



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM HORTICULTURA
TROPICAL**

ALBERT EINSTEIN MATHIAS DE MEDEIROS TEODOSIO

**CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE UMBU RECOBERTO
COM MICROALGA E ÓLEO DA SEMENTE DA ROMÃ**

**POMBAL
2019**

ALBERT EINSTEIN MATHIAS DE MEDEIROS TEODOSIO

**CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE UMBU RECOBERTO
COM MICROALGA E ÓLEO DA SEMENTE DA ROMÃ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: DSc. Railene Hérica Carlos Rocha Araújo

**POMBAL
2019**

T314c Teodosio, Albert Einstein Mathias de Medeiros.
Conservação pós-colheita de umbu recoberto com microalga e óleo da semente da romã / Albert Einstein Mathias de Medeiros Teodosio. – Pombal, 2019.
80 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2019.

"Orientação: Profa. Dra. Railene Hérica Carlos Rocha Araújo".
Referências.

1. Umbu. 2. Conservação pós-colheita. 3. Recobrimento comestível. I. Araújo, Railene Hérica Carlos Rocha. II. Título.

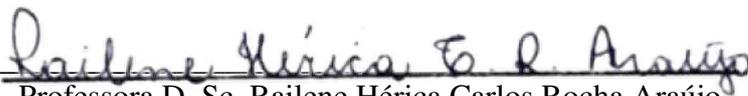
CDU 634.442:631.56(043)

ALBERT EINSTEIN MATHIAS DE MEDEIROS TEODOSIO

**CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE UMBU RECOBERTO
COM MICROALGA E ÓLEO DA SEMENTE DA ROMÃ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, para obtenção do título de Mestre.

Aprovado em: 26 de fevereiro de 2019.



Professora D. Sc. Railene Hérica Carlos Rocha Araújo
Universidade Federal de Campina Grande (CCTA – UFCG)
Orientadora



Professor D. Sc. Wellington Souto Ribeiro
Universidade Federal de Campina Grande (CCTA – UFCG)
Examinador Interno



Professora D. Sc. Emanoela Pereira de Paiva
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)
Examinador Externo

Aos meus pais, Sônia Maria Teodosio de Medeiros e Manoel Matias de Medeiros, por todos os esforços de anos a minha formação, pelo incentivo, confiança, amor e carinho, e por sempre me permitirem sonhar.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por tudo que tenho recebido, pela força, serenidade e coragem concedidas na realização dos meus sonhos.

Aos meus pais, Manoel e Sônia, pelo amor e por mais uma vez me apoiarem de forma incondicional, permitindo que este sonho se tornasse realidade, e também a minha irmã Rayssa.

À minha namorada Bárbara, por todos os momentos felizes, amor e carinho quando precisei. Aconteceram muitas coisas boas no Mestrado de Horticultura Tropical, mas ter te conhecido foi a melhor de todas!

A professora Railene Hérica Carlos Rocha Araújo por ter me aceito como seu orientando, por sua brilhante orientação, pelas críticas, sugestões, tendo um papel fundamental na elaboração deste trabalho.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudo, que foi fundamental para a conclusão dessa etapa.

A todos os professores do PPGHT, em especial a Professora Railene, Professora Marines, Professor Evandro, Professor Franciscleudo e Professor Hévilasio por terem contribuído de forma direta em minha formação.

A Bárbara e a Katia pela ajuda durante a fase experimental deste trabalho.

Aos amigos de turma: Fernando, Elny, Marcio, Darlan, Thays, Jéssica, Gisele, e Adriana, pela amizade, incentivo e sugestões durante o mestrado.

A Elny, Ana Paula, Bárbara, Jaína, Katia, Kalinne e Lucimar pela ajuda nos trabalhos e experimentos executados nas disciplinas.

Aos membros do grupo de pesquisa Elny, Fernando, Ana Paula, Ágda, Kalynne e Fabricio pela parceria e trabalho em equipe que renderam bons artigos publicados nesses anos.

Aos colegas e amigos do laboratório: Thiago, Joyce, Wellida, Rosse, Elny, Bárbara e Ana Paula que compartilharam de vários momentos agradáveis e por vezes angustiantes dentro dos laboratórios, obrigada pela amizade.

As minhas tias e aos meus primos: Kleber, Luzemberg, Joalysson, Samara e Suênyia e pelos incentivos durante esses anos.

À UFCG e todos que constituem essa grande família do CCTA campus Pombal.

Enfim, a todos que, de alguma forma, colaboraram na execução deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Resumo de análise de variância (ANOVA) dos modelos de regressão para o efeito na perda de massa, firmeza, cor da polpa do umbu com e sem a aplicação de recobrimentos comestíveis armazenados a $14 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%UR$ 35

Tabela 2. Resumo de análise de variância (ANOVA) dos modelos de regressão para o efeito no pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e relação (SS/AT) em umbu com e sem a aplicação de recobrimentos comestíveis armazenados a $14 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%UR$ 38

Tabela 3. Resumo de análise de variância (ANOVA) dos modelos de regressão para o efeito da vitamina C, carotenoides, compostos fenólicos e açúcares totais em umbu com e sem a aplicação de recobrimentos comestíveis armazenados a $14 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%UR$ 41

CAPÍTULO II

Tabela 1. Resumo de análise de variância (ANOVA) dos modelos de regressão para o efeito na perda de massa, firmeza, cor da polpa do umbu com e sem a aplicação de recobrimentos comestíveis armazenados a $24 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%UR$ 53

Tabela 2. Resumo de análise de variância (ANOVA) dos modelos de regressão para o efeito no pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e relação (SS/AT) em umbu com e sem a aplicação de recobrimentos comestíveis armazenados a $24 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%UR$ 56

Tabela 3. Resumo de análise de variância (ANOVA) dos modelos de regressão para o efeito da vitamina C, carotenoides, compostos fenólicos e açúcares totais em umbu com e sem a aplicação de recobrimentos comestíveis armazenados a $24 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%UR$ 58

CAPÍTULO III

Tabela 1. Resumo de análise de variância (ANOVA) dos modelos de regressão para o efeito na perda de massa, firmeza, cor da polpa do umbu com e sem a aplicação de revestimentos comestíveis armazenados a $14 \pm 2^\circ\text{C}$ com $85 \pm 5\%UR$ durante nove dias e transferidos a $24 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%UR$ até 12 dias. 70

Tabela 2. Resumo de análise de variância (ANOVA) dos modelos de regressão para o efeito no pH, acidez titulável, sólidos solúveis e relação (SS/AT) em umbu com e sem a aplicação de revestimentos comestíveis armazenados a $14 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%UR$ durante nove dias e transferidos a $24 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%UR$ 74

Tabela 3. Resumo de análise de variância (ANOVA) dos modelos de regressão para o efeito da vitamina C, carotenoides, compostos fenólicos e açúcares totais em umbu com e sem a aplicação de revestimentos comestíveis armazenados a $14 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%UR$ durante nove dias e transferidos a $24 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%UR$ até 12 dias. 76

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.** Frutos utilizados no experimento, UFCG, Pombal, 2018.32
- Figura 2.** Frutos armazenados a $14 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%$ UR por 12 dias, UFCG, Pombal, 2018.. 35
- Figura 3.** Perda de massa (3A) e firmeza (3B) de frutos de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.36
- Figura 4.** Coloração da casca, Luminosidade L^* na casca (4A) Ângulo Hue H° casca (4B) Cromo C^* na polpa (4C) de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.38
- Figura 5.** Mudanças de pH (5A), acidez titulável (5B), sólidos solúveis (5C) e relação (SS/AT) (5D) de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.39
- Figura 6.** Mudanças de vitamina C (6A), carotenoides (6B), compostos fenólicos (6C) e açúcares totais (6D) de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.43

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Frutos armazenados a $24 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%$ UR por 5 dias, UFCG, Pombal, 2018...53
- Figura 2.** Perda de massa (2A) e firmeza (2B) de frutos de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.54
- Figura 3.** Coloração da casca, Luminosidade L^* na casca (3A) Ângulo Hue H° casca (3B) Cromo C^* na polpa (3C) de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.55
- Figura 4.** Mudanças de pH (4A), acidez titulável (4B), sólidos solúveis (4C) e relação (SS/AT) (4D) de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.57
- Figura 5.** Mudanças de vitamina C (5A), carotenoides (5B), compostos fenólicos (5C) e açúcares totais (5D) de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.60

CAPÍTULO III

- Figura 1.** Frutos armazenados a $14 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%$ UR por 9 dias e transferidos a $24 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%$ UR até 12 dias, UFCG, Pombal, 2018. 70
- Figura 2.** Perda de massa (2A) e firmeza (2B) de frutos de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018..... 71
- Figura 3.** Coloração da casca, Luminosidade L^* na casca (3A) Ângulo Hue H° casca (3B) Cromo C^* na polpa (3C) de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018. 72
- Figura 4.** Mudanças de pH (4A), acidez titulável (4B), sólidos solúveis (4C) e relação (SS/AT) (4D) de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018..... 75
- Figura 5.** Mudanças de vitamina C (5A), carotenoides (5B), compostos fenólicos (5C) e açúcares totais (5D) de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018. 77

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUÇÃO GERAL	13
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO	15
2.1 Produção e mercado do umbu	15
2.2 Armazenamento e qualidade pós-colheita do umbu	16
2.3 Recobrimento comestível	17
2.4 <i>Chlorella</i> sp. e seus potenciais na indústria de alimentos.....	18
2.5 Óleo da semente da romã e seus potenciais na indústria de alimentos.....	20
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
CAPÍTULO I: Uso de <i>Chlorella</i> sp. e óleo de semente da romã no recobrimento de umbu armazenado sob refrigeração	27
RESUMO	28
ABSTRACT	29
1. INTRODUÇÃO	30
2. MATERIAL E MÉTODOS	31
2.1 Condução do experimento	31
2.2 Variáveis analisadas.....	33
2.3 Análise estatística	34
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4. CONCLUSÕES.....	44
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
CAPÍTULO II: Uso de <i>Chlorella</i> sp. e óleo de semente da romã no recobrimento de umbu armazenado em temperatura ambiente	48
RESUMO	49
ABSTRACT	50

1. INTRODUÇÃO	51
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	52
2.1 Condução do experimento	52
2.2 Variáveis analisadas.....	52
2.3 Análise estatística	52
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4. CONCLUSÕES	61
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
CAPÍTULO III: Uso de <i>Chlorella</i> sp. e óleo de semente da romã no recobrimento de umbu sob duas condições de armazenamento	65
RESUMO	66
ABSTRACT	67
1. INTRODUÇÃO.....	68
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	69
2.1 Condução do experimento	69
2.2 Variáveis analisadas.....	69
2.3 Análise estatística	69
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
4. CONCLUSÕES.....	78
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

RESUMO GERAL

TEODOSIO, A. E. M. M. Uso de microalga e óleo de semente da romã na composição de recobrimento para a conservação pós-colheita do umbu. 2019. 80f. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, PB¹.

O umbu é um fruto climatérico altamente perecível e com vida útil pós-colheita limitada devido à rapidez no amadurecimento. O uso de recobrimentos comestíveis composto por microalgas e óleo de semente da romã associado à refrigeração surge como uma alternativa para retardar o metabolismo respiratório, criando uma barreira semipermeável contra as trocas gasosas e perda de umidade, prolongando a vida útil de frutos após a colheita. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo a aplicação de recobrimentos comestíveis a base de *Chlorella* sp. associado ao óleo de semente da romã em frutos de umbu. Para isso, realizou-se três experimentos no laboratório de Pós-colheita de Frutos e Hortaliças, do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, no campus de Pombal-PB. No experimento I, o delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado (DIC), em fatorial 5 x 5, representado por cinco técnicas de recobrimento: T1 = controle; T2 = 0,5% *Chlorella* sp.; T3 = 1% *Chlorella* sp.; T4 = 1,5% *Chlorella* sp.; T5 = 2% *Chlorella* sp., sendo utilizado 0,3% de óleo da semente de romã aos recobrimentos, com períodos de avaliação 0, 3, 6, 9 e 12 dias armazenados em BOD na temperatura de $14 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR. Para a instalação do experimento II, o delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado (DIC), em fatorial 5 x 6, representado por cinco técnicas de recobrimento: T1 = controle; T2 = 0,5% *Chlorella* sp.; T3 = 1% *Chlorella* sp.; T4 = 1,5% *Chlorella* sp.; T5 = 2% *Chlorella* sp., sendo utilizado 0,3% de óleo da semente de romã aos recobrimentos, com períodos de avaliação 0, 1,2,3, 4 e 5 dias armazenados em BOD na temperatura de $24 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR. No terceiro experimento, utilizou-se o delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado (DIC), em fatorial 5 x 4, representado por cinco técnicas de recobrimento: T1 = controle; T2 = 0,5% *Chlorella* sp.; T3 = 1% *Chlorella* sp.; T4 = 1,5% *Chlorella* sp.; T5 = 2% *Chlorella* sp., sendo utilizado 0,3% de óleo da semente de romã aos recobrimentos, com períodos de avaliação 0, 10, 11 e 12 dias armazenados em BOD na temperatura de $14 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR durante nove dias e transferidos a $24 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR sendo avaliado por três dias. Para todos os experimentos foram com três repetições de dez frutos por parcela. Periodicamente, em todos os experimentos avaliou-se: a perda de massa fresca, firmeza da polpa, coloração da casca, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, relação SS/AT, açúcares totais, carotenoides totais e compostos fenólicos. O recobrimento 2,0% *Chlorella* sp. proporcionou vida útil em umbus de 12 dias, quando armazenados à temperatura de $14 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR. O recobrimento 2,0% *Chlorella* sp. prolongou vida útil em umbus durante cinco dias, quando armazenados à temperatura de $24 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR. O recobrimento 2,0% *Chlorella* sp. promoveu vida útil em umbus durante 12 dias, armazenados à temperatura de $14 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR durante nove dias e transferidos a $24 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR durante três dias. O recobrimento de 2,0% *Chlorella* sp. proporcionou uma melhor vida útil em umbus durante ambas temperaturas de armazenamento, visto que desacelerou o metabolismo dos frutos, reuniu os principais aspectos de qualidade e conseguiu preservar os compostos bioativos como a vitamina C e compostos fenólicos.

Palavras-chave: *Chlorella* sp.; *Punica granatum* L.; qualidade; *Spondias tuberosa*.

¹Orientadora: Prof^a Railene Hérica Carlos Rocha Araújo, CCTA/UFCG

ABSTRACT

TEODOSIO, A. E. M. M. Use of microalga and pomegranate seed oil in the coating composition for post-harvest conservation of umbu. 2019. 80f. Dissertation (Masters in Tropical Horticulture) – Federal University of Campina Grande, Pombal, PB¹.

The umbu is a highly perishable climacteric fruit with a limited post-harvest shelf life due to rapid maturation. The use of edible coatings composed of microalgae and pomegranate seed oil associated with refrigeration appears as an alternative to slow respiratory metabolism, creating a semipermeable barrier against gas exchange and loss of moisture, prolonging the shelf life of fruits after harvest. In this context, this work had as objective the application of edible coatings based on *Chlorella* sp. associated with pomegranate seed oil in umbu fruits. For this, three experiments were carried out at the Post-Harvesting Laboratory of Fruits and Vegetables, at the Agro-Food Sciences and Technology Center of the Federal University of Campina Grande, at the Pombal-PB campus. In experiment I, the statistical design was completely randomized (DIC), in factorial 5 x 5, represented by five coating techniques: T1 = control; T2 = 0.5% *Chlorella* sp.; T3 = 1% *Chlorella* sp.; T4 = 1.5% *Chlorella* sp.; T5 = 2% *Chlorella* sp., 0.3% of pomegranate seed oil was applied to the coatings, with evaluation periods 0, 3, 6, 9 and 12 days stored in BOD at a temperature of 14 ± 2 °C and $85 \pm 5\%$ RH. For the installation of experiment II, the statistical design was completely randomized (DIC), in factorial 5 x 6, represented by five coating techniques: T1 = control; T2 = 0.5% *Chlorella* sp.; T3 = 1% *Chlorella* sp.; T4 = 1.5% *Chlorella* sp.; T5 = 2% *Chlorella* sp., 0.3% of pomegranate seed oil was applied to the coatings, with evaluation periods 0, 1, 2, 3, 4 and 5 days stored in BOD at a temperature of 24 ± 2 °C and $85 \pm 5\%$ RH. In the third experiment, the statistical design was the completely randomized (DIC), in factorial 5 x 4, represented by five coating techniques: T1 = control; T2 = 0.5% *Chlorella* sp.; T3 = 1% *Chlorella* sp.; T4 = 1.5% *Chlorella* sp.; T5 = 2% *Chlorella* sp., 0.3% of pomegranate seed oil was used in the coatings, with evaluation periods 0, 10, 11 and 12 days stored in BOD at a temperature of 14 ± 2 °C and $85 \pm 5\%$ RH for nine days and transferred to 24 ± 2 °C and $85 \pm 5\%$ RH being evaluated for three days. For all the experiments were with three replicates of ten fruits per plot. Periodically, all the experiments were evaluated: fresh weight loss, pulp firmness, peel color, pH, titratable acidity, soluble solids, SS / AT ratio, total sugars, total carotenoids and phenolic compounds. The coating 2.0% *Chlorella* sp. provided a shelf life of 12 days when stored at a temperature of 14 ± 2 °C and $85 \pm 5\%$ RH. The coating 2.0% *Chlorella* sp. extended shelf life for five days when stored at 24 ± 2 °C and $85 \pm 5\%$ RH. The coating 2.0% *Chlorella* sp. promoted shelf life on a bus for 12 days, stored at 14 ± 2 °C and $85 \pm 5\%$ RH for nine days and transferred at 24 ± 2 °C and $85 \pm 5\%$ RH for three days. The coating of 2.0% *Chlorella* sp. provided a better shelf life at both storage temperatures as it slowed fruit metabolism, brought together key aspects of quality, and managed to preserve bioactive compounds such as vitamin C and phenolic compounds.

Keywords: *Chlorella* sp.; *Punica granatum* L.; quality; *Spondias tuberosa*.

¹Orientadora: Prof^a Railene Hérica Carlos Rocha Araújo, CCTA/UFCG

1. INTRODUÇÃO GERAL

O umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) é nativo do semiárido brasileiro do Piauí ao norte de Minas Gerais (ALBUQUERQUE et al., 2015). O Brasil é o maior produtor de umbu, com a produção de 7465 toneladas em 2017, sendo 6699 toneladas produzidas na região Nordeste e 766 toneladas na região Sudeste (IBGE, 2017). É um fruto atrativo, bastante consumido pela comunidade local, rico em compostos fenólicos e compostos bioativos. Além do consumo *in natura*, são produzidos vários produtos derivados, como polpa congelada, bebida láctea, doces, geleias e sorvetes, atingindo outras regiões e nichos de mercado na Europa (RIBEIRO et al., 2017; LIMA et al., 2018).

Entretanto, a vida útil pós-colheita do umbu é bastante curta, os frutos apresentam de dois a três dias no máximo em temperatura ambiente (MOURA et al., 2013; SILVA, 2013), devido seu processo de maturação ser muito rápido e complexo, caracterizado por intensas alterações nos parâmetros fisiológicos e bioquímicos, sendo influenciado diretamente pelo comportamento respiratório do fruto, que é tipicamente climatérico, através do aumento da produção de etileno durante o amadurecimento que determina as taxas em que ocorrem as mudanças químicas como degradação da clorofila, degradação enzimática da parede celular, alterações no teor de açúcares e nos teores de compostos fenólicos (GIOVANNONI et al., 2017; LIMA et al., 2018).

Uma alternativa para prolongar a vida útil e manter a qualidade pós-colheita de frutos e hortaliças *in natura* e minimamente processadas é o uso de recobrimentos comestíveis (CIOLACU et al., 2014), pois pode interferir com o metabolismo respiratório do fruto, criando uma barreira semipermeável contra o movimento de oxigênio, dióxido de carbono, umidade e soluto, controlando assim, as trocas de umidade, gases e solutos com o meio ambiente (LIMA et al., 2018; ZHAO, 2019).

A utilização da microalga *Chlorella* sp. para o desenvolvimento de recobrimentos comestíveis é uma alternativa promissora, além de ser um material biológico sem riscos aos consumidores, vêm apresentando resultados satisfatórios em prolongar a vida útil em diversos frutos tropicais, como manga, banana, goiaba e mamão (OLIVEIRA et al., 2018a; OLIVEIRA et al., 2018b; ONIAS et al., 2018 e TEODOSIO et al., 2018a).

As microalgas do gênero *Chlorella* são utilizadas desde a década de 1960 para o cultivo em larga escala e tem sido amplamente empregada em indústrias, na aquicultura para

alimentação de moluscos, camarões e alguns peixes; em alimentos como suplemento alimentar e produção de biocombustíveis (DANTAS et al., 2015; CASSURIAGA et al., 2018).

Entre os numerosos compostos já extraídos na *Chlorella* sp. estão os ácidos graxos, carotenóides, carboidratos, proteínas (aminoácidos essenciais e não essenciais), várias vitaminas (B12, C e D2) e outros compostos bioativos naturais (antioxidantes, redutores de colesterol, entre outros.) (VIEGAS et al., 2015; VIGANI et al., 2015; SILVA et al., 2019), que mostraram ter atividades biológicas benéficas, não limitadas a propriedades antitumorais, anti-inflamatórias, antimicrobianas, antioxidantes e anticoagulantes (DANTAS et al., 2015; SILVA et al., 2019), e que podem ser aplicados especialmente para o desenvolvimento de alimentos funcionais devido as suas propriedades nutricionais e farmacêuticas, sendo essenciais na alimentação humana (KATIYAR et al., 2017).

Os recobrimentos à base de biopolímeros são frágeis, quebradiços e apresentam baixas propriedades mecânicas, de barreira e térmicas, sendo necessária a incorporação de materiais que melhorem as propriedades desses recobrimentos (ZHAO, 2019). Assim, o desenvolvimento de recobrimentos funcionais comestíveis com ingredientes ativos, como o óleo da semente de romã, representa uma alternativa tecnológica para a agroindústria (SANTAGATA et al., 2018; TEODOSIO et al., 2018b).

O óleo da semente de romã (OSR) possui lípidios bioativos, principalmente ácido linolênico, na faixa de 74-85% do conteúdo total de ácidos graxos (VERARDO et al., 2014). O OSR já vem sendo utilizado como ingrediente em revestimentos comestíveis e tem demonstrado resultados satisfatórios quando associado aos biopolímeros.

Teodosio et al. (2018b), avaliando a influência de diferentes recobrimentos na qualidade e vida útil de goiaba em diferentes temperaturas de armazenamento, observaram que o recobrimento de fécula de araruta 2% + 0,3% de OSR proporcionou uma conservação em goiabas por 20 dias de armazenamento a temperatura de 10 ± 2 °C com $85 \pm 5\%$ de UR.

Devido à alta perecibilidade dos frutos de umbu, as utilizações de recobrimentos comestíveis de *Chlorella* sp. associado ao OSR poderão garantir uma maior vida útil pós-colheita e assim, facilitar a comercialização e garantir a disponibilidade dos frutos *in natura*.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Produção e mercado do umbu

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) é uma espécie frutífera tropical, nativa do semiárido brasileiro presente do Piauí ao Norte de Minas Gerais, originária dos chapadões semiáridos do Nordeste brasileiro e ocorre de forma espontânea e com elevada diversidade genética nas regiões do Agreste (Piauí), Cariri (Paraíba), Caatinga (Pernambuco e Bahia) (SANTOS, et al., 2008; ALBUQUERQUE et al., 2015). O maior produtor de umbu é o Brasil, com a produção de 7465 toneladas em 2017, sendo 6699 toneladas produzidas na região Nordeste e 766 toneladas na região Sudeste (IBGE, 2017).

O umbuzeiro, uma planta xerófila, caducifólia, da família das anacardiáceas (DUTRA et al., 2017), é nativa da região semiárida do Nordeste brasileiro, adaptada ao calor, aos solos pobres e à restrição de água (ARAÚJO et al., 2009). É uma espécie que não é encontrada em todo o país, encontra-se principalmente na Caatinga e destaca-se pela importância dos seus frutos que produz e pela sua função ambiental e sociocultural que representa para as populações locais (SOUZA JÚNIOR, 2016; CRUZ et al., 2016).

A demanda por frutos de umbuzeiro é bastante grande no Nordeste brasileiro, no entanto, a quantidade colhida não atende aos mercados consumidores da região. Em virtude, da produção ser perdida devido à queda natural dos frutos que amadurecem na planta, a dificuldade de atingir plantas localizadas longe das comunidades, aos danos causados pelo manejo e ao rápido amadurecimento pós-colheita (LIMA et al., 2018). Desta forma, o cultivo da espécie, como exploração sistemática, proporcionaria maior renda aos pequenos agricultores (DANTAS JÚNIOR, 2008).

Considerando o potencial econômico dessa fruteira para o país e uma alternativa de produção para a região semiárida brasileira, trabalhos voltados para viabilizar a implantação de pomares comerciais e o desenvolvimento de tecnologias que possam prolongar e manter a qualidade do umbu, e que atendam as demandas do mercado consumidor são estratégias que poderiam ser adotadas para melhorar a produção regional (BATISTA et al., 2015).

Os frutos do umbuzeiro são coletados de forma extrativista e participam significativamente do agronegócio regional, tanto pelo consumo *in natura* quanto sob a forma processada, sendo comercializados em feiras livres, mercados, nas ruas das cidades e nas

estradas, constituindo de grande importância socioeconômica principalmente para a agricultura familiar (DUTRA et al., 2017).

Recentemente, o umbu tem ganhado espaço nos mercados nacional e internacional, pois, além das características sensoriais, é uma boa fonte de compostos bioativos, apresentando elevado potencial antioxidante, o que enfatiza o valor nutricional desses frutos, e seu consumo pode contribuir substancialmente na dieta, tendo em vista o foco do consumidor em alimentos funcionais (MOURA et al., 2013; NEVES et al., 2015; LIMA et al., 2018).

2.2 Armazenamento e qualidade pós-colheita do umbu

O umbu é um fruto climatérico, para o qual é recomendável a colheita, quando os frutos estiverem bem formados, esses apresentarem no “estádio de vez” ou próximo deste, ou seja, quando a coloração da casca começar a mudar de verde-escura para verde-clara brilhante a ligeiramente amarelada (DANTAS JÚNIOR, 2008). Nesse estágio, a textura da casca estará mais lisa em relação ao fruto imaturo, portanto a colheita dos frutos em estádios adequados de maturação é fundamental na manutenção da qualidade pós-colheita (SILVA, 2013).

