



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: FITOTECNIA**

**UTILIZAÇÃO DE REVESTIMENTO À BASE DE AMIDO DE ARARUTA E  
ÓLEO ESSENCIAL DE CAPIM-CIDREIRA NA CONSERVAÇÃO PÓS-  
COLHEITA DE UMBU GIGANTE (*Spondias tuberosa* ARRUDA)**

**JAQUELINE ALVES ROCHA**

**VITÓRIA DA CONQUISTA**

**BAHIA – BRASIL**

**2024**

**JAQUELINE ALVES ROCHA**

**UTILIZAÇÃO DE REVESTIMENTO À BASE DE AMIDO DE ARARUTA E  
ÓLEO ESSENCIAL DE CAPIM-CIDREIRA NA CONSERVAÇÃO PÓS-  
COLHEITA DE UMBU GIGANTE (*Spondias tuberosa* ARRUDA)**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora: Profa. Dra. Cristiane Martins Veloso

Coorientadora: Profa. Dra. Adriana Dias Cardoso

VITÓRIA DA CONQUISTA

BAHIA-BRASIL

2024

R573u

Rocha, Jaqueline Alves.

Utilização de revestimento à base de amido de araruta e óleo essencial de capim-cidreira na conservação pós-colheita de umbu gigante (*spondias tuberosa* arruda). / Jaqueline Alves Rocha, 2024.

71f.; il.

Orientador (a): D. Sc. Cristiane Martins Veloso.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2024.

Inclui referência F. 57 – 71.

1. Umbuzeiro. 2. Extrativismo. 3. Climatérico. 4. Atmosfera modificada. I. Veloso, Cristiane Martins. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. T.

CDD: 634.442

Catálogo na fonte: **Karolyne Alcântara Profeta – CRB 5/2134**

UESB – Campus Vitória da Conquista – BA



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
Área de Concentração em Fitotecnia  
Campus de Vitória da Conquista, BA.

#### DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "UTILIZAÇÃO DE REVESTIMENTO A BASE DE AMIDO DE ARARUTA E ÓLEO ESSENCIAL DE CAPIM-CIDREIRA NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE UMBU GIGANTE (*SPONDIAS TUBEROSA* ARRUDA)",

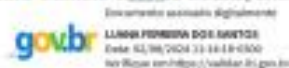
AUTOR (A): Jaqueline Alves Rocha

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:



Cristiane Martins Veloso, D.Sc. (UESB)

Cassiara Camelo Eloi de Souza, D.Sc. (UFBA)



Luana Ferreira dos Santos, D.Sc. (EMBRAPA Semiárido)

Data de realização: 02 de Agosto de 2024.

Estrada do Bem Querer, Km 4, CEP 45031-900, Caixa Postal 95, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil  
Telefone: (77) 3425-9383, e-mail: [ppgagronomia@uesb.edu.br](mailto:ppgagronomia@uesb.edu.br)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico primeiramente a Deus, por ser meu apoio em momentos difíceis e por não me  
deixar desistir nessa jornada;

Aos meus familiares, pela fé e confiança demonstrada;

Aos amigos que fizeram parte dessa jornada.

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, toda honra e toda glória, pois o Senhor é conhecedor de tudo e de todos e nos dá a possibilidade de viver cada momento intensamente. Obrigado por sempre me capacitar e me permitir chegar até aqui e por me instigar a ir além;

À minha mãe Maria da Conceição, por ser meu exemplo de força, por ter me encorajado e me apoiado durante o processo de formação e pelo amor que sempre demonstrou;

Aos meus irmãos: Ana Maria, Milton, Vitor e Victoria, aos meus tios e tias, que estão ao meu lado e compartilham comigo todas as vitórias, tristezas e alegrias;

À minha avó, Jolinda Maria Fernandes; e meu avô, Edison, que me criaram e me mostraram o valor de cada pequena conquista, e a levar a vida com alegria;

À minha segunda mãe Beatriz Ferraz, que me acolheu como filha e me conduziu durante toda essa caminhada, desde a graduação. Gratidão por todo amor e por tudo que tem feito por mim;

À minha Orientadora, *D.Sc.* Cristiane Martins Veloso, que se dispôs a me orientar. Obrigada por todo conselho, paciência, dedicação, conhecimento compartilhado e incentivo a continuar trilhando o caminho da pós-graduação. Tenho a ti como modelo profissional e pessoal de humildade;

À professora *D.Sc.* Adriana Dias Cardoso, pela coorientação durante todo o trabalho, pela amizade e companheirismo e conselhos oferecidos durante todo o percurso;

Ao professor *D.Sc.* Alcebíades Rebouças São José, pelo apoio, amizade e incentivo a ingressar na pós-graduação, além da disponibilidade de equipamentos e espaço para condução da pesquisa;

Às minhas melhores amigas, Sarah e Letícia, que foram essenciais na minha vida durante todos esses anos. Gratidão por todo amor e paciência que demonstraram, por todo incentivo e conselhos compartilhados;

Aos amigos que a graduação me deu, Luã e Nayara, que foram os primeiros a me apresentarem os benefícios da pesquisa científica, me apoiaram e me incentivaram a continuar. Obrigada por tanto!

Aos meus amigos da pós-graduação (PPGA e PPGEAL): Matheus, Dioneire (Dica), Maiara, Maria José, Raul, Rosilene, Rita de Cassia, Bárbara, Fabrício, Eduardo, Sara Moreno, Bruna, Talita, Gabriela e Leonardo, por toda força, paciência, carinho, dedicação e conselhos durante todo o percurso;

Aos meus amigos Jamire, Gabriel e Emily, por toda ajuda e companheirismo, que sempre me demonstraram durante a condução do experimento;

A todos os meus amigos da pós-graduação em agronomia, pelo carinho, confiança e todo apoio durante esse percurso;

À coordenação e a todos os professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia;

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Mandioca e Fruticultura, em especial, à Pesquisadora *D.Sc.* Ronielli Cardoso Reis e toda a equipe do Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos (LCTA), pela disponibilização da estrutura e todo acolhimento durante a realização das análises;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), pela disponibilização da estrutura para realização e condução dos experimentos, particularmente, ao Laboratório Biofábrica, na pessoa do Professor *D.Sc.* Alcebíades, pela estrutura ali disponibilizada;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos;

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que essa conquista fosse alcançada.

## RESUMO

ROCHA, J. A. UTILIZAÇÃO DE REVESTIMENTO À BASE DE AMIDO DE ARARUTA E ÓLEO ESSENCIAL DE CAPIM-CIDREIRA NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE UMBU GIGANTE (*Spondias tuberosa* ARRUDA). Vitória da Conquista – BA: UESB, 2024 (Dissertação: Mestrado em Agronomia; Área de concentração em Fitotecnia) \*<sup>1</sup>

O umbuzeiro representa uma fonte de renda importante para pequenos produtores e cooperativas regionais no semiárido brasileiro. A produção é predominantemente extrativista, e necessita de tecnologias voltadas para conservação pós-colheita das frutas. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia da aplicação pós-colheita de revestimentos comestíveis à base de amido de araruta, com adição de diferentes concentrações de emulsão contendo óleo essencial de Capim-cidreira (*Cymbopogon citratus*) na conservação de umbu gigante. As frutas foram obtidas em Anagé, região da Caatinga baiana, sendo colhidas no estádio 3FTV-In de amadurecimento. Os revestimentos foram desenvolvidos com a utilização do amido de araruta, previamente caracterizado de acordo com as suas propriedades químicas e físicas e com a adição da emulsão do óleo essencial (O.E) de capim-cidreira. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7 x 6, com sete tipos de revestimento (SR: sem cobertura; SE: sem emulsão; R0: sem óleo essencial; R0.4; R0.6; R0.8 e R1, de óleo essencial de capim-cidreira) e seis tempos de avaliação (0, 03, 06, 09, 12 e 15 dias após o tratamento). As frutas foram armazenadas em câmaras de refrigeração tipo BOD ( $12 \pm 2^\circ\text{C}$ ). Foram avaliados a perda de massa; firmeza da polpa e da casca; coloração da polpa e da casca, sólidos solúveis (SS), pH e acidez titulável; clorofilas e carotenoides; ácido ascórbico. Os resultados foram submetidos à análise de regressão, os coeficientes de regressão foram estimados a partir dos dados experimentais por regressão linear múltipla e um modelo polinomial de segunda ordem, falta de ajuste não significativa e a adequação do modelo ao fenômeno foi selecionado. Todas as análises foram realizadas usando-se o *software* SAS, versão *University Edition*. Não houve diferença estatística entre os tratamentos analisados, somente no tempo de armazenamento. Os resultados obtidos demonstraram que o revestimento R0.8 e R1, acrescido de OE, foi capaz de reduzir a perda de firmeza de casca 6,41% e 5,88%; para firmeza de polpa, os tratamentos SE e R0.8 reduziram 23% e 20% do valor com relação ao primeiro e último dia do experimento; e os revestimento R0.8 e R1 reduziram a degradação do ácido ascórbico em 28% e 20%, respectivamente. O tratamento R0 foi capaz de preservar o aspecto visual dos frutos, reduzindo a degradação de pigmentos e a firmeza da casca. O aparecimento de manchas escuras foi controlado nos tratamentos com diferentes concentrações de óleo essencial, pois o tratamento SEM apresentou o aparecimento de manchas na epiderme do fruto ao final dos 15 dias de avaliação. Sendo assim, a utilização de revestimentos como tecnologia de conservação para o umbu necessita de estudos mais aprofundados para a cultura, tendo em vista a baixa disponibilidade de material bibliográfico a respeito do manejo dos frutos após a colheita.

**Palavras-chave:** Umbuzeiro; extrativismo; climatérico; atmosfera modificada.

---

\* **Orientadora:** Profa. Dra. Cristiane Martins Veloso, UESB e **Coorientadora:** Profa Dra Adriana Dias Cardoso, UESB

## ABSTRACT

ROCHA, J. A. USE OF A COATING BASED ON ARROWROOT STARCH AND LEMONGRASS ESSENTIAL OIL IN THE POST-HARVEST CONSERVATION OF GIANT UMBU (*Spondias tuberosa* Arruda). Vitória da Conquista – BA: UESB, 2024 (Dissertation: Master's in Agronomy; Concentration area in Crop Science) \*\*

Umbuzeiro represents an important source of income for small producers and regional cooperatives in the Brazilian Semi-arid region. Production is predominantly extractive and requires external technologies for post-harvest conservation of the fruits. In this sense, the objective of this work was to evaluate the effectiveness of post-harvest application of edible coatings based on arrowroot starch, with the addition of different concentrations of emulsion containing essential oil of Capim-cidreira (*Cymbopogon citratus*) in the conservation of giant umbu. The fruits were obtained in Anagé, Bahia's Caatinga region, and were harvested at the 3FTV-In stage of ripening. The coatings were developed using arrowroot starch, previously included according to its chemical and physical properties and with the addition of lemongrass essential oil (O.E) emulsion. A randomized design was used, in a 7 x 6 factorial arrangement, with seven types of coatings (SR: without coverage; AM: without emulsion; R0.0: without (O.E); R0.40; R0.6; R0.80 and R1.0: with emulsion and O.E) and six evaluation times (0, 03, 06, 09, 12 and 15 days after treatment). The fruits were stored in BOD-type refrigeration chambers ( $12 \pm 2^\circ\text{C}$ ). Mass loss was evaluated; firmness of the pulp and skin; pulp and peel color, soluble solids (SS), pH and titratable acidity; chlorophylls and carotenoids; vitamin C. The results were subjected to regression analysis, regression coefficients were estimated from multiple linear regression experimental data and a second-order polynomial model, non-significant lack of fit and the adequacy of the model to the desired was selected. All analyzes were carried out using the SAS software, University Edition. There was no statistical difference between the treatments analyzed, only in storage time. The results obtained demonstrate that the R0.8 and R1 coating plus OE was able to reduce the loss of peel firmness by 6.41% and 5.88%, for pulp firmness the SE and R0.8 treatments reduced it by 23% and 20% of the value in relation to the first and last day of the experiment, and coatings R0.8 and R1 reduced the degradation of ascorbic acid by 28% and 20% respectively. The R0 treatment was able to preserve the visual appearance of the fruits, reducing pigment degradation and skin firmness. The appearance of dark spots was controlled in treatments with different concentrations of essential oil, as the SEM treatment showed the appearance of spots on the fruit's epidermis at the end of the 15 days of evaluation. Therefore, the use of coatings as a conservation technology for umbu requires more in-depth studies for the culture, given the low availability of bibliographic material regarding the management of the fruits after harvest.

**Keywords:** Umbuzeiro; extractivism; climate; modified atmosphere.

---

\* **Advisor: Profa. Dra. Cristiane Martins Veloso, UESB and**

**Coadvisor: Profa. Dra. Adriana Dias Cardoso, UESB**

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Estádios de maturação de umbu descritos por Campos (2007) .....22
- Figura 2 – Perfil de viscosidade de amido de araruta (*Maranta arundinacea*), pelo *Rapid Visco Analyzer* – RVA .....37
- Figura 3 – Firmeza de casca de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira. Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média .....38
- Figura 4 – Firmeza de polpa de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira. Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média .....39
- Figura 5 – Perda de massa de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira. Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média .....40
- Figura 6 – Acidez titulável de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira. Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média .....42
- Figura 7 – pH de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira. Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média .....43
- Figura 8 – Sólidos solúveis de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira. Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média .....45

Figura 9 – Ácido ascórbico de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira. Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média .....	46
Figura 10 – Clorofilas de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira. Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média .....	48
Figura 11 – Carotenoides de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira. Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média .....	49
Figura 12. Variação de cor de polpa e casca em umbus gigantes sem revestimento e revestido com diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira. No primeiro e no último dia de avaliação (R0 e R1) .....	50
Figura 13 – Ângulo $h^\circ$ da casca de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira. Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média .....	51
Figura 14 – Ângulo $h^\circ$ da polpa de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira. Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média .....	51
Figura 15 – Croma da casca de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira. Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média .....	52

Figura 16 – Cromo da polpa de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira. Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média .....53

Figura 17 – Umbus gigantes sem revestimento (SEM) e revestidos com diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira. No primeiro e no último dia de avaliação .....55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização química de amido de araruta nativo .....35

Tabela 2 – Propriedades de pasta de amido de araruta (*Maranta arundinacea*) por *Rapid Visco Analyzer (RVA)* .....37

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

<b>DCFI</b>	2,6 – dicolorofenol indofenol
<b>ACC</b>	Ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano
<b>C</b>	Croma
<b>h°</b>	Ângulo Hue
<b>OE</b>	Óleo essencial
<b>AA</b>	Ácido ascórbico
<b>SS</b>	Sólidos solúveis
<b>FC</b>	Firmeza de casca
<b>FP</b>	Firmeza de polpa
<b>NaOH</b>	Hidróxido de sódio
<b>RVA</b>	<i>Rapid Visco Analyzer</i>
<b>AM</b>	Amido

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	18
2.1	Aspectos do umbuzeiro.....	18
2.1.1	Umbu Gigante.....	20
2.2	Fatores que afetam a qualidade e vida útil dos frutos .....	21
2.2.1	Danos mecânicos e incidência de doenças .....	21
2.2.2	Temperatura.....	22
2.2.3	Estádio de maturação.....	23
2.3	Revestimentos comestíveis .....	24
2.3.1	Amido .....	26
2.3.2	Araruta.....	27
2.3.3	Revestimentos comestíveis à base de amido .....	27
2.3.4	Óleos essenciais.....	28
2.3.5	Óleo essencial de capim-cidreira.....	29
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	30
3.1	Material.....	30
3.2	Caracterização do amido de araruta.....	30
3.3	Preparo das formulações de revestimentos comestíveis .....	31
3.3.1	Preparo da emulsão de óleo essencial de capim-cidreira .....	31
3.3.2	Preparo das soluções de revestimentos comestíveis.....	31
3.3.3	Revestimento dos frutos com as formulações de revestimentos comestíveis .....	32
3.4	Determinação dos parâmetros de qualidade pós-colheita de umbu.....	32
3.4.1	Determinação da firmeza da polpa e da casca.....	32
3.4.5	Determinação dos parâmetros de cor.....	34
3.4.6	Conteúdo de clorofilas e carotenoides.....	34
3.5	Planejamento e análise estatística .....	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
4.1	Caracterização do amido de araruta.....	36
4.1.2	Propriedades de pasta do amido de araruta .....	37
4.2	Parâmetros de qualidade pós-colheita de umbu.....	38
4.2.1	Firmeza de casca, firmeza da polpa e perda de massa.....	38

4.2.2	Acidez titulável, pH e sólidos solúveis.....	42
4.2.3	Conteúdo de ácido ascórbico .....	47
4.2.4	Teor de clorofila, carotenoides e análise de cor das frutas .....	49
4.2.5	Efeito antimicrobiano da emulsão do óleo essencial de capim-cidreira... 56	
5	CONCLUSÕES.....	57
6	REFERÊNCIAS .....	58

## 1 INTRODUÇÃO

A região Nordeste do País é ocupada por uma grande área do Semiárido, englobando o Bioma Caatinga, que apresenta vegetação diferente dos demais biomas do Brasil. Entre as espécies da vegetação nativa, destaca-se o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda), que pertence à família *Anacardiaceae*. A maior área de ocorrência do umbuzeiro é nos estados das regiões Nordeste e Norte de Minas Gerais. É utilizado principalmente de forma extrativista, entretanto, o interesse econômico pela cultura tem crescido ao longo dos anos (Queiróz, 2016).

O umbu é uma espécie que apresenta elevada variabilidade genética, que pode ser evidenciada pela variação na massa dos frutos. O umbu gigante, em comparação ao nativo, possui massa 5 vezes maior (Santos, 2018; Ribeiro, 2022), o que tem atraído produtores, devido ao seu potencial de comercialização. No sudoeste da Bahia, produtores estão formando pomares que produzem frutos com até 150 gramas (Pires et al., 2018).

Em regiões semiáridas, esta espécie torna-se essencial para o desenvolvimento de uma agricultura familiar sustentável, devido a sua resistência edafoclimática, sendo uma cultura que pode ser manejada sob estresse hídrico e altas temperaturas, utilizando o mínimo de insumos agrícola para desenvolvimento (Gonçalves et al., 2019). Contudo, a cultura do umbu apresenta limitações voltadas para a comercialização, já que são frutos com padrão respiratório climatérico, ou seja, o fruto, após colhido, passa por variações físicas, químicas, fisiológicas e bioquímicas, que estão diretamente ligadas à qualidade final do produto, seja *in natura* ou processado (Batista et al., 2010).

O emprego de tecnologias de conservação pós-colheita, como utilização de baixas temperaturas, e uso de atmosfera controlada e modificada estão sendo utilizadas atualmente para aumentar a vida útil de produtos alimentícios com elevada perecibilidade, como as frutas. A aplicação de revestimentos comestíveis, em associação com baixas temperaturas, é um meio de reduzir as perdas do umbu, que apresenta vida útil em temperatura ambiente, de 3 a 6 dias, a depender do estágio de maturação que é colhido (Vieira et al., 2011).

O uso de revestimentos vem ganhando espaço na conservação pós-colheita, pois os revestimentos são elaborados a partir de materiais biodegradáveis, amplamente encontrados na natureza, como: polissacarídeos, proteínas e lipídeos, além de ser uma alternativa para a diminuição do uso de embalagens plásticas convencionais (Oduro,

2021). Com a aplicação do revestimento comestível, forma-se uma barreira semipermeável, capaz de reduzir o movimento de solutos (água), trocas gasosas e processos oxidativos, mantendo a integridade e o frescor dos frutos (Oyom et al., 2024).

O polissacarídeo mais estudado para esse fim é o amido, que é encontrado em frutas, raízes e grãos, sendo um material de baixo custo. Dentre estes, destaca-se os rizomas de araruta (*Maranta arundinace* L), pertencente à família Marantácea, que possui uma ampla faixa de distribuição geográfica no país. Todavia, a utilização do amido apresenta limitações, pois o mesmo apresenta elevada hidrofiliabilidade, tornando os revestimentos suscetíveis à permeabilidade do vapor d'água e com baixa resistência mecânica (Yousuf et al., 2021).

