



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM HORTICULTURA TROPICAL  
FISIOLOGIA DE PLANTAS HORTÍCOLAS  
CAMPUS DE POMBAL

TATIANA MARINHO GADELHA

**ESTÁDIO DE MATURAÇÃO NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO UMBU-CAJÁ**  
**(*Spondias* sp.)**

POMBAL - PB

2021

TATIANA MARINHO GADELHA

**ESTÁDIO DE MATURAÇÃO NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO UMBU-CAJÁ**  
**(*Spondias* sp.)**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-graduação em Horticultura Tropical da Universidade Federal de Campina Grande em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre em Horticultura Tropical Linha de pesquisa: Fisiologia Vegetal de Plantas Hortícolas.

**Orientador:** D. Sc. Franciscleudo Bezerra da Costa

POMBAL - PB

2021

G124e Gadelha, Tatiana Marinho.

Estádio de maturação na qualidade pós-colheita do umbu-cajá  
(*Spondias* sp.) / Tatiana Marinho Gadelha. – Pombal, 2022.  
57 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade  
Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia  
Agroalimentar, 2021.

“Orientação: Prof. Dr. Franciscleudo Bezerra da Costa”.

Referências.

1. Umbu-cajá. 2. Anacardiaceae. 3. Maturação de frutos. 4.  
Estádios de maturação. I. Costa, Franciscleudo Bezerra da. II. Título.

CDU 634.442(043)

TATIANA MARINHO GADELHA

**ESTÁDIO DE MATURAÇÃO NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO UMBU-CAJÁ**  
**(*Spondias* sp.)**

Dissertação apresentado ao programa de Pós-graduação em Horticultura Tropical da Universidade Federal de Campina Grande em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre em Horticultura Tropical Linha de pesquisa: Fisiologia Vegetal de Plantas Hortícolas.

APROVADA EM: 24/05/2021

EXAMINADORES



---

Prof. D. Sc. Franciscleudo Bezerra da Costa  
UATA-CCTA-UFCG



---

Prof. D. Sc. Roberto Cleiton Fernandes de Queiroga  
UAGRA-CCTA-UFCG



---

Prof. D. Sc. Pahlevi Augusto de Souza  
(Examinador Externo – IFRN/Currais Novos)

POMBAL - PB

2021

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, pela minha vida e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho. Eu costumo dizer que uma das poucas certezas que tenho na vida é que Deus existe e ele sempre está mostrando o caminho correto, mas cabe à pessoa escolher se segue ou não.

À minha mãe, Francisca Gadelha, por ser a primeira e mais importante educadora ao decorrer de todos os meus anos de vida, com ela eu aprendi a escolher sempre fazer o bem a todos ao meu redor sem fazer distinção de ninguém, com ela eu aprendi a importância de ser honesta, justa, humilde, coisas que usarei para sempre e cabem em qualquer ambiente para uma boa convivência.

Ao meu pai, João Marinho, por me mostrar ao longo da vida a importância de fazer um trabalho bem feito e com dedicação.

A meus irmãos, em especial para Ana Marinho, por me ajudar com suas experiências nas mais diversas áreas e também por ser uma ajuda muito importante na realização do experimento, acredito que sem ela eu jamais conseguiria ou então demoraria muito tempo para concluir.

Aos amigos, em especial para Jessica Leite, por ser uma grande ajuda no desenvolvimento do experimento e sempre acrescentar com ensinamentos e experiências enriquecedoras ao longo do processo.

Ao professor Franciscleudo Bezerra, por ser um excelente orientador e ter desempenhado tal função com dedicação, amizade e empatia.

Aos professores do mestrado em Horticultura tropical, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação ao longo curso.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho. Em especial Moniky Mendes e Silvana Formiga, que ajudaram no fornecendo os frutos de umbu-cajá para a realização desta pesquisa.

A todos que participaram, direta ou indiretamente, do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

Às pessoas com quem convivi ao longo desse tempo de curso, que me incentivaram e que certamente tiveram impacto na minha formação acadêmica.

Aos meus colegas de curso, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, especialmente Iara Roque e Pedro Silva, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como profissional.

À instituição de ensino, Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal, em especial ao laboratório de química, bioquímica e análises de alimentos, por fornecer todos os meios para o desenvolvimento da pesquisa e ser essencial no meu processo de formação profissional, pela dedicação e por tudo o que aprendi ao longo do curso.