O umbu apresenta uma estrutura física com diâmetro que varia de 2 a 4 cm, massa entre 10 e 20 g, forma arredondada ou levemente oval, constituído por casca (22%), polpa (68%) e caroço (10%) (MENDES, 1990). São frutos globosos ou ovoides, providos de polpa succulenta e sem fibras, com sabor doce-acidulado e muito agradável, que iniciam sua maturação geralmente entre os meses de janeiro e fevereiro (LORENZI et al., 2015).

Após a colheita, a vida útil do umbu é de aproximadamente entre 2 a 3 dias no máximo em temperatura ambiente (MOURA et al., 2013; SILVA, 2013), sendo influenciado diretamente pelo comportamento respiratório do fruto, através do aumento da produção de etileno durante o amadurecimento os tecidos acumulam sólidos solúveis, especialmente açúcares, e degradam ácidos orgânicos, amido e compostos pécnicos, limitando o seu consumo (LIMA et al., 2018). Além da sazonalidade, que delimita o consumo em aproximadamente quatro meses (SILVA, 2013).

Moura et al., 2013 avaliando a qualidade de frutos do umbuzeiro em três estádios de maturação e armazenados sob atmosferas modificada (AM) e em temperatura ambiente de 23 ± 1 °C com $83 \pm 2\%$, concluíram que o emprego da AM foi o fator determinante na

manutenção da qualidade do umbu, proporcionando um incremento na vida útil aos frutos colhidos verde e ‘verde-maduro’ em dois e um dia, respectivamente.

Dessa forma, os estudos sobre a fisiologia e de técnicas de conservação pós-colheita são fundamentais para ampliar o aproveitamento dos frutos e a oferta desses, bem como a redução das perdas no período da safra (SILVA, 2013). O uso de recobrimentos comestíveis combinado com refrigeração surge como uma alternativa para retardar o metabolismo respiratório e os mecanismos físicos de transferência de vapor de água no umbu. Isto representa uma perspectiva mais racional de uso que pode aumentar a participação desta atividade no rendimento dos agricultores familiares do semiárido (LIMA et al., 2018).

2.3 Recobrimento comestível

A utilização de filmes e recobrimentos, comestíveis ou não, em frutos e hortaliças com o objetivo de prolongar sua vida útil pós-colheita não consiste em prática recente (ASSIS et al., 2009). Nas últimas décadas, o recobrimento comestível tem sido amplamente aplicado como uma abordagem eficaz na pós-colheita dos frutos (YAN et al., 2019).

Devido às grandes dificuldades em eliminar enormes volumes de resíduos originados por embalagens de alimentos não biodegradáveis, motivaram o estudo de biopolímeros como materiais a serem utilizados como recobrimentos comestíveis em embalagens de alimentos (ZHAO, 2019). Porém, os recobrimentos comestíveis não devem substituir totalmente as embalagens de alimentos convencionais, mas podem ajudar a embalagem na função de preservação de alimentos (AZEREDO et al., 2012).

O uso de recobrimentos comestíveis oferecem mais benefícios do que os materiais sintéticos, em termos de biocompatibilidade, sendo atóxico e de baixo custo (ZHAO, 2019). Recentemente, estudos têm levado ao desenvolvimento de novas abordagens ecológicas fundamentadas em polímeros biodegradáveis, que não só transformam os subprodutos da indústria de alimentos em valor agregado a componentes formadores de recobrimentos, mas também, diminuem os requisitos de embalagem (MAQBOOL et al., 2011).

Os recobrimentos comestíveis são formados a partir de uma suspensão de um agente espessante, que, após aplicação, forma uma película ao seu redor e podem ser usados como uma alternativa de conservação de frutos, devido a sua capacidade de modificar a atmosfera e reduzir a taxa de respiração, a taxa de transpiração, umidade, manter a firmeza e retardar a senescência dos frutos (MANNOZZI et al., 2017).

Frutos e vegetais continuam seu processo de respiração mesmo após a colheita, portanto, os revestimentos comestíveis precisam ter propriedades de permeabilidade de gás balanceadas para uma troca normal entre os níveis de CO₂ / O₂. Por outro lado, os produtos frescos são muito sensíveis à perda de água, o que causa o encolhimento do tamanho e a deterioração da textura (ARNON-RIPS & POVERENOV, 2018). Por esta razão, os revestimentos comestíveis retardam esses efeitos, evitando a perda excessiva de água, criando uma barreira entre a casca e o ambiente externo (NAWAB et al., 2017).

Os recobrimentos comestíveis podem ser utilizados como veículo para a incorporação de ingredientes funcionais, tais como agentes antimicrobianos, compostos aromáticos, compostos antioxidantes, e nutracêuticos (óleos essenciais) (MORADI et al., 2012). Para manter a comestibilidade, todos os componentes formadores de recobrimento, bem como quaisquer aditivos funcionais na formulação de recobrimento, devem ser de grau alimentício, não tóxico, os frutos e vegetais devem estar sanitizados e todas as instalações de processo devem atender a altos padrões de higiene (ZHAO et al., 2019). O uso de revestimento comestível com propriedades físicas, sensoriais e microbiológicas desejáveis para frutos e vegetais pode proporcionar uma aparência atraente caracterizada pelo aspecto lustroso nas superfícies dos alimentos, reduzir as mudanças prejudiciais e, conseqüentemente, prolongar o prazo de validade (YOUSUF et al., 2018; ZHAO, 2019).

Nos últimos anos, um número significativo de diversos estudos foi realizado para o desenvolvimento de recobrimentos comestíveis em frutos e vegetais (NCAMA et al., 2018, ARAÚJO et al., 2009, ALI et al., 2010, MAQBOOL et al., 2011, TALENS, et al., 2012, ROBLEZ-SÁNCHEZ et al., 2013, SOUZA JÚNIOR, 2016, MANNOZZI et al. 2017, NAWAB et al., 2017, ALLEGRA et al., 2017, TEODOSIO et al., 2018b) com nanorevestimentos (AZEREDO et al., 2012; MOHAMMADI, et al., 2016, MELO et al., 2018), quitosana (MORADI et al., 2012, SEVERINO et al., 2015, FRAZÃO et al., 2017, YAN et al., 2019) e à base de microalgas (OLIVEIRA et al., 2018a, OLIVEIRA et al., 2018b, ONIAS et al., 2018 e TEODOSIO et al., 2018a).

2.4 *Chlorella* sp. e seus potenciais na indústria de alimentos

As microalgas do gênero *Chlorella* são utilizadas desde a década de 1960 para o cultivo em larga escala e tem sido amplamente empregada em indústrias, na aquicultura para alimentação de moluscos, camarões e alguns peixes; em alimentos como suplemento

alimentar e biotecnologia para a produção de biocombustíveis (DANTAS et al., 2015; CASSURIAGA et al., 2018).

O seu cultivo para a produção de biomassa e produtos derivados é uma atividade industrial que já foi estabelecida em escala comercial em vários países (SILVA et al., 2019). O interesse nestas microalgas é devido ao seu rápido crescimento e ciclos de vida simples, permitindo estudos aprofundados de seus mecanismos e uso como suplemento alimentar por possuírem um alto teor de nutrientes, especialmente de vitamina B12, C e D2, proteínas (aminoácidos essenciais e não essenciais), carboidratos, ácidos graxos, carotenóides, e outros compostos bioativos naturais (antioxidantes, redutores de colesterol, entre outros.), que podem ser aplicados especialmente para o desenvolvimento de alimentos funcionais devido as suas propriedades nutricionais e farmacêuticas, sendo essenciais na alimentação humana (VIEGAS et al., 2015; VIGANI et al., 2015; KATIYAR et al., 2017; SILVA et al., 2019).

Diversos estudos dos compostos bioativos de *Chlorella* mostraram que estes compostos podem ter atividades biológicas benéficas, não limitadas a propriedades antitumorais, anti-inflamatórias, antimicrobianas, antioxidantes e anticoagulantes (DANTAS et al., 2015; SILVA et al., 2019). Desta forma, a *Chlorella* pode ser aplicada como um suplemento funcional se tornando uma fonte de compostos bioativos, promovendo a perspectiva de benefícios da saúde ao consumidor, e quando corretamente processadas, apresenta um sabor agradável, o que facilita a sua comercialização, podendo ser incorporados em diversos tipos de alimentos (FONSECA, 2016; SILVA et al., 2019).

As microalgas do gênero *Chlorella* podem ser usadas para suplementar o valor nutricional dos frutos e prolongar sua vida de prateleira, devido ao seu equilíbrio da sua composição bioquímica, incluindo fibra dietética e proteína (ANYANWU et al., 2018). Recentemente, vem despertando o interesse para o desenvolvimento de componentes que aumente a vida útil dos frutos, por entender que os frutos são extensões dos vegetais, e respondem as aplicações de biomassas em suas superfícies. Nos últimos anos a utilização de recobrimentos a base de *Chlorella* vem sendo estudada em diversos frutos como goiaba, manga, banana e mamão (QUEIROGA et al., 2017, OLIVEIRA et al., 2018a, OLIVEIRA et al., 2018b e TEODOSIO et al., 2018a).

2.5 Óleo da semente da romã e seus potenciais na indústria de alimentos

A romã (*Punica granatum L.*) é conhecida pelos seus benefícios à saúde desde a antiguidade. É uma fonte abundante de matérias-primas de medicamentos e alimentos funcionais (BIALEK, et al., 2017). É uma das frutas com grande potencial de crescimento na mesa do brasileiro devido ao consumo já difundido em outros países, *in natura* ou processada, aliado aos benefícios já comprovados de todas as partes dessa fruta.

Como consequência do processamento da romã na indústria alimentícia, são gerados grandes volumes de resíduos industriais (sementes, cascas e folhas), que possuem uma extensa gama de valores nutricionais (GOULA & ADAMOPOULOS, 2012). A semente da romã é um subproduto da indústria, no entanto, relatórios atuais tem destacado seu potencial de uso como fonte de óleo de sementes com atributos benéficos a saúde.

A procura por fontes alternativas para suprir a demanda por óleos vegetais tem revelado que a fração lipídica obtida a partir de co-produtos da agroindústria (em particular das sementes de frutos) contém um teor importante de ácidos graxos poliinsaturados. Estes ácidos graxos são recomendados para suplementação da dieta, pois reduzem a incidência de doenças inflamatórias de alto risco para a saúde humana (SILVA et al., 2013).

O óleo da semente de romã (OSR) possui fontes ricas de lípidios bioativos, principalmente pelo raro ácido linolênico, na faixa de 74-85% do conteúdo total de ácidos graxos, que encorajam seu uso na nutrição humana (VERARDO et al., 2014). Este ácido graxo conjugado único apresenta vários benefícios potenciais para a saúde, como propriedades redutoras do colesterol, antidiabéticas, anti-inflamatórias e anticarcinogênicas (KÝRALAN et al., 2009). O OSR já vem sendo utilizado como ingrediente em revestimentos comestíveis e tem demonstrado resultados satisfatórios quando associado aos biopolímeros.

Teodosio et al. (2018b), avaliando a influência de diferentes recobrimentos na qualidade e vida útil de goiaba em diferentes temperaturas de armazenamento, observaram que o recobrimento de fécula de araruta 2% + 0,3% de OSR proporcionou uma conservação em goiabas por 20 dias de armazenamento a temperatura de 10 ± 2 ° C com $85 \pm 5\%$ de UR.

Devido a estes fatores, o OSR surge como um ingrediente nutracêutico atrativo, apresentando várias características benéficas à saúde, devido o seu potencial biológico, sendo disponível a baixo custo e possuindo boa aceitação pelos consumidores (CALIGIANI, et al., 2010).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, E. M. B.; ALMEIDA, F. A. C.; GOMES, J. P.; ALVES, N. M. C.; SILVA, W. P. Production of “peanut milk” based beverages enriched with umbu and guava pulps. **Journal Of The Saudi Society Of Agricultural Sciences**, v. 14, n. 1, p.61-67, jan. 2015.

ALI, A.; MAQBOOL, M. RAMACHANDRAN, S.; ALDERSON, P. G. Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 58, n. 1, p. 42-47, 2010.

ALLEGRA, A.; SORTINO, G.; INGLESE, P.; SETTANNI, L.; TODARO, A.; & GALLOTTA, A. The effectiveness of *Opuntia ficus-indica* mucilage edible coating on post-harvest maintenance of “Dottato” fig (*Ficus carica* L.) fruit. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 12, n. 2, p. 135–141, 2017.

ANYANWU, R. C.; RODRIGUEZ, C.; DURRANT, A.; OLABI, A. G. Micro-Macroalgae properties and applications. **Reference Module in Materials Science and Materials Engineering**, v. 1, n. 1, p. 1-28, 2018.

ARAÚJO, A. A.; LIMA, M. A. C.; SILVA, R. P.; TRINDADE, D. C. G.; OLIVEIRA, A. B. Utilização de revestimentos para conservação pós-colheita de umbu. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 4., 2009, Petrolina. **Anais... Petrolina: Embrapa Semi-Árido**, 2009.

ARNON-RIPS, H.; POVERENOV, E. Improving food products' quality and storability by using Layer by Layer edible coatings. **Trends in Food Science & Technology**, v. 75, n. 5, p. 81–92, 2018.

ASSIS, O. B. G.; BRITO, D.; FORATO, L. A. O uso de biopolímeros como revestimentos comestíveis protetores para conservação de frutas *in natura* e minimamente processadas. **Embrapa Instrumentação Agropecuária**, v. 29, n. 1, p. 23, 2009.

AZEREDO, H. M. C.; MIRANDA, K. W. E.; RIBEIRO, H. L.; ROSA, M. F.; NASCIMENTO, D. M. Nanoreinforced alginate–acerola puree coatings on acerola fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 113, n. 4, p. 505-510, 2012.

BATISTA, F. R. C.; SILVA, S. M.; SANTANA, M. F. S.; CAVALCANTE, A. R.; O umbuzeiro e o semiárido brasileiro; Campina Grande: INSA, 2015. 72p. Disponível: <http://www.insa.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/Fabiane-livro_FINAL.pdf> Acesso em: 10 de novembro 2018.

BIALEK, A.; STAWARSKA, A.; BODECKA, J.; BIALEK, M.; TOKARZ, A. Pomegranate seed oil influences the fatty acids profile and reduces the activity of desaturases in livers of Sprague-Dawley rats. **Prostaglandins & Other Lipid Mediators**, v. 131, n. 3, p. 9–16, 2017.

CALIGIANI, A.; BONZANINI, F.; PALLA, G.; CIRLINI, M.; BRUNI, R. Characterization of a potential nutraceutical ingredient: pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil unsaponifiable fraction. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 65, n. 3, p. 277-283, 2010.

CASSURIAGA, A. P. A.; FREITAS, B. C. B.; MORAIS, M. G.; COSTA, J. A. V. Innovative polyhydroxybutyrate production by *Chlorella fusca* grown with pentoses. **Bioresource Technology**, v. 265, n. 20, p. 456-463, 2018.

CIOLACU, L.; NICOLAU, A. L.; HOORFAR, J. Edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. **Global Safety of Fresh Produce**, v. 1, n.1, p. 233-244, 2014.

CRUZ, F. R. S.; ANDRADE, L. A.; FEITOSA, R. C. Produção de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* arruda câmara) em diferentes substratos e tamanho de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 69-80, 2016.

DANTAS JÚNIOR, O. R.; **Qualidade e capacidade antioxidante total de frutos de genótipos de umbuzeiro oriundos do semi-árido nordestino**. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia com Área de Concentração em Agricultura Tropical – Fisiologia Pós-colheita de Frutos e Hortaliças Tropicais) Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2008.

DANTAS, D. M. M.; COSTA, R. M. P. B.; CUNHA, M. G. C.; GALVEZ, A. O., DRUMMOND, A. R.; BEZERRA, R. S. Bioproduction, antimicrobial and antioxidant activities of compounds from *chlorellavulgares*. **Research & Reviews:Journal of Botanical Sciences**, v. 4, n. 2, p. 12-18, 2015.

DUTRA, F. V.; CARDOSO, A. D.; MORAIS, O. M.; VIANA, A. E. S.; MELO, T. L.; CARDOSO JÚNIOR, N. S. Características físicas e químicas de acessos de umbuzeiros (*Spondias tuberosa* Arr. Cam). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 140-149, 2017.

FONSECA, J.A. **Aplicação de Algas na Indústria Alimentar e Farmacêutica**. 2016. 75 f. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2016.

FRAZÃO, G. G. S.; BLANK, A. F.; SANTANA, L. C. L. A. Optimisation of edible chitosan coatings formulations incorporating *Myrcia ovata* Cambessedes essential oil with antimicrobial potential against foodborne bacteria and natural microflora of mangaba fruits. **LWT – Food Science and Technology**, v. 79, n. 6, p. 1-10, 2017.

GIOVANNONI, J.; NGUYEN, C.; AMPOFO, B.; ZHONG, S.; FEI, Z. The Epigenome and Transcriptional Dynamics of Fruit Ripening. **Annual Review of Plant Biology**, v. 68, n. 1, p. 61–84, 2017.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A method for pomegranate seed application in food industries: seed oil encapsulation. **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, n. 4, p. 639-652, 2012.

IBGE. 2017. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Disponível em <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289#resultado>>. Acesso em 15 novembro 2018.

KATIYAR, R.; GURJAR, B. R.; BISWAS, S.; PRUTHI, V.; KUMAR, N.; KUMAR, P. Microalgae: An emerging source of energy based bio-products and a solution for environmental issues. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 72, n. 7, p. 1083–1093, 2017.

KÝRALAN, M.; GÖLÜKCÜ, M.; TOKGÖZ, H. Oil and Conjugated linolenic acid contents of seeds from Important pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) grown in Turkey. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 86, n. 10, p. 985–990, 2009.

LIMA, M. A. C.; SILVA, S. M.; & OLIVEIRA, V. R. Umbu— *Spondias tuberosa*. **Exotic Fruits**, v. 1, n. 1, p. 427–433, 2018.

LORENZI, H.; LACERDA, M. T. C.; BACHER, L. B. **Frutas no Brasil nativas e exóticas : (de consumo *in natura*)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2015. 768p.

MANNOZZI, C.; CECCHINI, J. P.; TYLEWICZ, U.; SIROLI, L.; PATRIGANANI, F.; LANCIOTTI, R.; ROCCULI, P.; DALLA, R. M.; ROMANI, S. Study on the efficacy of edible coatings on quality of blueberry fruits during shelf-life. **LWT - Food Science and Technology**, v. 85, n. 13, p. 440-444, 2017.

MAQBOOL, M.; ALI, A.; ALDERSON, P. G.; ZAHID, N.; SIDDIQUI, Y. Postharvest application of gum arabic and essential oils for controlling anthracnose and quality of banana and papaya during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 62, n. 1, p. 71-76, 2011.

MELO, N. F. C. B.; SOARES, B. L. M.; DINIZ, K. M.; LEAL, C. F.; CANTO, D.; FLORES, M. A. P.; TAVARES-FILHO, J. H. C.; GALEMBECK, A.; STAMFORD, T. L. M.; STAMFORD-ARNAUD, T. M.; STAMFORD, T. C. M. Effects of fungal chitosan nanoparticles as eco-friendly edible coatings on the quality of postharvest table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 139, n. 5, p. 56-66, 2018.

MENDES, B. V. **Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.): importante fruteira do semi-árido**. Mossoró: ESAM, 66 p. (ESAM. Coleção Mossoroense, Série C - v. 554). 1990.

MOHAMMADI, A.; HASHEMI, M.; HOSSEINI, S. M. Postharvest treatment of nanochitosan-based coating loaded with *Zataria multiflora* essential oil improves antioxidant activity and extends shelf-life of cucumber. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 33, n. 1, p. 580-588, 2016.

MORADI, M.; TAJIK, H.; ROHANI, S. M. R.; OROMIEHIE, A. R.; MALEKINEJAD, H.; ALIAKBARLU, J.; HADIAN, M. Characterization of antioxidante chitosan film incorporated with *Zataria multiflora* Boiss essential oil and grape seed extract. **LWT- Food Science and Technology**, v. 46, n. 2, p. 477-484, 2012.

MOURA, F. T.; SILVA, S. M.; SCHUNEMANN, A. P. P.; MARTINS, L. P. Frutos do umbuzeiro armazenados sob atmosfera modificada e ambiente em diferentes estádios de maturação. **Revista Ciência Agrônômica**, v.44, n.4, p.764-772, 2013.

NAWAB, A.; ALAM, F.; HASNAIN, A. Mango kernel starch as a novel edible coating for enhancing shelf- life of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 103, n. 11, p. 581–586, 2017.

NCAMA, K.; MAGWAZA, L. S.; MDITSHWA, A.; TESFAY, S. Z. Plant-based edible coatings for managing postharvest quality of fresh horticultural produce: A review. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 16, n. 2, p. 157–167, 2018.

NEVES, L. C.; TOSIN, J. M.; BENEDETTE, R. M.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Postharvest nutraceutical behaviour during ripening and senescence of 8 highly perishable fruit species from the orthern Brazilian Amazon region. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.174, n. 10, p.188-196, 2015.

OLIVEIRA, A. M. F., ROCHA, R. H. C., GUEDES, W. A., DIAS, G. A., LIMA, J. F., OLIVEIRA, L. M., ALVES, K. A., TEODOSIO, A. E. M. M., MORAIS, F. A. de. Postharvest of “Tommy Atkins” mango submitted to coating of *Chlorella* sp. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 9, p. 225, 2018a.

OLIVEIRA, A. M. F.; ROCHA, R. H. C.; TEODOSIO, A. E. M. M.; LIMA, J. F.; FREITAS, E. F. Q.; SANTOS, J. J. F.; SANTOS, B. G. F. L.; ONIAS, E. A.; RODRIGUES, M. H. B. S.; ALVES, K. A.; OLIVEIRA, L. M. Postharvest quality of 'Prata Anã' bananas treated with microalgae coating. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 27, n. 2, p. 1-11, 2018b.

ONIAS, E. A.; TEODOSIO, A. E. M. M.; BOMFIM, M. P.; ROCHA, R. H. C.; LIMA, J. F.; MEDEIROS, M. L. S. Revestimento biodegradável à base de *Spirulina platensis* na conservação pós-colheita de goiaba Paluma mantidas sob diferentes temperaturas de armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 849-860, 2018.

QUEIROGA, T. B.; TEODOSIO, A. E. M. M.; ONIAS, E. A.; OLIVEIRA, A. M. F.; ANTÔNIO, L. M. S.; ROCHA, R. H. C. **Influência de biofilme à base de *Chlorella* sp. sob qualidade de goiaba paluma.** IN: SILVA, A. M.; DANTAS, C. O.; SOUSA, A. O.; BARBOSA JUNIOR, L. G.; NASCIMENTO, L. S. Org(s). A agroindústria e os desafios da segurança alimentar: Biotecnologia e/ou desenvolvimento de novos produtos agroindustrias. Bananeiras: Edição dos Autores, 2017. p 423-430.

RIBEIRO, L. O.; PONTES, S. M.; RIBEIRO, A. P. O.; PACHECO, S.; FREITAS, S. P.; MATTA, V. M. Avaliação do armazenamento a frio sobre os compostos bioativos e as características físico-químicas e microbiológicas do suco de umbu pasteurizado. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, n. 3, p. 1-8, 2017.

ROBLEZ-SÁNCHEZ, R. M.; ROJAS-GRAU, M. A.; ODRIOZOLA-SERRANO, I.; GONZÁLEZ-AGULLAR, G.; MARTIN-BELLOSO, O. Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. **LWT- Food Science and Technology**, v. 50, n. 1, p. 240-246, 2013.

SANTAGATA, G.; MALLARDO, S.; FASULO, G.; LAVERMICOCCA, P.; VALERIO, F.; DI BIASE, M.; DI STASIO, M.; MALINCONICO, M.; VOLPE, M. G. Pectin-honey coating as novel dehydrating bioactive agent for cut fruit: Enhancement of the functional properties of coated dried fruits. **Food Chemistry**, v. 258, n. 20, p. 104–110, 2018.

SANTOS, C. A. F.; RODRIGUES, M. A.; ZUCCHI, M. I. Variabilidade genética do umbuzeiro no Semi-árido brasileiro, por meio de marcadores AFLP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.8, p.1037-1043, 2008.

SEVERINO, R.; FERRARI, G.; DANG VU, K.; DONSI, F.; SALMIERI, S.; LACROIX, M. Antimicrobial effects of modified chitosan based coating containing nanoemulsion of essential oils, modified atmosphere packaging and gamma irradiation against *Escherichia*

*coli*O157:H7 and *Salmonella typhimurium* on green beans. **Food Control**, v.50, n. 4, p. 215-222, 2015.

SILVA, J.; ALVES, C.; PINTEUS, S.; REBOLEIRA, J.; PEDROSA, R.; BERNADINO, S. *Chlorella*. **Nonvitamin And Nonmineral Nutritional Supplements**, v. 1, n. 1, p.187-193, 2019.

SILVA, L. M. M. da. **Comportamento reológico e caracterização físico-química de polpa e geleia de umbu** (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). 2013. 107f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SILVA, N. K.; RIBEIRO, L. O.; NOGUEIRA, R. I.; FREITAS, S. P. Efeito do método de extração na capacidade antioxidante dos óleos de semente de romã. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS. 25., 2013. **Anais....** Ilhéus, Magistra, 2013.

SOUZA JÚNIOR, J. C. A. **Avaliação das características físico-químicas do umbu** (*Spondias tuberosa*) **com aplicação de revestimento comestível a base de goma arábica**. 2016. 36 f. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

TALENS, P.; PÉREZ-MASÍA, R.; FABRA, M. J.; VARGAS, M.; CHIRALT, A. Application of edible coatings to partially dehydrated pineapple for use in fruit–cereal products. **Journal of Food Engineering**, v. 122, n. 1-2, p. 86-93, 2012.

TEODOSIO, A. E. M. M.; ONIAS, E. A.; OLIVEIRA, L. M.; RODRIGUES, M. H. B. S.; RIBEIRO, J. A.; QUEIROGA, T. B.; MESQUITA, E. F.; ARAÚJO, R. H. C. R.; SANTOS, B. G. F. L. Influence of different coatings on quality and shelflife of guava under different storage temperatures. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 26, n. 3, p. 1-10, 2018b.