Dessa forma, para superar essa limitação e melhorar as propriedades mecânicas e de permeabilidade, é necessário o uso de plastificantes e outros compostos que reforcem a estrutura do revestimento (Pérez-Vergara, 2020). Além destes aditivos, na formulação dos revestimentos, pode-se fazer a adição de compostos, como extratos vegetais e óleos essenciais para redução da incidência de contaminação, pois, após a colheita, os frutos estão sujeitos à incidência de doenças.

O óleo essencial de capim-cidreira é um agente importante no controle de doenças pós-colheita, pois inibe o crescimento do micélio, impede o desenvolvimento de tubos germinativos e a germinação de esporos em fungos, além de romper a parede celular e a membrana plasmática em bactérias (Younos, 2024).

Neste estudo, a hipótese levantada é que o revestimento comestível à base de amido de araruta com adição de emulsão contendo óleo essencial de capim-cidreira tenha efeito positivo na conservação da qualidade pós-colheita do umbu gigante, aumentando a vida útil de prateleira do fruto fresco. Logo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de revestimentos comestíveis à base de amido de araruta, com adição da emulsão de óleo essencial de capim-cidreira, em diferentes concentrações na conservação pós-colheita de umbu gigante.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Aspectos do umbuzeiro**

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) é uma árvore xerófila pertencente à família *Anacardiaceae*, a qual abriga 80 gêneros e 600 espécies, dentre os quais 13 gêneros e 68 espécies ocorrem no Brasil (Barroso, 1991). Estabelecido em 1753 no

tratado botânico *Genera Plantarum* de Linnaeus, o gênero *Spondias* L, na época, era representado apenas por uma espécie, a cajazeira (*Spondias mombin* L.), porém, atualmente é composto por 17 espécies, distribuídas pela América tropical e pela Indo Malásia. No Brasil, há registro das espécies *S. tuberosa* Arruda, *S. purpurea*, *S. mombin*, *S. bahiensis*., *S. venulosa*, *S. mecrocarpica* e *Spodias* sp (Miller e Knouft, 2006). A espécie *S. tuberosa* Arruda é típica da caatinga e endêmica da região semiárida do Brasil, não havendo registro de seu desenvolvimento em outras regiões do planeta (Silva, 2019).

O umbuzeiro é considerado uma planta frutífera arbórea de pequeno porte com 4 a 10 m de altura, sua copa é ampla e umbeliforme, com diâmetro entre 9 e 15 m, o sistema radicular é formado por raízes longas e túberas (xilopódios), com cerca de 20 cm de diâmetro e 50 cm comprimento (Cavalcanti et al., 2002; Cavalcanti e Resende., 2006). As folhas são compostas, pecioladas, alternas, apresentam de 8 a 15 cm de comprimento; a inflorescência é do tipo panícula terminal, piramidal, pubérula com 10 a 15 cm; as flores são brancas, tipo pentâmera, actinomorfas e pediceladas com 5 a 7 cm (Santos et al., 2005).

Classificado como uma planta decídua, o umbuzeiro perde suas folhas no período de seca e inicia a floração e frutificação através de variações atmosféricas e com as reservas acumuladas nos xilopódios, como água e nutrientes (Barreto e Castro, 2010). O período de floração e frutificação do umbuzeiro varia de acordo com as condições climáticas da região, podendo ocorrer quando a frutífera se apresenta desfolhada, após a produção de folhas ou depois das primeiras chuvas (Mendes, 2001).

As fases fenológicas do umbuzeiro podem ser consideradas anuais, visto que a produção de flores e frutos ocorrem durante um curto período no ano. A sazonalidade que a espécie apresenta é comum para espécies nativas da Caatinga, onde o fator principal de influência é a precipitação pluviométrica da região (Barbosa et al., 2003). A maior produção de flores ocorre em dezembro e a frutificação em fevereiro (Barreto e Castro, 2010).

O fruto é classificado como uma drupa, glabra ou levemente pilosa, medindo de 2 a 5 cm, com formato arredondado, ovoides ou oblongo de coloração amarelo-esverdeado e endocarpo de tamanho variado, envolvendo a semente com peso variando de 10 a 20 g (Maia, 2004). A polpa é succulenta e macia, com sabor doce-ácido, rica em ácido ascórbico, com teores de 50 mg/100g de polpa, além de apresentar substâncias

ativas como clorofilas, flavonoides e compostos fenólicos, sendo considerado uma boa fonte de antioxidante natural, contribuindo para sua aceitação no mercado (Dantas Junior, 2008).

Estudos realizados por Costa et al. (2015) demonstram que o umbuzeiro apresenta variação fenotípica, e esta variação influencia em características físicas, como rendimento de polpa, tamanho da semente e diâmetro do fruto.

### **2.1.1 Umbu Gigante**

O umbu gigante é um fruto que apresenta peso 5 vezes maior que o tradicional, é decorrente de processos de seleção entre plantas nativas das regiões de ocorrência, como: Bahia, Minas Gerais e Pernambuco (Ribeiro, 2022).

Cazé Filho (1983) realizou uma pesquisa de campo para identificação das matrizes que seriam selecionadas. As avaliações para coleta do material foram realizadas no período de frutificação, que corresponde de janeiro a abril, por meio de pesquisa com as entidades produtoras do fruto, levando em consideração as plantas que apresentavam maiores produções, frutos maiores e com elevado teor de sólidos solúveis. Posteriormente, o pesquisador retornou às localidades selecionadas para coleta dos materiais do experimento e formação do Banco de Germoplasma do Umbuzeiro – BGU, e essas plantas foram identificadas de acordo com o município de coleta.

Santos et al. (2002) avaliaram, após 5 anos de implantação, um experimento de competição de clones, utilizando 7 genótipos diferentes. O material avaliado apresentou massa de frutos variando de 37 a 97 g, teores de sólidos solúveis oscilando de 10 a 12° Brix e o rendimento de polpa de 2 a 56 g. Entre o material genético utilizado, 4 foram registrados como cultivares, junto ao Ministério da Agricultura, com a denominação de BRS 48 (América Dourada-BA), BRS 52 (Parnamirim-PE), BRS 55 (Lagoa Grande-PE) e BRS 68 (Lontra- MG), com peso do fruto de 85, 42, 51 e 97 g, respectivamente (MAPA, 2019).

O cultivo e a comercialização de mudas do fruto têm crescido, devido as suas características nutricionais e maior rendimento de polpa, se comparado ao tradicional. O meio de propagação ideal do fruto para obtenção de clones dessas cultivares é por propagação vegetativa. Portanto, o cultivo comercial dessas cultivares pode ser o marco para um impulso econômico e de valorização da cultura (Ribeiro, 2022).

## 2.2 Fatores que afetam a qualidade e vida útil dos frutos

### 2.2.1 Danos mecânicos e incidência de doenças

Nas etapas de pré e pós-colheita ocorre o maior número de perdas de frutas e hortaliças, principalmente as com elevada perecibilidade, como as climatéricas. Dentre as causas, pode-se citar o descuido no manuseio dos produtos e o armazenamento inadequado (Chitarra e Chitarra, 2005).

A incidência de danos mecânicos interfere na qualidade final das frutas, provocando alterações físicas, fisiológicas, químicas e bioquímicas, modificando o teor de açúcares, textura, degradação de ácidos orgânicos e da parede celular, ocasionando o amaciamento das frutas e a perda de água, reduzindo a vida útil do fruto (Nascimento et al., 2016). Os danos podem ser através de impacto, compressão e cortes, e os ferimentos que ocorrem na casca dos frutos, por dano mecânico ou injúria causada por insetos, como a mosca das frutas, torna-se entrada para infecções patogênicas (Almeida et al., 2012).

As doenças que afetam as frutas após a colheita e durante o armazenamento têm um impacto econômico significativo, especialmente para o consumo *in natura*. As perdas econômicas, associadas às frutas frescas, podem variar de 10% a 50%, pois a diminuição da qualidade resulta em menor demanda dos consumidores, aumento do desperdício e acúmulo de resíduos orgânicos. A perda na cadeia pós-colheita de produtos hortícolas é um dos principais desafios enfrentados, afetando não apenas o produto final, mas também recursos valiosos, pois englobam também a perda de recursos humanos, esforço, insumos agrícolas, investimentos e outros recursos, como espaço, água e energia (Shakeel et al., 2022).

A incidência de doenças pós-colheita pode ser de dois tipos. O primeiro ocorre quando o agente causador da doença infecta o fruto após colhido, necessitando de uma abertura para se disseminar. O segundo tipo de contaminação ocorre no campo. Neste caso, os microrganismos são quiescentes ou latentes, não necessitam de abertura, porém o fruto precisa estar no estágio de maturação ideal para manifestação dos sintomas (Tripathi et al., 2021).

As perdas que ocorrem na cadeia produtiva das frutas podem ser quantitativas, quando a contaminação ocorre de forma mais rápida, ou qualitativa, afetando o aspecto visual e atrativo das frutas, pois os sintomas aparecem na parte externa da fruta, tornando-a menos atrativa e, portanto, menos comercializável (Parisi et al., 2015).

Diante da crescente demanda por produtos com baixos resíduos de agrotóxicos, torna-se necessário o uso de técnicas de conservação pós-colheita que sejam ecologicamente viáveis e de baixo impacto ambiental. Nesse contexto, os revestimentos comestíveis incorporados com óleos essenciais emergem como uma alternativa viável e economicamente valiosa. Essa abordagem beneficia tanto o mercado de óleos essenciais quanto o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis (Vilela et al., 2024).

### **2.2.2 Temperatura**

Em temperatura ambiente, os frutos tendem a apresentar atividade metabólica que induz a processos degradativos, com rápido amadurecimento e posterior senescência. Maia et al (1998) relataram que umbus mantidos à temperatura ambiente apresentam um período de vida útil de 2 a 3 dias, o que lhe confere desafios para a cadeia produtiva e de comercialização, sendo necessário manter a cadeia do frio para aumentar a vida útil dos frutos.

O armazenamento de frutos em baixas temperaturas é uma técnica essencial para manter a qualidade e estender a vida útil dos produtos. A redução da temperatura ajuda a diminuir a taxa de respiração dos frutos, reduzir a perda de solutos e retardar o processo de amadurecimento, além de minimizar o crescimento de microrganismos (Oliveira e Santos, 2015). Entretanto, os frutos tropicais são particularmente vulneráveis a temperaturas baixas e podem apresentar sintomas de injúria por frio, caracterizadas pelo escurecimento da polpa e casca e a perda de características sensoriais, como sabor e aroma, o que pode levar a perdas significativas (Oliveira e Santos, 2015; Lima e Silva, 2016). A injúria por frio ocorre quando os frutos são armazenados a temperaturas abaixo da temperatura mínima segura (TMS), que varia de 0 °C a 15 °C (Spagnol et al., 2017).

Campos (2007) observou que o umbu armazenado a 12 °C preservou sua qualidade, por um período de 14 dias, enquanto para frutos mantidos à temperatura ambiente, o período foi de apenas 6 dias. Resultado semelhante também foi constatado por Vieira et al. (2011) em umbus armazenados em diferentes estádios de maturação.

Lima e Silva (2016) relataram no umbu danos causados pelo frio em temperaturas inferiores a 11 °C. As injúrias causadas variam em função do período de exposição ao ambiente refrigerado, à temperatura submetida e ao grau de maturação que o fruto apresenta. Esses fatores são evidenciados por Martins (2003), demonstrando que a temperatura de 9,5 °C é a mínima, na qual ciriguelas no estágio amarela predominante

(AP) podem ser armazenadas por um período de 5 dias, sem apresentar danos causados pelo frio, enquanto frutos mais verdes são mais suscetíveis.

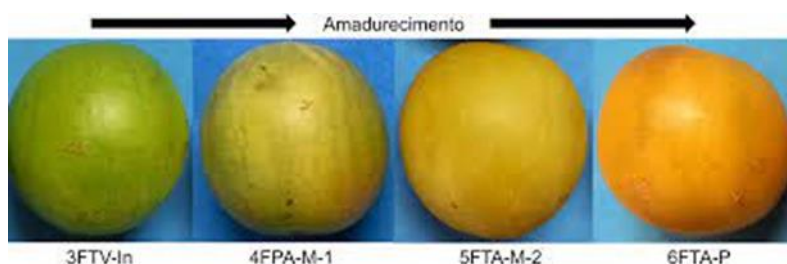
### 2.2.3 Estádio de maturação

Os frutos, de forma geral, podem ser classificados como climatéricos e não climatéricos, de acordo com o seu padrão de respiração. Frutos climatéricos apresentam aumento típico da respiração e produção de etileno, e com o amadurecimento após a colheita. Os não climatéricos não apresentam aumento na produção de etileno, sua respiração apresenta um decréscimo e a maturação é relativamente lenta (Zhang et al., 2020).

O umbu é um fruto climatérico, ou seja, continua seu processo de maturação mesmo que seja separado da planta. O fruto, após colhido, passa por variações físicas, químicas, fisiológicas e biológicas, que estão diretamente ligadas à qualidade final do produto, seja *in natura* ou processado (Batista et al., 2010).

Campos (2007) propôs seis estádios de maturação para o umbu: 1FTV-F, o fruto está com seu endocarpo em formação e possui coloração verde; 2FTV-D, apresenta endocarpo firme e coloração verde (ponto de umbuzeitona); 3FTV-In, conhecido como “inchado”, nesta fase o fruto ainda está verde e ocorre a variação de pigmentação; 4FPA-M-1, o fruto é caracteristicamente maduro, a epiderme tem a coloração amarela como predominante; 5FTA-M-2, apresenta epiderme totalmente amarela e possui aptidão para o consumo; e o 6FTA-P, conhecido como sobremaduro.

Seguindo a escala apresentada na Figura 1, a colheita é recomendada, quando os frutos estão no estágio 3FTV-In, conhecido como inchado, pois apresentam resistência a danos mecânicos e já atingiram 96% do peso total. A antecipação da colheita pode ser um fator determinante para a qualidade, já que, se colhidos precocemente, pode afetar a formação de açúcares, compostos voláteis e o acúmulo de carboidratos.



**Figura 1.** Estádios de maturação de umbu descritos por Campos (2007).

A vida útil dos frutos pode ser prolongada, de acordo com o estágio de desenvolvimento e as condições de armazenamento, através da aplicação de técnicas como refrigeração, radiação UV-C, altas concentrações de CO<sub>2</sub>, tratamento térmico e o uso de atmosfera controlada e modificada (Campos, 2007; Silva, 2019; Souza et al., 2021). Além da refrigeração, outras tecnologias podem ser utilizadas em associação para melhorar a qualidade dos frutos, como a utilização de revestimentos comestíveis, acrescidos de outras substâncias com características antimicrobianas (Motlagh et al., 2006; Sousa et al., 2021).

### **2.3 Revestimentos comestíveis**

Com o intuito de retardar a redução gradativa da qualidade das frutas, são empregadas diversas tecnologias, como o uso de filmes plásticos, filmes biodegradáveis e os revestimentos comestíveis para o controle de gases, como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e oxigênio (O<sub>2</sub>) (Suhag et al., 2020).

Filmes à base de polietileno e polipropileno são os mais utilizados, porém, apesar de apresentarem eficiência significativa na conservação de alimentos, por razões de natureza ambiental, o surgimento de novas tecnologias voltadas para a sustentabilidade faz-se cada vez mais necessário. Sendo assim, o estudo sobre a aplicação de revestimentos comestíveis/biodegradáveis vem crescendo na indústria de alimentos (Santos e Melo, 2020; Oduro, 2021).

Revestimento ou película comestível é um biopolímero que vem sendo estudado para preservação de alimentos, sendo um material biodegradável, formado a partir de compostos que podem ser encontrados em abundância na natureza, como: proteínas, polissacarídeos e lipídios. Os formados por polissacarídeos podem ser à base de pectina, celulose, amido, quitosana, alginatos e pululana (Oduro, 2021). O emprego dessa tecnologia é uma alternativa para a redução do uso de aditivos químicos e material plástico na indústria, sendo que o revestimento pode ser consumido com o fruto, apresentando segurança alimentar para o consumidor que, a cada dia, busca alternativas para uma alimentação mais saudável (Hassan et al., 2017).

O revestimento é aplicado para preservar a qualidade do fruto por um período maior, reduzindo as atividades fisiológicas que influenciam na maturação e na senescência (Chaudhari et al., 2023). São formulações líquidas aplicadas diretamente no fruto por aspersão ou imersão e apresenta característica semipermeável, controlando a

perda de umidade e trocas gasosas entre o ambiente interno e externo. O revestimento é considerado uma atmosfera modificada, em que ocorre uma alteração na concentração de gases no interior do fruto e cria-se uma barreira semipermeável, alterando as concentrações de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, o que interfere nas taxas respiratórias e reduz a perda de umidade (Sharma et al., 2024).

No processo de produção dos revestimentos, a natureza química dos materiais estruturais (polissacarídeos, lipídeos, quiosana etc.) deve ser entendida, pois apresenta limitações voltadas para a função básica do revestimento, podendo apresentar caráter hidrofílico ou hidrofóbico (Sapper e Chiralt, 2018). O emprego de materiais aditivos, plastificantes, emulsificantes e agentes de reticulação, pode melhorar as propriedades mecânicas e de permeabilidade dos revestimentos (Xu et al., 2018).

A incorporação de substâncias com propriedades antioxidante e antimicrobiana, como extrato vegetal e óleo essencial, vem recebendo destaque na indústria alimentícia, por ser uma alternativa para prevenção das doenças pós-colheita e apresentar propriedades antimicrobianas e antifúngicas (Oyom et al., 2022). Kapetanakou et al., (2019), avaliando maçãs e peras revestidas com alginato de sódio e óleo essencial de canela, observaram que o revestimento contendo óleo essencial foi bem-sucedido em limitar o crescimento de fungos e a produção de ocratoxina.

Resultados semelhantes foram encontrados por Bosquez-Molina et al. (2010). O revestimento incorporado com óleos essenciais de tomilho e lima mexicana proporcionou excelente controle contra o crescimento de *C. gloeosporioides* e *R. stolonifer* em mamão. Maqbool et al. (2011) destacam que os óleos essenciais de capim-limão e canela têm propriedades antifúngicas contra *C. musae* de bananas.

Granja et al. (2021) constataram que a aplicação de revestimento à base de quitosana em umbu, armazenados a 8°C, por um período de 15 dias, reduziu a perda de massa. De Medeiros Teodosio et al. (2021b) relataram a conservação dos teores de ácido ascórbico e compostos fenólicos em umbu revestidos com a microalga *Chlorella* sp e óleo essencial de semente de romã, armazenados a 24 °C, prolongando a vida de prateleira dos frutos por 12 dias. Para outros frutos climatéricos, como a manga, Ebrahimi e Rastegar (2020) constataram que ocorreu aumento dos teores de sólidos solúveis, redução da perda de peso e aumento da firmeza nos frutos com aplicação de goma guar e extrato vegetal.

Como uma tecnologia promissora, por apresentar resultados relevantes na conservação pós-colheita, os revestimentos podem ser formados por materiais que apresentam baixo custo, como o amido, um polissacarídeo encontrado em abundância na

natureza, principalmente em raízes tuberosas, cereais e frutas, entre outros (Oyom et al., 2022).

### 2.3.1 Amido

No que se refere à alimentação humana, o amido é responsável por 70 a 80% das calorias consumidas diariamente. Pode ser encontrado em alimentos como: grãos, frutas, raízes e derivados, como pães, bolos e biscoitos, sendo o principal carboidrato de reserva das plantas (Schmiele et al., 2019).

O amido é um polissacarídeo com formato granular, formado por cadeias de glicose (Bemiller, 2019). Apresenta em sua constituição os polímeros amilose e amilopectina, formados por cadeias de glicose. Sendo a primeira uma cadeia linear formada por ligações  $\alpha$ - 1,4, e a segunda uma cadeia ramificada com ligações  $\alpha$ - 1,4 e  $\alpha$ - 1,6. A proporção aproximada no grão de amido é de 20 a 25% de amilose e 75 a 80% de amilopectina (Bertoft, 2017). O amido, em sua forma nativa, apresenta uma quantidade muito pequena de proteínas, lipídios e minerais (Damodaran, 2019; Sun et al., 2021).