GADELHA, T. M. **Estádio de maturação na qualidade pós-colheita do umbu-cajá (*Spondias sp.*)**. 2021. 57 f. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, PB.

## RESUMO GERAL

O umbu-cajá é um fruto que apresenta potencial para o consumo *in natura* e processamento industrial. No entanto, a escassez de informações sobre a maturação dos frutos e os efeitos em sua qualidade podem resultar em elevação nas perdas na pós-colheita. Portanto, conhecer os diferentes estádios de maturação deste fruto é importante para que a colheita seja efetuada no momento certo, garantindo a qualidade do fruto. O trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade físico-química de frutos de umbu-cajá em cinco estádios de maturação. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos que corresponderam aos estádios de maturação do fruto (E-1, E-2, E-3, E-4 e E-5) com quinze repetições cada. Foram avaliadas características no fruto relacionadas ao rendimento de polpa, massa fresca, comprimento, diâmetro, espessura da polpa, firmeza da polpa, coloração da casca, umidade, cinzas, pH, íons H<sup>+</sup>, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), taxa respiratória, ratio (índice de maturação), teores de açúcares solúveis, redutores e não redutores, ácido ascórbico, clorofila total, carotenoides, flavonoides, antocianinas e compostos fenólicos. Após a coleta e análise dos dados, foi observada diferença significativa em todas as características analisadas em função dos diferentes estádios de maturação dos frutos. Assim, registrou-se uma redução nos valores de acidez total, clorofilas, ácido ascórbico e compostos fenólicos na transição entre o (1) e (5) estágio. No entanto, ocorreu uma elevação nos valores de sólidos solúveis, açúcares solúveis, redutores e não redutores na passagem do primeiro para o 5 estágio de maturação. Em relação à taxa respiratória, registrou-se um aumento no seu valor com o avanço na maturação dos frutos. O terceiro estágio de maturação é o mais indicado como ponto de colheita dos frutos de umbu-cajá, sendo as características massa fresca, coloração da casca, sólidos solúveis, acidez total e teores de açúcares as mais indicadas para diferenciar cada estágio de maturação. Este fruto também pode ser classificado como climatérico por apresentar elevação na taxa de respiração do primeiro estágio para o quinto e, nesse caso, a colheita pode ser feita antes de completar o amadurecimento na planta.

**Palavras-chaves:** Anacardiaceae, maturidade fisiológica, amadurecimento, taxa respiratória e senescência.

GADELHA, T. M. **The maturation stage on postharvest quality of umbu-cajá (*Spondias* sp.)**. 2021. 57 f. Dissertati on (Masters in Tropical Horticulture) - Federal University of Campina Grande, Pombal, P B.

### GENERAL ABSTRACT

Umbu-cajá is a fruit that has high quality for both fresh consumption and industrial processing. The lack of knowledge on this fruit ripening and proper harvest can cause postharvest losses. Therefore, knowing the different stages of development of this fruit is important so that the harvest is carried out at the right time, ensuring the quality of the fruit. The objective of this study was to evaluate the physicochemical quality of umbu-cajá fruits in five stages of maturation. The experiment was conducted in a completely randomized design, with 5 maturation stages (E-1, E-2, E-3, E-4 and E-5) in which each treatment was formed by 15 repetitions. Features of the fruits related to pulp yield, fresh mass, length, diameter, thickness, firmness, peel color, moisture, ashes, pH, H<sup>+</sup> ions, soluble solids (SS), titratable acidity (TA), respiratory rate, ratio (maturation index), soluble sugars contents, reducers and non-reducers, ascorbic acid, total chlorophyll, carotenoids, flavonoids, anthocyanins and phenolic compounds were evaluated. After data collection and analysis, it was found an important difference in all the studied features due to the different fruit ripening stages. Hence, it was verified a drop in the levels of total acidity, chlorophylls, ascorbic acid and phenolic compounds in the transition between stage (1) and (5). However, there was an increase in the values of soluble solids, soluble sugars, reducers and non-reducers in the passage from stage (1) to (5). Regarding respiratory rate, there was an increase in its value according to fruit ripening. The maturation stage (3) is the most suitable to harvest umbu-cajá fruits, considering the characteristics of fresh mass, peel color, soluble solids, titratable acidity and sugar levels to differentiate each maturation stage. This fruit can also be classified as climacteric because it presents an increase in the respiration rate from stage (1) to (5), and in this case the harvest can be done before the plant ripens.