TEODOSIO, A. E. M. M.; ROCHA, R. H. C.; LIMA, J. F.; ONIAS, E. A.; FERREIRA, A. P. N.; SANTOS, B. G. F. L.; RODRIGUES, M. H. B. S.; OLIVEIRA, L. M.; OLIVEIRA, A. M. F.; MEDEIROS, M. L. S.; SILVA, K. G. Effect of the biodegradable coatings the base on microalgae and oil of the seed of the pomegranate in the conservation powder-crop of the papaya ‘golden’. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 10, p. 367-377, 2018a.

VERARDO, V.; GARCIA-SALAS, P.; BALDI, E.; SEGURA-CARRETERO, A.; FERNANDEZ-GUTIERREZ, A.; & CABONI, M. F. Pomegranate seeds as a source of nutraceutical oil naturally rich in bioactive lipids. **Food Research International**, v. 65, n. 15, p. 445–452, 2014.

VIEGAS, C. V.; HACHEMI, I.; MAKI-ARVELA, P.; SMEDS, A.; AHO, A.; FREITAS, S. P.; GREGÔNIO, C. M. S.; CARBONETTI, G.; PEURLA, M.; PARANKO, J.; KUMAR, N.; DONATO, A. G. A.; MURZIN, D. Y. Algal products beyond lipids: Comprehensive characterization of different products in direct saponification of green alga *Chlorella* sp. **Algal Research**, v. 11, n. 5, p. 156-164, 2015.

VIGANI, M.; PARISI, C.; RODRÍGUEZ-CEREZO, E.; BARBOSA, M. J.; SIJTSMA, L.; PLOEG, M.; ENZING, C. Food and feed products from micro-algae: Market opportunities

and challenges for the EU. **Trends in Food Science & Technology**, v. 42, n. 1, p. 81-92, 2015.

YAN, J.; LUO, Z.; BAN, Z.; LU, H.; LI, D.; YANG, D.; AGHDAM, S.; LI, L. The effect of the layer-by-layer (LBL) edible coating on strawberry quality and metabolites during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 147, n. 1, p. 29–38, 2019.

YOUSUF, B.; QADRI, O. S.; SRIVASTAVA, A. K. Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review. **LWT**, v. 89, n. 3, p. 198–209, 2018.

ZHAO, Y. Edible Coatings for Extending Shelf-Life of Fresh Produce During Postharvest Storage. **Encyclopedia of Food Security and Sustainability**, v. 2, n. 1, p. 506-510, 2019.

CAPÍTULO I

USO DE *Chlorella* sp. E ÓLEO DE SEMENTE DA ROMÃ NO RECOBRIMENTO DE UMBU ARMAZENADO SOB REFRIGERAÇÃO

RESUMO

O umbu é um fruto climatérico altamente perecível, devido a isto não permite que algumas regiões tenham a opção do consumo *in natura*, havendo a necessidade de tecnologias que ajudem no prolongamento da vida pós-colheita do fruto. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a qualidade e vida útil pós-colheita de umbu com recobrimentos comestíveis composto de *Chlorella* sp. e óleo de semente da romã. Instalou-se um experimento em delineamento inteiramente casualizado em fatorial 5 x 5, representado por cinco técnicas de recobrimento: T1 = controle; T2 = 0,5% *Chlorella* sp.; T3 = 1% *Chlorella* sp.; T4 = 1,5% *Chlorella*; T5 = 2% *Chlorella* sp., sendo utilizado 0,3% de óleo da semente de romã aos recobrimentos, e em cinco períodos de avaliação (0, 3, 6, 9 e 12) dias, armazenados em BOD na temperatura de $14 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\% \text{UR}$, com três repetições de dez frutos por parcela. Periodicamente avaliou-se os frutos quanto aos seguintes aspectos: perda de massa fresca, firmeza da polpa, coloração da casca, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, relação entre sólidos solúveis e a acidez titulável, açúcares solúveis totais, carotenoides totais e compostos fenólicos. O recobrimento 2,0% *Chlorella* sp. proporciona vida útil em umbus de 12 dias, quando armazenados à temperatura de $14 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\% \text{UR}$ mantém os principais aspectos de qualidade. Em relação aos compostos bioativos, conseguiu preservar o conteúdo de vitamina C e compostos fenólicos.

Palavras-chave: compostos bioativos; qualidade; *Spondias tuberosa*; vida útil.

ABSTRACT

The umbu is a highly perishable climacteric fruit, due to this it does not allow some regions to have the option of in natura consumption, being necessary the technologies that help in the prolongation of the post-harvest life of the fruit. In view of the above, the objective was to evaluate the quality and shelf-life of umbu with edible coatings composed of *Chlorella* sp. and pomegranate seed oil. An experiment was carried out in a completely randomized design in 5 x 5 factorial, represented by five coating techniques: T1 = control; T2 = 0.5% *Chlorella* sp.; T3 = 1% *Chlorella* sp.; T4 = 1.5% *Chlorella* sp.; T5 = 2% *Chlorella* sp., 0.3% of pomegranate seed oil was used for the coatings, and in five evaluation periods (0, 3, 6, 9 and 12) days stored in BOD at a temperature of 14 ± 2 °C and 85 ± 5 % RH, with three replicates of ten fruits per plot. The fruits were periodically evaluated for the following aspects: fresh weight loss, flesh firmness, peel color, pH, titratable acidity, soluble solids, ratio and titratable acidity, total soluble sugars, total carotenoids and phenolic compounds. The coating 2.0% *Chlorella* sp. provides shelf-life on a 12 days bus when stored at a temperature of 14 ± 2 °C and 85 ± 5 % RH and maintains the main quality aspects. In relation to the bioactive compounds, it was able to preserve the content of vitamin C and phenolic compounds.

Keywords: bioactive compounds; quality; *Spondias tuberosa*; shelf life.

1. INTRODUÇÃO

O umbu (*Spondias Tuberosa* Arruda Câmara) é bastante popular na região semiárido do Nordeste brasileiro, principalmente pelo seu sabor e aroma característicos de fruta nativa. Este se destaca no cenário brasileiro por se apresentar como fonte de renda para a agricultura familiar do semiárido e por conter compostos como carotenoides e fenólicos, todos com potencial de atividade biológica (RIBEIRO et al, 2017). Seus frutos são globosos ou ovóides, providos de polpa suculenta e sem fibras, com sabor doce-acidulado e muito agradável (LORENZI et. al., 2015).

Por se tratar de um fruto climatérico, o umbu deve ser colhido no estágio de maturidade fisiológica apropriado, para que não ocorram perdas durante sua vida pós-colheita (LIMA et al., 2018). Os frutos apresentam vida útil de dois a três dias no máximo em temperatura ambiente, limitando o seu consumo, além da sazonalidade, que delimita o consumo em aproximadamente quatro meses (SILVA, 2013). Além disso, a colheita dos frutos em estádios adequados de maturação é determinante na manutenção da qualidade pós-colheita (MOURA et al., 2013). Portanto, o bom manuseio e o armazenamento pós-colheita do umbu devem ser praticados de forma a conservar a qualidade do fruto, utilizando métodos de preservação como a refrigeração durante o armazenamento associada ao uso de revestimentos comestíveis, podendo ser uma excelente alternativa de manter a qualidade do umbu *in natura*.

A utilização dos revestimentos comestíveis tem sido amplamente aplicada em frutos, tendo desempenho satisfatório em suas aplicações, por fornecer uma fina camada seca de materiais na superfície do fruto para reduzir a taxa de respiração, a taxa de transpiração, umidade, manter a firmeza e retardar a senescência (CIOLACU et al., 2014; MANNOZZI et al., 2017; XU et al., 2018). O uso de recobrimentos à base de microalgas vem sendo estudado em diversos frutos como manga, banana, goiaba e mamão (OLIVEIRA et al., 2018a, OLIVEIRA et al., 2018b, ONIAS et al., 2018 e TEODOSIO et al., 2018a).

As microalgas podem ser usadas para suplementar o valor nutricional dos frutos e prolongar sua vida de prateleira, devido ao seu equilíbrio da sua composição bioquímica, incluindo fibra dietética e proteína (ANYANWU et al., 2018). A *Chlorella* possui um alto teor de nutrientes, especialmente de vitamina B12, C e D2, proteínas e carboidratos (VIGANI et al., 2015). E quando corretamente processadas, apresentam um sabor agradável, o que

facilita a sua comercialização, podendo ser incorporadas em variados tipos de alimentos (FONSECA, 2016; CASSURIAGA et al., 2018).

O óleo de semente de romã (OSR) é um ingrediente nutracêutico atraente, possuindo uma composição fitoquímica enriquecida com alto ácido púrico e atividade antioxidante, devido a presença de compostos fenólicos, especialmente orto-difenóis (SOLEIMANIAN et al., 2017). Devido as suas propriedades nutricionais e medicinais o OSR já vem sendo testado como ingrediente funcional para ajudar na emulsificação de recobrimentos comestíveis e biodegradáveis (TEODOSIO et al., 2018a; TEODOSIO et al., 2018b), assim como enriquecer o fruto com atributos benéficos à saúde. Neste contexto, objetivou-se avaliar a aplicação de recobrimentos comestíveis a base de *Chlorella* sp. associado ao óleo da semente de romã na vida útil pós-colheita do umbu.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condução do experimento

O experimento foi desenvolvido no laboratório de Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA). Os frutos utilizados no experimento foram adquiridos de um pomar localizado nas Várzeas de Juazeirinho, Paraíba (PB), distante 164 km do município de Pombal-PB.

A colheita foi realizada no período da manhã, onde os frutos foram pré-selecionados no campo, colhido manualmente quando atingiram a maturidade fisiológica, evitando-se os que apresentavam sintomas de alguma doença, presença de patógenos, ou algum dano mecânico. Em seguida foram acondicionados em camada única, em caixas de papelão com dimensões de (640 x 480 cm) previamente revestidos com o plástico bolha para minimizar o impacto e o atrito entre os mesmos e transportados para o laboratório onde os frutos foram selecionados quanto à uniformidade de tamanho e cor, descartando aqueles com defeitos ou injúrias aparentes devido ao transporte. Posteriormente foram lavados em solução detergente a 1% e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm de cloro ativo por 20 minutos, e após isso, enxaguados com água e secos ao ar (Figura 1).



Figura 1. Frutos utilizados no experimento, UFCG, Pombal, 2018.

A instalação do experimento deu-se em delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 5 x 5, representado por cinco concentração de *Chlorella* sp. : T1 = controle; T2 = 0,5%; T3 = 1%; T4 = 1,5%; T5 = 2% e em cinco períodos de avaliação 0, 3, 6, 9 e 12 dias, com três repetições de dez frutos por parcela.

A *Chlorella* sp. utilizada neste estudo foi produzida conforme Lima (2016), em tanques de produção orgânica, na Fazenda Tamanduá, localizada na cidade de Patos – PB. Após a obtenção das biomassas, as mesmas foram diluídas em 1L de água, sob agitação constante até a homogeneização completa da solução. Para incorporação do óleo da semente de romã aos recobrimentos, foi utilizado 0,3% para cada litro da solução de *Chlorella* sp.. Em seguida, os frutos foram imersos nas soluções e, após secos a temperatura ambiente, foram acondicionados em bandejas e armazenados em BOD na temperatura de $14 \pm 2^\circ\text{C}$ com $85 \pm 5\% \text{UR}$ para posterior avaliação.

A cada período de avaliação, os frutos foram despulpados para remoção do caroço utilizando uma faca de aço inoxidável e posteriormente processados em centrifuga doméstica e avaliados quanto aos seguintes variáveis:

2.2 Variáveis analisadas

Perda de Massa Fresca (PMF): determinada por gravimetria em balança semi-analítica de precisão de $\pm 0,01$ g. Os resultados foram expressos em perdas percentuais, utilizando-se a relação entre a perda de massa antes e após cada período de armazenamento.

Firmeza da polpa: avaliada em texturômetro (FRUIT HARDNESS TESTER), com profundidade de penetração de 2,0 mm, velocidade de 2,0 mm s⁻¹ e ponteira, TA 6/1000. As leituras foram realizadas nos frutos inteiros, em faces opostas. Os resultados obtidos foram expressos em Newtons (N).

Coloração da casca: aferida através de colorímetro digital Konica Minolta CR-400, utilizando o Sistema CIELAB, que define um espaço cromático tridimensional com três eixos, em coordenadas retangulares (L*a*b*) que indicam, respectivamente, a luminosidade (L*), os tons de vermelho (*a* positivo) a verde (-a* negativo) e os tons amarelo (b* positivo) a azul (-b* negativo) e define também as coordenadas cilíndricas (L*, C*, H°). Os valores de a* e b* foram convertidos em ângulo Hue (H°), que representa a intensidade da cor, e croma (C*) a pureza da cor, de acordo com as equações de Pinheiro (2009).

Potencial hidrogeniônico (pH): aferido através de peagâmetro digital de bancada por leitura direta na polpa homogeneizada, conforme IAL (2008).

Acidez Titulável (AT): determinada de acordo com metodologia recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), utilizando-se 10 gramas de polpa homogeneizada e diluída em 100 mL de água destilada, seguida de titulação com solução padronizada de NaOH 0,1N, usando como indicador o ponto de viragem da fenolftaleína. Os resultados foram expressos em g de ácido cítrico por 100g⁻¹ da amostra.

Sólidos Solúveis – (SS): determinou-se diretamente da polpa homogeneizada, através de leitura direta em refratômetro digital (modelo PR – 100, Palette, Atago Co., LTD., Japan), sendo os resultados expressos em °Brix (AOAC, 2012).

Relação SS/AT: calculada a relação entre sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT). Os resultados foram expressos em número puro, com uma casa decimal.

Vitamina C: foi determinada pelo método de Tillman. Pesou-se 1g de amostra, sendo a mesma transferida para erlenmeyer, onde o volume foi completado para 50 mL com 0,5% de ácido oxálico, sendo a titulação feita com solução Tillman até o ponto de viragem (AOAC, 2012).

Açúcares solúveis totais: Determinados a partir de 1 ml de suco diluído em 150 mL de água destilada, desta solução pegou-se 100 μ l e diluiu-se novamente em 50 ml de água destilada. A partir dessa diluição foram utilizados 1,0 mL para o doseamento pelo método de antrona Yemn e Willis (1954), com análise em espectrofotômetro a 620nm e os resultados expressos em $g \cdot 100g^{-1}$ da polpa.

Carotenoides totais: determinado de acordo com metodologia de Linchtenthaler (1987). Amostras de 1,0 mL de polpa dos umbus foram transferidas para tubos de ensaio adicionando-se 0,2 g de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) e 5 mL de acetona a 80 %, em seguida as amostras foram centrifugadas por 10 minutos a 10 °C e 3000 rpm. Para a leitura foram utilizados os comprimentos de onda de 470, 646 e 663 nm em espectrofotômetro, visto que para determinar a concentração de carotenoides é utilizada a concentração de clorofila a e b existente na amostra. Os resultados foram expressos em $g \cdot 100g^{-1}$ da polpa.

Compostos fenólicos: foram estimados a partir do método de Folin-Ciocalteu descrito por Waterhouse (2012). Os extratos foram preparados a partir de 1 mL da amostra, foram diluído em 50 mL de água destilada e deixados em repouso por 30 min. Uma alíquota de 800 μ L do extrato foi transferida para um tubo de ensaio, contendo 1,325 μ L de água e 125 μ L do reagente folin-Ciocalteu. A mistura permaneceu em repouso por 5 minutos e logo após foi adicionado 250 μ L de carbonato de sódio a 20%, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 40 °C, por 30 minutos. O ácido gálico foi utilizado como padrão analítico e as leituras medidas a 765 nm, sendo os resultados expressos em ácido gálico equivalente por 100g de amostra ($mg \cdot 100g^{-1}$).

2.3 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), a determinação dos coeficientes de regressão e a obtenção das superfícies de resposta foram realizadas com o auxílio do software Statistica 7.0 (STATSOFT, 2004).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se que houve interação significativa entre os fatores em estudo (recobrimento e tempo de armazenamento) para as variáveis de perda de massa, firmeza e cor da polpa (luminosidade (L*), ângulo hue (H°) e cromaticidade (C*)) (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo de análise de variância (ANOVA) dos modelos de regressão para o efeito na perda de massa, firmeza, cor da polpa do umbu com e sem a aplicação de recobrimentos comestíveis armazenados a $14 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\% \text{UR}$.

FV	Quadrado Médio					
	GL	Perda de massa	Firmeza	L* polpa	H° polpa	C* polpa
<i>Chlorella</i> (L)	1	51,219**	282,865**	1040,917**	0,110**	32,503**
<i>Chlorella</i> (Q)	1	22,957**	70,969**	174,088**	0,032**	41,753**
Tempo (L)	1	3716,950**	4484,635**	634,924**	0,163**	25,558**
Tempo (Q)	1	14,045**	0,159 ^{ns}	1,255 ^{ns}	0,002 ^{ns}	10,409**
<i>Chlorella</i> (L) x Tempo (L)	1	38,259**	16,006**	64,891**	0,027**	4,762*
Falta de ajuste	19	3,192**	24,181**	35,323**	0,003**	3,858**
Erro puro	50	0,320	0,592	1,039	0,001	0,790

L - Regressão linear; Q - Regressão quadrática; **, *, ^{ns}, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

Os frutos sem aplicação de recobrimento T1 tiveram a maior perda de massa fresca 22,91% iniciando murchamento indicado pela perda excessiva de água, enquanto as menores perdas de massa fresca foram obtidas para o recobrimento T5 17,72%, se comparado com os demais recobrimentos T2 20,62%, T3 18,99% e T4 18,03% (Figura 2). A perda de massa fresca dos frutos aumentou gradativamente durante o período de armazenamento (Figura 3A), devido à migração da água presente no fruto para o meio ambiente, sendo possivelmente atribuída à transpiração dos estômatos e evaporação direta através das células epidérmicas (KUMAR et al., 2017).

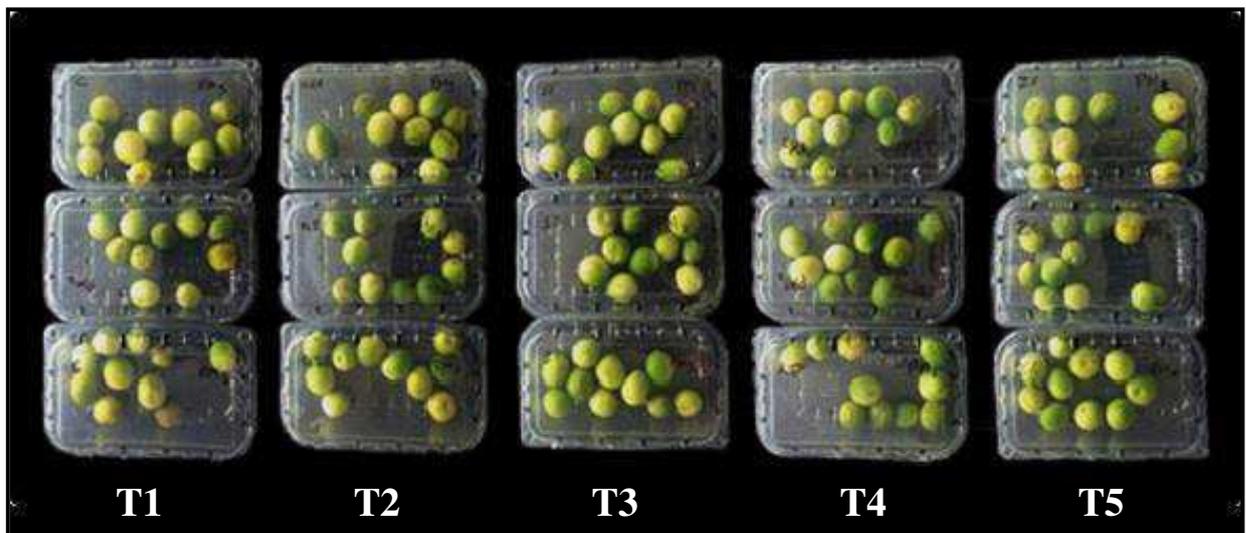


Figura 2. Frutos armazenados a $14 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\% \text{UR}$ por 12 dias, UFCG, Pombal, 2018.

$$\text{PM (\%)} = 0,473^{**} - 2,385 \text{ C}^{**} + 1,322 \text{ C}^{2**} + 1,552 \text{ T}^{**} + 0,029 \text{ T}^{2**} - 0,238 \text{ CxT}^{**} \quad \text{Firmeza (N)} = 37,013^{**} + 6,473 \text{ C}^{**} - 2,325 \text{ C}^{2**} - 2,013 \text{ T}^{**} + 0,003 \text{ T}^{2**} + 0,154 \text{ CxT}^{**}$$

$$R^2 = 0,98 \quad R^2 = 0,91$$

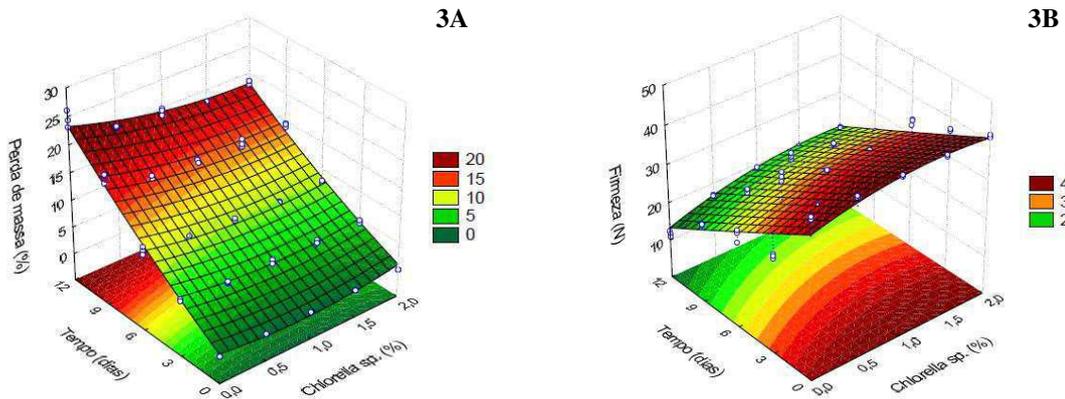


Figura 3. Perda de massa (3A) e firmeza (3B) de frutos de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.

Para os frutos revestidos, a perda de massa fresca foi reduzida na medida em que aumentou a concentração de *Chlorella* sp., demonstrando que sua composição possui muitos compostos que promovem plastificação porosa e grade de interação com complexos proteicos, permitindo a formação de cadeias de estruturação mecânica e interativa na superfície do fruto. Teodosio et al., (2018b) e Onias et al., (2016), ao analisarem frutos de mamão e manga, respectivamente, submetidos a recobrimentos a base de microalgas, observaram que a perda de massa aumentou em todos os tratamentos durante o período de armazenamento, porém frutos tratados com *Chlorella* sp. e *Spirulina platensis* obtiveram valores menores de perda de massa fresca durante o armazenamento, indicando que os recobrimentos a base de microalgas protegeu a fruta contra a perda excessiva de água para a atmosfera.

A firmeza dos frutos diminuiu em função do período de armazenamento independentemente das concentrações aplicadas, o qual verificou-se que todos os recobrimentos se ajustaram a equação com mínimo estimado de T2 16,87N, T3 19,29N, T4 20,54N e T5 20,63N ambos aos 12 dias de armazenamento, onde o recobrimento T5 proporcionou 35,6% mais firme em relação ao controle T1 13,29N que apresentou o menor valor neste mesmo período (Figura 3B).

Os frutos recobertos obtiveram os valores de firmeza mais elevados, devido o recobrimento fornecer rigidez estrutural a superfície do fruto, mantendo a qualidade e prolongando sua conservação durante o período de armazenamento. Este resultado foi concordante com Oliveira et al. (2018a), em frutos de manga e Teodosio et al., (2018b) em frutos de mamão. Além disso, a retenção da firmeza ocorre através do metabolismo dos hidratos de carbono e com as alterações da parede celular, havendo degradação da pectina,

que ocasiona a perda entre as células e, assim, o fruto perde a firmeza dos tecidos (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014).

A cor da casca do umbu é um dos principais atrativos visuais, devido ocorrer mudanças de coloração verde para o verde-amarelado ao longo do seu armazenamento. Conforme se observa para cada exemplar relacionado à cor da casca, houve diferenças significativas nos índices de cor (L^* , C^* e H°) em função do tempo de armazenamento (Figura 4).

Para a luminosidade (L^*) da casca, observou-se um comportamento quadrático crescente até o último período, atingindo valores estimados de 55,14; 52,49 e 51,66, para os recobrimentos T3, T4 e T5, respectivamente, demonstrando frutos mais opacos se comparados ao recobrimento T2 59,62 e o controle T1 65,91 (Figura 4A). Os frutos do tratamento controle passaram por um processo de amadurecimento mais rápido durante o período de armazenamento, embora os frutos recobertos tornassem o fruto mais opaco, consequentemente retardaram a degradação dos pigmentos que fazem com que o fruto ganhe brilho (OLIVEIRA et al., 2018c).

No que se refere à intensidade da cor (H°) na casca, verificou-se um comportamento linear decrescente em todos os recobrimentos atingindo mínimo estimado de T2 90,31; T3 90,36; T4 90,40 e T5 90,40, e o controle T1 90,23, onde a cor dos frutos evoluiu do verde ao verde-amarelado, comprovando que os recobrimentos não interferiram de forma negativa no processo de amadurecimento dos frutos (Figura 4B). A diferença na cor da casca nesses frutos pode ter sido causada por um pico na produção de etileno, uma vez que tal transformação está intimamente ligada à biossíntese do etileno, o que promove um aumento na atividade das enzimas clorofilase responsáveis pela degradação da clorofila, e induz a síntese de novas enzimas responsáveis pela biossíntese de carotenóides, de forma marcante nos frutos tratamento controle (OLIVEIRA et al., 2018c; FORATO et al., 2015).

Em relação aos dados de cromaticidade (C^*) da casca, apresentados na Figura 4C, verificou-se comportamento linear crescente com máximo estimado de 33,11; 34,27; 34,54; 33,93 e 31,05 para os recobrimentos T2, T3, T4, T5 e o controle T1 no período de 12 dias de armazenamento. Os recobrimentos não interferiram de forma negativa no processo de evolução da coloração dos umbus que ocorreu lentamente ao longo do período de armazenamento. Portanto, os recobrimentos à base de *Chlorella* sp. retardaram o metabolismo

dos frutos, enquanto o controle demonstrou frutos mais claros indicando um amadurecimento precoce, consequentemente, uma coloração amarela.