A variação da presença de outros componentes, o tamanho e o formato do grânulo determinam sua natureza funcional e estrutural, que varia de acordo com a origem botânica do material (Donmez et al., 2021). Em função da organização desses polímeros, os grânulos de amido apresentam regiões cristalinas e amorfas, organizadas de forma alternada. A zona amorfa apresenta ligações entre amilose e amilopectina, de forma menos ordenada, e na região cristalina, os polímeros de amilopectina são unidos e estabilizados por ligações de hidrogênio (Park et al., 2018). As macromoléculas de amilose e amilopectina têm a capacidade de influenciar na formação de géis, nas propriedades de pasta do amido e nas propriedades tecnológicas (Wang et al., 2022).

Os filmes e revestimentos, formados a partir de amidos com um alto teor de amilose (> que 25%), possuem melhores características mecânicas e barreira de vapor d'água, quando comparado com filmes produzidos com polímero de baixo teor de amilose. Isso ocorre porque a amilose possui uma capacidade maior de formar ligações de hidrogênio, devido às cadeias lineares, enquanto a amilopectina possui cadeias ramificadas. Materiais formados com amido, que geralmente contém 75% de amilopectina e 25% de amilose, são mais quebradiços (Koch et al., 2010).

O interesse na utilização do amido como matéria-prima para produção de filmes e revestimentos tem aumentado, devido à demanda por alimentos com características nutricionais, físicas e químicas adequadas (Schmiele et al., 2019).

### **2.3.2 Araruta**

Dentre as fontes de amido, pode-se destacar os rizomas de araruta (*Maranta arundinace* L), pertencente à família Marantácea. Possui uma ampla faixa de distribuição geográfica no país, podendo atingir de 1,5m a 1,8m de altura e forma um intrincado complexo de pequenos caules no sistema radicular, sendo utilizada principalmente para a extração do amido e fabricação de derivados (Charles et al., 2016).

O amido extraído tem uma elevada capacidade de gelatinização a temperaturas elevadas, na faixa de 61°C a 85,8°C, e propriedades físico-químicas características, como o seu alto teor de amilose (Hoover, 2001). As variedades mais encontradas são: araruta-caixulta, araruta-da-flórida, araruta-de-porco, araruta-bastarda, araruta-do-campo, araruta-doméxico, araruta-especial, araruta-gigante, araruta-comum, araruta-palmeira, araruta-raiz-redonda (ovo de pata), araruta-ramosa, agutingue-pé e embiri (Barufaldi, 2013).

A araruta apresenta (<85%) de amido em suas raízes com um teor de amilose entre 16 e 27% (Gordillo et al., 2014), sendo muito utilizado na indústria alimentícia para produção de bolos, pudins, biscoitos e derivados, devido a sua alta capacidade gelificante, baixo custo, versatilidade e por ser biodegradável (Sandoval et al., 2014).

### **2.3.3 Revestimentos comestíveis à base de amido**

O amido tem sido um dos polissacarídeos mais utilizados na elaboração de revestimentos comestíveis e filmes biodegradáveis, em razão de sua alta disponibilidade e baixo custo. Para a formação do revestimento, o amido, em meio aquoso, passa pelo processo de aquecimento, sob temperatura acima de 70°C, quando ocorre a destruição da estrutura semicristalina do amido, durante o processo de gelatinização que, após o resfriamento, dá origem a um biopolímero resistente (Corradini et al., 2005).

O desenvolvimento de um revestimento ou filme eficiente tem o potencial de reduzir a taxa de respiração, o amadurecimento, a incidência de atividade microbológica, reduzir a perda de água e o metabolismo fisiológico do fruto (Jafarzadeh et al., 2021).

Os revestimentos e filmes produzidos com amido nativo apresentam limitações de uso por apresentar caráter hidrofílico, baixa resistência à permeação de gases e água e pouca resistência mecânica. O emprego de plastificantes, como glicerol, sorbitol ou poliol, pode levar à melhoria de suas propriedades mecânicas (Pérez-Vergara, 2020); e o uso de compostos, como celulose, proteínas e os óleos essenciais, pode promover uma maior estabilidade na estrutura e aumento nas propriedades de barreira (Lin et al. 2022; Kupervaser et al., 2023).

Os óleos essenciais são compostos por uma variedade de biomoléculas, como terpenos, compostos fenólicos e aldeídos que, quando incorporados à solução formadora de filme, são capazes de promover o controle de microrganismos patogênicos, conferindo propriedades antimicrobianas, além de brilho e retardo na maturação (Barboza et al., 2022).

#### **2.3.4 Óleos essenciais**

Óleos essenciais são líquidos aromáticos derivados de órgãos vegetais, como flores, brotos, sementes, folhas, casca, ervas e madeira, produzidos pelo metabolismo secundário da planta, devido ao ataque de insetos, ou para atrair polinizadores (Sadgrove et al., 2015; Almeida et al., 2020). Apresenta em sua composição compostos voláteis e lipofílicos (terpenoides e ácidos fenólicos) com propriedades bioativas, como atividade antimicrobiana, antioxidante e terapêutica (Mancianti e Ebani, 2020).

A extração dos óleos essenciais pode ser realizada pelos métodos de hidrodestilação, acetilação a vapor e extração por solventes orgânicos, dentre outros (Almeida-Couto et al., 2022). Estes são utilizados em muitas áreas, desde a fabricação de perfumes até a produção de embalagens para extensão da vida útil dos alimentos (Almeida-Couto et al., 2022). A composição química, teor de álcoois, fenóis e aldeídos (eugenol, timol, carvacrol, gerânio), agentes antissépticos e terpenos (alfa e beta pinenos e limoneno), pode ser determinada por meio de cromatografia (Sarantópoulos e Moraes, 2009).

O interesse por produtos naturais tem beneficiado o mercado de óleos essenciais no Brasil, pois o país apresenta grande biodiversidade botânica (Silveira et al., 2012). A associação do óleo essencial com outras tecnologias, como os revestimentos comestíveis, tem apresentado resultados relevantes para conservação pós-colheita de frutos com natureza climatérica (Oyom et al., 2022).

Martínez et al. (2018) avaliaram o efeito da aplicação de um revestimento de quitosana acrescido do óleo essencial de tomilho-do-mato (*Thymus capitatus*), na preservação da qualidade dos frutos de morango, e verificaram o aumento no período de prateleira. Hashemi et al. (2017), avaliando a atividade bacteriana, revestiu frutos de damasco frescos com uma película à base de goma de semente de manjerição com óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare*), armazenando por um período de 4 dias a 8 °C. Os autores verificaram a redução da incidência de bactérias no fruto.

Jo et al. (2014) avaliaram o efeito do óleo essencial de capim-limão, cera de carnaúba e goma-laca em Maçãs 'Fuji', observando que o revestimento contendo óleo essencial reduziu o total de bactérias aeróbicas, além de leveduras e bolores. Resultados semelhantes foram encontrados por Maqbool et al. (2011) em banana e mamão, devido à forte atividade antifúngica do revestimento. Murmu e Mishra (2018) observaram em goiabas que os revestimentos com óleo essencial de capim-limão retiveram maiores quantidades de ácido ascórbico, fenol e flavonoides.

### **2.3.5 Óleo essencial de capim-cidreira**

A espécie *Cymbopogon citratos* é uma planta herbácea da família Poaceae, conhecida no território nacional como capim-cidreira, capim-santo ou capim-limão e internacionalmente como Lemon grass; são ciperáceas perenes do tipo C4 e apresentam um rápido crescimento (Lorenzi e Souza, 1999).

Sendo originária da Índia, encontra-se em diversas regiões do Brasil, sendo utilizado principalmente para a produção de óleos essenciais (Costa et al., 2005). A planta do capim-cidreira tem amplo potencial como alimento e forragem, por ser rico em vitaminas A, C, E, folato, niacina, riboflavina, proteínas, antioxidantes e nutrientes minerais (Mukarram et al., 2022).

O óleo essencial (O.E.) de capim-cidreira, por ser volátil, pode ser extraído diretamente da planta fresca, tendo como principais componentes presentes o  $\alpha$ -citral,  $\beta$ -citral, isoneral,  $\alpha$ -mirceno e linalol, o que lhe confere propriedades anti-inflamatórias, imunomoduladoras, antimicrobianas fungistáticas, antioxidantes e antissépticas (Al-Sagheer et al., 2018). Composto pela mescla dos isômeros geranial e neral, o citral está diretamente relacionado com a atividade antimicrobiana do óleo, pois possui a capacidade de influenciar na permeabilidade da membrana celular bacteriana (Ben Arfa et al., 2006).

A atividade antifúngica do O.E já foi evidenciada por Helal et al. (2007), que constataram uma ruptura na membrana plasmática e desorganização mitocondrial dos fungos, ocasionando na liberação de íons  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , que afetou a transdução e a germinação fúngica.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Material**

Foram utilizados, neste estudo, frutos de umbu gigante (*Spondias tuberosa* Arruda), obtidos no município de Anagé, situado no Sudoeste do Estado da Bahia. Os frutos foram coletados seguindo a escala de maturação de Campos (2007), no grau 3FTV-In, conhecido como inchado.

O amido de araruta (*Maranta arundinace*) foi obtido em produtores da região de Conceição de Almeida e utilizou-se óleo essencial de capim-cidreira (*Cymbopogon citratus*) (Laszlo ©, Belo Horizonte-MG, Brasil) e óleo de canola (*Brassica napus* L.) no preparo das emulsões. Todos os demais reagentes utilizados foram, no mínimo, de grau P.A.

#### **3.2 Caracterização do amido de araruta**

O teor de água foi analisado utilizando o método gravimétrico AOAC n° 925.12, enquanto o teor de cinzas seguiu o método AOAC n° 923.03 e o teor de proteínas foi determinado pelo método AOAC n° 991.20, conforme a AOAC (2016). O teor de lipídios totais foi avaliado pelo método descrito por Bligh e Dyer (1959), e a medição do pH foi realizada de acordo com o método AOAC n° 981.12 (2016).

Para determinar o teor de amilose aparente, foi utilizado o método colorimétrico simplificado, baseado na interação entre a amilose e o iodo, de acordo com a metodologia proposta por Martinez e Cuevas (1989).

A quantificação do amido foi realizada segundo o método de Moraes e Chaves (1988), que consiste na medição do composto colorido formado pela reação entre a antrona e a glicose liberada pela hidrólise do amido.

As propriedades de pasta foram avaliadas com o uso do Rapid Visco Analyzer (RVA 4500, Perten Instruments, Newport Scientific, Austrália). Foram pesadas 4 g de amido de araruta, ajustadas para uma umidade de 14%, adicionou-se água destilada até completar 28 g, conforme descrito por Brito et al. (2021). A análise seguiu o padrão

Standart 2 (CNPMPF: POP 014.2.4.01.4.008). Durante o processo, as amostras foram inicialmente homogeneizadas a 960 rpm por 10 segundos e agitadas a 160 rpm até o final da análise. Os parâmetros medidos incluíram viscosidade máxima, mínima e final, quebra de viscosidade (breakdown), tendência à retrogradação (setback) e temperatura de pasta.

### **3.3 Preparo das formulações de revestimentos comestíveis**

#### **3.3.1 Preparo da emulsão de óleo essencial de capim-cidreira**

Para a preparação da emulsão óleo em água (OA), foi utilizado óleo essencial de capim-cidreira nas concentrações de 0,4; 0,6; 0,8 e 1% m/m em relação à massa de amido, junto com 1,5 mL de óleo de canola e 1,8 mL de Tween80 P.A., que atuou como agente anfifílico, conforme a metodologia de Prakash et al. (2020), com algumas alterações.

Os volumes dos componentes foram medidos com pipeta graduada e adicionados em um tubo de centrífuga de 50 mL, onde foram agitados em um vórtex por 5 minutos. A mistura foi, então, transferida para um béquer. Em seguida, a mistura foi agitada a 10.000 rpm por 10 minutos em um agitador turrax (IKA T25 Campinas – SP Brasil) para garantir a completa incorporação dos componentes. Por fim, a emulsão foi colocada em um banho ultrassônico (Solidsteel, Piracicaba - SP) a 40 kHz durante 30 minutos.

#### **3.3.2 Preparo das soluções de revestimentos comestíveis**

Para o preparo das formulações de revestimentos comestíveis, o amido (4% m/v) foi disperso em água destilada, sob agitação em agitador turrax 10.000 rpm (IKA T25 Campinas – SP Brasil), até a hidratação completa. Em seguida, foi adicionado glicerol 40% m/m, em relação à massa de amido utilizada, como um agente estabilizador e plastificante. A mistura foi aquecida a 85 °C, sob agitação manual suave, por 20 min, até a completa gelatinização. Posteriormente, houve a incorporação das emulsões de óleo essencial de capim-cidreira, em diferentes concentrações (R0,4%, R0,6%, R0,8 %, R1 %) (m/m, em relação à massa de amido utilizada). A solução foi agitada novamente por 5 min, em agitador turrax 10.000 rpm até a incorporação da emulsão, com volume final da solução filmogênica de 1000 mL, incluindo o amido, o glicerol e a emulsão.

Após o processo de incorporação da emulsão, a solução foi levada ao banho de

ultrassom (Solidsteel- Piracicaba – SP), com frequência de 40 kHz por 15 minutos. Depois a solução foi deixada em repouso over night.

### **3.3.3 Revestimento dos frutos com as formulações de revestimentos comestíveis**

Os frutos de umbu gigante, previamente selecionados e padronizados de acordo com o grau de maturação 3FTV- P (“inchado”), foram imersos em uma solução de hipoclorito de sódio 100 ppm, por 15 min. Os frutos, após a higienização, foram imersos nas soluções de revestimento por 20 min. Sendo acondicionados posteriormente em grades para secagem e formação da película comestível em ambiente com temperatura controlada ( $17 \pm 2$  °C), por 24 h. Após o processo de secagem, os frutos foram acondicionados em ambiente refrigerado em estufa tipo B.O.D. a  $12 \pm 2$  °C (Ethik 411 – FPD- Vargem Grande Paulista - SP).

## **3.4 Determinação dos parâmetros de qualidade pós-colheita de umbu**

Os parâmetros de qualidade pós-colheita dos frutos foram avaliados em seis períodos de avaliação, de 0, 3, 6, 9, 12, 15 dias após a aplicação e secagem do revestimento.

### **3.4.1 Determinação da firmeza da polpa e da casca**

A firmeza foi determinada utilizando-se a metodologia adaptada de Li et al. (2017), com penetrômetro equipado com uma sonda de inox, com 5 mm de diâmetro (Impact, modelo IP-90DI, Brasil). A determinação foi feita em dois pontos diferentes na fruta e os resultados foram expressos em Newtons (N).

### **3.4.2 Determinação da perda de massa**

A perda de massa foi determinada em balança analítica com precisão de  $\pm 0,0001$ g (Ref Fa-2204-Bi Bioscale- São Paulo-SP) para cada unidade amostral. Os resultados foram expressos em perdas percentuais, utilizando-se da relação entre o peso em cada dia de avaliação e o peso inicial, seguindo a Equação 1 (Bomfim et al., 2011).

$$PM = \frac{mi-mf}{mi} \times 100 \quad (1)$$

Em que: PM (%) = percentagem de perda de massa parcial acumulada;

mi = Massa inicial da amostra em um período determinado em g;

mf = Massa final da amostra no período seguinte a MI em g.

### **3.4.3 Determinação de sólidos solúveis (SS), acidez titulável e pH**

A análise dos sólidos solúveis totais foi realizada seguindo o método da AOAC nº 932.12 (AOAC, 2016) com refratômetro digital (Soonda - Distrito de Minburi Bangkok 10510) e os resultados foram expressos como °Brix a 25 °C (Lopez-Palestina, 2018).

A acidez titulável foi determinada seguindo o método nº 942.15 da AOAC (2016). Pesou-se 5g da amostra processada de umbu gigante e adicionou-se 40 mL de água destilada. Posteriormente, realizou-se a titulação, utilizando o NaOH 0,1 mol.L<sup>-1</sup> e a fenolftaleína como indicador. Os resultados foram expressos em g de ácido cítrico por 100 g de polpa.

Para a determinação do pH das amostras, a polpa das frutas trituradas foi separada em recipientes menores e medido com um potenciômetro digital (Método 981.12) (AOAC, 2016).

### **3.4.4 Determinação do conteúdo de ácido ascórbico**

Para determinação do conteúdo de ácido ascórbico, foi empregada a metodologia proposta por Oliveira (2010), por meio da reação do ácido ascórbico com o 2,6-diclorofenol indofenol sódico (DCFI), com detecção em espectrofotômetro (IL-593-S-São Paulo/SP) a 520 nm por meio da redução do DCFI, com alteração da coloração azul, quando oxidado, para uma coloração rosa-arroxeadada, quando reduzido. A solução de DCFI foi preparada na concentração de 0,03 mg mL<sup>-1</sup> do reagente P. A, com água destilada aquecida a 60 °C, com posterior filtragem. Logo após, 7 g da fruta processada foi diluída em 100 mL de solução de ácido oxálico 0,4%. Em seguida, filtrou-se as soluções em papel de filtro quantitativo, sendo a solução armazenada até o momento da análise.

Em dois tubos de ensaio, foi adicionada uma alíquota de 1 mL do filtrado. Em um dos tubos, foram adicionados 9 mL de água destilada, para o branco da amostra; e no

outro, 9 mL de DCFI para a amostra. Os tubos com as amostras foram agitados em agitador vórtex, para as posteriores leituras a 520 nm. O branco geral foi preparado utilizando-se 1 mL de ácido oxálico 4% e 9 mL de água destilada em um tubo, e outros dois com 1 mL de ácido oxálico 4% e 9 mL de DCFI.

Utilizou-se o branco geral para zerar a leitura e as duas amostras com DCFI foram utilizadas para a leitura. Após as leituras das amostras de ácido oxálico com DCFI, adicionou-se aos tubos contendo as amostras uma porção pequena de ácido ascórbico P.A, até que as amostras ficassem incolor e, posteriormente, realizou-se as leituras. Uma curva de calibração do ácido ascórbico foi preparada para a quantificação do ácido ascórbico. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa.

### 3.4.5 Determinação dos parâmetros de cor

A cor de fundo da casca e da polpa foi determinada utilizando-se colorímetro MINOLTA CR 400, marca KONICA MINOLTA, sendo determinados os valores de Luminosidade - L\* (0 = preto; 100 = branco), a\* (positivo = vermelho; negativo = verde), b\* (positivo = amarelo; negativo = azul). A leitura foi realizada em 3 pontos da casca do fruto e na região central da polpa. Para avaliação da cromaticidade (C) e ângulo Hue (Equações 2 e 3), foram utilizadas as coordenadas a\* e b\* (Konica, 1998).

$$C * = \sqrt{a * ^2 + b * ^2} \quad (2) \quad h = \arctan(b * / a *) \quad (3)$$

### 3.4.6 Conteúdo de clorofilas e carotenoides

A determinação dos teores dos pigmentos presentes na casca do umbu, foi realizada em três discos das cascas com (1,12 cm<sup>2</sup> de área) que foram alocados em um tubo de vidro, com 4 mL de uma solução saturada por 12h de dimetilsulfóxido (DMSO) e CaCO<sub>3</sub>, em ambiente escuro. Para extração de clorofilas a e b e carotenoides (Hiscox e Israelstam, 1979).

