



Fonte: Joseane Muniz

Figura 2 - Curva de padrão de calibração para compostos fenólicos



Fonte: Joseane Muniz

ANEXO A – PREPARO DE SOLUÇÕES PARA METODOLOGIAS DE ANÁLISE DE FERRO E COMPOSTOS FENÓLICOS

• **Análise de ferro:**

Preparo da solução clorídrica da amostra – adicionou-se às cinzas obtidas 2 mL de ácido clorídrico 1:1 e filtrou-se em papel de filtro para o balão volumétrico de 100 mL, lavando o cadinho com água destilada e transferindo as águas de lavagem para o balão. Completou-se o volume com água destilada. **Preparo dos reagentes - Solução tampão de Acetato de Amônio:** para a preparação do tampão de Acetato de Amônio (100 mL) foram adicionados 25 g de acetato em 15 mL de água destilada e posteriormente colocados 70 mL de ácido acético concentrado. Completou-se o volume com água destilada. **Solução de Fenantrolina:** foram dissolvidos 0,1 g de fenantrolina monohidratada em 100 mL de água destilada aquecida a 80 °C, guardado em frasco âmbar e conservado em geladeira. **Solução padrão de ferro:** a concentração da solução do padrão de ferro utilizado foi 100 mg.L⁻¹. **Preparação das curvas de calibração:** Em seis balões volumétricos de 50 mL foi adicionado 1mL de HCl concentrado, 1mL de cloridrato de hidroxilamina a 10% e 5 mL da solução padrão de acetato de amônio. Em seguida, foi adicionado 2 mL da solução de fenantrolina. A adição de padrão obedeceu a seguinte sequência: 1 mL; 2 mL; 3 mL; 5 mL; 7,5 mL e 10 mL, num total de seis pontos para a elaboração de curva de calibração mais o branco analítico, conforme observado na curva de calibração para o ferro (APÊNDICE A). Logo após completou-se o volume do balão com água destilada e deixou-se que a reação ocorresse na ausência total de luz por 15 a 20 minutos. Por fim as medidas espectrofotométricas foram realizadas a 510 nm.

• **Análise de compostos fenólicos:**

Preparo das Soluções - Solução de Folin 2/10 – em balão volumétrico de 50 mL transferiu-se 10 mL de reagente de Folin Ciocalteu e completou-se o volume com água destilada. **Solução carbonato de sódio 75g/L** - pesou-se 3,75 g de carbonato de sódio adicionou-se água destilada e manteve sob agitação até a dissolução de todo o sólido. Transferiu-se a solução para balão volumétrico de 50 mL (lavando o copo de Becker pelo menos 3 vezes) completou-se o volume com água destilada. **Solução de ácido gálico - Solução mãe (SM):** pesou-se 0,5 g de ácido gálico e diluiu-se em 100 mL de água. **Solução de trabalho:** adicionou-se os seguintes volumes em balões volumétricos de 10 mL: 0,2 mL; 0,6 mL; 1 mL; 1,4 mL e 1,8 mL. **Preparo da curva:** a cada tubo de ensaio com 500µL das soluções com diferentes concentrações de ácido gálico adicionou-se 2,5 mL de reagente de Folin-Ciocalteu, deixou-se

em repouso durante 2 minutos a temperatura ambiente. Em seguida procedeu-se a adição de 2 mL de carbonato de sódio, agitou-se com vortex e deixou em repouso durante 15 minutos em um banho de água a 50°C. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 760 nm.