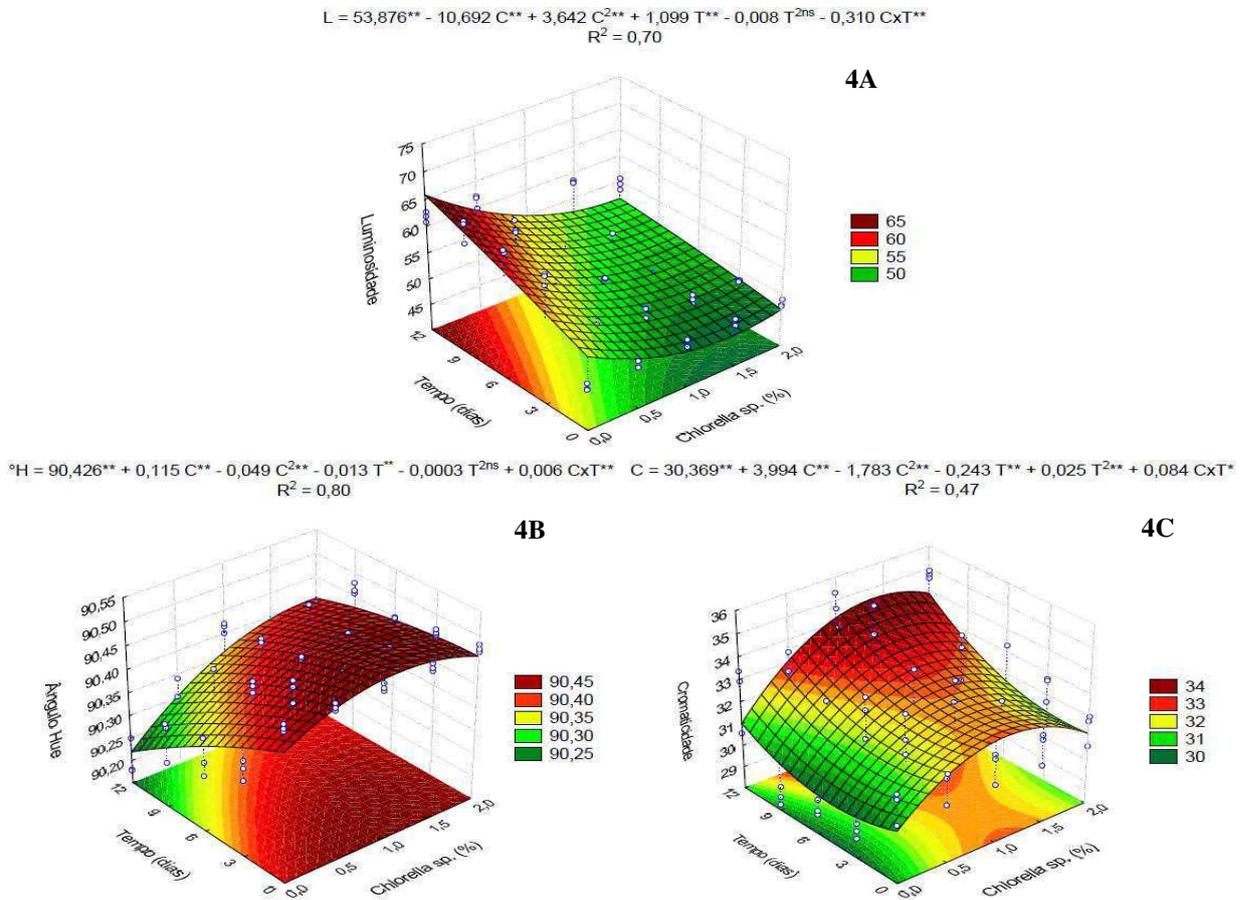


Figura 4. Coloração da casca, Luminosidade L^* na casca (4A) Ângulo Hue H° casca (4B) Cromatidade C^* na polpa (4C) de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.

Para a variável sólidos solúveis houve interação significativa entre os diferentes recobrimentos e o tempo de armazenamento. Houve efeito isolado dos fatores para as variáveis acidez titulável e relação SS/AT e apenas do fator tempo de armazenamento para pH (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo de análise de variância (ANOVA) dos modelos de regressão para o efeito no pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e relação (SS/AT) em umbu com e sem a aplicação de recobrimentos comestíveis armazenados a $14 \pm 2^{\circ}C$, $85 \pm 5\%UR$.

FV	Quadrado Médio				
	GL	pH	AT	SS	SS/AT
<i>Chlorella</i> (L)	1	0,0001 ^{ns}	0,071 ^{**}	1,972 ^{**}	3,516 ^{**}
<i>Chlorella</i> (Q)	1	0,023 ^{ns}	0,019 [*]	3,698 ^{**}	0,698 [*]
Tempo (L)	1	0,002 ^{ns}	3,229 ^{**}	69,088 ^{**}	8,441 ^{**}
Tempo (Q)	1	0,048 [*]	0,022 [*]	9,163 ^{**}	5,010 ^{**}
<i>Chlorella</i> (L) x Tempo (L)	1	0,005 ^{ns}	0,003 ^{ns}	3,572 ^{**}	0,407 ^{ns}
Falta de ajuste	19	0,081 [*]	0,081 ^{**}	0,673 ^{**}	1,287 ^{**}
Erro puro	50	0,010	0,004	0,125	0,141

L - Regressão linear; Q - Regressão quadrática; **, *, ^{ns}, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

Em relação ao pH, observou-se que o mesmo sofreu uma pequena oscilação nos valores de pH em todas as amostras (Figura 5A). Os frutos apresentaram um valor médio de pH entre 2,60 a 2,24 ao longo do período de armazenamento. Souza Júnior (2016), observou que os valores de pH em umbus com recobrimento comestível à base de goma arábica ou sem recobrimento, manteve-se entre 2,80 a 2,54, com pequenas diferenças significativas entre os tratamentos ao longo do período de armazenamento. Dutra et al., (2017), em estudos realizados com genótipos de espécie do gênero *Spondias tuberosa* encontraram variações no pH de 2,34 a 2,40.

$$\text{pH} = 2,602^{**} - 0,099 C^{ns} + 0,042 C^{2ns} - 0,024 T^{ns} + 0,002 T^{2*} + 0,003 CxT^{ns} \quad \text{AT (\%)} = 1,329^{**} - 0,019 C^{**} + 0,038 C^{2*} + 0,065 T^{**} - 0,001 T^{2*} - 0,0012 CxT^{ns}$$

$$R^2 = 0,04 \quad R^2 = 0,63$$

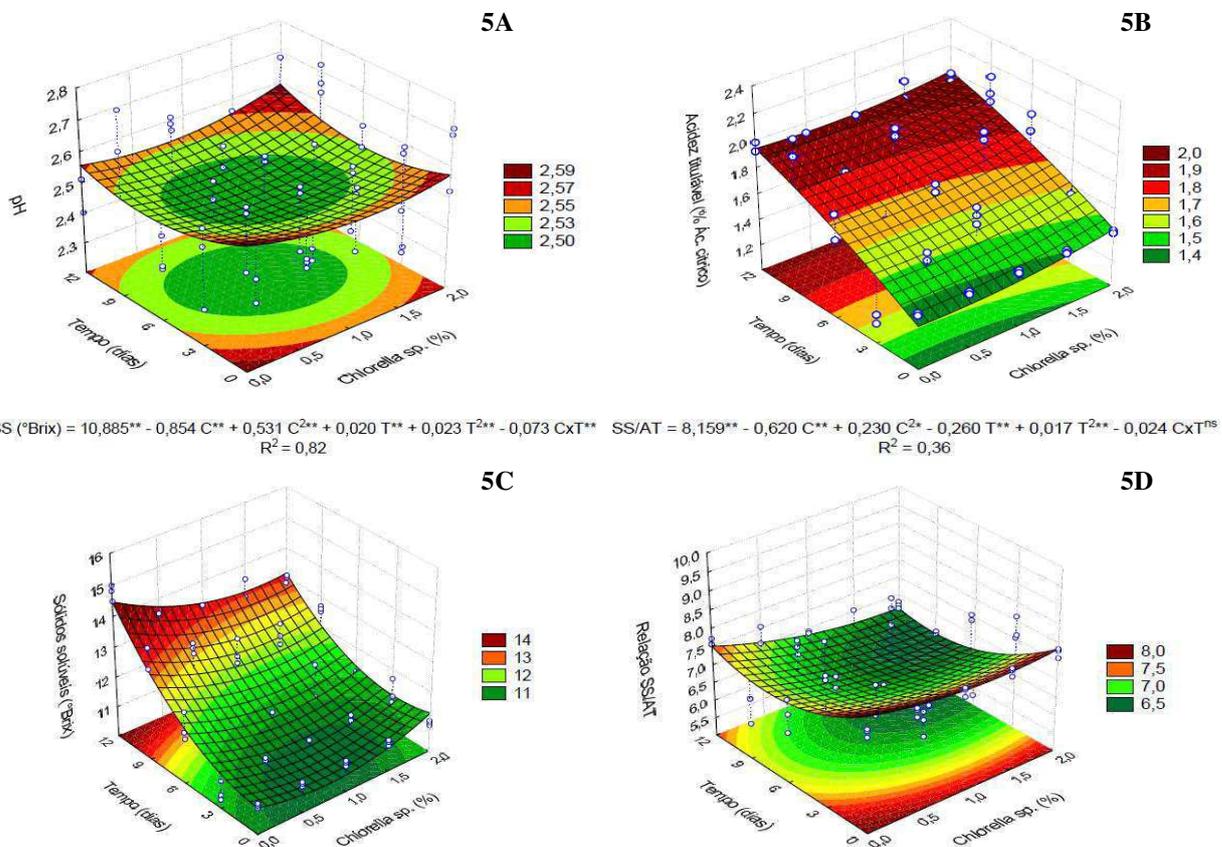


Figura 5. Mudanças de pH (5A), acidez titulável (5B), sólidos solúveis (5C) e relação (SS/AT) (5D) de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.

Para a acidez titulável, observou-se diferenças significativas nos fatores recobrimentos e tempo de armazenamento de forma isolada. Todos os recobrimentos T2, T3, T4, T5 e o controle T1 aumentaram sua acidez com valores estimados de 1,95; 1,96; 1,99; 2,00 e 1,95% ao longo do período de armazenamento, respectivamente (Figura 5B). Pode-se inferir que o aumento da acidez nos frutos recobertos sob temperatura refrigerada reduziu o metabolismo respiratório, reduzindo o consumo de ácidos orgânicos.

O aumento da acidez nos frutos recobertos durante o amadurecimento pode ser devido aos ácidos galacturônicos liberados durante a hidrólise de componentes da parede celular. Com a quebra da estrutura do polímero péctico pela ação das enzimas pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG), há a liberação dos ácidos galacturônicos solúveis em água e, conseqüentemente, o aumento da acidez (LOPES, 2007; SIQUEIRA, 2012). Souza Junior (2016), avaliando aplicação de recobrimento comestível à base de goma arábica na vida útil pós-colheita do umbu obteve comportamento semelhante a este trabalho, no qual os frutos com recobrimentos apresentaram valor final maior do que o controle.

Os sólidos solúveis dos frutos de umbu apresentaram diferenças significativas ao longo do período de armazenamento, ocasionando aumento no teor de SS em todos os recobrimentos T2, T3, T4, T5 e o controle T1 com valores máximos estimados respectivos a 13,7; 13,2; 13,0; 13,1 e 14,4% no 12º dia de armazenamento (Figura 5C).

Os recobrimentos tem um potencial de redução da respiração dos frutos, que contribuiu para a preservação dos sólidos solúveis nos frutos recobertos, enquanto os frutos T1 (controle) amadureceram rapidamente, sendo comprovado pelos dados de coloração da casca, fato que indica a mudança de coloração de verde para amarelo, mostrando uma tendência de mudança de estágio de maturação (OLIVEIRA et al., 2018c).

Teodosio et al. (2018b) e Souza Junior (2016), ao analisarem frutos de mamão e umbu, respectivamente, submetidos a recobrimentos à base de microalgas e goma arábica, observaram que o teor de sólidos solúveis aumentaram em todos os tratamentos durante o período de armazenamento, porém frutos recobertos obtiveram valores menores de SS durante o armazenamento, indicando que os recobrimentos reduziram o consumo dos açúcares como substrato no processo respiratório.

Os dados referentes à relação SS/AT demonstraram que houve efeito significativo entre os recobrimentos e o tempo de armazenamento de forma isolada (Figura 5D). Ao longo do armazenamento ocorreu uma diminuição até o 10º dia, correspondendo a uma ligeira inibição do amadurecimento, conseqüentemente se manteve até o 12º dia. Os frutos recobertos T2, T3, T4, T5 e o controle T1 obtiveram valores estimados de 7,1; 6,8; 6,6; 6,6 e 7,5, demonstrando que os recobrimentos influenciaram ao retardar o amadurecimento dos frutos recobertos quando comparados ao tratamento controle, que conseqüentemente obteve o maior valor e o maior grau de doçura.

Em geral, a tendência da relação (SS/AT) é aumentar com o amadurecimento em função do aumento no teor de SS e da diminuição na AT, devido à degradação dos polissacarídeos e a oxidação dos ácidos no ciclo dos ácidos tricarbóxicos na respiração (SIQUEIRA, 2012). O umbu possui um sabor doce-acidulado exótico na polpa produzido pela combinação de açúcares, acidez e compostos fenólicos, sendo o principal atrativo para a ingestão dos frutos, por isso os valores da relação SS/AT não são elevados comparando com outros frutos climatéricos como o mamão e a manga (LIMA et al, 2018).

Para as variáveis de compostos fenólicos e açúcares totais houve interação significativa entre os fatores em estudo (recobrimento e tempo de armazenamento), enquanto que para as variáveis de vitamina C e carotenoides houve efeito significativo entre os fatores em estudo (recobrimento e tempo de armazenamento) de forma isolada.

Tabela 3. Resumo de análise de variância (ANOVA) dos modelos de regressão para o efeito da vitamina C, carotenoides, compostos fenólicos e açúcares totais em umbu com e sem a aplicação de recobrimentos comestíveis armazenados a $14 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\% \text{UR}$.

FV	Quadrado Médio				
	GL	Vitamina C	Carotenoides	Compostos Fenólicos	Açúcares Totais
<i>Chlorella</i> (L)	1	20,167**	0,365 ^{ns}	333,90**	28,162**
<i>Chlorella</i> (Q)	1	9,643**	3,548**	225,40**	7,627**
Tempo (L)	1	6,134**	82,550**	14167,69**	135,760**
Tempo (Q)	1	6,997**	0,608 ^{ns}	312,30**	1,396**
<i>Chlorella</i> (L) x Tempo (L)	1	1,203 ^{ns}	0,333 ^{ns}	57,59**	1,763**
Falta de ajuste	19	9,244**	4,883**	172,49**	4,667**
Erro puro	50	0,314	0,180	7,93	0,169

L - Regressão linear; Q - Regressão quadrática; **, *, ^{ns}, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

Na vitamina C, constatou-se pequenas variações em todos os recobrimentos testados T2, T3, T4, T5 e o controle T1, com valores estimados de 15,0, 15,4, 15,4, 15,0 e 14,1mg.100g⁻¹(Figura 6A). No umbu maduro o conteúdo de vitamina C pode variar entre 10,0 a 40,0mg.100g⁻¹ (LIMA et al., 2018), dependendo de muitos fatores como estágio de maturação, meio de crescimento, estação e a acidez do fruto (COSTA et al., 2010).

Melo e Andrade 2010, avaliando os compostos bioativos de frutos do umbuzeiro relatou que a vitamina C decresce, assim como geralmente ocorre em outros frutos, encontrando valores maiores para umbu semi maduro 11,07mg.100g⁻¹ do que o umbu maduro 9,38mg.100g⁻¹. Deste modo os recobrimentos conseguiram preservar o teor de vitamina C, enquanto o controle obteve o menor valor.

Quanto ao teor de carotenoides (Figura 6B), observou-se ao longo do período do armazenamento ocorreu uma pequena redução, com os recobrimentos T2, T3, T4, T5 e o

controle T1 com valores estimados de 6,0; 5,7; 5,8; 6,0 e 6,5g.100g⁻¹ no 12º dia de armazenamento. Esta diminuição está associada à luz e as trocas gasosas, uma vez que, quando os frutos são armazenados na ausência de luz, geralmente desenvolvem uma menor quantidade de pigmentos amarelos em comparação com os frutos expostos à luz, além disso, o armazenamento em ambientes hermeticamente fechados aumenta o acúmulo de CO₂, mantendo, assim, o nível de clorofilas e preservando uma coloração verde durante o armazenamento (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014).

No umbu o alto teor de clorofila responsável pela característica de cor verde escura diminui gradualmente como resultado da degradação provocada por mudanças no pH, no estado redox da célula e na atividade da enzima clorofilase, assim como ocorre a biossíntese de carotenoides. O controle foi o que apresentou o maior valor de carotenoides durante o período de armazenamento ocasionado pelo processo de amadurecimento do fruto, enquanto os recobrimentos à base de *Chlorella* sp., além de retardar o amadurecimento, contém pigmentos verdes fotossintetizadores de clorofila a e b em seu cloroplasto, contribuindo no aumento de clorofila nos frutos (BERTOLDI et al, 2008).

Os compostos fenólicos dos frutos aumentaram em função do período de armazenamento independentemente dos recobrimentos aplicados, obtendo valores máximos estimados de 114,9; 113,2; 113,6; 116,1 e 118,65g.100g⁻¹ para os recobrimentos T2, T3, T4, T5 e o controle T1 no último dia de armazenamento (Figura 6C). Segundo Maldonado-Astudillo et al. (2014), a importância dos compostos fenólicos no fruto de *Spondias* origina-se da sua função como antioxidantes naturais e na proteção que tais compostos proporcionam contra doenças crônico-degenerativas.

A oxidação parcial de açúcares e ácidos orgânicos na glicólise e no ciclo dos tricarbônicos ocasiona a síntese de compostos fenólicos, sendo possível que parte dos açúcares e ácidos, consumidos na respiração, tenham sido utilizados para a produção de compostos fenólicos (SOETHE et al., 2016). A refrigeração pode estar mantendo o conteúdo fenólico melhor, ativando os genes que induzem a biossíntese de metabólitos de defesa.

Atualmente não há um padrão claro de variação no conteúdo fenólico total do fruto de *Spondias tuberosa* durante o armazenamento ou amadurecimento pós-colheita. Costa (2018), analisando os compostos fenólicos de frutos de umbu maduros armazenados em freezer a -80 °C quantificou 179,77 g.100g⁻¹ de teor total de compostos fenólicos.

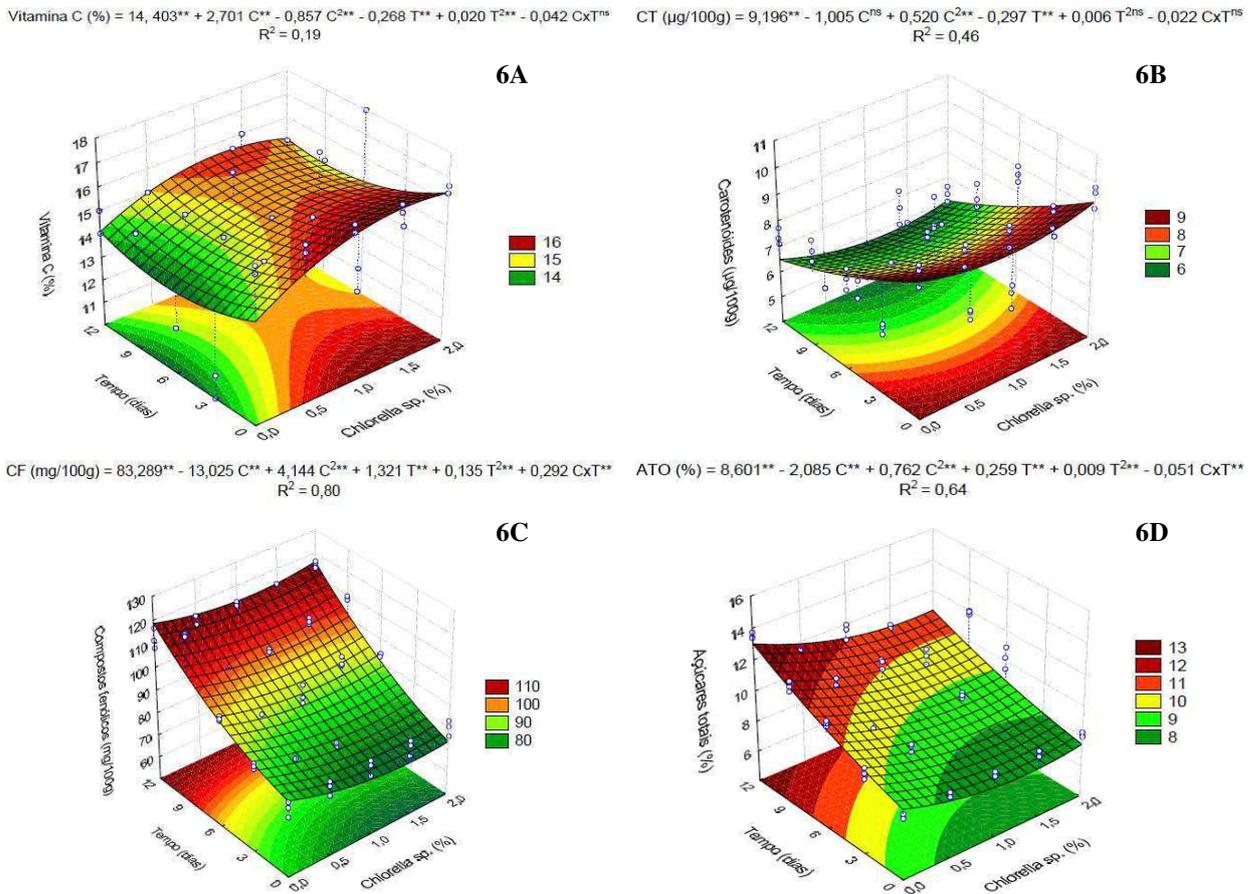


Figura 6. Mudanças de vitamina C (6A), carotenoides (6B), compostos fenólicos (6C) e açúcares totais (6D) de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.

Com relação aos teores de açúcares totais (Figura 6D), houve um aumento significativo ao longo do tempo de armazenamento, no qual os frutos controle T1 tiveram o maior teor de açúcares totais $13,0\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, enquanto os menores teores foram obtidos para os recobrimentos T2, T3, T4, T5 com valores máximos estimados de 12,1; 11,6; 11,5 e $11,8\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$. Os aumentos de açúcares totais estão associados aos aumentos ocorridos com o teor de sólidos solúveis, embora a medição destes, não representa o teor exato dos açúcares, chegando a constituir até 85-90% dos sólidos solúveis (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Lima (2016b), ao analisarem frutos de umbuzeiro provenientes de sistema orgânico e convencional ao longo do período de armazenamento, observou que frutos em estágio de maturação totalmente amarelo aumentou o teor de açúcares totais atingindo os valores de 10,25 e $12,07\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$. Neste trabalho o menor valor foi encontrado nos frutos revestidos com *Chlorella* sp., que provavelmente pode ser devido à desaceleração dos processos catabólicos e à taxa de respiração durante o período de armazenamento. Nossos resultados estão em conformidade com Teodosio et al. (2018b), onde um aumento mais lento no conteúdo de

açúcares totais foi observados em frutos de mamão recobertos com microalgas, respectivamente.

4. CONCLUSÕES

O recobrimento 2,0% *Chlorella* sp. associado ao óleo da semente de romã proporciona vida útil em umbus de 12 dias, quando armazenados à temperatura de $14 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR e mantém os principais aspectos de qualidade. Em relação aos compostos bioativos, conseguiu preservar o conteúdo de vitamina C e compostos fenólicos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANYANWU, R. C.; RODRIGUEZ, C.; DURRANT, A.; OLABI, A. G. Micro-Macroalgae properties and applications. **Reference Module in Materials Science and Materials Engineering**, v. 1, n. 1, p. 1-28, 2018.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 19 ed. Gaithersburg, Maryland, 2012.

BERTOLDI, F. C.; ANNA, E. S.; OLIVEIRA, J. L. B. Teor de clorofila e perfil de sais minerais de *chlorella vulgaris* cultivada em solução hidropônica residual. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n.1, p. 54-58, 2008.

CASSURIAGA, A. P. A.; FREITAS, B. C. B.; MORAIS, M. G.; COSTA, J. A. V. Innovative polyhydroxybutyrate production by *Chlorella* fusca grown with pentoses. **Bioresource Technology**, v. 265, n. 20, p. 456-463, 2018.

CHITARRA, M. I. F; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. 2ª ed Lavras: ESAL/FAEPE, 2005.

CIOLACU, L.; NICOLAU, A. L.; HOORFAR, J. Edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. **Global Safety of Fresh Produce**, v. 1, n. 1, p. 233-244, 2014.

COSTA, F. B.; MENEZES, J. B.; ALVES, R. E.; NUNES, G. H. S.; MARACAJÁ, P. B. Armazenamento refrigerado do mamão Havaí ‘Golden’ produzido na Chapada do Apodi–RN-Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 4, p. 37-54, 2010.

COSTA, G. A. **Carotenoides e compostos fenólicos de spondias do nordeste brasileiro: composição e bioacessibilidade**. 2018. 155 f. Tese (doutorado) Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, 2018.

DUTRA, F. V.; CARDOSO, A. D.; MORAIS, O. M.; VIANA, A. E. S.; MELO, T. L.; CARDOSO JÚNIOR, N. S. Características físicas e químicas de acessos de umbuzeiros (*Spondias tuberosa* Arr. Cam). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 140-149, 2017.

FONSECA, J.A. **Aplicação de Algas na Indústria Alimentar e Farmacêutica**. 2016. 75 f. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2016.

FORATO, L.A.; BRITO, D. DE.; RIZZO, J. S. DE.; GASTALDI, T.A.; ASSIS, O.B.G. Effect of cashew gum-carboxymethylcellulose edible coatings in extending the shelf-life of fresh and cut guavas. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 5, n. 3, p. 68-74, 2015.