Os teores foram determinados em espectrofotômetro (IL-593-S-São Paulo/SP), utilizando como referência os comprimentos de onda 665 nm, 649 nm para clorofilas a e b (Equações 4 e 5) e 480 nm para carotenoides (Equação 6). O teor de clorofila é

determinado pela soma dos teores de clorofila a e b (Equação 7). Os resultados foram expressos em  $\mu\text{g cm}^{-2}$ , de acordo com o método de Lee et al. (1987).

$$\text{Chlorophyll a} = \frac{[(12 \times A_{663.8}) - (3.11 \times A_{646.8}) \times V]}{(1000 \times W)} \quad (4)$$

$$\text{Chlorophyll a} = \frac{[(20 \times A_{646.8}) - (4.68 \times A_{663.8}) \times V]}{(1000 \times W)} \quad (5)$$

$$\text{Carotenoids} = \frac{(1000 \times A_{480}) - (1.12 \times \text{Chla}) - (34.07 \times \text{Chlb})}{245 \times 1000 \times W} \quad (6)$$

$$\text{Total chlorophylls} = \text{Chlorophyll a} + \text{Chlorophyll b} \quad (7)$$

Em que: A: absorvância no comprimento de onda indicado (nm); V: volume final do extrato em DMSO (mL); e A: área do disco foliar ( $\text{cm}^2$ ); Cla: Clorofila a; Clb: Clorofila b

### 3.5 Planejamento e análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), arranjado em esquema fatorial 7 x 6, sendo sete tipos de revestimento (SEM: sem revestimento; SE: sem emulsão; R0: sem óleo essencial; R0.4 %; R0,6%; R0.8%; R1% de óleo essencial de capim-cidreira) e 6 tempos de avaliação (0, 3, 9, 12 e 15 dias após a aplicação e secagem dos revestimentos), totalizando 42 tratamentos e quatro repetições, com cada repetição contendo 24 frutos de umbu, totalizando 4.032 frutos em todo experimento.

Os resultados foram submetidos à análise de regressão para avaliar o efeito dos tratamentos e das variáveis, com suas respectivas interações. Os coeficientes de regressão foram estimados a partir dos dados experimentais por regressão linear múltipla e um modelo polinomial de segunda ordem. Os coeficientes de regressão do modelo quadrático foram testados, e o modelo com significância ( $p \leq 0,05$ ), falta de ajuste não significativa ( $p > 0,05$ ) e adequação do modelo ao fenômeno foi selecionado. Todas as análises foram realizadas usando-se o *software* SAS, versão *University Edition* (22).

Com a análise de regressão, avaliou-se o efeito do tempo, algumas

características apresentaram diferença significativa, e os modelos gerados apresentaram baixos valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Entretanto, para permitir a utilização do modelo estatístico, realizou-se o cálculo da falta de ajuste do efeito do tempo (Faj), que permitiu a utilização dos modelos matemáticos gerados, demonstrando que são adequados para descrever o efeito do tempo de armazenamento no comportamento das variáveis (Andre et al., 1998).

O cálculo da falta de ajuste se dá através da equação (8), que explica a variação dos tratamentos e não das repetições.

$$R^2 = \frac{\text{sQ do modelo}}{\text{sQ do tratamento}} \quad (8)$$

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização do amido de araruta

Os resultados para a caracterização química do amido de araruta estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização química de amido de araruta nativo

Caracterização físico-química	Parâmetros						
	Umidade (%)	Cinzas (%)	pH	Proteínas (%)	Lipídeos (%)	Amilose aparente (%) *	Amido total (%) *
	9,59± 0,06	0,07± 0,04	5,62± 0,02	0,91± 0,12	0,002± 0,001	37,16± 0,82	94,62± 0,68

\* Resultados expressos em base seca. Os valores relatados são as médias ± D.P (n = 3).

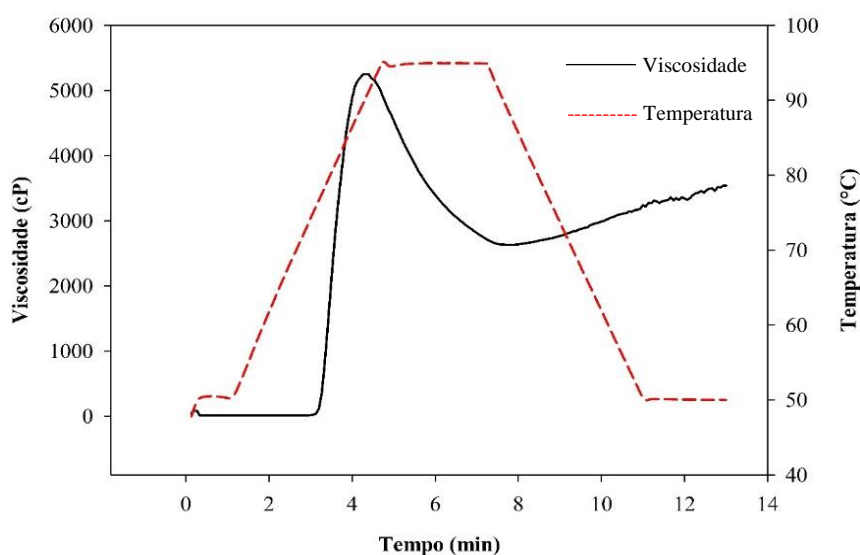
De acordo com as normas estabelecidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) no Brasil, o teor de umidade do amido deve ser inferior a 15%, sendo que o amido de araruta apresentou teor dentro do recomendado pela norma (Brasil, 2005). Manter o teor de água dentro desse limite é fundamental para assegurar a qualidade do amido e prevenir a deterioração microbológica (Cordeiro et al., 2018).

Observa-se que o conteúdo de proteínas, cinzas e lipídeos apresentaram valores baixos. A soma desses três parâmetros é inferior a 1%, demonstrando, portanto, um elevado grau de pureza (>99%) no amido nativo de araruta. Segundo Peroni et al. (2006), o grau de pureza do amido é avaliado seguindo a quantificação desses componentes, pois quanto menor for, indica que o processo de extração foi eficiente. O valor de pH está dentro do esperado, uma vez que a maioria dos amidos nativos apresenta pH próximo da neutralidade.

O valor de amido total está na faixa exigida pelo RDC nº 263 (Brasil, 2005) para que o mesmo receba a denominação de amido, que determina um valor mínimo de 80%. O teor de amilose aparente foi superior ao obtido por Gordillo et al. (2014), que ficou 16 e 27%. A diferença nos valores pode estar relacionada às condições edafoclimáticas da região de cultivo, como também ao fato dos autores terem expresso seus valores provavelmente em base úmida. O amido de araruta, por apresentar um alto teor de amilose, pode formar revestimentos/filmes com propriedades adequadas, sendo mecanicamente mais resistentes e flexíveis (Tharanathan, 2003).

#### 4.1.2 Propriedades de pasta do amido de araruta

Durante o aquecimento e agitação do amido, observa-se alguns comportamentos característicos do amido (Figura 2) e Tabela (2). Observado o comportamento do gráfico, pode-se inferir que à medida em que ocorre o aumento gradual da temperatura, os grânulos de amido gelatinizam, absorvendo água, elevando a viscosidade da mistura até atingir o pico de viscosidade máxima do amido, que é de 5262,5 cP. Amidos com valores mais elevados de viscosidade máxima levam à formação de filmes mais espessos e homogêneos, e oferecem melhor cobertura (Li et al., 2020). Em 95°C, ocorre uma redução no valor da viscosidade de pasta (2630,5 cP), que é a diferença entre o pico e o valor mínimo da viscosidade (2631,0 cP), indicando que a pasta de amido não mantém sua estabilidade sob altas temperaturas e agitação constante. Essa diminuição é devido à ruptura dos grânulos de amido, que não conseguem manter sua estrutura intacta sob essas condições, levando à lixiviação da amilose (Zhu e Xie, 2018).



**Figura 2.** Perfil de viscosidade de amido de araruta (*Maranta arundinacea*), pelo *Rapid Visco Analyzer – RVA*.

Durante o resfriamento da pasta, as moléculas começam a se reagrupar, ocorrendo novamente um aumento menos significativo na viscosidade final (3539,5 cP). A tendência à retrogradação é determinada pela diferença entre a viscosidade mínima e a viscosidade final (Aí e Jane, 2019). A retrogradação do amido é um processo em que ocorre a recristalização dos grânulos de amido após a gelatinização e o resfriamento da pasta. A amilose é um dos principais componentes do amido, e sua interação influencia significativamente no processo (Zhang et al., 2021).

**Tabela 2.** Propriedades de pasta de amido de araruta (*Maranta arundinacea*) por *Rapid Visco Analyzer (RVA)*

<b>Parâmetros</b>	<b>Resultados</b>
Pico de viscosidade (cP)	5262,5 ± 19,09
Viscosidade mínima (cP)	2631,0 ± 26,87
Quebra da viscosidade (cP)	2630,5 ± 45,96
Viscosidade final (cP)	3539,5 ± 31,82
Tendência a retrogradação (cP)	908,5 ± 4,95
Tempo de pico (min)	4,37 ± 0,05
Temperatura de empastamento (°C)	75,5 ± 0,46

Os valores relatados são as médias ± D.P (n = 2).

Após a elaboração do filme/revestimento, a solução passa pelo processo de secagem, em que ocorre a evaporação do soluto, fazendo com que as cadeias de amido se reorganizem e formem ligações intermoleculares, sendo a amilose a primeira a retrogradar. Isso pode resultar em maior firmeza e estabilidade do gel, o que é evidente em amidos com alto teor de amilose (Niranjana e Prashantha, 2018). Takeiti et al. (2020), avaliando as propriedades químicas e de pasta do amido de banana, encontraram valores inferiores de amilose (29,76%) e, conseqüentemente, menores valores de tendência à retrogradação e temperatura de empastamento, 640 cP e 74,93 °C, respectivamente, e valor ligeiramente superior de viscosidade de pico 5641 cP.

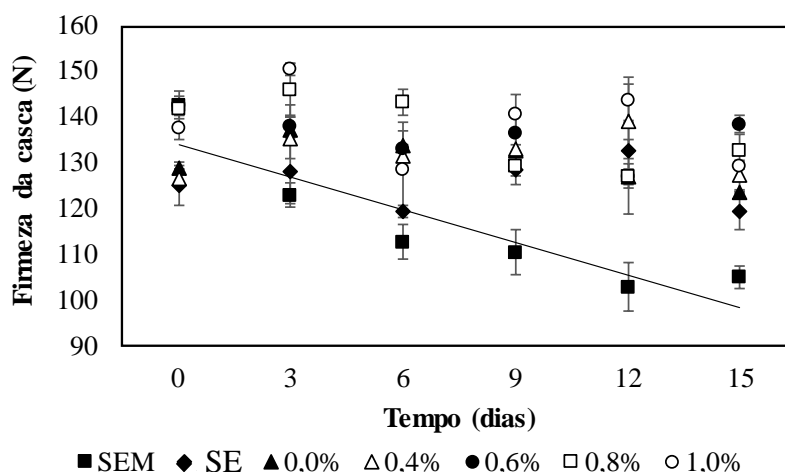
## **4.2 Parâmetros de qualidade pós-colheita de umbu**

### **4.2.2 Firmeza de casca, firmeza da polpa e perda de massa**

Para a firmeza de casca, firmeza da polpa e perda de massa, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos. Dessa forma, foi avaliado o efeito do tempo

de armazenamento para cada tratamento separadamente. Além disso, ajustes estatísticos foram realizados com o objetivo de gerar modelos matemáticos capazes de prever o comportamento das variáveis ao longo do período de armazenamento. Como critério de significância dos modelos, foi calculado o valor de  $R^2$  e a falta de ajuste (Faj).

Ao analisar o comportamento da firmeza da casca ao longo do período de armazenamento, observou-se que o tratamento SEM diferiu significativamente dos demais tratamentos com 26% de redução (Figura 3). Os revestimentos com diferentes concentrações de capim-cidreira não apresentaram diferença significativa em função do período de armazenamento, sendo os revestimentos SE, R0, R0.4, R0.6 e R0.8 e R1% os que apresentaram uma menor redução da firmeza de casca com (4,5%, 4,1%, 4,3%, 3%, 6% e 5%), respectivamente. A Equação 9 representa o modelo gerado para a variação da firmeza da casca (FC) em função do tempo (t), para o tratamento sem revestimento (SEM).

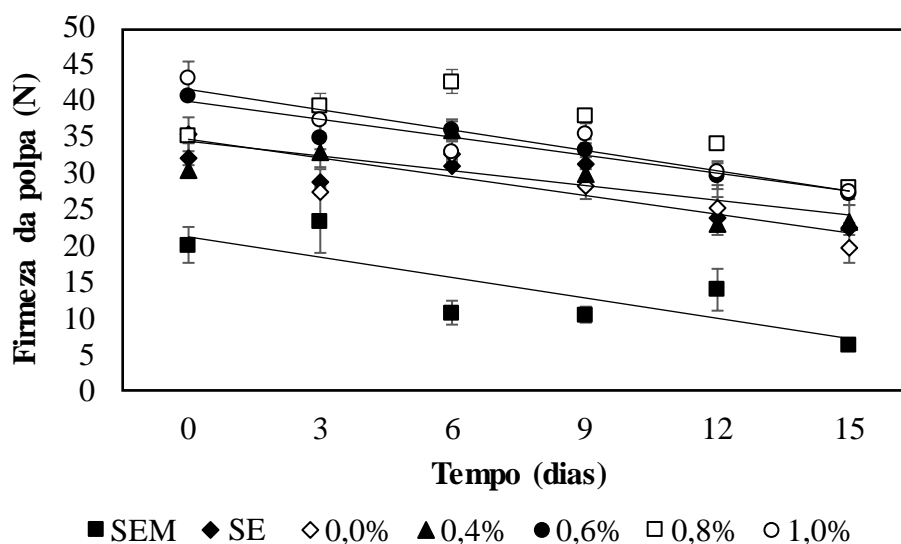


**Figura 3.** Firmeza de casca de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com (SE- sem emulsão) e diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira (R0%, R0.4%, R0.6%, R0.8% e R1%). Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média.

$$FC_{SEM} = -2,39001t + 134,09660 \quad (R^2 = 0,8156. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (9)$$

A firmeza de polpa (FP) apresentou diferença significativa para os tratamentos, SEM e R0 com maior redução aos 15 dias (68% e 43%). Seguido pelo R0.4, R0.6 e R1, com 29%, 32% e 35%, respectivamente (Figura 4).

Os tratamentos SE e o R0,8 não apresentaram diferença significativa, apresentando uma redução menos acentuada da firmeza de polpa com 23% e 20%, respectivamente. Modelos lineares (Equações 10-14) foram ajustados aos dados experimentais em função do tempo. Observando a inclinação da reta e o valor do coeficiente angular (a), é possível inferir quais tratamentos apresentaram menor variação no tempo, neste caso, o revestimento R0.4 levou a uma menor redução da firmeza de polpa e o SEM e R1 com maiores variações.



**Figura 4.** Firmeza de polpa de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com (SE- sem emulsão) e diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira (R0%, R0.4%, R0.6%, R0.8% e R1%). Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média:

$$FP_{SEM} = -0,92784t + 21,22619 \quad (R^2 = 0,7446. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (10)$$

$$FP_{R0} = -0,84762x + 34,65159 \quad (R^2 = 0,5951. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (11);$$

$$FP_{R0,4} = -0,67392x + 34,54131 \quad (R^2 = 0,5876. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (12);$$

$$FP_{R0,6} = -0,81778x + 39,88403 \quad (R^2 = 0,8902. \text{ Não significativo para Faj}); \quad (13)$$

$$FP_{R1} = -0,92315x + 41,51290 \quad (R^2 = 0,8732. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (14);$$

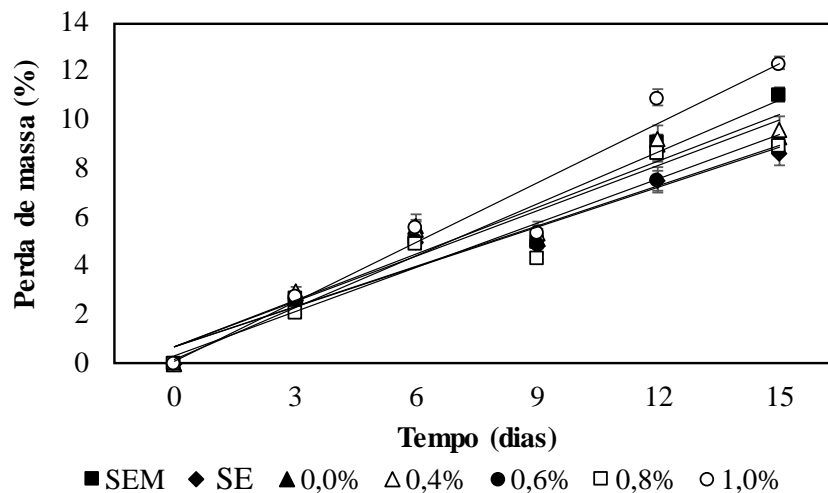
A viabilidade das frutas é mensurada principalmente por mudanças na aparência visual e texturais, relacionadas à redução de firmeza de casca e de polpa.

A redução mais acentuada nesse parâmetro, para as amostras SEM, R0, R0.4, R0.6 e R1, pode ser ocasionada pela ação de enzimas hidrolíticas, como a celulase e a

poligalacturonase, que decompõem as macromoléculas presentes na parede celular, reduzindo a força coesiva que as mantêm unidas, levando ao amaciamento das frutas (Almeida et al., 2024). Além dos processos degradativos das substâncias pectíneas, na polpa ocorre o processo de transformação do amido em monossacarídeos, como a glicose (Bajaj et al., 2023). A utilização do revestimento, neste trabalho, foi capaz de reduzir a perda de firmeza da polpa e da casca ao longo do armazenamento, nos tratamentos SE e R0.8.

Bilal e Hashmi (2023) relatam que as características dos revestimentos/filmes podem levar à redução de firmeza e umidade das frutas, afetando a qualidade final do produto. Os mesmos autores estudaram os efeitos do OE de alecrim em mangas, constatando um menor amaciamento nas frutas.

Os valores de perda de massa (PM) dos tratamentos diferiram significativamente no tempo ao longo dos 15 dias de armazenamento (Figura 5), sendo realizada a análise de regressão para gerar um modelo (Equações 15-21) que comprovasse a validade dos resultados obtidos.



**Figura 5.** Perda de massa de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com (SE-sem emulsão) e diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira (R0%, R0.4%, R0.6%, R0.8% e R1%). Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média.

$$PM_{SEM} = 0,70865t + 0,16981 \quad (R^2 = 0,9396. \text{ Não Significativo para Faj}) \quad (15);$$

$$PM_{SE} - y = 0,54956x + 0,65657 \quad (R^2 = 0,9545. \text{ Não Significativo para Faj}) \quad (16);$$

$$PM_{R0} - y = 0,61977x + 0,66963 \quad (R^2 = 0,8965. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (17);$$

$$PM_{R0,4} - y = 0,63497x + 0,69099 \quad (R^2 = 0,9593. \text{ Não Significativo para Faj}) \quad (18);$$

$PM_{R0,6} - y = 0,54997x + 0,69389$  ( $R^2 = 0,9397$ . Não Significativo para Faj) (29);

$PM_{R0,8} - y = 0,61020x + 0,25086$  ( $R^2 = 0,9242$ . Não Significativo para Faj) (20);

$PM_{R1} - y = 0,81904x + 0,02782$  ( $R^2 = 0,9487$ . Não Significativo para Faj) (21).

O comportamento observado para perda de massa neste estudo foi similar para todos os tratamentos, porém, quando observada a inclinação da reta e o coeficiente angular ( $a$ ), nota-se que os tratamentos SEM e R1 foram os que apresentaram maior perda de massa (12%) e os tratamentos SE, R0, R0.4, R0.6 e R0.8 com menores valores de perda de massa (9%). A redução desta característica nos tratamentos é ocasionada pelo processo de transpiração, fenômeno que pode levar à perda de massa, murchamento, redução da qualidade e vida útil pós-colheita dos frutos, sendo influenciada por fatores ambientais, como temperatura e umidade relativa do ar (Strano et al., 2022).

Estando relacionada ao armazenamento dos frutos, a umidade relativa do ar (UR), durante o armazenamento, ficou com valor próximo a 70%, sendo o ideal em torno de 95%, pois, quando a umidade está baixa, o gradiente de vapor d'água entre a fruta e o ambiente é maior, isso estimula a difusão de água da fruta para o ar, intensificando a transpiração e, conseqüentemente, a fruta perde água mais rapidamente, podendo levar ao murchamento (Alwan et al., 2023). A temperatura utilizada foi de 12 °C, que foi selecionada com base em estudos anteriores realizados por Santos et al, (2007) e Medeiros De Medeiros Teodosio (2021b), que constataram danos pelo frio em umbus armazenados em temperaturas inferiores à utilizada, como a 10 °C e 11 °C.

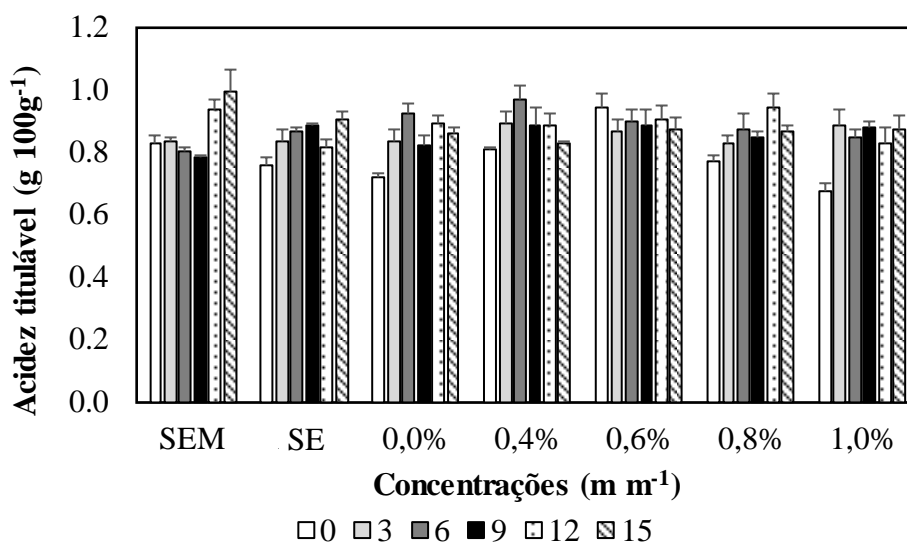
Os revestimentos reduziram de forma discreta a perda de massa por transpiração entre o primeiro e o último dia de avaliação. Os resultados evidenciam a interação do componente hidrofóbico, presente na matriz polimérica, ou seja, a água com a parte apolar da emulsão, não somente o óleo essencial, mas outros componentes, como óleo de canola que a formaram, levando a uma pequena redução na perda de massa dos frutos. Todavia, há a necessidade de estudos futuros com variações na temperatura e umidade relativa do ar.

### **4.2.3 Acidez titulável, pH e sólidos solúveis**

Não houve diferença significativa entre os tratamentos para acidez titulável (AT) durante o período de avaliação (Figura 6). Em todos os tratamentos avaliados, no primeiro dia, o valor de AT se encontrava entre 0,83g.100 g<sup>-1</sup> e 0,89g.100g<sup>-1</sup> de fruto. Para os

tratamentos R0.4, R0.6 e R0.8, houve um aumento menos significativo da AT (2,26 %, 7,80% e 10,89%), respectivamente, e os tratamentos SEM, SE e R0 com 20%, 19,65% e 19,70%, após 15 dias de armazenamento.

O amadurecimento é sinalizado através de um conjunto de reações químicas, influenciadas pelo metabolismo do etileno e da respiração, sendo de síntese e degradação de compostos, como açúcares e ácidos orgânicos, constituintes que contribuem para o sabor da fruta e aceitação no mercado (Simkova et al., 2024).



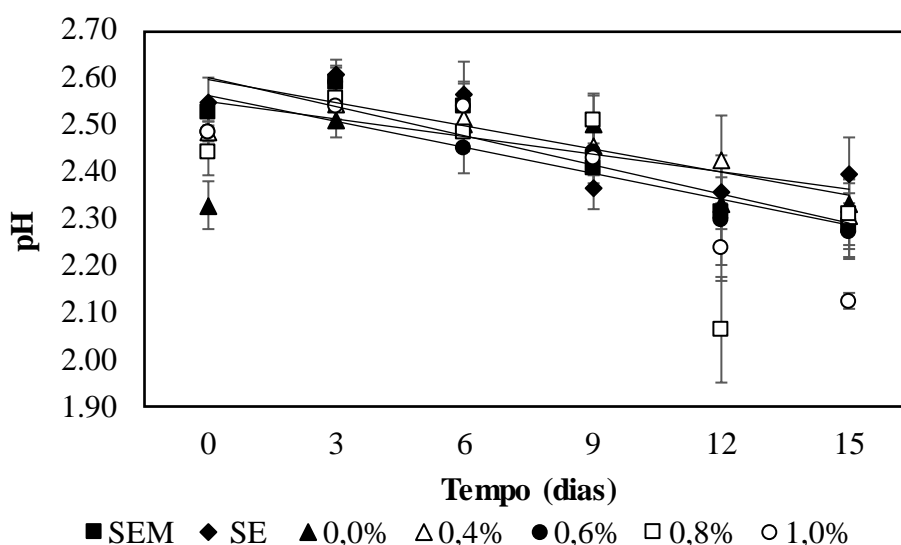
**Figura 6.** Acidez titulável de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com (SE- sem emulsão) e diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira (R0%, R0.4%, R0.6%, R0.8% e R1%). Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média.

Devido ao amadurecimento, a tendência dos frutos de umbu é reduzir a acidez titulável, uma vez que não há interferência da barreira, levando em consideração que o processo de respiração está bem mais ativo nos frutos com ausência de revestimento. Neste estudo, observou-se um incremento significativo nos valores de acidez para os tratamentos SEM e SE, que pode ser atribuído ao acúmulo de ácidos orgânicos, como o ácido cítrico ou galacturônico, proveniente da degradação da parede celular, tendo em vista que esse ácido é um componente fundamental da pectina (Zhang et al., 2021).

Carneloss et al. (2021), avaliando o efeito do uso de revestimento de fécula de mandioca e lactato de cálcio em mamão, observaram um aumento da acidez oriundo da formação do ácido galacturônico durante o amadurecimento.

Os tratamentos com revestimento aumentaram a acidez aos 15 dias, com exceção do R0.6, que diminuiu. Essa redução pode ser em decorrência da presença da barreira semipermeável da película, tendo em vista que o comportamento de atmosfera modificada que ele oferece influencia no balanceamento dos gases internos e, conseqüentemente, na respiração dos frutos, reduzindo a entrada de O<sub>2</sub> e saída de CO<sub>2</sub> (Sharma et al., 2024). Sendo assim, o teor de ácidos orgânicos tende a diminuir durante o amadurecimento, pois são utilizados como substratos para produção de açúcares e no processo respiratório (Silva et al., 2024). Montalvo-González et al. (2014) observaram, em *Spondias purpurea* L, aumento nos valores de acidez, quando os frutos foram armazenados em ambiente com presença de oxigênio e redução naqueles armazenados em recipiente hermético, ou seja, menor taxa respiratória pela ausência do O<sub>2</sub>.

O pH dos frutos variou significativamente ao longo do tempo de armazenamento, com diferença no percentual de redução entre os tratamentos com e sem revestimento (Figura 7). Em relação ao tempo, apenas os tratamentos SEM, SE, R0.6 e R1 apresentaram diferença significativa no tempo. Após a análise de regressão, foi necessário realizar os ajustes estatísticos para gerar um modelo (Equações 22-25) que comprovasse a validade dos resultados obtidos. O tratamento SEM foi o que apresentou a maior redução de pH (9,54 %), enquanto nos demais tratamentos, como o R0 e o R0.8, a redução foi de 3% e 7%, respectivamente.



**Figura 7.** pH de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com (SE- sem emulsão) e diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira (R0%, R0.4%, R0.6%, R0.8% e R1%). Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média.

$$\text{pH}_{\text{SEM}} = -0,02069x + 2,60004 \quad (R^2 = 0,7733. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (22)$$

$$\text{pH}_{\text{SE}} = -0,01630x + 2,59683 \quad (R^2 = 0,6536. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (23)$$

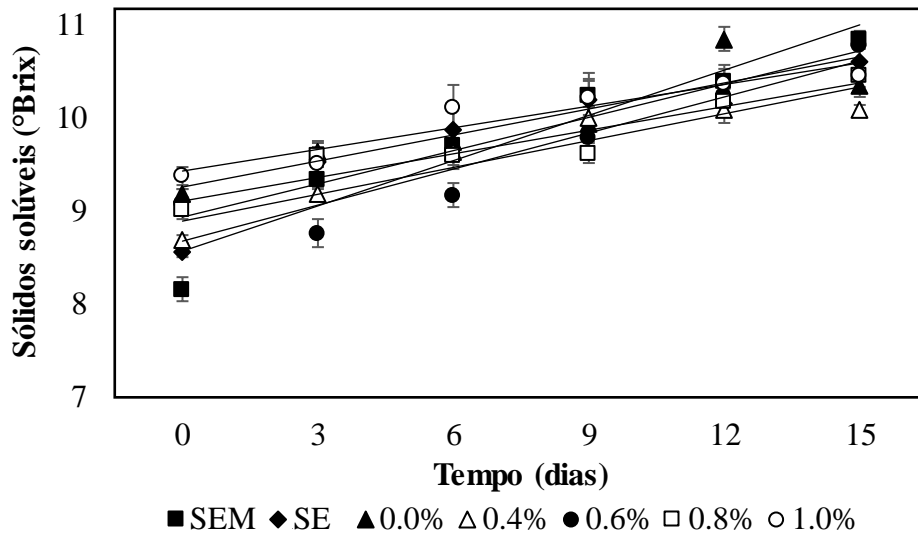
$$\text{pH}_{\text{R0.6}} = -0,01841x + 2,56235 \quad (R^2 = 0,7809. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (24)$$

$$\text{pH}_{\text{R1}} = -0,02684x + 2,59534 \quad (R^2 = 0,6006. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (25)$$

Os valores de pH diminuíram ao final do período de armazenamento, tanto para os tratamentos com e sem revestimento. De acordo com Etienne et al. (2013), isso pode ter ocorrido, pois, durante o amadurecimento, as frutas acumulam ácidos orgânicos nos vacúolos das células, os quais liberam íons de hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) na solução, reduzindo o pH.

Os sólidos solúveis representam as modificações referentes ao conteúdo de açúcar (Silva et al., 2024). Os tratamentos apresentaram, ao longo do armazenamento, diferença estatística e os modelos matemáticos foram ajustados (Equações 26-32), com o objetivo de avaliar o comportamento desse parâmetro de qualidade em função do tempo de armazenamento (Figura 8).

O tratamento sem revestimento (SEM) foi o que apresentou um maior incremento nos valores, 27,37% em relação ao primeiro dia. Seguido pelos tratamentos SE e R06, com 25,64% e 21,62%. Durante o período de 9 dias, o tratamento R0.8 se manteve estável, aumentando novamente com 12 dias, e os demais tratamentos aumentaram sucessivamente a cada 3 dias. Para os tratamentos R0, R0.4, R0.8 e R1, o aumento foi menos significativo, com 14,74%, 16,16%, 15,84% e 11,53%, respectivamente, aos 15 dias.



**Figura 8.** Sólidos solúveis de umbu sem revestimento (SEM) e revestido com (SE- sem emulsão) e diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira (R0%, R0.4%, R0.6%, R0.8% e R1%). Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média.

$$SS_{SEM} = 0,43890x + 8,32505 \quad (R^2 = 0,9176. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (26)$$

$$SS_{SE} = 0,37892x + 8,53926 \quad (R^2 = 0,8712. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (27)$$

$$SS_{R0} = 0,30357x + 8,93630 \quad (R^2 = 0,7962. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (28)$$

$$SS_{R0.4} = 0,29020x + 8,61483 \quad (R^2 = 0,8835. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (29)$$

$$SS_{R0.6} = 0,39769x + 8,27106 \quad (R^2 = 0,8751. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (30)$$

$$SS_{R0.8} = 0,25505x + 8,87107 \quad (R^2 = 0,8954. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (31)$$

$$SS_{R1} = 0,23251x + 9,20970 \quad (R^2 = 0,9033. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (32)$$

O comportamento observado para o conteúdo de SS nos tratamentos está relacionado ao processo natural de amadurecimento, no qual ocorre uma elevada atividade de enzimas, como a sacarase e amilase, que decompõem os carboidratos em cadeias menores, como o amido presente na polpa e na casca das frutas (Almeida et al., 2024).

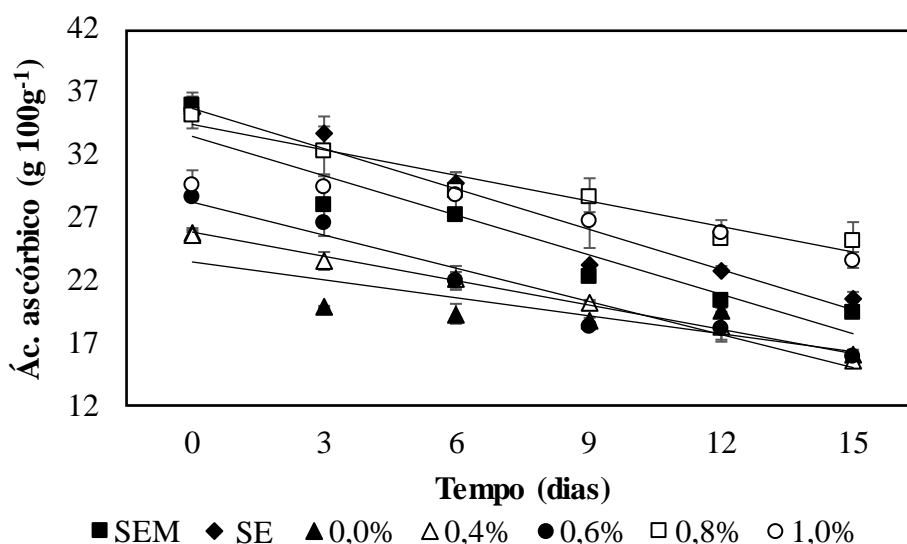
Nos frutos com revestimento, como R0.8 e R1, o menor aumento de 13,67% e 10,34%, respectivamente, pode ser devido ao uso da atmosfera modificada, podendo ter influenciado na redução da hidrólise do amido, pois reduz o processo respiratório e a síntese do hormônio etileno. Esse processo estimula a síntese enzimática que leva aos processos degradativos responsáveis por acelerar o amadurecimento (Yahia e Carrillo-Lopez, 2018).

Teodósio et al. (2021) relataram o aumento no teor de sólidos solúveis e pH em umbus revestidos com a microalga *Chlorella* sp e óleo essencial de semente de romã, armazenados a 24 °C, por 12 dias.

#### **4.2.4 Conteúdo de ácido ascórbico**

O conteúdo de ácido ascórbico (AA) diferiu-se significativamente com relação ao tempo, apresentando redução gradual nos valores durante o período de armazenamento (Figura 9). O tratamento SEM foi o que apresentou a maior redução ao longo do armazenamento (45%), seguido pelos tratamentos SE e R0.6 (41,56 % e 44, 19 %), respectivamente.

Para os tratamentos R0.8 e R1, a redução foi menos acentuada no decorrer do período de 15 dias, 28 % e 20 %, respectivamente, ao final do período de avaliação em relação aos valores iniciais. Ajustes estatísticos foram feitos a partir dos dados experimentais com o objetivo de gerar modelos matemáticos (Equações 33-38) capazes de prever o comportamento desta variável, que foi significativa para os tratamentos SEM, SE, R0, R0.4, R0.6 e R0.8 em relação ao tempo.



**Figura 9.** Ácido ascórbico de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com (SE- sem emulsão) e diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira (R0%, R0.4%, R0.6%, R0.8% e R1%). Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média.

$$AA_{SEM} = -1,04632x + 33,47081 \quad (R^2 = 0,8987. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (33);$$

$$AA_{SE} = -1,07549x + 35,72568 \quad (R^2 = 0,9437. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (34);$$

$$AA_{R0} = -0,47677x + 23,54931 \quad (R^2 = 0,7041. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (35);$$

$$AA_{R0,4} = -0,64107x + 25,79770 \quad (R^2 = 0,9536. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (36);$$

$$AA_{R0,6} = -0,88004x + 28,24423 \quad (R^2 = 0,9478. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (37);$$

$$AA_{R0,8} = -0,68375x + 34,47675 \quad (R^2 = 0,8841. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (38);$$

Segundo Almeida et al. (2024), a redução no conteúdo de ácido ascórbico é decorrente do processo de maturação e as condições de armazenamento. A maior redução nos valores observados nos tratamentos pode ser devido a uma maior taxa respiratória que induz ao amadurecimento. Nesse processo, a fruta passa por diversas mudanças metabólicas, como degradação de parede celular e dos ácidos orgânicos, que podem aumentar a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), radicais livres produzidos, sendo o superóxido ( $O_2^-$ ) e o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) (Khaliq et al., 2015). Tendo em vista seu papel antioxidante, o AA reage com os radicais livres, neutralizando sua

instabilidade e transformando-os em espécies menos reativas, ampliando sua ação protetora (Fenesh et al., 2019).

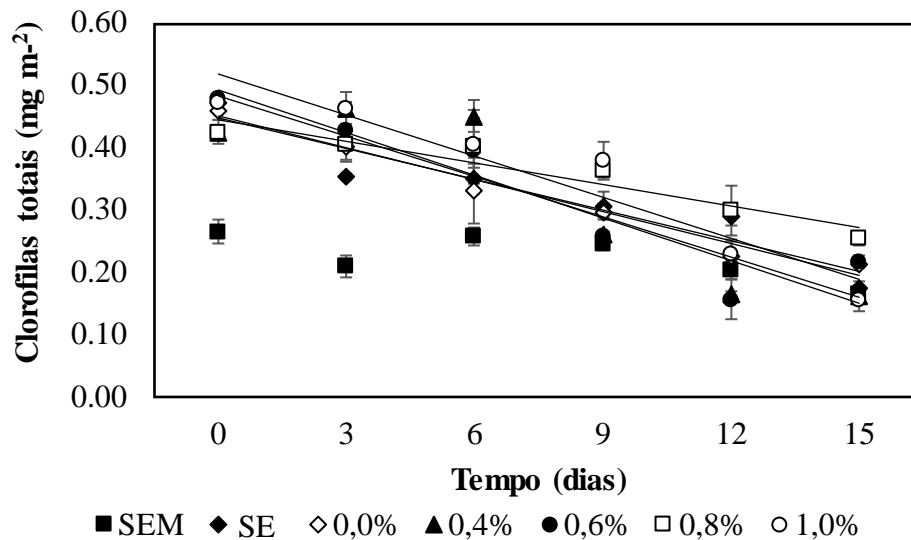
De Medeiros Teodosio et al. (2020a) e Melo e Andrade (2010) avaliaram o comportamento de compostos bioativos em frutos de umbu e relataram que o conteúdo de ácido ascórbico diminuiu durante o processo de amadurecimento.

A utilização do revestimento R0.8 e R1 pode ter levado a uma redução nos processos citados acima, que levam ao amadurecimento decorrente da menor produção do etileno e, assim, a uma menor redução no conteúdo de ácido ascórbico. O AA atua em processos bioquímicos de síntese, como do etileno, pois o mesmo é um cofator da ACCO (1-aminociclopropano-1-carboxílico oxidase), que é responsável por catalisar a última etapa de conversão do etileno (Meral et al., 2022). Resultados semelhantes foram encontrados por Hosseini et al. (2019), que constataram que o revestimento à base de quitosana e óleo essencial de estragão afetou o conteúdo de ácido ascórbico das frutas, restringindo a perda, em comparação com o tratamento controle.

Sendo assim, o uso do revestimento reduziu a entrada de O<sub>2</sub> e a síntese do etileno responsável pelo processo de amadurecimento dos frutos (Murphy et al., 2014).

#### **4.2.5 Teor de clorofila, carotenoides e análise de cor das frutas**

Os resultados obtidos para o conteúdo de clorofila e carotenoides estão apresentados nas Figuras 10 e 11. É possível observar que o tratamento SEM o conteúdo de clorofilas não se diferiu estatisticamente durante o período avaliado, com redução de 37% no conteúdo aos 15 dias. Para os demais tratamentos, houve diferença estatística em função do tempo de armazenamento, sendo o tratamento R0.8 aquele com menor redução ( $\approx 40\%$ ). Os modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais (Equações 39-44) foram gerados para prever o comportamento desta variável, que foi significativa para os tratamentos SE, R0, R0.4, R0.6, R0.8 e R1.