IAL – Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

KUMAR, P.; SETHI, S.; SHARMA, R. R.; SRIVASTAV, M.; VARGHESE, E. Effect of chitosan coating on postharvest life and quality of plum during storage at low temperature. **Scientia Horticulturae**, v. 226, n. 13, p. 104–109, 2017.

LICHTENTHÁLER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L., DOUCE, R. (Eds). **Methods in Enzymology**. London, v. 148, n. 1, p. 350-382, 1987.

LIMA, J.F. **Cultivo e secagem da microalga *Chlorella* sp. em diferentes concentrações de nutrientes**. 2016. 135 f. Tese (doutorado em engenharia de processos), Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande, 2016a.

LIMA, M. A. C.; SILVA, S. M.; & OLIVEIRA, V. R. Umbu— *Spondias tuberosa*. **Exotic Fruits**, v. 1, n. 1, p. 427–433, 2018.

LIMA, T. M. C. **Qualidade e compostos bioativos de frutos de umbuzeiro cultivados sob o sistema orgânico e convencional**. 2016. 57 f. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016b.

LOPES, M.F. **Fisiologia da maturação e conservação pós-colheita do acesso umbu laranja (*Spondias tuberosa* arruda câmara)**. 2007. 123p. (Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos). João Pessoa, 2007.

LORENZI, H.; LACERDA, M. T. C.; BACHER, L. B. **Frutas no Brasil nativas e exóticas : (de consumo *in natura*)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2015. 768p.

MALDONADO-ASTUDILLO, Y. I.; ALIA-TEJACAL, I.; NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, J.; PELAYO-ZALDÍVAR, C.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; ANDRADE-RODRÍGUEZ, M.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; VALLE-GUADARRAMA, S. Postharvest physiology and technology of *Spondias purpurea* L. and *S. mombin* L. **Scientia Horticulturae**, v. 174, n. 10, p. 193–206, 2014.

MANNOZZI, C.; CECCHINI, J. P.; TYLEWICZ, U.; SIROLI, L.; PATRIGANANI, F.; LANCIOTTI, R.; ROCCULI, P.; DALLA, R. M.; ROMANI, S. Study on the efficacy of edible coatings on quality of blueberry fruits during shelf-life. **LWT - Food Science and Technology**, v. 85, n. 13, p. 440-444, 2017.

MELO, E. A.; ANDRADE, R. A. M. S. Compostos bioativos e potencial antioxidante de frutos do umbuzeiro. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 3, p. 453-457, 2010.

MOURA, F. T.; SILVA, S. M.; SCHUNEMANN, A. P. P.; MARTINS, L. P. Frutos do umbuzeiro armazenados sob atmosfera modificada e ambiente em diferentes estádios de maturação. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.4, p.764-772, 2013.

OLIVEIRA, A. M. F.; ROCHA, R. H. C.; TEODOSIO, A. E. M. M.; LIMA, J. F.; FREITAS, E. F. Q.; SANTOS, J. J. F.; SANTOS, B. G. F. L.; ONIAS, E. A.; RODRIGUES, M. H. B. S.; ALVES, K. A.; OLIVEIRA, L. M. Postharvest quality of 'prata anã' bananas treated with microalgae coating. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 27, n. 2, p. 1-11, 2018b.

OLIVEIRA, L. M., ALVES, K. A., TEODOSIO, A. E. M. M., MORAIS, F. A. de. Postharvest of “tommy atkins” mango submitted to coating of *Chlorella* sp. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 9, p. 225, 2018a.

OLIVEIRA, V. R. L.; SANTOS, F. K. G.; LEITE, R. H. L.; AROUCHA, E. M. M.; SILVA, K. N. O. Use of biopolymeric coating hydrophobized with beeswax in post-harvest conservation of guavas. **Food Chemistry**, v. 259, n. 21, p. 55–64, 2018c.

ONIAS, E. A.; ROCHA, R. H. C.; LIMA, J. F.; ONIAS, E. A.; FURTUNATO, T. C. S. Qualidade pós-colheita de manga “Tommy Atkins” orgânica tratada com biofilmes enriquecidos com *Spirulina platensis*. **Científica**, v.44, n.3, p.286-293, 2016.

ONIAS, E. A.; TEODOSIO, A. E. M. M.; BOMFIM, M. P.; ROCHA, R. H. C.; LIMA, J. F.; MEDEIROS, M. L. S. Revestimento biodegradável à base de *Spirulina platensis* na conservação pós-colheita de goiaba Paluma mantidas sob diferentes temperaturas de armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 849-860, 2018.

PINHEIRO, J.M. S. **Tecnologia pós-colheita para a conservação de bananas da cultivar tropical**. 2009. 59f. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Montes Claros, 2009.

RIBEIRO, L. O.; PONTES, S. M.; RIBEIRO, A. P. O.; PACHECO, S.; FREITAS, S. P.; MATTA, V. M. Avaliação do armazenamento a frio sobre os compostos bioativos e as características físico-químicas e microbiológicas do suco de umbu pasteurizado. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, n. 1, p. 1-8, 2017.

SILVA, L. M. M. da. **Comportamento reológico e caracterização físico-química de polpa e geleia de umbu** (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). 2013. 107f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SIQUEIRA, A. P. O. Uso de **Coberturas Comestíveis na Conservação Pós-Colheita de Goiaba e Maracujá-Azedo**. 2012. 91 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Fribeiro - UENF. Campo dos Goytacazes – RJ, 2012.

SOETHE, C.; STEFFENS, C. A.; AMARANTE, C. V. T.; MARTIN, M. S. D.; BORTOLINI, A. J. Qualidade, compostos fenólicos e atividade antioxidante de amoras-pretas “Tupy” e “Guarani” armazenadas a diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 8, p. 950–957, 2016.

SOLEIMANIAN, Y.; GOLI, SAH.; VARSHOSAZ, J.; E SAHAFI, SM. Formulation and characterization of novel nanostructured lipid carriers made from beeswax, propolis wax and pomegranate seed oil. **Food Chemistry**, v. 244, n. 7, p. 83-92, 2018.

SOUZA JÚNIOR, J. C. A. **Avaliação das características físico-químicas do umbu (*Spondias tuberosa*) com aplicação de revestimento comestível a base de goma arábica**. 2016. 36 f. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

STATSOFT, Inc. (2004). **STATISTICA** (data analysis software system), version 7.

TEODOSIO, A. E. M. M.; ONIAS, E. A.; OLIVEIRA, L. M.; RODRIGUES, M. H. B. S.; RIBEIRO, J. A.; QUEIROGA, T. B.; MESQUITA, E. F.; ARAÚJO, R. H. C. R.; SANTOS, B. G. F. L. Influence of different coatings on quality and shelflife of guava under different storage temperatures. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 26, n. 3, p. 1-10, 2018b.

TEODOSIO, A. E. M. M.; ROCHA, R. H. C.; LIMA, J. F.; ONIAS, E. A.; FERREIRA, A. P. N.; SANTOS, B. G. F. L.; RODRIGUES, M. H. B. S.; OLIVEIRA, L. M.; OLIVEIRA, A. M. F.; MEDEIROS, M. L. S.; SILVA, K. G. Effect of the biodegradable coatings the base on microalgae and oil of the seed of the pomegranate in the conservation powder-crop of the papaya 'Golden'. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 10, p. 367-377, 2018a.

VIGANI, M.; PARISI, C.; RODRÍGUEZ-CEREZO, E.; BARBOSA, M. J.; SIJTSMA, L.; PLOEG, M.; ENZING, C. Food and feed products from micro-algae: Market opportunities and challenges for the EU. **Trends in Food Science & Technology**, v. 42, n. 1, p. 81-92, 2015.

WATERHOUSE, A. 2012. **Folin-Ciocalteu micro method for total phenol in wine**. Disponível em: <http://waterhouse.ucdavis.edu/phenol/folinmicro.htm>. Acesso em: 01 outubro 2018.

XU, D.; QIN, H.; REN, D. Prolonged preservation of tangerine fruits using chitosan/montmorillonite composite coating. **Postharvest Biology and Technology**, v. 143, n. 9, p. 50–57, 2018.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, n. 1, p.508-515, 1954.

CAPÍTULO II

USO DE *Chlorella* sp. E ÓLEO DE SEMENTE DA ROMÃ NO RECOBRIMENTO DE UMBU ARMAZENADO EM TEMPERATURA AMBIENTE

RESUMO

O umbu é um fruto de grande importância econômica, no entanto, apresenta curto período pós-colheita devido às altas taxas de transpiração e perda de massa. O uso de recobrimento tem sido uma alternativa para prolongar o tempo de conservação pós-colheita. O objetivo deste trabalho foi a aplicação de recobrimentos comestíveis a base de *Chlorella* sp. associado ao óleo de semente da romã na qualidade e vida útil pós-colheita do umbu armazenado sob temperatura ambiente. A instalação do experimento deu-se em delineamento inteiramente casualizado em fatorial 5 x 6, representado por cinco técnicas de recobrimento: T1 = controle; T2 = 0,5% *Chlorella* sp.; T3 = 1% *Chlorella* sp.; T4 = 1,5% *Chlorella* sp.; T5 = 2% *Chlorella* sp., sendo utilizado 0,3% de óleo da semente de romã aos recobrimentos, e em cinco períodos de avaliação (0, 1, 2, 3, 4 e 5) dias, armazenados em BOD na temperatura de $24 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\% \text{UR}$, com três repetições de dez frutos por parcela. Periodicamente os frutos foram analisados quanto: perda de massa fresca, firmeza da polpa, coloração da casca, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, relação entre sólidos solúveis e a acidez titulável, açúcares solúveis totais, carotenoides totais e compostos fenólicos. O recobrimento 2,0% *Chlorella* sp. proporciona vida útil em umbus durante cinco dias, quando armazenados à temperatura de $24 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\% \text{UR}$, atenuou as perdas de massa fresca, firmeza, coloração da casca, relação SS/AT, enquanto que para as variáveis de pH, sólidos solúveis, acidez titulável, carotenoides e açúcares totais, não houveram diferenças significativas. Em relação aos compostos bioativos, conseguiu preservar o conteúdo de vitamina C e compostos fenólicos.

Palavras-chave: compostos bioativos; qualidade; *Spondias tuberosa*; vida útil.

ABSTRACT

The umbu is a fruit of great economic importance, however, it presents a short postharvest period due to the high rates of transpiration and loss of mass. The use of coating has been an alternative to prolong post-harvest shelf life. The objective of this work was the application of edible coatings based on *Chlorella* sp. associated with pomegranate seed oil in the quality and shelf-life of the stored umbu under ambient temperature. The experiment was set up in a completely randomized design in 5 x 6 factorial, represented by five coating techniques: T1 = control; T2 = 0,5% *Chlorella* sp.; T3 = 1% *Chlorella* sp.; T4 = 1,5% *Chlorella* sp.; T5 = 2% *Chlorella* sp., 0,3% of pomegranate seed oil was applied to the coatings, and in five evaluation periods (0, 1, 2, 3, 4 and 5) days, stored in BOD at the temperature of $24 \pm 2^\circ\text{C}$ and $85 \pm 5\%$ RH, with three replicates of ten fruits per plot. Periodically the fruits were analyzed for: fresh weight loss, flesh firmness, peel color, pH, titratable acidity, soluble solids, ratio, total soluble sugars, total carotenoids and phenolic compounds. The coating 2,0% *Chlorella* sp. provided shelf life in a bus for five days, when stored at a temperature of $24 \pm 2^\circ\text{C}$ and $85 \pm 5\%$ RH, attenuated the losses of fresh mass, firmness, peel color, ratio, while for pH, solids solubles, titratable acidity, carotenoids and total sugars, there were no significant differences. In relation to the bioactive compounds, it was able to preserve the content of vitamin C and phenolic compounds.

Keywords: bioactive compounds; quality; *Spondias tuberosa*; shelf life.

1. INTRODUÇÃO

Spondias tuberosa, popularmente chamada de umbu, imbu, tapereba ou umbuzeiro, é considerada uma importante frutífera tropical amplamente distribuída na região semiárida, sendo uma das espécies mais importantes e endêmicas do Brasil (BARBOSA et al., 2018). Entretanto, a vida útil pós-colheita dos frutos é bastante curta, entre dois a três dias em temperatura ambiente, além da sazonalidade, que delimita o consumo em aproximadamente quatro meses, sendo influenciado diretamente pelo comportamento respiratório do fruto, que é tipicamente climatérico, através do aumento da produção de etileno durante o amadurecimento os tecidos acumulam sólidos solúveis, especialmente açúcares, e degradam ácidos orgânicos, amido e compostos pécnicos, limitando o seu consumo (MOURA et al., 2013; SILVA, 2013; LIMA et al., 2018).

A aplicação de recobrimentos comestíveis vem sendo utilizada no manejo pós-colheita de frutos e hortaliças como bastante promissora, surgindo como uma alternativa para prolongar a vida útil dos frutos de *Spondias tuberosa*. Esses recobrimentos comestíveis e biodegradáveis controlam a transferência de gás e umidade e reduzem os processos de oxidação, retardando a senescência dos frutos e evitando perdas durante o armazenamento e manuseio pós-colheita (KUMAR et al., 2017; ZHAO, 2019).

Entre vários recobrimentos usados para prolongar a vida útil de frutos *in natura*, a microalga *Chlorella* sp., vem sendo testada em diversas culturas, como na goiaba, manga e mamão, com resultados bem sucedidos, devido as suas excelentes propriedades bioquímicas e formadoras de filme (QUEIROGA et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2018; TEODOSIO et al., 2018). Sua constituição é composta por carboidratos, proteínas, ácidos graxos, carotenoides, várias vitaminas e outros compostos bioativos naturais (antioxidantes, redutores de colesterol, etc.), que podem ser aplicados especialmente para o desenvolvimento de alimentos funcionais devido às suas propriedades nutricionais e farmacêuticas (VIGANI et al., 2015; SILVA et al., 2019).

No entanto, o uso de recobrimentos à base de biopolímeros torna-os frágeis, quebradiças e apresentam baixas propriedades mecânicas, de barreira e térmicas (ZHAO, 2019). A incorporação de óleos essenciais em formulações de recobrimentos e filmes comestíveis vem sendo eficiente para resolver os problemas relacionados às suas aplicações, mantendo sua eficácia e melhorando a funcionalidade dos recobrimentos, porém, a aplicação

de óleos essenciais como aditivo de processamento em produtos alimentícios ainda enfrenta alguns problemas, como a mudança dos atributos organolépticos dos alimentos, além do alto custo (HASHEMI et al., 2017).

A semente da romã é um subproduto da indústria, no entanto, relatórios atuais têm destacado seu potencial de uso como fonte de óleo de sementes com atributos benéficos a saúde. O óleo de semente da romã (OSR) apresenta vários benefícios potenciais para a saúde, como propriedades redutoras do colesterol, antidiabéticas, anti-inflamatórias e anticarcinogênicas (KÝRALAN et al., 2009), devido o seu potencial biológico, sendo disponível a baixo custo e possuindo boa aceitação pelos consumidores (CALIGIANI, et al., 2010). Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo a aplicação de recobrimentos comestíveis a base de *Chlorella* sp. associado ao OSR na vida útil pós-colheita do umbu.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condução do experimento

As etapas de condução do experimento foram idênticas ao capítulo I, exceto a instalação do experimento que foi em delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 5 x 6, representado por cinco concentrações de *Chlorella* sp. : T1 = controle; T2 = 0,5%; T3 = 1%; T4 = 1,5%; T5 = 2% e em seis períodos de avaliação 0, 1, 2, 3, 4 e 5 dias e armazenados em BOD na temperatura de $24 \pm 2^\circ\text{C}$ com $85 \pm 5\%$ UR para posterior avaliação.

2.2 Variáveis analisadas

As variáveis analisadas foram idênticas ao capítulo I.

2.3 Análise estatística

A análise estatística foi idêntica ao capítulo I.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as variáveis de perda de massa, firmeza e cor da polpa (luminosidade (L^*), ângulo hue (H°) e cromaticidade (C^*)) houve interação significativa entre os fatores em estudo (recobrimento e tempo de armazenamento) (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo de análise de variância (ANOVA) dos modelos de regressão para o efeito na perda de massa, firmeza, cor da polpa do umbu com e sem a aplicação de recobrimentos comestíveis armazenados a $24 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\% \text{UR}$.

FV	Quadrado Médio					
	GL	Perda de massa	Firmeza	L* polpa	H° polpa	C* polpa
<i>Chlorella</i> (L)	1	13,232**	196,235**	650,513**	0,464**	1,501 ^{ns}
<i>Chlorella</i> (Q)	1	6,572**	7,260**	22,009*	0,045**	23,510**
Tempo (L)	1	1062,923**	2506,847**	194,580**	0,804**	2,905 ^{ns}
Tempo (Q)	1	0,551**	46,870**	101,936**	0,0001 ^{ns}	4,162 ^{ns}
<i>Chlorella</i> (L) x Tempo (L)	1	9,683**	12,350**	43,436**	0,110**	17,321**
Falta de ajuste	19	0,599**	3,390**	7,862**	0,004**	5,770**
Erro puro	50	0,040	0,353	3,261	0,001	2,196

L - Regressão linear; Q - Regressão quadrática; **, *, ^{ns}, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

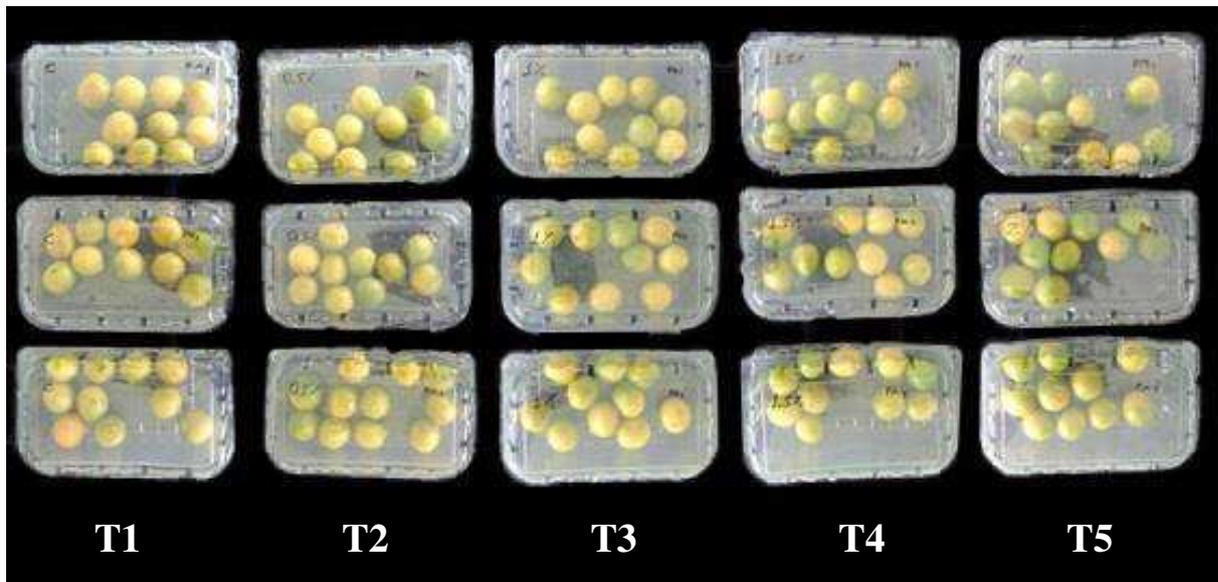


Figura 1. Frutos armazenados a $24 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\% \text{UR}$ por 5 dias, UFCG, Pombal, 2018.

A perda de massa fresca dos frutos aumentou gradativamente durante o período de armazenamento em todas as concentrações de recobrimento nos frutos. Observa-se que o recobrimento T5 foi o mais eficaz em conferir uma barreira física à perda de umidade e, portanto, retardar a desidratação e a deterioração dos frutos com valor estimado de 8,4% no 5º dia de armazenamento, enquanto os recobrimentos T2, T3, T4 e o controle T1 obtiveram valores estimados de 10,7; 10,3; 9,5 e 10,8%, respectivamente, no último dia de armazenamento (Figura 2A). A composição nutricional da *Chlorella* possui concentrações de proteínas (aminoácidos essenciais), carboidratos, ácidos graxos e vitaminas, no qual partes dessas substâncias são responsáveis por promover efeitos bioativos em frutos, principalmente na regulação da transpiração e redução de perda de massa (OLIVEIRA et al., 2018; SILVA et al., 2019).

Onias et al. (2018), avaliaram o efeito de recobrimentos comestíveis à base de *Spirulina platensis* na conservação de goiaba ‘Paluma’, também observaram que as amostras

não recobertas apresentaram alta taxa de degradação, enquanto os frutos que receberam recobrimentos obtiveram maior tempo de conservação, sendo o recobrimento 3% de *Spirulina platensis* o mais eficaz durante o armazenamento a $24 \pm 2^\circ\text{C}$ com $85 \pm 5\%$ UR, verificando-se que estes atuam positivamente como agente conservante, retardando a perda de massa nos frutos.

$$\text{PM (\%)} = -0,538^{**} + 1,429 \text{ C}^{**} - 0,646 \text{ C}^{2**} + 2,441 \text{ T}^{**} - 0,031 \text{ T}^{2**} - 0,272 \text{ CxT}^{**} \quad \text{R}^2 = 0,98$$

$$\text{Firmeza (N)} = 22,258^{**} + 2,679 \text{ C}^{**} - 0,679 \text{ C}^{2**} - 4,843 \text{ T}^{**} + 0,289 \text{ T}^{2**} + 0,307 \text{ CxT}^{**} \quad \text{R}^2 = 0,96$$

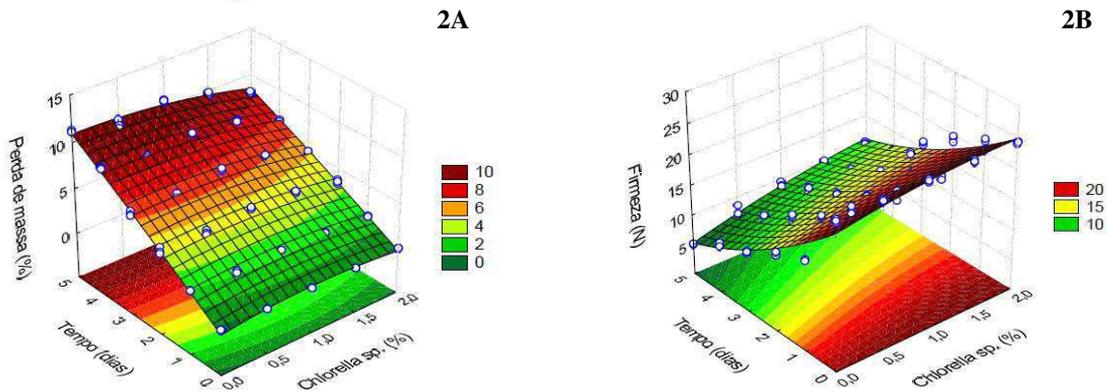


Figura 2. Perda de massa (2A) e firmeza (2B) de frutos de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.

A firmeza reduziu durante o armazenamento dos frutos na temperatura de 24°C , resultante do processo de maturação devido a mudanças químicas e estruturais nos componentes da parede celular (pectina, hemicelulose e celulose), bem como às mudanças em seus estágios de maturação (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014).

A firmeza dos frutos não revestidos diminuiu rapidamente durante o armazenamento com valor estimado de 5,27 N, enquanto os frutos revestidos T2, T3, T4 e T5 obtiveram maiores valores, respectivos a 7,21; 8,80; 10,06 e 10,98N, em relação ao controle (Figura 2B). A maior retenção da firmeza pelos frutos recobertos com *Chlorella* sp. T5 proporcionou 52% mais firme em relação ao controle, indicando que o recobrimento foi efetivo em retardar as atividades metabólicas e enzimáticas e, assim, o processo de degradação dos componentes da parede celular nos frutos (KUMAR et al., 2017).

Oliveira et al. (2018), avaliando o efeito de recobrimentos de *Chlorella* sp. sobre a conservação pós-colheita de frutos de manga 'Tommy Atkins', observaram que houve maior firmeza da polpa quando a concentração de *Chlorella* sp. foi aumentada, indicando que o recobrimento possa ter amenizado a perda de água e a degradação da parede celular que ocorre durante o amadurecimento.

Em relação à cor da casca, houve diferenças significativas nos índices de cor (L^* , C^* e H°) em função das concentrações do recobrimento e do tempo de armazenamento, devido às mudanças na coloração externa do fruto, que são características do processo de maturação e estão entre os principais atributos para seleção de frutos no momento da colheita e durante o processo subsequente de comercialização (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014).

Em relação aos dados de Luminosidade (Figura 3A), os frutos de *Spondias tuberosa* recobertos com *Chlorella* sp., apresentaram menor brilho que os não revestidos, com valores estimados de 55,7; 52,8; 50,5; 48,7 e 59,2 para os tratamentos T2, T3, T4, T5 e T1, respectivamente. Conforme ocorre o amadurecimento nos frutos de umbu os valores de luminosidade sofrem alterações onde sua cor verde passa a uma cor verde-amarelada, o que eleva o brilho e reflexão da luz sobre a casca, com consequente aumento destavariável (Figura 1).

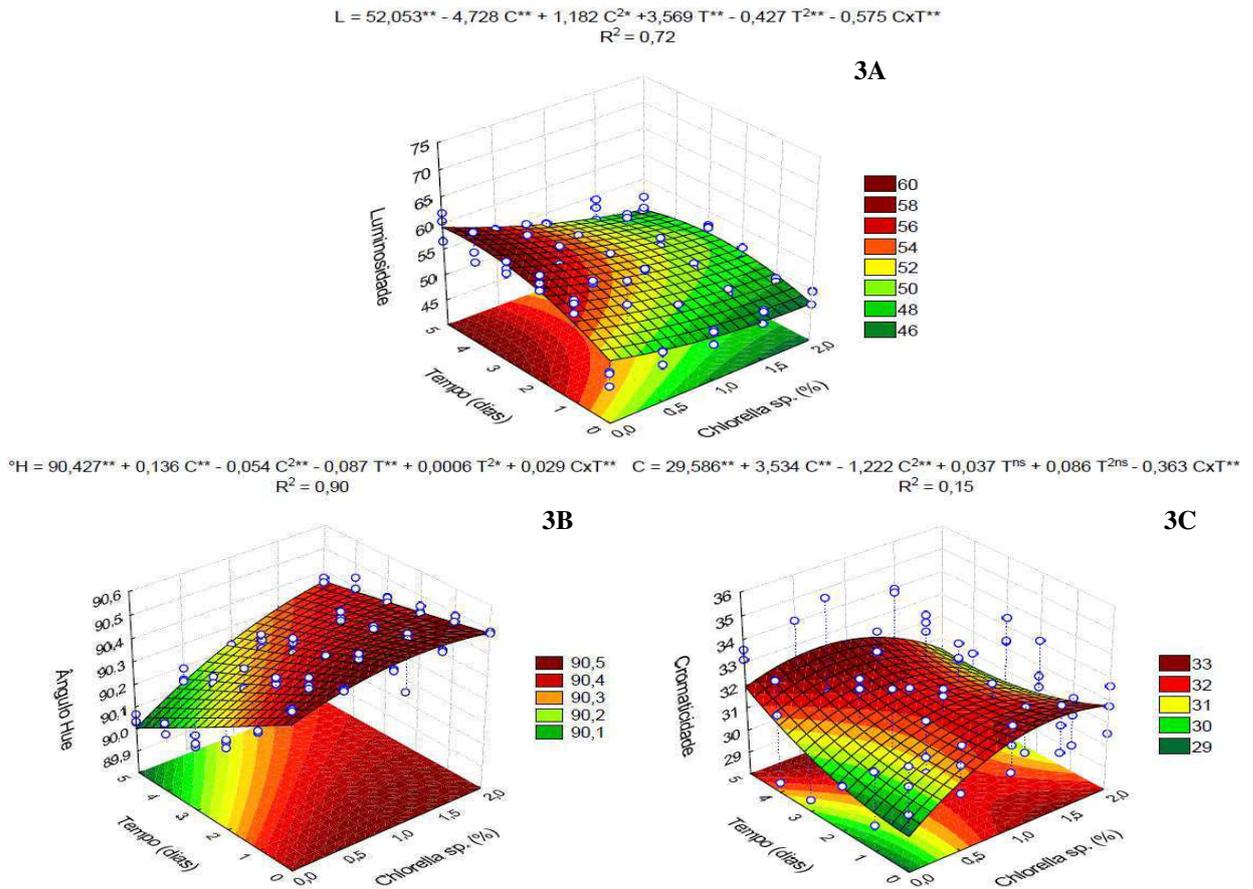


Figura 3. Coloração da casca, Luminosidade L^* na casca (3A) Ângulo Hue H° casca (3B) Cromaticidade C^* na polpa (3C) de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.

Embora a cor da casca tenha mudado durante o armazenamento em umbu recoberto e não recoberto do verde para verde-amarelado, a menor redução foi para frutos recobertos de

Chlorella sp. para a intensidade da cor (H°) (Figura 3B). As mudanças de cor foram retardadas nos frutos de umbu pela aplicação do recobrimento de *Chlorella* sp. sugerindo um atraso na taxa de amadurecimento, possivelmente pelo retardo das atividades metabólicas que levaram à diminuição da síntese de carotenoides (BOMFIM et al., 2011).

No que se refere a cromaticidade (C^*) da casca, observou-se que os recobrimentos T2, T3, T4, T5 e o tratamento controle T1 oscilaram ao longo do armazenamento com valores estimados de 32,5; 32,4; 31,8; 30,5 e 31,9, respectivamente (Figura 3C). A evolução da coloração dos umbus ocorreu lentamente ao longo do período de armazenamento demonstrando que os recobrimentos não interferiram de forma negativa o amadurecimento dos frutos.

Teodosio et al. (2018), relataram que as coberturas com *Chlorella* sp. atrasaram o aparecimento da cor amarela em mamão, e que os recobrimentos tornam os frutos mais opacos e retardam a síntese e a degradação dos pigmentos que fazem com que o fruto adquira brilho, retardando o aparecimento de brilho mais acentuado.

Verifica-se na Tabela 2 que houve interação significativa entre os diferentes recobrimentos e o tempo de armazenamento para a acidez titulável. Houve efeito isolado do fator recobrimento apenas para os sólidos solúveis e relação SS/AT e do fator tempo para pH, sólidos solúveis e relação SS/AT.

Tabela 2. Resumo de análise de variância (ANOVA) dos modelos de regressão para o efeito no pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e relação (SS/AT) em umbu com e sem a aplicação de recobrimentos comestíveis armazenados a $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $85 \pm 5\% \text{UR}$.

FV	Quadrado Médio				
	GL	pH	AT	SS	SS/AT
<i>Chlorella</i> (L)	1	0,009 ^{ns}	0,093**	3,641**	25,569**
<i>Chlorella</i> (Q)	1	0,004 ^{ns}	0,013**	1,403**	6,652**
Tempo (L)	1	0,206**	0,006**	18,269**	10,564**
Tempo (Q)	1	1,328**	0,0001 ^{ns}	11,929**	16,944**
<i>Chlorella</i> (L) x Tempo (L)	1	0,000 ^{ns}	0,009**	0,172 ^{ns}	0,132 ^{ns}
Falta de ajuste	19	0,065**	0,029**	0,389**	3,091**
Erro puro	50	0,016	0,001	0,131	0,134

L - Regressão linear; Q - Regressão quadrática; **, *, ^{ns}, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

Quanto ao pH dos frutos de umbus verificou-se, uma oscilação nos valores médios de pH de todos os tratamentos, ocorrendo declínio nos primeiros dias de armazenamento até o 3º dia (2,38), seguido de um aumento a partir do 4º dia (2,45) até o 5º (2,62) dia de armazenamento, conforme apresentado na (Figura 4A). O pH dos frutos de umbu maduros variam de 2,0 a 3,0 (DANTAS JUNIOR, 2008; SOUZA JUNIOR, 2016; LIMA et al., 2018).

Os valores da variável acidez titulável (AT) encontram-se na Figura 4B, verificou-se que os recobrimentos T2, T3, T4, T5 e o controle T1 mantiveram os seus valores ao longo do período de armazenamento. A manutenção da acidez ao longo do período de armazenamento pode esta relacionada diretamente ao sabor exótico do fruto pela combinação de açúcares, acidez e compostos fenólicos resultando um sabor ácido-doce, no qual a acidez dos frutos maduros pode variar de 0,5% a 1,5%, ou seja, os valores encontrados neste trabalho estão de acordo com Lima et al., (2018).

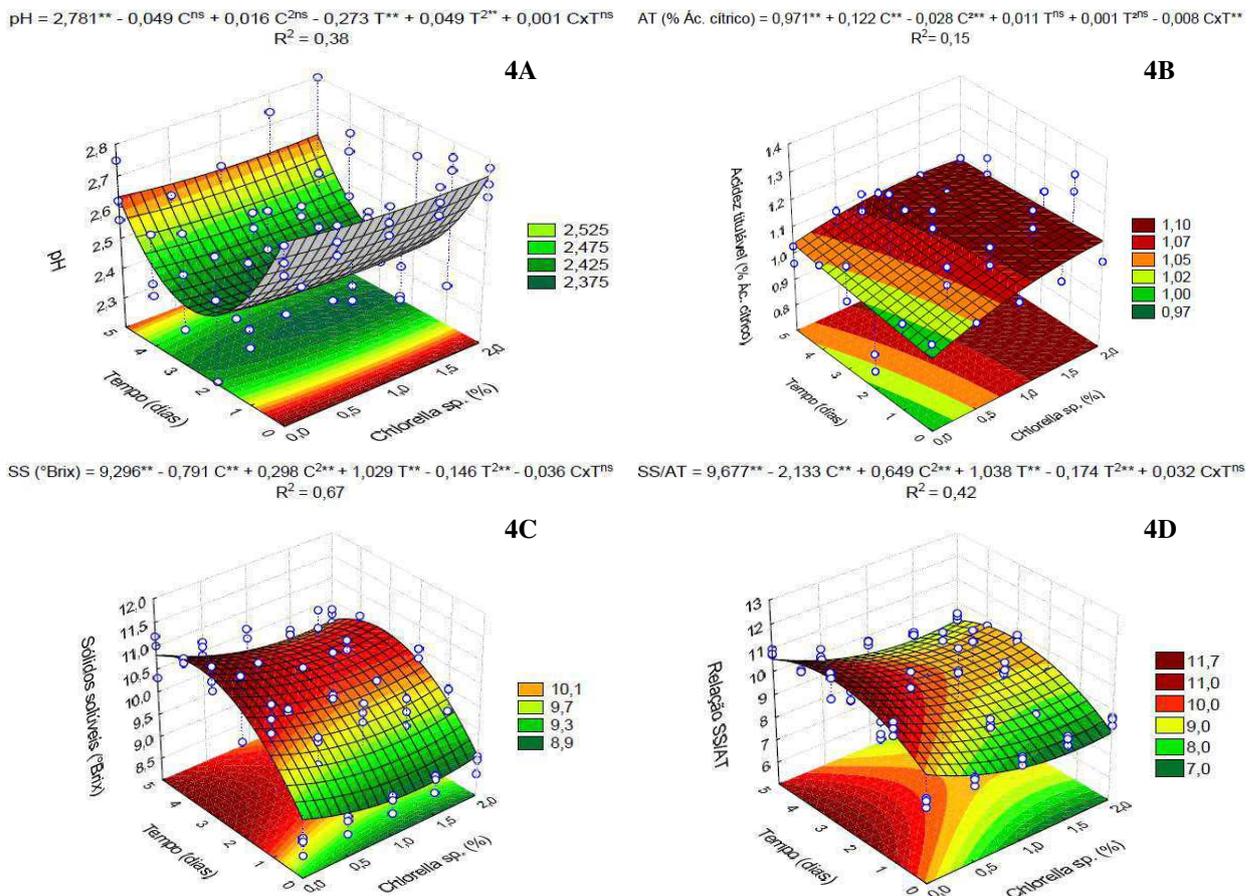


Figura 4. Mudan\u00e7as de pH (4A), acidez titul\u00e1vel (4B), s\u00f3lidos sol\u00faveis (4C) e rela\u00e7\u00e3o (SS/AT) (4D) de umbu em fun\u00e7\u00e3o da aplica\u00e7\u00e3o de recobrimentos comest\u00edveis e per\u00edodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.

Para os s\u00f3lidos sol\u00faveis (SS), durante o armazenamento houve um aumento no teor de s\u00f3lidos sol\u00faveis at\u00e9 o 4\u00b0 dia de armazenamento com um pequeno decl\u00ednio no ultimo dia de armazenamento (Figura 4C). Esse aumento no teor de SS dos frutos est\u00e1 atribu\u00eddo \u00e0 hidr\u00f3lise de polissacar\u00eddeos, principalmente amido e sua transforma\u00e7\u00e3o em a\u00e7\u00facares simples, mas, posteriormente, ocorreu um decl\u00ednio atrav\u00e9s dos a\u00e7\u00facares que foram perdidos devido \u00e0 respira\u00e7\u00e3o e fermenta\u00e7\u00e3o cont\u00ednuas, ocasionando o in\u00edcio da senesc\u00eancia (FAN et al., 2019).

Os frutos não recobertos do tratamento T1 obtiveram o maior teor de SS 10,8, enquanto os recobrimentos T2, T3, T4, T5 obtiveram valores inferiores, respectivos a 10,4; 10,1; 10,0 e 10,0 Brix°, no último dia de armazenamento, demonstrando que o metabolismo da glicose avançou rapidamente no tratamento controle quando comparados aos frutos revestidos. Os resultados deste trabalho estão em conformidade com Kumar et al. (2017), onde um aumento mais lento no conteúdo de SS foi observado em frutos de ameixas revestidas com quitosana, respectivamente.

A relação SS/AT obteve diferenças significativas nos fatores recobrimentos e tempo de armazenamento de forma isolada (Figura 4D). Ao longo do armazenamento ocorreu um aumento até o 4º dia, correspondendo ao amadurecimento dos frutos como demonstrado no teor de SS, conseqüentemente uma queda devido o início da degradação dos açúcares.

As concentrações de *Chlorella* sp. nos recobrimentos T2, T3, T4 e T5 influenciaram no retardo do amadurecimento dos frutos com menores valores estimados de 9,7; 9,2; 9,0 e 9,2, quando comparados ao tratamento controle T1 10,5, que conseqüentemente obteve o maior valor e o maior grau de doçura. Recobrimentos de *Chlorella* sp. na conservação pós-colheita de frutos de manga 'Tommy Atkins' obtiveram menores valores da relação SS/AT na medida em que as concentrações dos recobrimentos aumentaram, em relação ao frutos controle, no qual esta diminuição foi correlacionado com a preservação dos ácidos orgânicos nos frutos durante o armazenamento de 21 dias a 10 °C e 42%UR e, em seguida, 7 dias a 25°C e 42%UR, sendo analisadas aos 28 dias de armazenamento (OLIVEIRA et al., 2018).

Para as variáveis de vitamina C, compostos fenólicos e açúcares totais houve interação significativa entre os diferentes recobrimentos e tempo de armazenamento, enquanto que para a variável de carotenoides houve efeito isolado do tempo de armazenamento (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo de análise de variância (ANOVA) dos modelos de regressão para o efeito da vitamina C, carotenoides, compostos fenólicos e açúcares totais em umbu com e sem a aplicação de recobrimentos comestíveis armazenados a $24 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\% \text{UR}$.

FV	Quadrado Médio				
	GL	Vitamina C	Carotenoides	Compostos Fenólicos	Açúcares Totais
<i>Chlorella</i> (L)	1	89,606**	0,213 ^{ns}	0,004 ^{ns}	7,999**
<i>Chlorella</i> (Q)	1	4,321**	0,077 ^{ns}	52,752**	0,209 ^{ns}
Tempo (L)	1	356,709**	28,721**	160,693**	71,292**
Tempo (Q)	1	60,896**	29,127**	8409,994**	44,013**
<i>Chlorella</i> (L) x Tempo (L)	1	3,943**	0,037 ^{ns}	54,389**	1,241**
Falta de ajuste	19	1,770**	1,595**	482,702**	5,037**
Erro puro	50	0,100	0,749	5,555	0,157

L - Regressão linear; Q - Regressão quadrática; **, *, ^{ns}, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

O teor de vitamina C diminuiu gradualmente durante o armazenamento e esta redução foi significativamente retardada em todos os recobrimentos T2, T3, T4 e T5 com valores estimados de 7,8; 8,8; 9,6 e 10,2 mg.100g⁻¹, sendo o tratamento controle T1 o menor valor 6,5mg.100g⁻¹ durante o período de armazenamento (Figura 5A). A maior retenção de vitamina C nos umbus recobertos com *Chlorella* sp. pode ser devido à baixa penetração de oxigênio nos frutos revestidos, o que levou à inibição da atividade das enzimas e, conseqüentemente, à redução da oxidação da vitamina C (KUMAR et al., 2017).

Os resultados indicaram que o recobrimento T5 foi o mais eficaz em retardar o processo de oxidação em umbus, mantendo níveis mais elevados de vitamina C durante o armazenamento. Resultados semelhantes foram encontrados por Onias et al. (2016) e Oliveira et al. (2018), ambos em mangas de variedade 'Tommy Atkins' revestidas com *Spirulina platensis* e *Chlorella* sp.

Independente do tratamento, os níveis de carotenoides nos umbus aumentaram gradualmente durante o período de armazenamento (Figura 5B), principalmente por que houve uma evolução no amadurecimento e, portanto, no desenvolvimento da cor. A mudança na cor da casca dos frutos recobertos ou não pode ter sido causada por um pico na produção de etileno, que promoveu um aumento na atividade das enzimas clorofilase responsáveis pela degradação da clorofila, e induziu a síntese de novas enzimas responsáveis pela biossíntese de carotenoides (FORATO et al., 2015).

Não houve influência das concentrações de *Chlorella* sp. no teor de carotenoides nos frutos de umbu. No umbu maduro o conteúdo de carotenoides pode variar entre 1,5 a 10,0 mg.100g⁻¹ (LIMA et al., 2018). Melo e Andrade (2010), avaliando os compostos bioativos de frutos do umbuzeiro relatou que os carotenoides aumentam ao longo do amadurecimento, encontrando valores menores para umbu semi maduro de 1,70 mg.100g⁻¹ do que o umbu maduro, de 3,02 mg.100g⁻¹.

Observou-se que o conteúdo de compostos fenólicos aumentou ao longo do armazenamento, atingiu um pico após cerca de três dias de armazenamento, e então reduziu gradualmente nas amostras recobertas T2, T3, T4, T5 e de controle T1 com valores estimados de 31,6; 32,0; 33,3; 35,4 e 32,2 mg.100g⁻¹, no último dia de armazenamento (Figura 5C). Kumar et al. (2017), relataram a mesma tendência em relação aos compostos fenólicos em ameixas recobertas com quitosana.

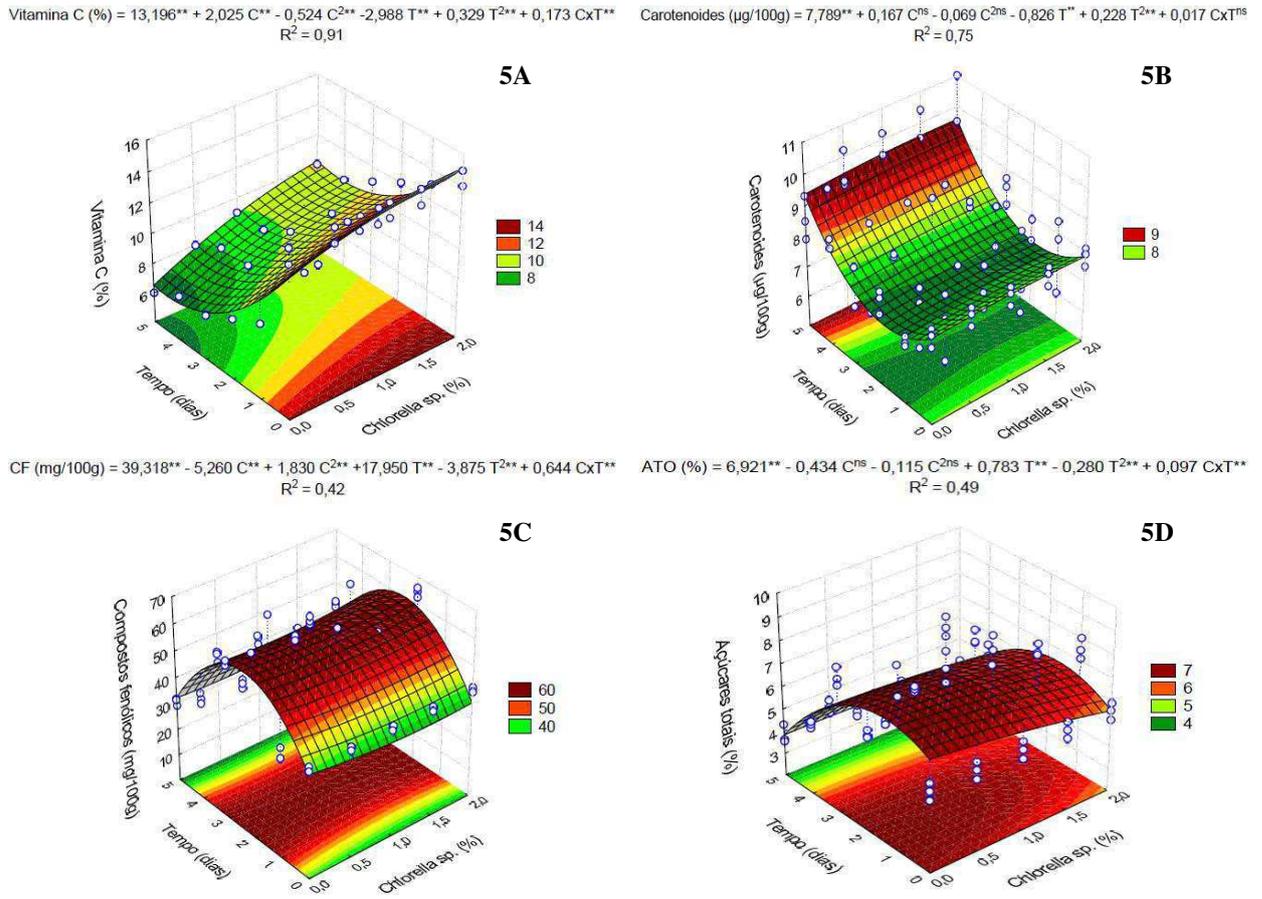


Figura 5. Mudanças de vitamina C (5A), carotenoides (5B), compostos fenólicos (5C) e açúcares totais (5D) de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.

Ao final de cinco dias de armazenamento, a redução nos compostos fenólicos totais foi mais acentuada nas amostras recobertas T2, T3 e no controle T1, enquanto as amostras revestidas T5 apresentaram níveis mais altos, podendo ser atribuído ao atraso na senescência dos frutos revestidos. Melo e Andrade 2010, avaliando os compostos bioativos de frutos do umbuzeiro relatou que os compostos fenólicos nos frutos de umbu semi maduro foram de $38,03 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, enquanto que o umbu maduro obteve $32,70 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, não sendo detectada diferença significativa entre os estágios de maturação dos frutos.

Um aumento inicial no total de açúcares totais em umbus foi observado, estando relacionados aos aumentos ocorridos com os teores de SS e com o amadurecimento dos frutos, seguido por um declínio gradual, onde no ultimo dia de armazenamento, a redução nos açúcares totais foi mais degradada, podendo ser atribuído ao início da senescência nos frutos revestidos T2, T3, T4, T5 e não revestidos T1 com valores estimados de 3,8; 3,8; 3,7; 3,5 e 3,8 $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ (Figura 5D).

Dantas Junior 2008, avaliando a qualidade de frutos de 32 genótipos de umbuzeiro oriundos do semiárido nordestino, observou-se para os açúcares totais uma variação de mais do dobro entre 3,6 a 8,31 mg.100g⁻¹, onde possivelmente essa amplitude no conteúdo de açúcares totais seja atribuída à variabilidade genética dos materiais.

4. CONCLUSÕES

O recobrimento 2,0% *Chlorella* sp. associado ao óleo da semente de romã proporciona vida útil em umbus durante cinco dias, quando armazenados à temperatura de 24 ± 2°C e 85 ± 5%UR, atenuou as perdas de massa fresca, firmeza, coloração da casca, relação SS/AT, enquanto que para as variáveis de pH, sólidos solúveis, acidez titulável, carotenoides e açúcares totais, não houveram diferenças significativas. Em relação aos compostos bioativos, conseguiu preservar o conteúdo de vitamina C e compostos fenólicos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 19 ed. Gaithersburg, Maryland, 2012.

BARBOSA, H. M.; AMARAL, D.; DO NASCIMENTO, J. N.; MACHADO, D. C.; ARAÚJO, T. A. S.; ALBUQUERQUE, U. P.; ALMEIDA, J. R. G. S.; ROLIM, L. A.; LOPES, N. P.; GOMES, D. A.; LIRA, E. C. *Spondias tuberosa* inner bark extract exert antidiabetic effects in streptozotocin-induced diabetic rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 227, n. 27, p. 248-257, 2018.

BOMFIM, M. P.; LIMA, G. P. P.; JOSÉ, A. R. S.; VIANELLO, F.; OLIVEIRA, L. M. Conservação pós-colheita de manga 'Tommy Atkins' com 1-metilciclopropano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 290-297, 2011.

CALIGIANI, A.; BONZANINI, F.; PALLA, G.; CIRLINI, M.; BRUNI, R. Characterization of a potential nutraceutical ingredient: pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil unsaponifiable fraction. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 65, n. 3, p. 277-283, 2010.

DANTAS JÚNIOR, O. R.; **Qualidade e capacidade antioxidante total de frutos de genótipos de umbuzeiro oriundos do semi-árido nordestino**. 106 f.; Tese (Doutorado em Agronomia com Área de Concentração em Agricultura Tropical – Fisiologia Pós-colheita de Frutos e Hortaliças Tropicais) Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2008.

FAN, X.-J.; ZHANG, B.; YAN, H.; FENG, J.-T.; MA, Z.-Q.; ZHANG, X. Effect of lotus leaf extract incorporated composite coating on the postharvest quality of fresh goji (*Lycium barbarum* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 148, n. 2, p. 132-140, 2019.

- FORATO, L.A.; BRITO, D. DE.; RIZZO, J. S. DE.; GASTALDI, T.A.; ASSIS, O.B.G. Effect of cashew gum-carboxymethylcellulose edible coatings in extending the shelf-life of fresh and cut guavas. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 5, n. 3, p. 68-74, 2015.
- GIOVANNONI, J.; NGUYEN, C.; AMPOFO, B.; ZHONG, S.; FEI, Z. The Epigenome and Transcriptional Dynamics of Fruit Ripening. **Annual Review of Plant Biology**, v. 68, n. 1, p. 61–84, 2017.
- HASHEMI, S. M. B.; KHANEGHAH, A. M.; GHAFHARROKHI, M. G; EŞ, I. Basil-seed gum containing *Origanum vulgare* subsp. *viride* essential oil as edible coating for fresh cut apricots. **Postharvest Biology and Technology**, v. 125, n. 3, p. 26–34, 2017.
- IAL – Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
- KUMAR, P.; SETHI, S.; SHARMA, R. R.; SRIVASTAV, M.; VARGHESE, E. Effect of chitosan coating on postharvest life and quality of plum during storage at low temperature. **Scientia Horticulturae**, v. 226, n. 13, p. 104–109, 2017.
- KÝRALAN, M.; GÖLÜKCÜ, M.; TOKGÖZ, H. Oil and Conjugated Linolenic Acid Contents of Seeds from Important Pomegranate Cultivars (*Punica granatum* L.) Grown in Turkey. **Journal of the American Oil Chemists’ Society**, v. 86, n. 10, p. 985–990, 2009.
- LICHTENTHÁLER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L., DOUCE, R. (Eds). **Methods in Enzymology**. London, v. 148, n. 1, p. 350-382, 1987.
- LIMA, J.F. **Cultivo e secagem da microalga *Chlorella* sp. em diferentes concentrações de nutrientes**. 2016. 135 f. Tese (doutorado em engenharia de processos), Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande, 2016.
- LIMA, M. A. C.; SILVA, S. M.; & OLIVEIRA, V. R. Umbu— *Spondias tuberosa*. **Exotic Fruits**, v. 1, n. 1, p. 427–433, 2018.
- MALDONADO-ASTUDILLO, Y. I.; ALIA-TEJACAL, I.; NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, J.; PELAYO-ZALDÍVAR, C.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; ANDRADE-RODRÍGUEZ, M.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; VALLE-GUADARRAMA, S. Postharvest physiology and technology of *Spondias purpurea* L. and *S. mombin* L. **Scientia Horticulturae**, v. 174, n. 10, p. 193–206, 2014.
- MELO, E. A.; ANDRADE, R. A. M. S. Compostos bioativos e potencial antioxidante de frutos do umbuzeiro. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 3, p. 453-457, 2010.
- MOURA, F. T.; SILVA, S. M.; SCHUNEMANN, A. P. P.; MARTINS, L. P. Frutos do umbuzeiro armazenados sob atmosfera modificada e ambiente em diferentes estádios de maturação. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.4, p.764-772, 2013.
- OLIVEIRA, Á. M. F.; ROCHA, R. H. C.; GUEDES, W. A.; DIAS, G. A.; LIMA, J. F. Use of *Chlorella* sp. for coating ‘tommy atkins’ mango fruits stored under refrigeration. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, n. 2, p. 565-572, 2018.