**Figura 10.** Clorofilas de umbu sem revestimento (SEM) e revestido com (SE- sem emulsão) e diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira (R0%, R0.4%, R0.6%, R0.8% e R1%). Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média.

$$CLH_{SE} = -0,01632x + 0,44745 \quad (R^2 = 0,08970. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (39);$$

$$CLH_{R0} = -0,01708x + 0,45065 \quad (R^2 = 0,9767. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (40);$$

$$CLH_{R0.4} = -0,02287x + 0,49344 \quad (R^2 = 0,8110. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (41);$$

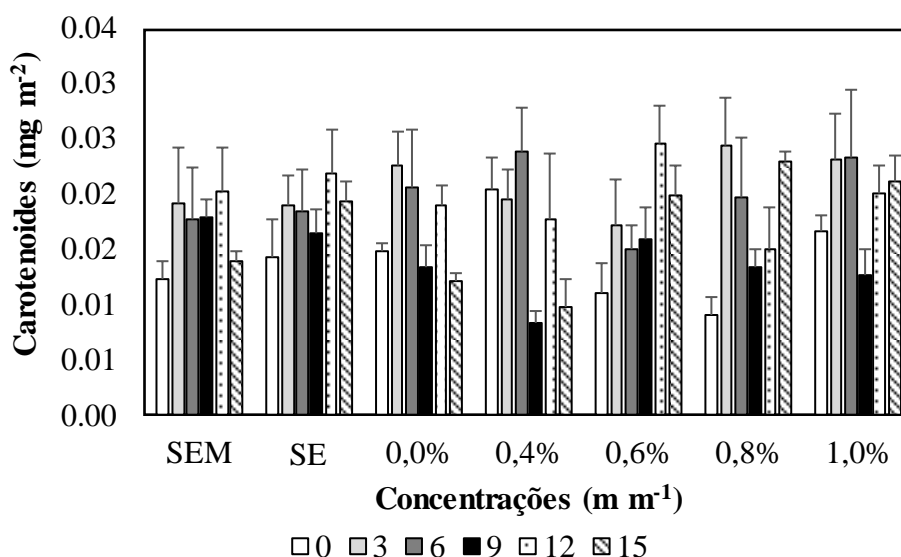
$$CLH_{R0.6} = -0,02154x + 0,48359 \quad (R^2 = 0,8719. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (42);$$

$$CLH_{R0.8} = -0,01161x + 0,44609 \quad (R^2 = 0,9131. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (43);$$

$$CLH_{R1} = -0,02204x + 0,51782 \quad (R^2 = 0,9103. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (44);$$

Em contrapartida, o conteúdo de carotenoides (CAR) não se diferiu estatisticamente no tempo de avaliação. Houve um aumento de 11% para o tratamento SEM, aos 15 dias, e entre os com revestimento, o R0.8 obteve maior incremento, com 60% em relação ao primeiro dia. A redução dos valores de clorofila para os tratamentos com revestimento pode ter ocorrido devido a algum estresse oxidativo ocorrido na casca dos frutos, ocasionado pelo uso do revestimento, que pode ter promovido a sinalização para a síntese de etileno, ativando uma série de fatores de transcrição, como os fatores de resposta ao etileno (ERF). Estes fatores podem regular genes específicos responsáveis pela degradação da clorofila e outras mudanças associadas ao amadurecimento que

funciona como um sinalizador para produção de enzimas, como a clorofilase, que degrada a clorofila em feofitina (Li et al., 2023).



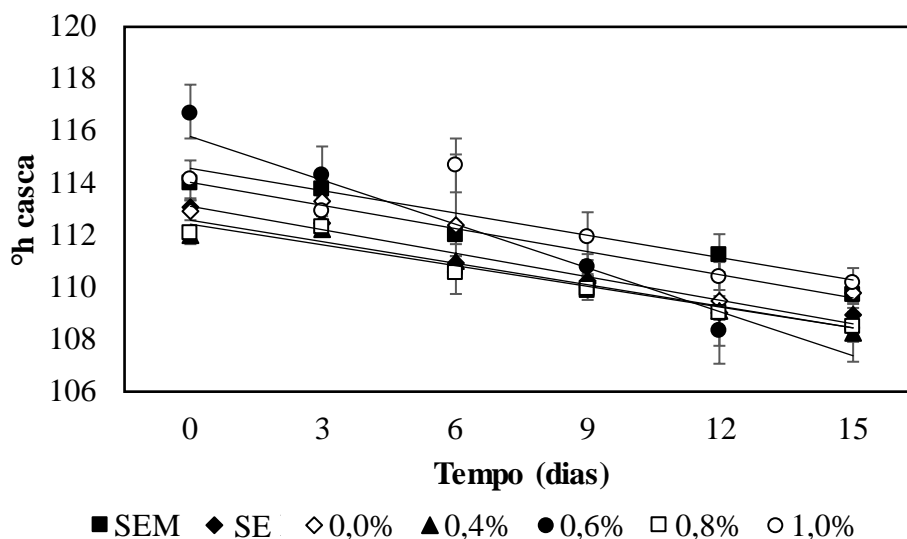
**Figura 11.** Carotenoides de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com (SE-sem emulsão) e diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira (R0%, R0.4%, R0.6%, R0.8% e R1%). Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média.

Gupta et al. (2023) relataram que os revestimentos comestíveis de bicamada à base de hidrocoloide em mangas, embora ajudassem a manter os compostos bioativos e a qualidade nutricional, não preveniam completamente a degradação da clorofila, os revestimentos poderiam retardar o processo de amadurecimento e a perda associada à cor verde, mas os níveis de clorofila ainda diminuíaam ao longo do tempo.

De Medeiros Teodosio et al. (2021b) observaram que umbus revestidos com *Chlorella* sp. enriquecidos com óleo de semente de romã não apresentaram diferença no conteúdo de carotenoides, no período de armazenamento.

Durante o armazenamento, a polpa e a casca do umbu passaram por modificações, devido ao processo de amadurecimento. Observou-se que o ângulo de tonalidade da casca (h°) (Figura 12), com exceção do tratamento R0, alterou significativamente durante o período de armazenamento, variando de 114,06° a 108,73°, mostrando a transição da tonalidade verde-amarelo. Observando a inclinação da reta dos modelos ajustados (Equações 45-50), é possível observar que o tratamento R0.6 apresentou a maior inclinação e, conseqüentemente, uma maior variação do ângulo de tonalidade. Para hue (h°) da polpa, a alteração só foi significativa para os tratamentos SEM, SE e R0.4, com

variação de 113,85° a 108,68°. Os demais tratamentos não foram significativamente alterados no período avaliado (Figura 13). Modelos lineares (Equações 51-53) foram ajustados aos dados experimentais em função do tempo.



**Figura 12.** Ângulo h° da casca de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com (SE- sem emulsão) e diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira (R0%, R0.4%, R0.6%, R0.8% e R1%). Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média.

$$^{\circ}\text{HC}_{\text{SEM}} = -0,29738x + 114,05420 \quad (R^2 = 0,6294. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (45);$$

$$^{\circ}\text{HC}_{\text{SE}} = -0,30128x + 113,07996 \quad (R^2 = 0,9633. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (46);$$

$$^{\circ}\text{HC}_{\text{R0.4}} = -0,27425x + 112,58396 \quad (R^2 = 0,9801. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (47);$$

$$^{\circ}\text{HC}_{\text{R0.6}} = -0,56289x + 115,77775 \quad (R^2 = 0,6785. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (48);$$

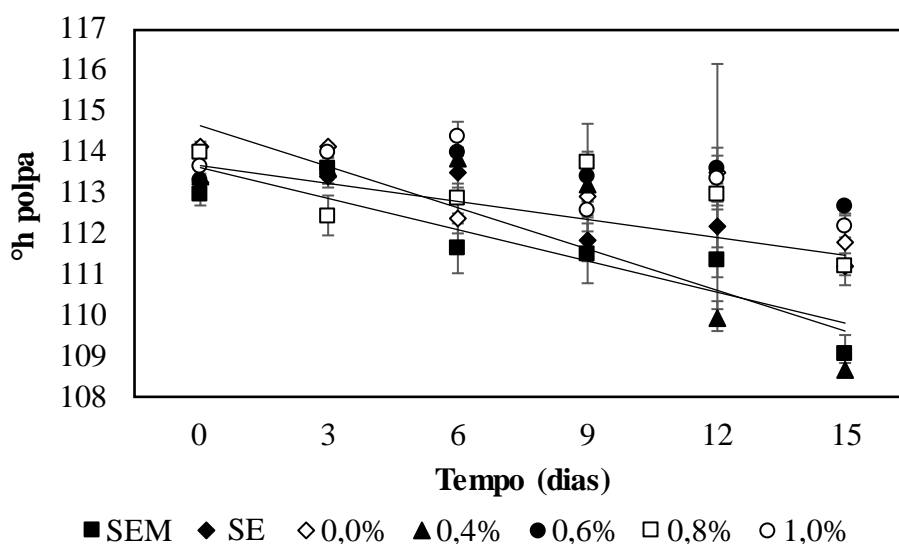
$$^{\circ}\text{HC}_{\text{R0.8}} = -0,26988x + 112,45123 \quad (R^2 = 0,8509. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (49);$$

$$^{\circ}\text{HC}_{\text{R1}} = -0,28675x + 114,55425 \quad (R^2 = 0,7343. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (50)$$

A cor da casca e da polpa das frutas é determinada pela presença e proporção de diferentes pigmentos, como clorofila e carotenoides que conferem a cor verde e amarela, que vão se degradando durante o amadurecimento (Li et al., 2023). A modificação de cor observada para as frutas com revestimento, mais especificamente as com diferentes concentrações de OE, apresentaram a maior variação na cor verde (Clorofilas). Isso pode ter ocorrido devido à maior atividade das clorofilases, que são as enzimas, que fazem a degradação da clorofila e a mudança para cor amarelada. Além disso, essa mudança pode ser ocasionada por processos oxidativos, em função de estresse sofrido pelo fruto, que

pode ser pelo frio ou adição de compostos presentes na matriz polimérica, como o óleo essencial, que possui na sua composição compostos bioativos capazes de causar perturbações na membrana celular, induzindo à liberação de (EROs).

Bakkali et al. (2008) mostraram que, em células eucarióticas, os óleos essenciais podem afetar membranas celulares organelas, como mitocôndrias que, dependendo do tipo e concentração, podem exibir efeitos citotóxicos em células vivas. Dentre os tratamentos com revestimento, o R0 foi o que apresentou uma menor variação, com 2,80%, sendo este o tratamento com ausência de óleo essencial, somente com os componentes da emulsão, corroborando os dados de cromaticidade, que não foi significativo no tratamento.



**Figura 13.** Ângulo  $h^\circ$  da polpa de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com (SE- sem emulsão) e diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira (R0%, R0.4%, R0.6%, R0.8% e R1%). Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média.

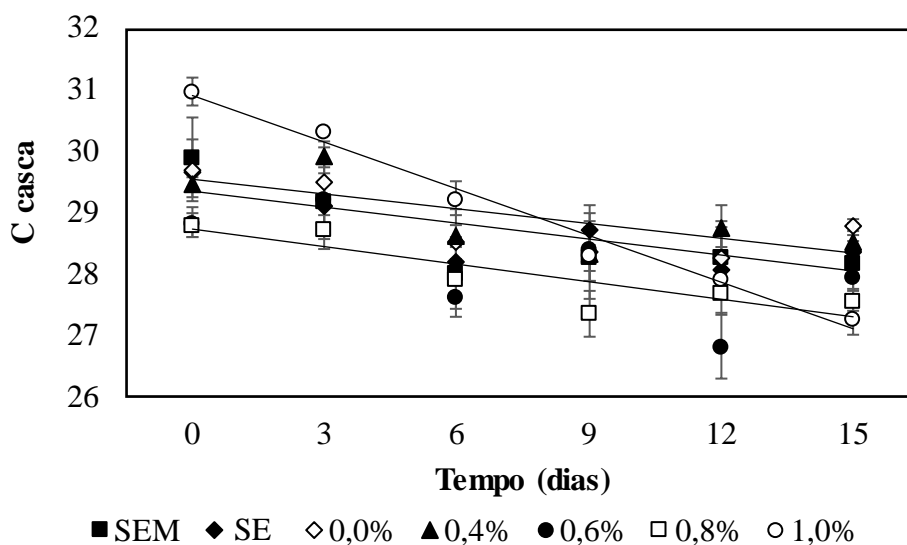
$$^{\circ}\text{HP}_{\text{SEM}} = -0,25209x + 113,58923 \quad (R^2 = 0,8808. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (51);$$

$$^{\circ}\text{HP}_{\text{SE}} = -0,14668x + 113,68111 \quad (R^2 = 0,7468. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (52);$$

$$^{\circ}\text{HP}_{\text{R0.4}} = -0,33430x + 114,62486 \quad (R^2 = 0,7734. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (53);$$

Os dados de cromaticidade da casca (Figura 14) foram significativamente alterados no tempo para os tratamentos SE, R0.4, R0.8 e R1, variando de  $29,07^\circ$  para  $27,02^\circ$ . Entretanto, para os tratamentos SEM, R0 e R0.6, não foi observada diferença. Modelos

lineares (Equações 54-57) foram ajustados aos dados experimentais em função da significância dos dados no tempo.



**Figura 14.** Cromatidade da casca de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com (SE- sem emulsão) e diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira (R0%, R0.4%, R0.6%, R0.8% e R1%). Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média.

$$CRC_{SE} = -0,08661x + 28,84912 \quad (R^2 = 0,6283. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (54);$$

$$CRC_{R0,4} = -0,07994x + 29,04843 \quad (R^2 = 0,6113. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (55);$$

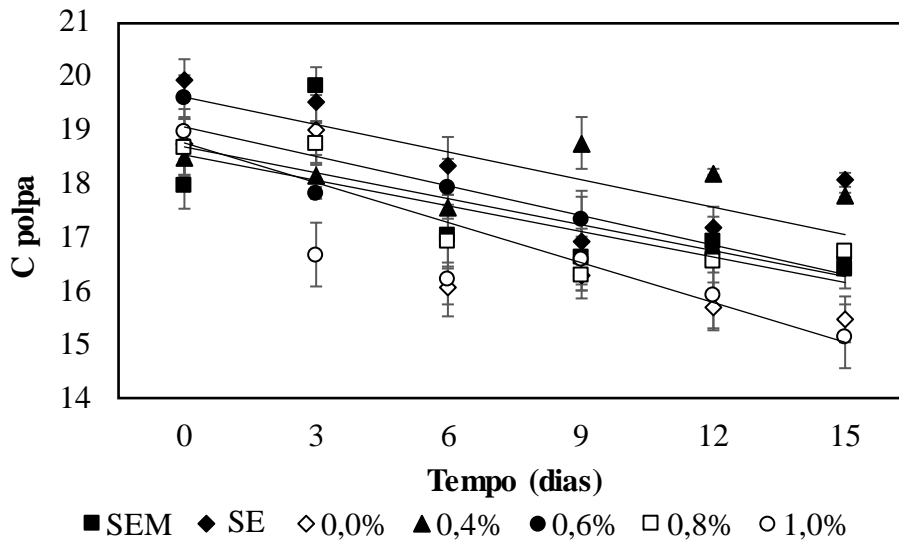
$$CRC_{R0,8} = -0,09410x + 28,22321 \quad (R^2 = 0,7342. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (56);$$

$$CRC_{R1} = -0,25427x + 30,41463 \quad (R^2 = 0,8880. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (57);$$

A alteração da cromatidade da polpa (Figura 15) não foi significativa para o R0.4 e R1. Os demais tratamentos apresentaram redução gradativamente após o 3º dia de avaliação. Os tratamentos, após serem submetidos à análise de regressão, apresentaram significância dentro do tempo, por isso, fez-se necessário os ajustes estatísticos (Equações 58-62), para gerar um modelo que comprovasse a validade dos resultados obtidos.

Os dados de cromatidade dos tratamentos apresentaram diferença significativa, o que indica uma redução na intensidade do verde, e um processo transitório para o amarelo, mediado por ações enzimáticas, responsáveis pela degradação dos pigmentos. O tratamento SEM não foi alterado significativamente para clorofila e do croma,

evidenciando a intensidade do verde. O Croma ( $C^*$ ) é uma medida da intensidade de cor ou de saturação, e varia de cores mais opacas, com valores inferiores, para cores mais vivas, para aqueles com valores superiores, influenciando a percepção visual e a atratividade do produto (Goyenèche et al., 2014).



**Figura 15.** Croma da polpa de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com (SE- sem emulsão) e diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira (R0%, R0.4%, R0.6%, R0.8% e R1%). Os dados apresentados são as médias de cada tratamento e a barra representa o erro padrão da média.

$$CRP_{SEM} = -0,16063x + 18,68665 \quad (R^2 = 0,5074. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (58);$$

$$CRP_{SE} = -0,16966x + 19,60748 \quad (R^2 = 0,6123. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (59);$$

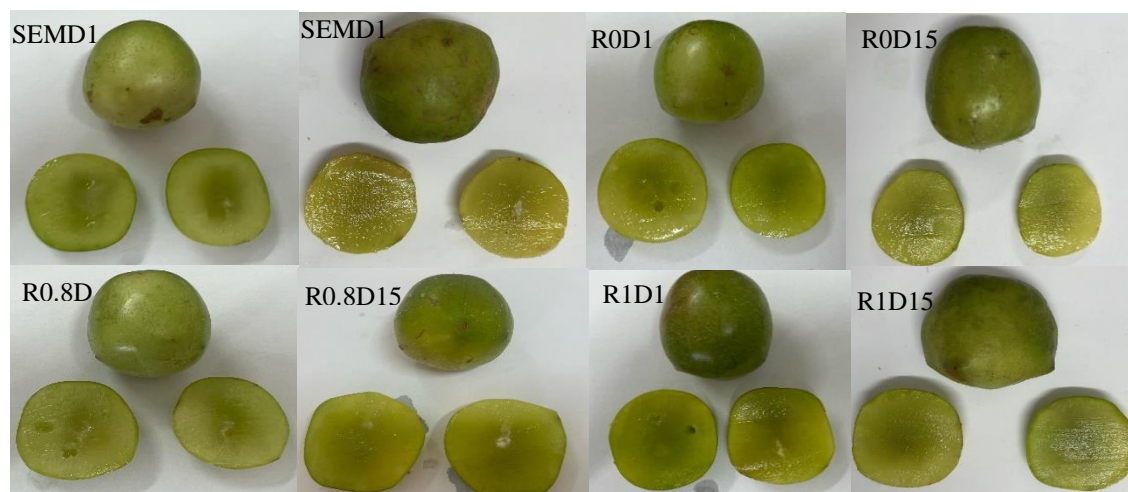
$$CRP_{R0} = -0,24913x + 18,76425 \quad (R^2 = 0,6690. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (60);$$

$$CRP_{R0.6} = -0,18167x + 19,04281 \quad (R^2 = 0,8130. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (61);$$

$$CRP_{R0.8} = -0,15903x + 18,53017 \quad (R^2 = 0,7107. \text{ Não significativo para Faj}) \quad (62);$$

A coloração da polpa variou de  $113,85^\circ$  a  $108,68^\circ$ , o que evidenciou uma transição do verde para amarelo. Essas transformações são devidas às alterações no teor de pigmentos, resultando em mudanças no ângulo hue. Como discutido anteriormente, houve a degradação da clorofila da polpa, que é responsável pela cor verde, e a síntese de carotenoides, como o beta-caroteno, que lhe confere a tonalidade amarelada, levando a uma diminuição do verde e ao surgimento de outras cores (Wu et al., 2024).

Ao mesmo tempo, carotenoides que produzem cores amarelas, alaranjadas e vermelhas, e às vezes antocianinas, que criam tons roxos ou vermelhos-escuros, vão se acumulando. Assim, a transição para núcleos amarelos, rosados, alaranjados ou vermelhos nas frutas é devido ao processo degradativo dos pigmentos, como clorofilas (Gong et al., 2024). As mudanças de cor podem ser melhor visualizadas nas Figuras 16 e 17.



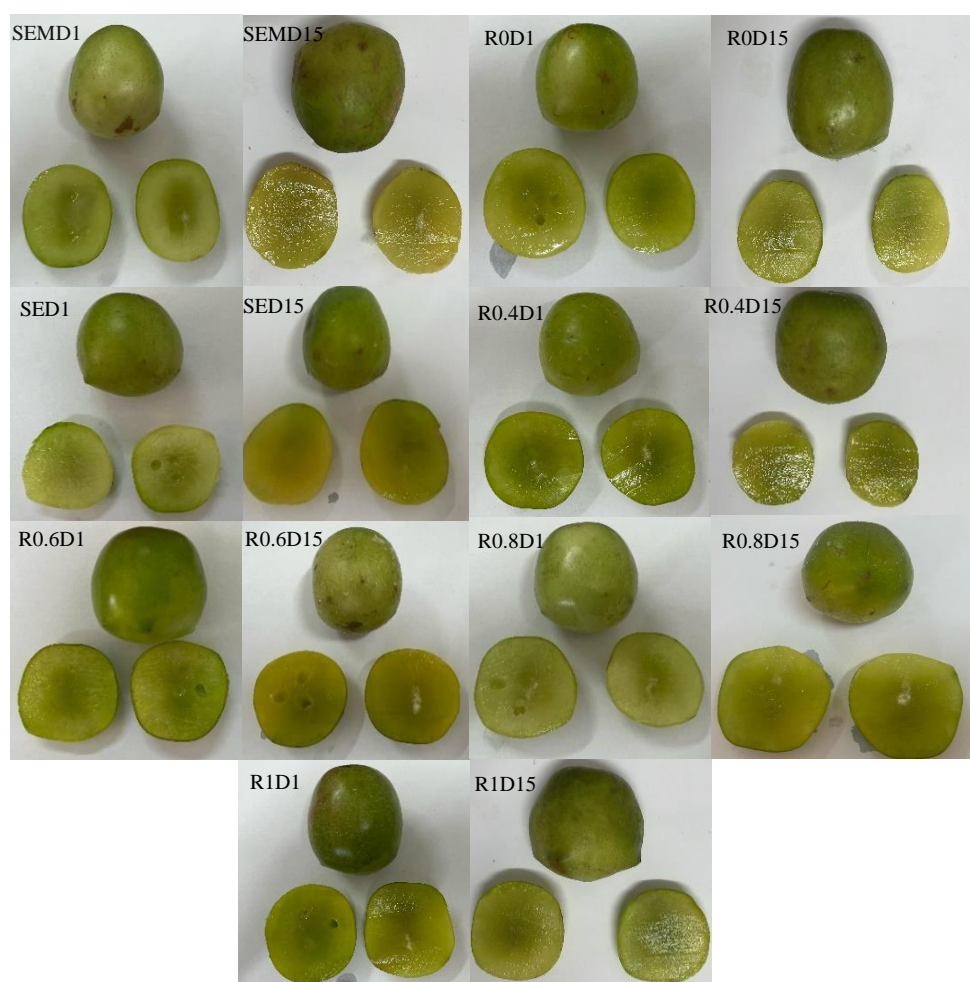
**Figura 16.** Variação de cor de polpa e casca de umbu gigante sem revestimento (SEM) e revestido com diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira. No primeiro e no último dia de avaliação (R0%, R0.8% e R1%).

#### 4.2.6 Efeito antimicrobiano da emulsão do óleo essencial de capim-cidreira

Neste estudo, o óleo essencial de capim-cidreira demonstrou ser eficaz no controle de podridões em umbu gigante (Figura 17), especialmente aquelas decorrentes de danos mecânicos durante o armazenamento, preservando a qualidade das frutas após 15 dias. Pode ser observado que, para o tratamento SEM, apresentou pequenas manchas escuras ao final do experimento, que podem ser em decorrência da presença de microrganismos “latentes”, como o fungo da antracnose, que é uma doença causada pelo fungo *Colletotrichum* spp que acomete a maioria das frutas em pós-colheita.

Há relatos desta doença em umbus, entretanto, os casos são escassos na literatura. Os danos mecânicos também são importantes portas de entrada para outros patógenos oportunistas, no desenvolvimento de podridões, e ainda acelera o amadurecimento, já que é uma fruta climatérica (Vidigal et al., 2011).

Apesar dos desafios, como a alta incidência de larvas de moscas-das-frutas, que induzem estresse devido à elevada produção de etileno, e a possível sensibilidade da epiderme da fruta às concentrações do óleo essencial no revestimento, o óleo essencial de capim-cidreira apresentou atividade fungicida/fungioestática, prevenindo o desenvolvimento da doença e a proliferação de patógenos. Segundo Ekpenyong e Akpan (2017), o citral e seus isômeros são os principais responsáveis pela atividade antimicrobiana contra patógenos específicos, sendo os componentes mais abundantes no óleo essencial de capim-cidreira.



**Figura 17.** Umbu gigantes sem revestimento (SEM) e revestidos com (SE-sem emulsão) e diferentes concentrações de óleo essencial de capim-cidreira (R0%, R0.4%, R0.6%, R0.8% e R1%). No primeiro e no último dia de avaliação.

## 5 CONCLUSÕES

A aplicação do revestimento com óleo essencial de capim-cidreira, nas concentrações de R0.8% e R1% de OE, foi eficiente para manter a firmeza de casca e

para manutenção do conteúdo de ácido ascórbico dos frutos, reduzir a degradação dos pigmentos da polpa e o aparecimento de manchas escuras na epiderme dos frutos.

O tratamento R0 foi o que melhor conservou a aparência visual do fruto, reduzindo a oxidação dos pigmentos, em decorrência da ausência do óleo essencial, e mantendo a firmeza da casca.

As frutas do tratamento SEM demonstraram um metabolismo bioquímico e fisiológico mais acelerado, durante a condução do experimento, refletindo na redução das características físico-químicas dos frutos.

A realização de estudos posteriores mostra-se necessária, tendo em vista a baixa disponibilidade de informações na literatura sobre a cultura e a aplicação de revestimentos comestíveis como ferramenta de conservação pós-colheita.

## 6 REFERÊNCIAS

Almeida, M. A.; Silva, G. L.; Gondim, G. D.; Alves, C. E. F.; Silva, M. C.; Mendes, B. A. B.; Anjos, D. A.; São José, A. R.; Veloso, C. M. Maintenance of postharvest quality of ‘Palmer’ mango coated with biodegradable coatings based on cassava starch and emulsion of lemongrass essential oil. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 277, n. 4, p. 134323, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.134323>.

Almeida, J.C.; Almeida, P.P.; Gherardi, S.R M. Potencial antimicrobiano de óleos essenciais: uma revisão de literatura de 2005 a 2018. Óleos essenciais, produtos naturais, atividades antimicrobianas. **Nutri. Time** vol.17, Nº01, jan/fev de 2020. <https://doi.org/www.researchgate.net/publication/339513003>

Almeida, E. I. B. et al. 2012 Análise das perdas de caule, folhas e frutos de hortaliças frescas comercializadas na rede varejista de Areia (PB). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável** 2 (2):81-91. <https://doi.org/10.21206/rbas.v2i2.170>

Almeida-Couto, J. M. F., Ressutte, J. B., Cardozo-Filho, L., Cabral, V. F. Current extraction methods and potential use of essential oils for quality and safety assurance of foods. **An Acad Bras Cienc** 94, (2022). <https://doi.org/10.1590/00013765202220191270>

Ai, Y.; Jane, J. L. Understanding Starch Structure and Functionality. [s.l.] **Starch in Food** n2 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100868-3.00003-2>

Alwan, T., & Ghosh, R. Advances in postharvest technology for reducing fruit transpiration and extending shelf life. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 2023. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c02345>.

Al-Sagheer, A. A., H. K. Mahmoud, F. M. Reda, S. A. Mahgoub, and M. S. Ayyat. Supplementation of diets for *Oreochromis niloticus* with essential oil extracts from lemongrass (*Cymbopogon citratus*) and geranium (*Pelargonium graveolens*) and effects on growth, intestinal microbiota, antioxidant and immune activities. **Aquac. Nutr.** 24:1006–1014 2018. <https://doi.org/10.1111/anu.12637>

Andre, C.D.C; Elian, S.N Tavams, R.; -USP Coeficientes de determinação na regressão de mínima soma dos erros absolutos e sua utilização em problemas de selecao de variáveis- **resumo** USP 1998.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Official Methods of Analysis of AOAC International, 20th Edition, Gaithersburg, USA. 2016.

Chaudhari, A.K; Dwivedi, Das, A N.K. Dubey, Application of chitosan and other biopolymers based edible coatings containing essential oils as green and innovative strategy for preservation of perishable food products: A review, **Int. J. Biol. Macromol.** 253 (2023) 127688. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127688>

Barroso, G. M. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, v. 2. p. 377. 1991

Barufaldi, M. Araruta: a farinha esquecida pelos brasileiros. Disponível em: <http://www.diariodemarilia.com.br/Noticias/121533/Araruta-a-farinha-esquecida-pelos-brasileiros> acessado 20/10/2022.

Barboza, H. T. G.; Soares, A. G.; Ferreira, J. C. S.; Freitas Silva, O. Filmes e revestimentos comestíveis: conceito, aplicação e uso na pós-colheita de frutas, legumes e vegetais. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e9911931418, 3 jul. 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31418>

Barbosa, D.C A.; Barbosa, M.C.A.; Lima, L.C M. Fenologia de espécies lenhosa da Caatinga. In: Leal, I. R.; Tabarelli, M.; Silva J. M. C. (Ed.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2003. 657-694 p. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000300011>

Barreto, L. S.; Castro, M. S. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do umbu**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. 64 p. <http://www.bibliotecadigital.abong.org.br/handle/11465/304>

Batista, F.R da C.; Silva, S. de M.; Santana, M. de F.S; C, A.R. **O umbuzeiro e o Semiárido brasileiro**. Instituto Nacional do Semiárido brasileiro. Campina Grande, PB. 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-7167201100060000>

Bakkali, F S. Averbeck, D. Averbeck, M. Idaomar, Biological effects of essential oils – A review, **Food and Chemical Toxicology**, Volume 46, Issue 2, 2008, Pages 446-475, ISSN 0278-6915, <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>.

Bajaj, K; Adhikary, T; P.P.S. Gill, Kumar, A; Edible coatings enriched with plant-based extracts preserve postharvest quality of fruits: A review, **Progress in Organic Coatings**, Volume 182, 2023, 107669, ISSN 0300-9440. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2023.107669>

- Bilal, H., & Hashmi, S. M. Combination of rosemary oil and potassium sorbate controls anthracnose in mango fruit by triggering defense-related enzymes. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 127, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2023.102112>
- Bemiller, J. N. Starches: molecular and granular structures and properties. **Carbohydrate chemistry for food scientists**, v. 3, p. 159-189, 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812069-9.00006-6>
- Bemiller, J. N.; Huber, K. C. Physical Modification of Food Starch Functionalities. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 6, n. 1, p. 19–69, 2015. doi: 10.1146/annurev-food-022814015552. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022814-015552>
- Bertoft, E. Understanding Starch Structure: Recent Progress. **Agronomy**. v.7, p.56; 2017. doi:10.3390/agronomy7030056,7(3), 56. <https://doi.org/10.3390/agronomy7030056>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 20, de 21 de jul. de 1999. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 27 jul. 1999.
- Bomfim, M.P.; Lima, G.P.P.; São José, A.R.; Vianello, F.; Oliveira, L.M. Conservação pós-colheita de manga ‘tommy atkins’ com 1-metilciclopropeno. **Revista brasileira de fruticultura**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. 290-297, outubro 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500036>
- Bosquez-Molina, E., Ronquillo-de Jesús, E., Bautista-Banos, S., Verde-Calvo, J.R., ~ Morales-López, J., 2010. Inhibitory effect of essential oils against *Colletotrichum gloeosporioides* and *Rhizopus stolonifer* in stored papaya fruit and their possible application in coatings. **Postharvest Biol. Technol.** 57, 132–137. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.03.008>
- Ben Arfa, A. et al. Antimicrobial activity of carvacrol related to its chemical structure. **Letters in Applied Microbiology**, v. 43, n. 2, p. 149-154, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765x.2006.01938.x>
- Bligh, E.G.; Dyer, W.J.A. rapid method of total lipid extraction and purification. **Can. J. Physiol.**, v. 37, n.8, p. 911-917, 1959. <https://doi.org/10.1139/o59-099>
- Brito Araújo, A.J.; da Silva, W.P.; dos Santos Moreira, I.; Santos, N.C. Effect of drying temperature on the physicochemical characteristics, bioactive compounds, and antioxidant activity of “Palmer” mango peels. *Journal of Food Process Engineering*, v. 44, p. e13860, 2021. <https://doi.org/10.1111/JFPE.13860>
- Carnelossi, M. A. G et al. Uso de revestimento de fécula de mandioca e lactato de cálcio em mamão minimamente processado. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e373101119508-e373101119508, 2021
- Cavalcanti, N. B.; Resende, G. M.; Brito, L. T. de L. Levantamento da produção de xilopódios e os efeitos de sua retirada sobre a frutificação e persistência de plantas nativas de imbuzeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 927-942,

2002. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2015.619298>.

Cavalcanti, N. De B.; Resende, G. M. de. Ocorrência de xilopódio em plantas nativas de imbuzeiro. **Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 3, p. 287-293, 2006. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237117570009>

Campos, C.O. **Frutos de umbuzeiro (Spondias tuberosa Arruda):** características físico-químicas durante seu desenvolvimento e na pós-colheita. 2007. 131 f. **Tese** (Doutorado em Ciências Agronômicas) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agronômicas Campus de Botucatu. Botucatu.

Cazé Filho, J. **Propagação vegetativa do umbuzeiro (Spondias tuberosa Arr. Câmara) por estaquia.** 1983. 48 f. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia) – Escola de Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, Areia.

Costa, F. R.; Rêgo, E. R.; Rêgo, M. M.; Neder, D. G.; Silva, S. M.; Schunemann, A. P. P. Análise biométrica de frutos de umbuzeiro do semiárido brasileiro. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 3, p. 682- 690, 2015. <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n3a2015-22844>

Corradini, E.; Lotti, C.; Medeiros, E.S.; Carvalho, A.J.F.; Curvelo, A.A.S.; Mattoso, L.H.C. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. **Polímeros** v. 15, p. 268–273, 2005. <https://doi.org/10.1590/s0104-14282005000400011>

Costa, L. C. B. et al. Secagem e fragmentação da matéria seca no rendimento e composição do óleo essencial de capim-limão. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 956-959, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000400019>

Cordeiro, M.J.M.; Veloso, C.M.; Santos, L.S.; Bonomo, R.C.F.; Caliar, M.; Fontan, R. da C.I. The impact of heat-moisture treatment on the properties of Musa paradisiaca L. Starch and optimization of process variables. **Food Technology e Biotechnology**, v. 56, p. 506–515, 2018. <https://doi.org/10.17113/ftb.56.04.18.5490>

Charles, A.L., Cato, K., Huang, T.C., Chang, Y.H., Ciou, J.Y., Chang, J.S., Lin, H.H. Functional properties of arrowroot starch in cassava and sweet potato composite starches. **Food Hydrocolloids**, 53, 187–191. 2016. . <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-11-4067>

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

Dantas Junior, O. R.; **Qualidade e capacidade antioxidante total de frutos de genótipos de umbuzeiro oriundos do semi-árido nordestino.** 2008. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

Damodaran, S.; Parkin, K. L. **Química de Alimentos de Fennema.** 5. ed. Porto Alegre: 2019.

De la Torre-Gutiérrez L, Chel-Guerrero LA, Betancur-Ancona D (2008) Functional properties of square banana (Musa balbisiana) starch. **Food Chem** 106:1138–1144.

2007. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.044>

De Medeiros Teodosio, A.E.M; Santos, B.G.F.L; Linné, J.A; Preservation of *Spondias tuberosa* Fruit with Edible Coatings Based on *Chlorella* sp. Enriched with Pomegranate Seed Oil During Storage. **Food Bioprocess Technol** 14, 2020–2031 (2021) b. <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02704-0>

De Medeiros Teodosio, A. E. M.; Araújo, R. H. C. R.; Santos, B. G. F. L.; Linné, J. A., Medeiros, M. L. S.; Onias, E. A.; Lima, J. F. Effects of edible coatings of *Chlorella* sp. containing pomegranate seed oil on quality of *Spondias tuberosa* fruit during cold storage. **Food Chemistry**, 338, 127–916, 2020a <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127916>

Donmez, D.; Pinho, L.; Patel, B.; Desam, P.; Campanella, O. H. Characterization of starch–water interactions and their effects on two key functional properties: starch gelatinization and retrogradation. **Current Opinion in Food Science**, v. 39, p. 103–109, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.12.018>

Ebrahimi, F.; Rastegar, S. (2020). Preservation of mango fruit with guar-based edible coatings enriched with *Spirulina platensis* and *Aloe vera* extract during storage at ambient temperature. **Scientia Horticulturae**, 265. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109258>

Etienne A, Génard M, Lobit P, Mbéguié-A-Mbéguié D, Bugaud C. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. **J Exp Bot**. 2013 Apr; 64 (6):1451-69. doi: 10.1093/jxb/ert035. Epub 2013 Feb 13. PMID: 23408829. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert035>

Ekpenyong, C. E., & Akpan, E. E. Use of *Cymbopogon citratus* essential oil in food preservation: Recent advances and future perspectives. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition** 2017. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1016140>

Gonçalves, N. P.; Saturnino, H. M.; Donato, S. R. Umbuzeiro: a fruteira da Caatinga. Epamig – Empresa de pesquisa agropecuária de Minas Gerais, ago. 2019. **Jornal Grande Bahia**.

Gordillo, C. A. S., Valencia, G. A., Zapata, R. A. V., & Henao, A. C. A. Physicochemical characterization of arrowroot starch (*Maranta arundinacea* Linn) and glycerol/arrowroot starch membranes. **International Journal of Food Engineering**, 10(4), 727–735. 2014. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2014-0122>

Goyeneche, R., Agüero, M. v., Roura, S., & di Scala, K. (2014). Application of citric acid and mild heat shock to minimally processed sliced radish: Color evaluation. **Postharvest Biology and Technology**, 93, 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.02.011>

Gupta, V., Meena, N.K., Kumar, A. *et al.* Hydrocolloid-Based Bilayer Edible Coatings Maintain Bioactive Compounds and Nutritional Quality of ‘Dashehari’ Mango (*Mangifera Indica* L.) Fruits. **Food Bioprocess Technol** 17, 2483–2498 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03257-0>

Granja, R. de C. B., Neves, F. P. de A., Feitoza, G. S., de Seixas, J. R. P. C., Siqueira,

L. C. da S., Neto, C. R. L. de A. L., da Silva, M. V., Correia, M. T. dos S., de Souza, M. P., & da Cunha, M. das G. C. (2021). Avaliação do efeito do revestimento à base de quitosana na conservação pós-colheita do Umbu / Evaluation of the effect of chitosan-based coating on the post-harvest conservation of Umbu. **Brazilian Journal of Development**, 7(10), 95693–95706. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n10-066>

Hassan, B.; Chatha, S.A.S.; Hussain, A. I.; Zia, K. M.; Akhtar, N. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, 109 p. 1095-1107, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097>

Helal, G.E.D.A.; Sarhan, M.M.; Abu Shahla, A.N.K.; Abou El-Khair, E.K. Effects of *Cymbopogon citratus* L. essential oil on the growth, morphogenesis and aflatoxin production of *Aspergillus flavus* ML2-strain. **Journal of Basic Microbiology**, v. 47, p. 5-15, 2007. <https://doi.org/10.1002/JOBM.200610137>

Hiscox, J.D., Israelstam, G.F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian Journal of Botany*, v. 57, p. 1332–1334, 1979. <https://doi.org/10.1139/b79-163>

Hosseini, S. F., Amraie, M., Salehi, M., Mohseni, M., & Aloui, H. (2019). Effect of chitosan-based coatings enriched with savory and/or tarragon essential oils on postharvest maintenance of kumquat (*Fortunella* sp.) fruit. **Food Sciences and Nutrition**, 7, 155–162. <https://doi.org/10.1002/fsn3.835>

Hoover, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydrate polymers*. **Carbohydrate Polymers**, v. 45, p. 253–267, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(00\)00260-5](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(00)00260-5)

Jafarzadeh, S.; Mohammadi Nafchi, A.; Salehabadi, A.; Oladzad-abbasabadi, N.; Jafari, S.M. Application of bio-nanocomposite films and edible coatings for extending the shelf life of fresh fruits and vegetables. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 291, p.102405, 2021. <https://doi.org/10.1016/J.CIS.2021.102405>

Jo, W.-S., Song, H.-Y., Song, N.-B., Lee, J.-H., Min, S. C., & Song, K. B. (2014). Quality and microbial safety of ‘Fuji’ apples coated with carnauba-shellac wax containing lemongrass oil. **LWT-Food Science & Technology**, 55(2), 490–497. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2013.10.034>

Khaliq, G., Muda Mohamed, M.T., Ali, A., Ding, P., Ghazali, H.M., 2015. Effect of gum arabic coating combined with calcium chloride on physico-chemical and qualitative properties of mango (*Mangifera indica* L.) fruit during low temperature storage. **Sci. Hortic.** 190, 187–194. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.04.020>

Kapetanakou, A. E., Nestora, S., Evageliou, V., & Skandamis, P. N. (2019). Sodium alginate-cinnamon essential oil coated apples and pears: Variability of *Aspergillus carbonarius* growth and ochratoxin-A production. **Food Research International**, 119, 876–885. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.072>

Koch, K.; Gillgren, T.; Stading, M.; Andersson, R. Mechanical and structural properties of solution-cast high-amylose maize starch films. **International Journal of**

**Biological Macromolecules**, v. 46, p. 13–19, 2010.  
<https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2009.10.002>

Kupervaser, M. G., Traffano-Schiffo, M. V., Dellamea, M. L., Flores, S. K., & Sosa, C. A. Trends in starch-based edible films and coatings enriched with tropical fruits extracts: a review. **Food Hydrocolloids for Health** (Vol. 4). Elsevier B.V. 2023  
<https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2023.100138>

Lima, M. A. C.; Silva, S. M. **Qualidade e conservação pós-colheita**. In: Drumond, M. A.; Aidar, S. T.; Nascimento, C. E. S.; Oliveira, V. R. Umbuzeiro: avanços e perspectivas. Petrolina: Embrapa Semiárido. p.177-215.2016.  
<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1046560>

Lima, C. G.; Vilela, A. F. G.; Silva, A. A. S.; Piannovski, A. R.; Silva, K. K.; Carvalho, V. F. M.; Musis, C. R.; Machado, S. R. P.; Ferrari, M. Desenvolvimento e avaliação da estabilidade física de emulsões O/A contendo óleo de babaçu (Orbignya oleifera). **Revista Brasileira de Farmácia**, Rio de Janeiro, 89, 239-245, 2006  
<https://doi.org/10.1590/S1516-93322006000400008>

Lin, L., Peng, S., Shi, C., Li, C., Hua, Z., Cui, H., 2022. Preparation and characterization of cassava starch/sodium carboxymethyl cellulose edible film incorporating apple polyphenols. **Int. J. Biol. Macromol.** 212, 155–164.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.05.121>.