ONIAS, E. A.; ROCHA, R. H. C.; LIMA, J. F.; ONIAS, E. A.; FURTUNATO, T. C. S. Qualidade pós-colheita de manga "Tommy Atkins" orgânica tratada com biofilmes enriquecidos com *Spirulina platensis*. **Científica**, v.44, n.3, p.286-293, 2016.

ONIAS, E. A.; TEODOSIO, A. E. M. M.; BOMFIM, M. P.; ROCHA, R. H. C.; LIMA, J. F.; MEDEIROS, M. L. S. Revestimento biodegradável à base de *Spirulina platensis* na conservação pós-colheita de goiaba Paluma mantidas sob diferentes temperaturas de armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 849-860, 2018.

PINHEIRO, J.M. S. **Tecnologia pós-colheita para a conservação de bananas da cultivar tropical**. 2009. 59f. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Montes Claros, 2009.

QUEIROGA, T. B.; TEODOSIO, A. E. M. M.; ONIAS, E. A.; OLIVEIRA, A. M. F.; ANTÔNIO, L. M. S.; ROCHA, R. H. C. **Influência de biofilme à base de *Chlorella* sp. sob qualidade de goiaba paluma**. IN: SILVA, A. M.; DANTAS, C. O.; SOUSA, A. O.; BARBOSA JUNIOR, L. G.; NASCIMENTO, L. S. Org(s). A agroindústria e os desafios da segurança alimentar: Biotecnologia e/ou desenvolvimento de novos produtos agroindustrias. Bananeiras: Edição dos Autores, 2017. p 423-430.

SILVA, J.; ALVES, C.; PINTEUS, S.; REBOLEIRA, J.; PEDROSA, R.; BERNADINO, S. *Chlorella*. **Nonvitamin And Nonmineral Nutritional Supplements**, v. 1, n. 1, p.187-193, 2019.

SILVA, L. M. M. da. **Comportamento reológico e caracterização físico-química de polpa e geleia de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**. 2013. 107f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SOUZA JÚNIOR, J. C. A. **Avaliação das características físico-químicas do umbu (*Spondias tuberosa*) com aplicação de revestimento comestível a base de goma arábica**. 2016. 36 f. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

STATSOFT, Inc. (2004). **STATISTICA** (data analysis software system), version 7.

TEODOSIO, A. E. M. M.; ROCHA, R. H. C.; LIMA, J. F.; ONIAS, E. A.; FERREIRA, A. P. N.; SANTOS, B. G. F. L.; RODRIGUES, M. H. B. S.; OLIVEIRA, L. M.; OLIVEIRA, A. M. F.; MEDEIROS, M. L. S.; SILVA, K. G. Effect of the biodegradable coatings the base on microalgae and oil of the seed of the pomegranate in the conservation powder-crop of the papaya 'Golden'. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 10, p. 367-377, 2018.

VIGANI, M.; PARISI, C.; RODRÍGUEZ-CEREZO, E.; BARBOSA, M. J.; SIJTSMA, L.; PLOEG, M.; ENZING, C. Food and feed products from micro-algae: Market opportunities and challenges for the EU. **Trends in Food Science & Technology**, v. 42, n. 1, p. 81-92, 2015.

WATERHOUSE, A. 2012. **Folin-Ciocalteu micro method for total phenol in wine**. Disponível em: <http://waterhouse.ucdavis.edu/phenol/folinmicro.htm>. Acesso em: 01 outubro 2018.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, n. 1, p.508-515, 1954.

ZHAO, Y. Edible coatings for extending shelf-life of fresh produce during postharvest storage. **Encyclopedia of Food Security and Sustainability**, v. 2, n. 1, p. 506-510, 2019.

CAPÍTULO III

USO DE *Chlorella* sp. E ÓLEO DE SEMENTE DA ROMÃ NO RECOBRIMENTO DE UMBU SOB DUAS CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

RESUMO

Revestimentos comestíveis de *Chlorella* sp. possui excelente potencial como alternativa para prolongar a vida pós-colheita de frutos. O presente trabalho objetivou avaliar a aplicação de revestimentos comestíveis a base de *Chlorella* sp. associado ao óleo de semente da romã na qualidade e vida útil pós-colheita do umbu. A instalação do experimento deu-se em delineamento inteiramente casualizado em fatorial 5 x 4, representado por cinco técnicas de recobrimento: T1 = controle; T2 = 0,5% *Chlorella* sp.; T3 = 1% *Chlorella* sp.; T4 = 1,5% *Chlorella* sp.; T5 = 2% *Chlorella* sp., sendo utilizado 0,3% de óleo da semente de romã aos recobrimentos, e em quatro períodos de avaliação (0, 10, 11, 12) dias, armazenados em BOD na temperatura de $14 \pm 2^\circ\text{C}$ com $85 \pm 5\%$ UR durante nove dias e transferidos a $24 \pm 2^\circ\text{C}$ com $85 \pm 5\%$ UR durante três dias, com três repetições de dez frutos por parcela. Periodicamente os frutos foram avaliados quanto: perda de massa fresca, firmeza da polpa, coloração da casca, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, relação SS/AT, açúcares solúveis totais, carotenoides totais e compostos fenólicos. O recobrimento 2,0% *Chlorella* sp. proporcionou vida útil em umbus durante 12 dias, armazenados à temperatura de $14 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%$ UR durante nove dias e transferidos a $24 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR, reduziu a velocidade do amadurecimento e, conseqüentemente, a perda de massa fresca, firmeza, coloração da casca, sólidos solúveis, relação SS/AT, açúcares totais, enquanto que para as variáveis de pH, acidez titulável, carotenoides e não houveram diferenças significativas. Em relação aos compostos bioativos, conseguiu preservar o conteúdo de vitamina C e compostos fenólicos.

Palavras-chave: compostos bioativos; qualidade; *Spondias tuberosa*; vida útil.

ABSTRACT

Edible coverings of *Chlorella* sp. have excellent potential as an alternative to prolong post-harvest fruit life. The present work aimed to evaluate the application of edible coatings based on *Chlorella* sp. associated with pomegranate seed oil in quality and post-harvest life of umbu. The experiment was set up in a completely randomized design in 5 x 4 factorial, represented by five coating techniques: T1 = control; T2 = 0.5% *Chlorella* sp.; T3 = 1% *Chlorella* sp.; T4 = 1.5% *Chlorella* sp.; T5 = 2% *Chlorella* sp., 0.3% of pomegranate seed oil was used in the coatings, and in four evaluation periods (0, 10, 11, 12) days stored in BOD at a temperature of 14 ± 2 °C with $85 \pm 5\%$ RH for nine days and transferred at 24 ± 2 °C with $85 \pm 5\%$ RH, with three replicates of ten fruits per plot. Periodically the fruits were evaluated as: fresh weight loss, pulp firmness, peel color, pH, titratable acidity, soluble solids, ratio, total soluble sugars, total carotenoids and phenolic compounds. The coating 2.0% *Chlorella* sp. provided shelf life on a bus for 12 days, stored at a temperature of 14 ± 2 °C, $85 \pm 5\%$ RH for nine days and transferred at 24 ± 2 °C and $85 \pm 5\%$ RH, reduced ripening speed and, consequently, fresh weight loss, firmness, peel color, soluble solids, ratio, total sugars, whereas for the variables pH, titratable acidity, carotenoids and there were no significant differences. In relation to the bioactive compounds, it was able to preserve the content of vitamin C and phenolic compounds.

Keywords: bioactive compounds; quality; *Spondias tuberosa*; shelf life.

1. INTRODUÇÃO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) é uma importante frutífera tropical da região semiárida nordestina do Brasil (DIAS et al., 2019). Seus frutos são porpumente conhecidos como “umbu” que são globosos ou ovoides, providos de polpa succulenta e sem fibras, com sabor doce-acidulado e muito agradável (LORENZI et. al., 2015).

Após a colheita, a vida útil do umbu é bastante curta, os frutos apresentam de dois a três dias no máximo em temperatura ambiente, devido seu processo de maturação ser muito rápido e complexo, ocasionando o aumento na produção de etileno durante a maturação que determina as taxas em que acontecem as mudanças químicas no fruto.(MOURA et al., 2013; LIMA et al., 2018). À medida que a maturação evolui, os tecidos acumulam sólidos solúveis, açúcares, e degradam ácidos orgânicos, amido e compostos pécnicos (LIMA et al., 2018).

Dessa forma, os estudos sobre a fisiologia e técnicas para a conservação pós-colheita são fundamentais para ampliar o aproveitamento dos frutos (SILVA, 2013). Atualmente o armazenamento refrigeradotem sido o método mais eficaz e facilmente controlável para estender o prazo de validade de produtos frescos, entretanto, por si só não é suficiente, principalmente para frutos e vegetais tropicais (ZHAO, 2019).

Combinado com refrigeração, o uso de atmosfera modificada pelo uso de filmes e recobrimentos comestíveis e biodegradáveis pode interferir o metabolismo respiratório do fruto criando uma barreira semipermeável contra o movimento de oxigênio, dióxido de carbono, umidade e soluto, controlando assim as trocas de umidade, gases e solutos com o meio ambiente (LIMA et al., 2018; ZHAO, 2019).

Recentemente, estudos foram desenvolvidos com a elaboração de recobrimentos a base de microalgas (*Spirulina platensis*, *Chlorella* sp. e *Scenedesmus*), que foram testadas em frutos tropicais, tais como a manga, goiaba, banana e mamão, com o intuito de prolongar a vida útil dos mesmos, obtendo resultados satisfatórios em suas aplicações (ONIAS et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2018a; ONIAS et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2018b; TEODOSIO et al., 2018).

A *Chlorella*, uma alga verde unicelular, contém várias proteínas valiosas (40-60%) e podem ser usadas para aumentar o valor nutricional dos frutos e prolongar sua vida de prateleira, devido ao seu equilíbrio da sua composição bioquímica, incluindo fibra dietética e

proteína (DANTAS et al., 2015; ANYANWU et al., 2018). Além disso, os recobrimentos comestíveis a base de microalgas têm um grande potencial para atuar como transportadores para vários ingredientes funcionais, incluindo agentes antimicrobianos, compostos aromáticos, compostos antioxidantes, e nutracêuticos (óleos essenciais) (MORADI et al., 2012; TEODOSIO et al., 2018).

Dentre os vários novos compostos estudados, o óleo de semente da romã (OSR) possui fontes ricas de lipídios bioativos, principalmente pelo raro ácido linolênico, na faixa de 74-85% do conteúdo total de ácidos graxos. Devido as suas propriedades nutricionais e medicinais tem destacado seu potencial de uso como ingrediente funcional na indústria de alimentos com atributos benéficos a saúde (VERARDO et al., 2014). Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de recobrimentos comestíveis a base de *Chlorella* sp. associado ao OSR na vida útil pós-colheita do umbu.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condução do experimento

As etapas de condução foram idênticas ao capítulo I, exceto a instalação do experimento que foi em delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 5 x 4, representado por cinco concentração de *Chlorella* sp. : T1 = controle; T2 = 0,5%; T3 = 1%; T4 = 1,5%; T5 = 2%. e em quatro períodos de avaliação 0, 10, 11, 12 dias e armazenados em BOD na temperatura de $14 \pm 2^{\circ}\text{C}$ com $85 \pm 5\%$ UR durante nove dias e transferidos a $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ com $85 \pm 5\%$ UR durante três dias para posterior avaliação.

2.2 Variáveis analisadas

As variáveis analisadas foram idênticas ao capítulo I.

2.3 Análise estatística

A análise estatística foi idêntica ao capítulo I.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que houve interação significativa entre os fatores em estudo (recobrimento e tempo de armazenamento) para as variáveis de perda de massa, firmeza e cor

da polpa (luminosidade (L^*), ângulo hue (H°)) enquanto que para a cromaticidade (C^*) houve diferença significativa dos fatores estudados de forma isolada (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo de análise de variância (ANOVA) dos modelos de regressão para o efeito na perda de massa, firmeza, cor da polpa do umbu com e sem a aplicação de revestimentos comestíveis armazenados a $14 \pm 2^\circ\text{C}$ com $85 \pm 5\%$ UR durante nove dias e transferidos a $24 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%$ UR até 12 dias.

FV	GL	Quadrado Médio				
		Perda de massa	Firmeza	L^* polpa	H° polpa	C^* polpa
<i>Chlorella</i> (L)	1	13,091**	31,645**	336,595**	0,116**	4,413 ^{ns}
<i>Chlorella</i> (Q)	1	14,993**	0,445 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,017**	37,089**
Tempo (L)	1	5231,795**	2323,036**	511,852**	0,489**	82,897**
Tempo (Q)	1	297,944**	585,713**	2,930 ^{ns}	0,064**	1,495 ^{ns}
<i>Chlorella</i> (L) x Tempo (L)	1	11,460**	26,868**	234,856**	0,087**	5,149 ^{ns}
Falta de ajuste	19	4,83**	3,928**	8,68**	0,001 ^{ns}	3,645 ^{ns}
Erro puro	50	0,254	0,229	3,711	0,001	1,936

L - Regressão linear; Q - Regressão quadrática; **, *, ^{ns}, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.



Figura 1. Frutos armazenados a $14 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%$ UR por 9 dias e transferidos a $24 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%$ UR até 12 dias, UFCG, Pombal, 2018.

A perda de massa dos umbus aumentou em todos os tratamentos estudados ao longo do armazenamento (Figura 2A). Aos 10 dias de armazenamento, os frutos do tratamento controle diminuíram 16,0% de massa, seguidos pelo recobrimento T5 com 13,5%, que proporcionou uma menor perda de massa nos frutos, sendo responsável por uma pequena redução nas trocas gasosas entre o fruto e o meio externo. Ao final do armazenamento verificou-se maior perda de massa para o recobrimento T2 de 26,5% e o controle T1 de 26,4%, seguida pelos recobrimentos T3 e T4 com valores de 26,0 e 25,0% respectivamente, sendo a menor perda de massa para os umbus recobertos T5 com valor de 23,37%.

Durante o armazenamento, a perda de massa foi associada ao processo de respiração e evaporação da água dos frutos, entretanto, quando transferidos para uma temperatura superior, há um aumento na taxa de respiração do fruto, perda de umidade e peso (MELO et al., 2018). Oliveira et al. (2018b), ao analisarem frutos de banana submetidos a recobrimentos à base de microalgas, observaram que a perda de massa aumentou em todos os tratamentos durante o período de armazenamento, porém frutos tratados com 2% *Chlorella* sp. obteve o menor valor com 14,8% de perda de massa fresca durante o armazenamento sob $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e $65 \pm 5\%$ UR, após 10 dias.

$$\text{PM (\%)} = -0,650^{**} + 2,431 \text{ C}^{**} - 1,1945 \text{ C}^{2**} - 1,241 \text{ T}^{**} + 0,291 \text{ T}^{2**} - 0,128 \text{ CxT}^{**} \quad \text{R}^2 = 0,99$$

$$\text{Firmeza (N)} = 26,948^{**} + 0,366 \text{ C}^{\text{ns}} - 0,206 \text{ C}^{2\text{ns}} + 3,284 \text{ T}^{**} - 0,408 \text{ T}^{2**} + 0,196 \text{ CxT}^{**} \quad \text{R}^2 = 0,97$$

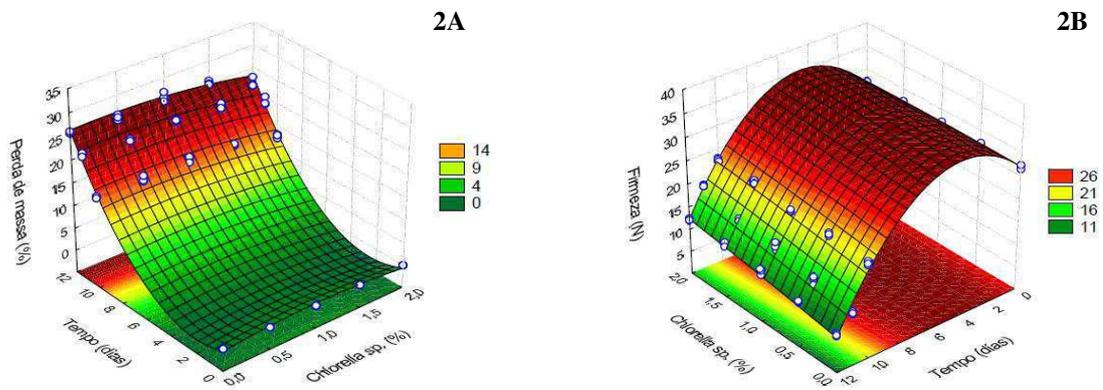


Figura 2. Perda de massa (2A) e firmeza (2B) de frutos de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.

A firmeza dos frutos diminuiu ao longo do período de armazenamento em todos os tratamentos. Os recobrimentos T2, T3, T4 e T5 proporcionaram uma menor redução de firmeza aos frutos de umbus com valores de 8,91; 10,1; 11,2 e 12,2N, respectivamente, em relação ao controle T1 (7,60N) durante o período de armazenamento (Figura 2B). Os resultados indicaram que quanto maior for a concentração de *Chlorella* sp., maior será a redução da taxa de amolecimento dos umbus, seja durante o armazenamento refrigerado ou ambiente.

Durante o amadurecimento do fruto ocorrem mudanças na composição da parede celular, especialmente a resistência mecânica da parede celular e a adesão célula a célula são os fatores mais importantes que contribuem para a perda de firmeza após a colheita (VALERRO et al., 2013). Os recobrimentos de *Chlorella* sp. reduzem a taxa de respiração do fruto, conseqüentemente a produção de etileno e a atividade de enzimas hidrolizadoras que são responsáveis pela degradação da parede celular (KUMAR et al., 2017). Os frutos, como a

banana e mamão, também foram relatadas maior firmeza quando tratadas com recobrimento à base de *Chlorella* sp. (OLIVEIRA et al., 2018b; TEODOSIO et al., 2018).

A cor da casca nos frutos de umbu mudou durante o armazenamento, havendo interação entre os recobrimentos e o tempo de armazenamento para as variáveis L e H°, enquanto que para a variável C, apresentou efeito isolado (Figura 3).

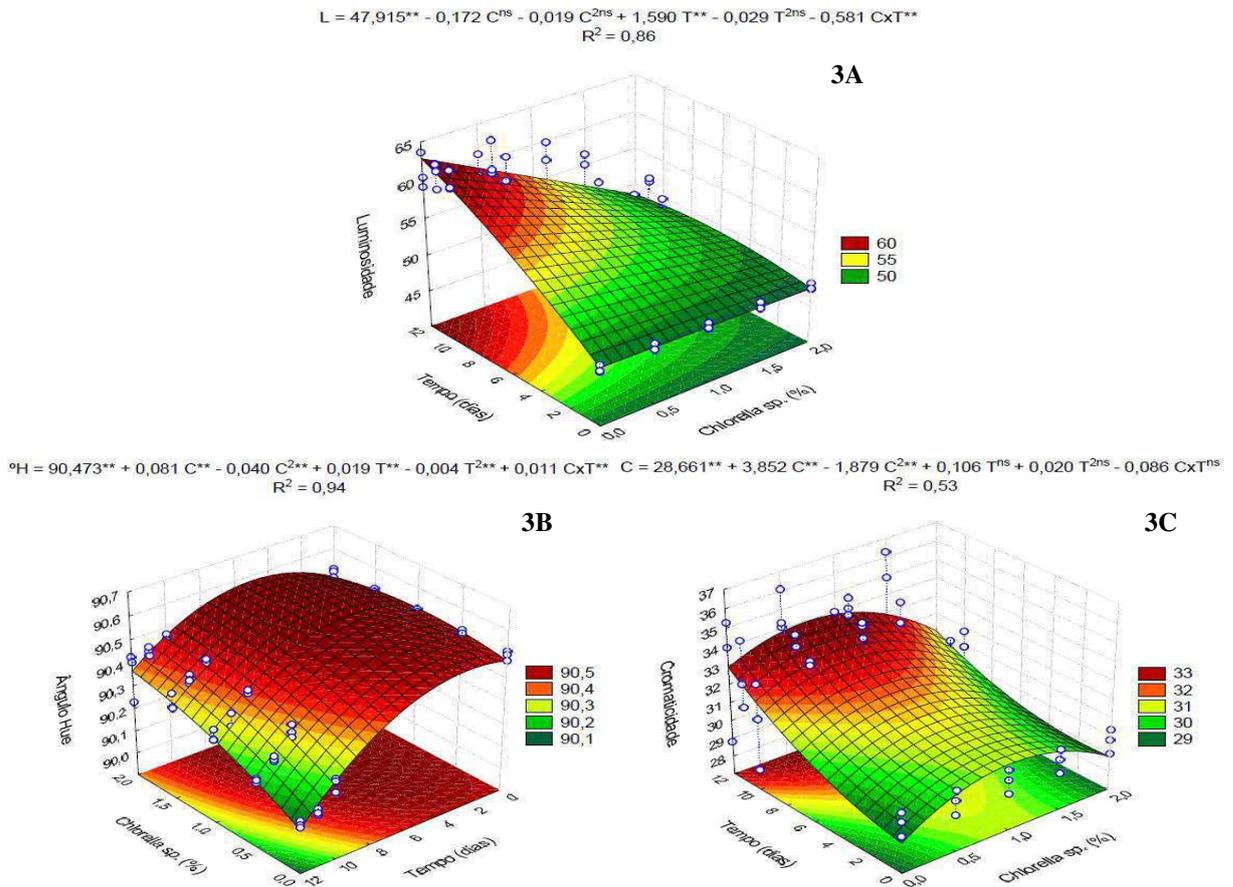


Figura 3. Coloração da casca, Luminosidade L* na casca (3A) Ângulo Hue H° casca (3B) Cromo C* na polpa (3C) de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.

Na Luminosidade dos frutos ocorreu comportamento linear crescente em função do aumento nas concentrações de *Chlorella* sp. T2, T3, T4 e T5 com valores estimados de 58,3; 54,7; 51,1 e 47,5, no último dia de armazenamento (Figura 3A), apresentando frutos mais opacos, conseqüentemente retardaram a degradação dos pigmentos que fazem com que o fruto ganhe brilho, enquanto o controle T1 com 61,8 passaram por um processo de amadurecimento mais rápido durante o período de armazenamento, indicando frutos mais brilhosos.

Onias et al., (2018) utilizando recobrimento à base de *Spirulina platensis* na qualidade pós-colheita de goiaba ‘Paluma’ observaram que o recobrimento na concentração de 4% armazenado à temperatura ambiente apresentou melhor resultado, indicando que este retardou a maturação dos frutos.

O ângulo de cor H° teve decréscimo em todos os tratamentos ao longo do armazenamento (Figura 3B). Os frutos do controle T1 (90,1) apresentou uma redução acentuada, onde a cor dos frutos evoluiu mais rapidamente do verde ao amarelo, enquanto os recobrimentos T2, T3, T4 e T5 obtiveram valores estimados de 90,2; 90,3; 90,4 e 90,4, confirmando que os recobrimentos mostraram-se mais eficientes para retardar o amadurecimento dos frutos (Figura 12).

A mudança de cor em umbus durante o processo de maturação é o resultado do metabolismo da clorofila e carotenoides ao longo do período de armazenamento (LIMA et al., 2018). Teodosio et al., (2018) relataram que os recobrimentos à base de microalgas retardaram o aparecimento da cor amarela em mamão, enquanto que o controle apresentou redução mais acentuada, comprovando que os recobrimentos mostraram-se mais eficientes para retardar o amadurecimento dos frutos.

Em relação à pureza da cor (C^*) ocorreu um pequeno aumento em todos os tratamentos ao longo do armazenamento (Figura 3C), devido às mudanças na coloração dos frutos ao longo do amadurecimento. Os frutos recobertos T5 apresentaram os menores valores 30,9 mostrando eficiência dos mesmos, enquanto os frutos recobertos T2, T3, T4 e o controle T1 apresentaram valores mais elevados 33,8; 33,8; 32,8 e 32,8, respectivamente, indicando um amadurecimento precoce.

Souza Junior (2016), avaliando aplicação de revestimento comestível à base de goma arábica na vida útil pós-colheita do umbu obteve comportamento semelhante a este trabalho, no qual os frutos recobertos ou não apresentaram uma mudança crescente nos valores do croma em função do tempo, considerado normal ao longo do período de armazenamento.

Verificou-se na Tabela 2 que houve interação significativa entre os diferentes recobrimentos e o tempo de armazenamento para os sólidos solúveis e relação SS/AT. Houve efeito isolado do fator tempo para pH e acidez titulável, e do fator recobrimento para acidez titulável.

Tabela 2. Resumo de análise de variância (ANOVA) dos modelos de regressão para o efeito no pH, acidez titulável, sólidos solúveis e relação (SS/AT) em umbu com e sem a aplicação de revestimentos comestíveis armazenados a $14 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%UR$ durante nove dias e transferidos a $24 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\%UR$.