Li, L.; Sun, J.; Gao, H.; Shen, Y.; Li, C.; Yi, P.; Tang, Y. (2017). Effects of Polysaccharide-Based Edible Coatings on Quality and Antioxidant Enzyme System of Strawberry during Cold Storage. **International Journal of Polymer Science**, 2017, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2017/9746174>

Li, Y., Wang, Y., & Chen, H. (2020). Thermal and rheological properties of starches from diferente botanical sources. **Food Hydrocolloids**.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111467>

Li,Z; Chen. C; Zou. D; Li. J; Huang. Y; 2023. Ethylene accelerates grape ripening *via* increasing *VvERF75*-induced ethylene synthesis and chlorophyll degradation. **Fruit Research** 3:3 <https://doi.org/10.48130/FruRes-2023-0003>

Lopez-Palestina, U.C.; Aguirre-Mancilla, L.C.; Raya-P´erez, C.J.C.; Ramírez Pimentel, G.J.; Gutiérrez-Tlahque, J.; Hernandez-Fuentes, D.A.D. (2018). The effect of an edible coating with tomato oily extract on the physicochemical and antioxidant properties of Garambullo (*Myrtillocactusgeometrizans*) fruits. **Agronomy**, 8(248), 1–14. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy8110248>

Lorenzi, H.; Souza, H. M. **Plantas Ornamentais no Brasil - arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2. ed. 1999. 617p

Maia, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: Leitura & Arte, 2004, pg 413. Maqbool, M., Ali, A., Alderson, P.G., 2010c. Effect of lemongrass oil on incidence of anthracnose disease and postharvest quality of banana fruits. In: Proc. 9th International Annual Symposium on Sustainability Science and Management ‘Towards a Healthier and Sustainable Future’, 8–11 May, 2010.

Maqbool, M., Ali, A., Alderson, P. G., Mohamed, M. T. M., Siddiqui, Y., & Zahid, N. (2011). Postharvest application of gum Arabic and essential oils for controlling anthracnose and quality of banana and papaya during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, 62(1), 71–76.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.04.002>

Maia, G. A.; Oliveira, G. S. F. De O.; Figueiredo, R. W. **Curso de especialização em tecnologia de processamento de sucos e polpa tropicais: matérias-primas**. Brasília, DF: ACEAS, 1998. v. 2, p. 219-224.

Mapa - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Registracional de cultivares; 2019. Disponível em:  
[www.sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/](http://www.sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/). Acesso em: 08/08/2022

Mancianti, F.; Ebani, V.V.; 2020. “Biological activity of essential oils”. **Molecules** 25(3):678. <https://doi.org/10.3390/molecules25030678>

Martins, L. P.; Silva, S. M.; Alves, R. E.; Filgueiras, H. A. C. Fisiologia do dano pelo frio em ciriguela (*Spondias purpurea* L.). **Revista brasileira de fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 23-26, 2003. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-271/14>

Martinez, César; Cuevas, Federico. **Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz**. Guia de estudo, CIAT, 1989.

Martínez, K. Et Al. The Effect of Edible Chitosan Coatings Incorporated with *Thymus capitatus* Essential Oil on the Shelf-Life of Strawberry (*Fragaria x ananassa*) during Cold Storage. **Biomolecules**, v. 8, n. 4, p. 155, 21 nov. 2018. <https://doi.org/10.3390/biom8040155>

Mendes, B.V. **Plantas das caatingas (umbuzeiro, juazeiro e sabiá)**. Mossoró: Fundação Vingt-Un Rosado p.111. 2001

Meral, Y.Y; Mahmut, Ş; Hasan, S; Effect of grape derivatives and cross-linked maize starch coatings on the storage life of strawberry fruit, **Progress in Organic Coatings**, Volume 167, 2022,106850, ISSN 0300-9440. 2022.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.106850>

Melo, E. A., & Andrade, R. A. M. S. (2010). Compostos bioativos e potencial antioxidante de frutos do umbuzeiro. **Alimentos e Nutrição**, 21, 453–457

Miller, A.J.; Knouft, J.H. GIS-based characterization of geographic distribution of wild and cultivated populations of the mesoamerican fruit tree *Spondias purpurea* (Anacardiaceae). **American Journal of botan.**, v.93, n 12. p. 1757-1767. 2006.  
<https://doi.org/10.3732/ajb.93.12.1757>

Motlagh, S.; Ravines, P.; Karamallah, K.A.; Ma, Q. The analysis of Acacia gums using electrophoresis. **Food Hydrocolloids**, 20(6), 848–854 2006.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.08.007>

Moraes, O.M.G., Chaves, M.B., 1988. Método espectrofotométrico para a determinação de amido em produtos cárneos.

Murphy, L.J.; Robertson, K.N.; Harroun, S.G.; Brosseau, C.L.; Werner-Zwanziger, U.; Moilanen, J.; Tuononen, H.M.; Clyburne, J.A.C. A simple complex on the verge of breakdown: Isolation of the elusive cyanofomate ion. **Science**, v. 344, n. 6179, p. 75–78 2014. <https://doi.org/10.1126/science.1250808>

Montalvo-González, E., García, H.S., Mata-Montes de Oca, M., Tovar-Gómez, B., Efecto de la luz en ciruela mexicana manejada en diferentes condiciones de almacenamiento. *CyTA – J. Food*. 9, 65–70 2014. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017787>

Murmu, S. B., & Mishra, H. N. The effect of edible coating based on Arabic gum, sodium caseinate and essential oil of cinnamon and lemon grass on guava. **Food Chemistry**, 245, 820–828 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.104>

Mukarram, M.; Choudhary, S.; Kurjak, D.; Petek, A.; Khan, M.M.A. Drought: Sensing, signalling, effects and tolerance in higher plants. **Physiologia Plantarum**, v. 172, p. 1291–1300, 2021. <https://doi.org/10.1111/PPL.13423>

Murmu, S.B.; Mishra, H.N. Optimization of the arabic gum based edible coating formulations with sodium caseinate and tulsi extract for guava. **LWT - Food Science and Technology**, v. 80, p. 271-279, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.018>

Nascimento, S. S. et al. 2016a. **Levantamento de perdas pós-colheita de frutas tropicais em Chapadinha (MA)**. In: Farias, M. F. et al. Tópicos em produção agrícola no leste maranhense: Livro CCAA/UFMA. 1 ed. São Luis, MA; EDUFMA. pp.216-223.

Oduro, K. O. Edible Coating. **Postharvest Technology - Recent Advances, New Perspectives and Applications**; 2021 <https://doi.org/10.5772/intechopen.95208>

Oliveira, E.N.A.; Santos, D.C. **Tecnologia e processamento de frutos e hortaliças**. Natal: IFRN, p.234. 2015 <http://memoria.ifrn.edu.br/handle/1044/363>

Oyom W., Z. Zhang, Y. Bi, R. Tahergorabi, Application of starch-based coatings incorporated with antimicrobial agents for preservation of fruits and vegetables: a review, **Prog. Org. Coat.** 166 (2022) 106800, <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.106800>.

Parisi, M.C.M; Henrique, C.M; Prati, P; Doenças pós-colheita: Um entrave na comercialização; **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 12, n. 2, Jul- Dez 2015

Park, E. Y.; Ma, J. G.; Kim, J.; Lee, D. H.; Kim, S. Y.; Kwon, D. J.; Kim, J. Y. Effect of dual modification of HMT and crosslinking on physicochemical properties and digestibility of waxy maizestarch. **Food Hydrocolloids**, v. 75, p. 33–40, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.09.017>

Pérez-Vergara, L.D.; Cifuentes, M.T.; Franco, A.P.; Pérez-Cervera, C.E.; Andrade-Pizarro, R.D. Development and characterization of edible films based on native cassava starch, beeswax, and propolis. **NFS J.** 2020, 21, 39–49. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.09.002>

Peroni, F. H. G., Rocha, T. S., & Franco, C. M. L. (2006). Some structural and

physicochemical characteristics of tuber and root starches. **Food Science and Technology International**. <https://doi.org/10.1177/1082013206073045>

Pires, E. S.; Amaro, C. L.; Freitas, I. A. S.; Lima, G. H. F.; Ganem, E. L. O.; Matos, F. S. Análise de crescimento de plantas de umbuzeiro sob diferentes concentrações de giberelina. **Revista Agrarian**, Dourados, v.13, n. 48, p.141-150, 2018. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v13i48.7990>

Prakash, A.; Baskaran, R.; Vadivel, V. Citral nanoemulsion incorporated edible coating to extend the shelf life of fresh cut pineapples. **LWT – Food Science and Technology**, v. 118, p. 108851, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108851>

Queiróz, M.A.; Umbuzeiro: avanços e perspectivas. Petrolina: Embrapa Semiárido.p.177-215.2016.doi: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1046560>

Rehman M.A; Asi M.R.; Hameed, A; Bourquin L.D; Effect of postharvest application of *Aloe vera gel* on shelf life, activities of anti-oxidative enzymes, and quality of ‘Gola’ guava fruit. **International Journal of Food Science**. (2020) **9**, no. 10. <https://doi.org/10.3390/foods910136132992728>

Reyes, M. A. M. **Generalidades y aplicación de películas y recubrimientos comestibles en la cadena hortofrutícola**. [s.l.] Universidad Autónoma Agraria, Buenavista, 2011.

Ribeiro, M.; **Cientistas desenvolvem as primeiras cultivares de umbuzeiro**. 2022 Disponível em <https://ruralpecuaria.com.br/tecnologia-e-manejo/fruticultura/cientistas-desenvolvem-as-primeiras-cultivares-de-umbuzeiro.html>. Acesso: 08/07/2024

Santos, A. M. P.; Melo, E. A. Application of edible biopolymer coatings to extend the storage life of fresh fruits and vegetables. In: Moraes, M. A. M; Silva, C. F; Viera, R. S. (org.). **Biopolymer Membranes and Films: Health, Food, Environment, and Energy Applications**. Elsevier, 2020, p. 505-513.

Sarantópoulos, C.I.G.L.; Moraes, B.B. Embalagens ativas e inteligentes para Frutas e Hortaliças. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos e Desenvolvimento de Embalagens – ITAL**. 2009.

Santos, F.A.R. dos; Oliveira, A.V. De; Lima, L.C.L.; Barros, R.F.M. De; Schindwein, C. P.; Martins, C. F.; Camargo, R.C.R. De; Freitas, B.M.; Kiill, L. H. P. Apícolas. In: Sampaio, E. V. S. B.; Pareyn, F. G. C.; Figueroa, J. M. De; Santos Júnior, A. G. (Ed.). **Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial**. Recife: Associação Plantas do Nordeste, 2005. p. 15-26.

Santos, C. A. F; Nascimento, C. E. S.; Araujo, F. P. **Competição de clones do umbuzeiro: cinco anos após**. In: **Encontro De Genética Do Nordeste**, Resumos... São Luís: SBG, 2002. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/134544>

Santos, L. J. S. **Características fisiológicas e qualidade dos frutos de acessos de umbuzeiro e umbu-cajazeira da coleção do IFBaiano, Campus Guanambi-BA**. 2018. 94f. Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido) –

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Bahiana Baiano, Guanambi, 2018.

Sapper, M.; Chiralt, A. Starch-Based Coatings for Preservation of Fruits and Vegetables. **Coatings** 152 (2018). <https://doi.org/10.3390/coatings8050152>

Sandoval, G. C.A Aala G, V.; Vargas, Z. R.A.; Agudelo, H. A.C.; Physicochemical characterization of arrowroot starch (maranta arundinacea linn) and glycerol/arrowroot starch membranes. **International Journal of Food Engineering**. 2014. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2014-0122>

Sadgrove, N. A Contemporary Introduction to Essential Oils: Chemistry, Bioactivity and Prospects for Australian Agriculture. **Agriculture**, v. 5, n. 1, p. 48–102, 3 mar. 2015. <https://doi.org/10.3390/agriculture5010048>

Silva, V.P. **Identificação de genótipos de umbuzeiro para consumo in natura e técnicas para manter a qualidade pós-colheita dos frutos**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina.

Silveira, J.C.; Busato, N.V.; Costa, A.O.S.; Junior, E.F.C. Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais. Goiânia, GO: **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.8,n.15, 2038-2052, 2012. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20121330>

Simkova. K; Veberic. R; Hudina M; Grohar. M.C; Pelacci. M; Smrke. T; Ivancic. T; Weber. N.C; Jakopic. J; Non-destructive and destructive physical measurements as indicators of sugar and organic acid contents in strawberry fruit during ripening, **Scientia Horticulturae**, Volume 327, 2024, 112843. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.112843>

Silva, G.L; Almeida, M.F; Rocha, J.A; Anjos, D.A; Mendes, B.B; Gondim, G.D; Silva, M.C; Alves, C.E.F; Castellani, M.A; Cardoso. A.D; Veloso, C.M; Efficiency of a coating based on cassava starch and encapsulated essential oil in postharvest storage of 'Palmer' mango, **Scientia Horticulturae**, Volume 334, 2024, 113288, ISSN 0304-4238, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113288>.

Sousa, F.F.; Pinsetta Junior, J.S.; Oliveira, K.T.E.F.; Rodrigues, E.C.N.; Andrade, J.P.; Mattiuz, B.H. Conservation of 'Palmer' mango with an edible coating of hydroxypropyl methylcellulose and beeswax. **Food Chemistry**, 346 (2021) 128925. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128925>

Sun L.; Xu, Z.; Song, L. Removal of starch granule associated proteins alters the physicochemical properties of annealed rice starches. **International Journal of Biological Macromolecules**. PMID: 34144068. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.06.082>.

Schmiele, M.; Sampaio, U. M.; Clerici, M. T. P. S. Basic Principles: Composition and Properties of Starch. Starches for Food Application, p. 1-22, **Academic Press**, 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809440-2.00001-0>

Sharma, S.C; Pathak, P; Yadav, S.P; Gautam, S; Potential of emerging “all-natural” edible coatings to prevent post-harvest losses of vegetables and fruits for sustainable agriculture, **Progress in Organic Coatings**, Volume 193, 2024, 108537, ISSN 0300-9440, <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2024.108537>.

Strano, M. C., Altieri, G., Allegra, M., Renzo, G. C. di, Paterna, G., Matera, A., & Genovese, F. (2022). Postharvest Technologies of Fresh Citrus Fruit: Advances and Recent Developments for the Loss Reduction during Handling and Storage. In *Horticulturae*. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070612>

Spagnol, W. A.; Junior, V. S.; Pereira, E.; Filho, N. G. Redução de perdas nas cadeias de frutas e hortaliças pela análise da vida útil dinâmica. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.21, nov. 2017. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.07016>

Suhag, R. et al. Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. **Food Research International**, v. 136, p. 109582, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109582>

Takeit, C.Yi; Reis, C.R; Carvalho,C.W.P; Viana,E.S; Oliveira,N.A; Neta,P.J; Oliveira,L.A.; **Propriedades Tecnológicas de Amidos Isolados de Plátanos e Bananas da Coleção de Germoplasma da Embrapa**: Embrapa Agroindústria de Alimentos Rio de Janeiro, RJ 2020.

Tharanathan, R. N. (2003). Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. **Trends in Food Science & Technology**, 14(3), 71–78. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00280-7](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00280-7)

Wu, T; Liu, B; Xiong, T; Yan, M; Zhang, J.L; Yang, Y; Hu, G.Z Mechanisms governing melon fruit skin pigmentation: Insights from transcriptome sequencing and whole-genome bisulfite sequencing analyses, **Scientia Horticulturae**, Volume 333, 2024, 113283, ISSN 0304-4238, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113283>

Wang, J.; Yuan, C.; Cui, B.; Li, J.; Gao, W.; Dong, X. The influence of calcium chloride concentration on the mechanical and barrier properties of high amylose corn starch film. **Industrial Crops and Products**, v. 188, p. 115695, 2022. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2022.115695>

Xu, X., Sun, Q., McClements, D.J., Enhancing the formation and stability of emulsions using mixed natural emulsifiers: Hydrolyzed rice glutelin and quillaja saponin, **Food Hydrocolloids**, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.11.020>

Yahia, E. M., & Carrillo-Lopez, A. Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables. 2018. México: **México Wood head Publishing**.

Yousuf, B., Wu, S., Siddiqui, M.W., 2021. Incorporating essential oils or compounds derived thereof into edible coatings: Effect on quality and shelf life of fresh/fresh-cut produce. **Trends Food Sci. Technol.** 108, 245–257. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.016>.

Younos, M. A. Synergistic inhibition of mycotoxigenic fungi contaminating bell pepper fruits by combination of citronella and lemongrass essential oils. **Indian Phytopathology**. 2024. <https://doi.org/10.1007/s42360-024-00774-6>

Zhu, F.; Xie, Q. Structure and physicochemical properties of starch. In: **Physical Modifications of Starch**. [s.l: s.n.]. p. 1–14. 2018. [http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-0725-6\\_1](http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-0725-6_1)

Zhang, J.; Ma, Y.; Dong, C.; Terry, L.A.; Christopher, B.; Yu, W.Z.; Cheng, Z.M. Meta-analysis of the effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on climacteric fruit ripening. **Horticulture Research** (2020) 7:208. <http://dx.doi.org/10.1038/s41438-020-00405-x>

Zhang, Y., Li, P., Cheng, L., & Guo, X. (2021). Changes in organic acid metabolism in citrus fruits during postharvest storage under different conditions. **Postharvest Biology and Technology**, 176, 111519. <http://dx.doi.org/10.1002/fft2.245>.