FV	Quadrado Médio				
	GL	pH	AT	SS	SS/AT
<i>Chlorella</i> (L)	1	0,001 ^{ns}	0,005*	3,529**	0,900*
<i>Chlorella</i> (Q)	1	0,002 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,384*	0,112 ^{ns}
Tempo (L)	1	0,381**	0,245**	98,337**	23,139**
Tempo (Q)	1	0,003 ^{ns}	0,015**	3,515**	8,419**
<i>Chlorella</i> (L) x Tempo (L)	1	0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}	2,119**	0,914**
Falta de ajuste	19	0,022*	0,006**	0,191**	0,431**
Erro puro	50	0,010	0,001	0,074	0,140

L - Regressão linear; Q - Regressão quadrática; **, *, ^{ns}, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

O pH dos frutos diminuiu ao longo do tempo de armazenamento e independentemente dos recobrimentos. Esse declínio do pH ocorreu devido a formação de ácidos orgânicos e açúcares em relação com a respiração dos frutos. Os frutos apresentaram um valor médio entre 2,69 a 2,45 ao longo do período de armazenamento (Figura 4A).

Os valores de pH encontrados são similares aos citados por Dantas Junior (2008), que avaliando a qualidade de 32 genótipos de umbuzeiro, encontraram pH entre 2,28 a 2,82. São reportados também valores de 2,80 a 2,54 por Souza Junior (2016) em frutos de umbu recobertos com goma arábica.

Para a acidez titulável, observou-se um pequeno aumento nos recobrimentos T2, T3, T4, T5 e o controle T1 com valores estimados de 1,19; 1,19; 1,17; 1,16 e 1,20% respectivamente, durante o armazenamento (Figura 4B). O aumento da acidez, por sua vez, é decorrente da ação de enzimas do ciclo de Krebs com a quebra da estrutura do polímero pectico, há a liberação dos ácidos galacturônicos solúveis em água e consequentemente em alguns casos podem aumentar suas atividades durante o amadurecimento (SIQUEIRA, 2012; LIMA, 2016).

Dantas Junior (2008) avaliando a qualidade de 32 genótipos de umbuzeiro, observou variação de mais de 2,5 vezes entre os valores dos genótipos estudados, sendo o menor valor registrado de 0,77 %, e o maior valor, de 2,00 % de ácido cítrico.

Os sólidos solúveis dos frutos controle T1 e recobertos T2, T3, T4 e T5 aumentou significativamente com valores estimados de 12,7; 12,5; 12,2; 11,8 e 11,3°Brix respectivamente, após os 12 dias de armazenamento (Figura 4C). Esse aumento no teor de SS dos frutos pode ser atribuído principalmente à hidrólise de polissacarídeos, principalmente

amido, e sua transformação em açúcares simples juntamente com a perda de água (FAN et al., 2019).

Costa et al. (2004) verificaram que a medida que avança o estágio de maturação, o conteúdo de sólidos solúveis aumenta em umbus doces, quando foi observado valores de sólidos solúveis de 7,3; 8,9; 10,1 e 10% para os respectivos estádios de maturação: verde, 'de vez', maduro e com maturação avançada. Dantas Junior (2008) encontrou uma variação na percentagem dos sólidos solúveis entre 7,5 a 12,5% avaliando a qualidade dos frutos de 32 genótipos de umbuzeiro.

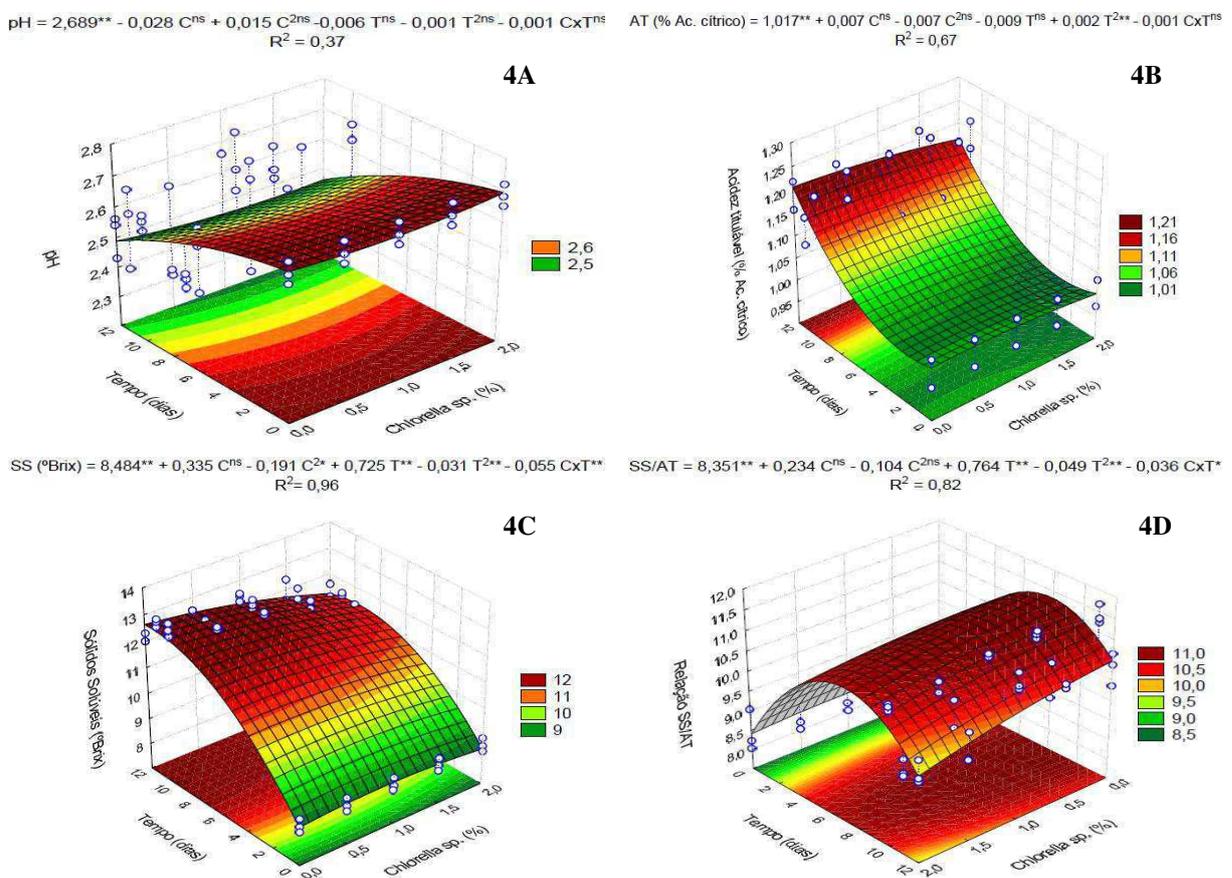


Figura 4. Mudanças de pH (4A), acidez titulável (4B), sólidos solúveis (4C) e relação (SS/AT) (4D) de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.

A relação SS/AT aumentou ao longo do período de armazenamento nos frutos controle T1 e recobertos T2, T3, T4 e T5, com valores estimados de 10,5; 10,3; 10,2; 9,9 e 9,7 respectivamente, devido o avanço dos estádios de maturação dos umbus (Figura 4D). O recobrimento T5 aumentou 13%, enquanto o controle aumentou 20% demonstrando que o fruto revestido influenciou ao retardar o amadurecimento quando comparado ao controle, que consequentemente obteve o maior valor e o maior grau de doçura.

Dantas Júnior (2008) encontrou diversos valores na relação SS/AT entre 4,89 e 11,89 nos frutos de 32 genótipos de umbuzeiro, afirmando que essa variação é influenciada por fatores ambientais como próprio potencial genético das plantas.

Verificou-se que houve interação significativa entre os fatores em estudo (recobrimento e tempo de armazenamento) para a variável de vitamina C, enquanto que para os açúcares totais houve interação de forma isolada. Para a variável compostos fenólicos houve apenas efeito significativo para o fator tempo de armazenamento. Não foram observadas diferenças significativas para os carotenoides (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo de análise de variância (ANOVA) dos modelos de regressão para o efeito da vitamina C, carotenoides, compostos fenólicos e açúcares totais em umbu com e sem a aplicação de revestimentos comestíveis armazenados a $14 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\% \text{UR}$ durante nove dias e transferidos a $24 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 5\% \text{UR}$ até 12 dias.

FV	Quadrado Médio				
	GL	Vitamina C	Carotenoides	Compostos Fenólicos	Açúcares Totais
<i>Chlorella</i> (L)	1	33,752**	0,114 ^{ns}	3,821 ^{ns}	2,130*
<i>Chlorella</i> (Q)	1	12,1368**	0,856 ^{ns}	4,31 ^{ns}	2,391*
Tempo (L)	1	396,733**	0,145 ^{ns}	78,038**	178,921**
Tempo (Q)	1	2,191**	0,835 ^{ns}	1933,659**	0,986 ^{ns}
<i>Chlorella</i> (L) x Tempo (L)	1	24,950**	0,112 ^{ns}	6,932 ^{ns}	1,894 ^{ns}
Falta de ajuste	19	0,563**	0,253 ^{ns}	97,060**	0,5267 ^{ns}
Erro puro	50	0,222	0,315	13,316	0,482

L - Regressão linear; Q - Regressão quadrática; **, *, ^{ns}, significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo, respectivamente.

Para a variável vitamina C houve uma perda gradual ao longo do tempo de avaliações, sendo menor nos frutos com a utilização dos recobrimentos T2, T3, T4 e T5 com valores estimados de 8,3; 9,7; 10,6 e 10,9 mg.100g⁻¹ respectivamente, em comparação com os frutos de controle T1 6,3 mg.100g⁻¹ (Figura 5A). Durante o processo amadurecimento, haverá a degradação da vitamina C, que atua como um antioxidante para eliminar os radicais livres dos frutos e, assim, impedir sua degradação que é ocasionada pelo processo de oxidação (NAIR et al., 2018). Os recobrimentos de *Chlorella* sp. reduziram a penetração de oxigênio nos frutos, e consequentemente a oxidação da vitamina C.

Oliveira et al., (2018a) observaram que o recobrimento à base de 3% de *Chlorella* sp. inibiu a redução da vitamina C em mangas ‘Tommy Atkins’ durante o armazenamento de 21 dias a 10 °C e 42%UR e, em seguida, 7 dias a 25°C e 42%UR, sendo analisadas aos 28 dias de armazenamento. Resultado semelhante também encontrado por Onias et al., (2016) em mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com 3% de *Spirulina platensis*, a concentração de vitamina C nos frutos não degradou após 11 dias de armazenamento a 10 °C.

Independente do tratamento, não houve diferença entre os níveis de carotenoides nos umbus durante o período de armazenamento (Figura 5B). Durante o período de armazenamento, independentemente das temperaturas de armazenamento, os frutos não foram expostos à luz que provavelmente desenvolveram uma menor quantidade de pigmentos, evitando assim, alterações de carotenoides (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014).

Os frutos recobertos não interferiram de forma negativa no processo de evolução dos carotenoides nos umbus que ocorreu lentamente ao longo do período de armazenamento. Avaliando os compostos bioativos de frutos do umbuzeiro Melo e Andrade (2010), relataram que os carotenoides aumentam ao longo do amadurecimento, encontrando valores menores para umbu semi maduro $1,70 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ do que o umbu maduro $3,02 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, resultados inferiores aos encontrados nesse trabalho.

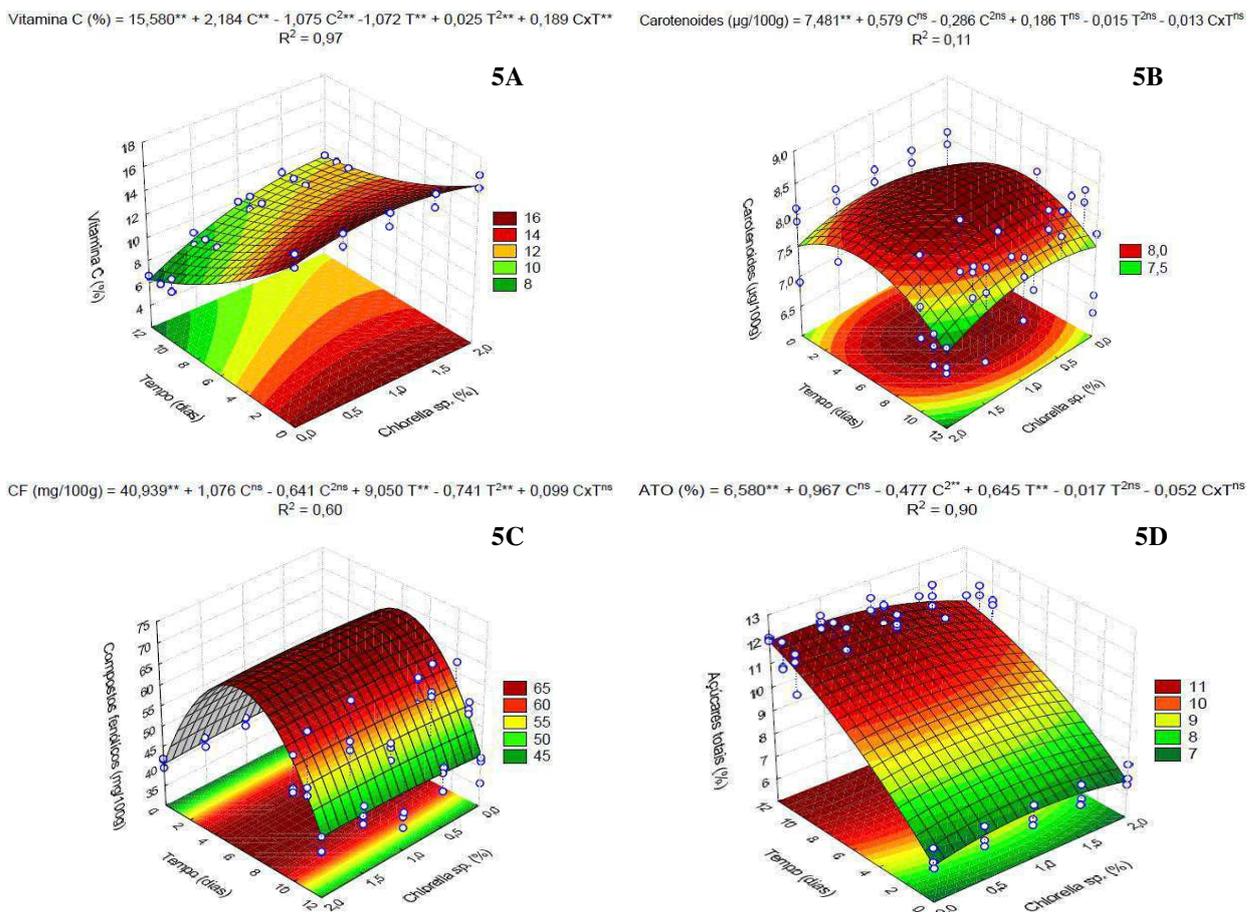


Figura 5. Mudanças de vitamina C (5A), carotenoides (5B), compostos fenólicos (5C) e açúcares totais (5D) de umbu em função da aplicação de recobrimentos comestíveis e períodos de armazenamento, UFCG, Pombal, 2018.

Observou-se variações no conteúdo de compostos fenólicos dos frutos. Inicialmente ocorreu um aumento, atingindo o pico máximo após 11 dias de armazenamento, sendo

possível que parte dos ácidos e açúcares, consumidos na respiração, tenham sido utilizados como fonte de esqueletos de carbono para a síntese de compostos fenólicos (SOETHE et al., 2016), e então decaiu gradualmente em amostras recobertas T2, T3, T4, T5 e de controle T1 com valores estimados de 42,8; 43,8; 44,5; 44,8 e 44,8 mg.100g⁻¹ respectivamente, no último dia de armazenamento (Figura 5C), podendo ser atribuído ao início da senescência nos frutos.

Durante o aumento dos compostos fenólicos Júnior Dantas (2008) encontrou valores de 21,26 mg.100g⁻¹ e 49,66 mg.100g⁻¹, para frutos de 32 genótipos de umbuzeiro diferentes. Melo e Andrade (2010) encontraram valores inferiores a este trabalho, em umbu semi maduro (38,03 mg.100g⁻¹) e umbu maduro (32,79 mg.100g⁻¹).

O teor de açúcares totais aumentou gradualmente ao longo do amadurecimento dos frutos durante o período de armazenamento (Figura 5D). Estão associados aos aumentos ocorridos com o teor de sólidos solúveis, embora a medição destes, não representa o teor exato dos açúcares. Os frutos controle T1 e os recobertos T2 tiveram o maior teor de açúcares totais, ambos com 11,9g.100g⁻¹, enquanto os menores teores foram obtidos para os recobrimentos T3, T4, T5 com valores máximos estimados de 11,7; 11,3 e 10,7g.100g⁻¹.

Lima (2016) encontrou valores semelhantes ao desse trabalho de 10,25 e 17,07g. 100g⁻¹ ao analisarem frutos de umbuzeiro provenientes de sistema orgânico e convencional ao longo do período de armazenamento.

4. CONCLUSÕES

O recobrimento 2,0% *Chlorella* sp. associado ao óleo da semente de romã proporciona vida útil em umbus durante 12 dias, armazenados à temperatura de 14 ± 2°C, 85 ± 5%UR durante nove dias e transferidos a 24 ± 2°C e 85 ± 5%UR durante três dias, reduziu a velocidade do amadurecimento e, conseqüentemente, a perda de massa fresca, firmeza, coloração da casca, sólidos soluveis, relação SS/AT, açúcares totais.

O uso do recobrimento comestível não influenciou nas variáveis de pH, acidez titulável, carotenoides e não houveram diferenças significativas.

Em relação aos compostos bioativos, conseguiu preservar o conteúdo de vitamina C e compostos fenólicos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANYANWU, R. C.; RODRIGUEZ, C.; DURRANT, A.; OLABI, A. G. Micro-Macroalgae properties and applications. **Reference Module in Materials Science and Materials Engineering**, v. 1, n. 1, p. 1-28, 2018.
- AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 19 ed. Gaithersburg, Maryland, 2012.
- COSTA, N. P. da; LUZ, T. L. B.; GONÇALVES, E. P.; BRUNO, R. de L. A. Caracterização físico-química de frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos em quatro estádios de maturação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.20, n.2, p.65-71, 2004.
- DANTAS JÚNIOR, O. R.; **Qualidade e capacidade antioxidante total de frutos de genótipos de umbuzeiro oriundos do semi-árido nordestino**. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia com Área de Concentração em Agricultura Tropical – Fisiologia Pós-colheita de Frutos e Hortaliças Tropicais) Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2008.
- DANTAS, D. M. M.; COSTA, R. M. P. B.; CUNHA, M. G. C.; GALVEZ, A. O., DRUMMOND, A. R.; BEZERRA, R. S. Bioproduction, antimicrobial and antioxidant activities of compounds from *Chlorellavulgares*. **Research & Reviews: Journal of Botanical Sciences**, v. 4, n. 2, p. 12-18, 2015.
- DIAS, J. L.; MAZZUTTI, S.; DE SOUZA, J. A. L.; FERREIRA, S. R. S.; SOARES, L. A. L.; STRAGEVITCH, L.; DANIELSKI, L. Extraction of umbu (*Spondias tuberosa*) seed oil using CO₂, ultrasound and conventional methods: Evaluations of composition profiles and antioxidant activities. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 145, n. 3, p. 10-18, 2019.
- FAN, X.-J.; ZHANG, B.; YAN, H.; FENG, J.-T.; MA, Z.-Q.; ZHANG, X. Effect of lotus leaf extract incorporated composite coating on the postharvest quality of fresh goji (*Lycium barbarum* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 148, n. 2, p. 132–140, 2019.
- IAL – Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
- KUMAR, P.; SETHI, S.; SHARMA, R. R.; SRIVASTAV, M.; VARGHESE, E. Effect of chitosan coating on postharvest life and quality of plum during storage at low temperature. **Scientia Horticulturae**, v. 226, n. 13, p. 104–109, 2017.
- LICHTENTHÁLER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L., DOUCE, R. (Eds). **Methods in Enzymology**. London, v. 148, n. 1, p. 350-382, 1987.
- LIMA, J.F. **Cultivo e secagem da microalga *Chlorella* sp. em diferentes concentrações de nutrientes**. 2016. 135 f. Tese (doutorado em engenharia de processos), Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande, 2016.
- LIMA, M. A. C.; SILVA, S. M.; & OLIVEIRA, V. R. Umbu— *Spondias tuberosa*. **Exotic Fruits**, v. 1, n. 1, p. 427–433, 2018.

LIMA, T. M. C. **Qualidade e compostos bioativos de frutos de umbuzeiro cultivados sob o sistema orgânico e convencional**. 2016. 57 f. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

LORENZI, H.; LACERDA, M. T. C.; BACHER, L. B. **Frutas no Brasil nativas e exóticas : (de consumo *in natura*)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2015. 768p.

MALDONADO-ASTUDILLO, Y. I.; ALIA-TEJACAL, I.; NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, J.; PELAYO-ZALDÍVAR, C.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; ANDRADE-RODRÍGUEZ, M.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; VALLE-GUADARRAMA, S. Postharvest physiology and technology of *Spondias purpurea* L. and *S. mombin* L. **Scientia Horticulturae**, v. 174, n. 10, p. 193–206, 2014.

MELO, E. A.; ANDRADE, R. A. M. S. Compostos bioativos e potencial antioxidante de frutos do umbuzeiro. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 3, p. 453-457, 2010.

MELO, N. F. C. B.; SOARES, B. L. M.; DINIZ, K. M.; LEAL, C. F.; CANTO, D.; FLORES, M. A. P.; TAVARES-FILHO, J. H. C.; GALEMBECK, A.; STAMFORD, T. L. M.; STAMFORD-ARNAUD, T. M.; STAMFORD, T. C. M. Effects of fungal chitosan nanoparticles as eco-friendly edible coatings on the quality of postharvest table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 139, n. 5, p. 56-66, 2018.

MORADI, M.; TAJIK, H.; ROHANI, S. M. R.; OROMIEHIE, A. R.; MALEKINEJAD, H.; ALIAKBARLU, J.; HADIAN, M. Characterization of antioxidante chitosan film incorporated with *Zataria multiflora* Boiss essential oil and grape seed extract. **LWT- Food Science and Technology**, v. 46, n. 2, p. 477-484, 2012.

MOURA, F. T.; SILVA, S. M.; SCHUNEMANN, A. P. P.; MARTINS, L. P. Frutos do umbuzeiro armazenados sob atmosfera modificada e ambiente em diferentes estádios de maturação. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.4, p.764-772, 2013.

NAIR, M. S.; SAXENA, A.; KAUR, C. Effect of chitosan and alginate based coatings enriched with pomegranate peel extract to extend the postharvest quality of guava (*Psidium guajava* L.). **Food Chemistry**, v. 240, n. 3, p. 245–252, 2018.

OLIVEIRA, Á. M. F.; ROCHA, R. H. C.; GUEDES, W. A.; DIAS, G. A.; LIMA, J. F. Use of *Chlorella* sp. for coating ‘tommy atkins’ mango fruits stored under refrigeration. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p. 565-572, 2018a.

OLIVEIRA, A. M. F.; ROCHA, R. H. C.; TEODOSIO, A. E. M. M.; LIMA, J. F.; FREITAS, E. F. Q.; SANTOS, J. J. F.; SANTOS, B. G. F. L.; ONIAS, E. A.; RODRIGUES, M. H. B. S.; ALVES, K. A.; OLIVEIRA, L. M. Postharvest Quality of 'prata anã' bananas treated with microalgae coating. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 27, n. 2, p. 1-11, 2018b.

ONIAS, E. A.; ROCHA, R. H. C.; LIMA, J. F.; ONIAS, E. A.; FURTUNATO, T. C. S. Qualidade pós-colheita de manga “Tommy Atkins” orgânica tratada com biofilmes enriquecidos com *Spirulina platensis*. **Científica**, v.44, n.3, p.286-293, 2016.

ONIAS, E. A.; TEODOSIO, A. E. M. M.; BOMFIM, M. P.; ROCHA, R. H. C.; LIMA, J. F.; MEDEIROS, M. L. S. Revestimento biodegradável à base de *Spirulina platensis* na

conservação pós-colheita de goiaba Paluma mantidas sob diferentes temperaturas de armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 849-860, 2018.

PINHEIRO, J.M. S. **Tecnologia pós-colheita para a conservação de bananas da cultivar tropical**. 2009. 59f. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Montes Claros, 2009.

SILVA, L. M. M. da. **Comportamento reológico e caracterização físico-química de polpa e geleia de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**. 2013. 107f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SIQUEIRA, A. P. O. **Uso de Coberturas Comestíveis na Conservação Pós-Colheita de Goiaba e Maracujá-Azedo**. 2012. 91 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Fribeiro - UENF. Campo dos Goytacazes – RJ, 2012.

SOETHE, C.; STEFFENS, C. A.; AMARANTE, C. V. T.; MARTIN, M. S. D.; BORTOLINI, A. J. Qualidade, compostos fenólicos e atividade antioxidante de amoras-pretas “Tupy” e “Guarani” armazenadas a diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 8, p. 950–957, 2016.

SOUZA JÚNIOR, J. C. A. **Avaliação das características físico-químicas do umbu (*Spondias tuberosa*) com aplicação de revestimento comestível a base de goma arábica**. 2016. 36 f. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

STATSOFT, Inc. (2004). **STATISTICA** (data analysis software system), version 7.

TEODOSIO, A. E. M. M.; ROCHA, R. H. C.; LIMA, J. F.; ONIAS, E. A.; FERREIRA, A. P. N.; SANTOS, B. G. F. L.; RODRIGUES, M. H. B. S.; OLIVEIRA, L. M.; OLIVEIRA, A. M. F.; MEDEIROS, M. L. S.; SILVA, K. G. Effect of the biodegradable coatings the base on microalgae and oil of the seed of the pomegranate in the conservation powder-crop of the papaya ‘Golden’. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 10, 2018.

VERARDO, V.; GARCIA-SALAS, P.; BALDI, E.; SEGURA-CARRETERO, A.; FERNANDEZ-GUTIERREZ, A.; & CABONI, M. F. Pomegranate seeds as a source of nutraceutical oil naturally rich in bioactive lipids. **Food Research International**, v. 65, n. 15, p. 445–452, 2014.

WATERHOUSE, A. 2012. **Folin-Ciocalteu micro method for total phenol in wine**. Disponível em: <http://waterhouse.ucdavis.edu/phenol/folinmicro.htm>. Acesso em: 01 outubro 2018.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, n. 1, p.508-515, 1954.

ZHAO, Y. Edible coatings for extending shelf-life of fresh produce during postharvest storage. **Encyclopedia of Food Security and Sustainability**, v. 2, n. 1, p. 506-510, 2019.