**Keywords:** Anacardiaceae, physiological maturity, ripening, respiratory rate and senescence.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fases do desenvolvimento baseado nos processos fisiológicos.....	18
<b>Figura 2.</b> Planta da umbu-cajazeira ( <i>Spondias</i> sp.).....	23
<b>Figura 3.</b> Fluxograma de obtenção de amostras de umbu-cajá ( <i>Spondias</i> sp.).....	24
<b>Figura 4.</b> Estádios de maturação de frutos de umbu-cajá ( <i>Spondias</i> sp.).....	25
<b>Figura 5.</b> Rendimento de polpa (A) e rendimento de semente (B) de frutos de umbu-cajá colhidos em diferentes estádios de maturação. ....	32
<b>Figura 6.</b> Massa fresca do fruto (A), massa fresca da semente (B), massa fresca da polpa (C) e firmeza da polpa (D) de frutos de umbu-cajá colhidos em diferentes estádios de maturação. ....	34
<b>Figura 7.</b> Comprimento transversal do fruto (A), comprimento transversal da semente (B), diâmetro do fruto (C), diâmetro da semente (D), espessura transversal da polpa (E) e espessura longitudinal da polpa (F) de frutos de umbu-cajá colhidos em diferentes estádios de maturação. ....	35
<b>Figura 8.</b> Luminosidade (A), coordenada de a* (B), coordenada de b* (C), cromaticidade (D) e ângulo °hue (E) de frutos de umbu-cajá colhidos em diferentes estádios de maturação.....	37
<b>Figura 9.</b> Desverdecimento (A), índice de amarelecimento (B), índice de escurecimento (C) e índice de cor (D) de frutos de umbu-cajá colhidos em diferentes estádios de maturação. ....	39
<b>Figura 10.</b> Umidade (A), cinzas (B), sólidos solúveis (C), pH (D), concentração de íons H <sup>+</sup> (E) e acidez titulável (F) de frutos de umbu-cajá colhidos em diferentes estádios de maturação. ....	40
<b>Figura 11.</b> Índice de maturação (A), açúcares solúveis totais (B), açúcares redutores (C), açúcares não redutores (D) de frutos de umbu-cajá colhidos em diferentes estádios de maturação.....	42
<b>Figura 12.</b> Taxa respiratória dos frutos de frutos de umbu-cajá colhidos em diferentes estádios de maturação.....	43
<b>Figura 13.</b> Teores de ácido ascórbico (A), clorofilas totais (B), carotenoides totais (C), flavonoides totais (D), antocianinas (E) e compostos fenólicos (F) de frutos de umbu-cajá colhidos em diferentes estádios de maturação. ....	44

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	13
2.1. Geral.....	13
2.2. Objetivos específicos.....	13
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
<b>3.1 Aspectos gerais da Umbu-Cajazeira</b> .....	14
3.1.1 Botânica.....	14
3.1.2 Formas de produção.....	16
3.1.3 Importância Econômica.....	17
<b>3.2 Estádios de maturação em umbu-cajá</b> .....	18
3.2.1 Desenvolvimentos dos frutos.....	18
3.2.3 Índices de maturação.....	20
3.2.4 Padrão respiratório.....	21
3.2.5 Perdas pós-colheita.....	21
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	23
<b>4.1 Caracterização do local</b> .....	23
<b>4.2 Descrição do experimento</b> .....	23
<b>4.3 Delineamento experimental e tratamentos</b> .....	25
<b>4.4 Análises físicas e físico-químicas</b> .....	25
4.4.1 Rendimento de polpa.....	26
4.4.2 Massa fresca do fruto.....	26
4.4.3 Comprimento, diâmetro e espessura do fruto.....	26
4.4.4 Firmeza da polpa.....	26
4.4.5 Coloração e índice de cor.....	26
4.4.6 Umidade.....	27
4.4.7 Cinzas.....	27
4.4.8 Sólidos solúveis.....	27
4.4.9 pH e concentrações de íons H <sup>+</sup> .....	27
4.4.10 Acidez titulável.....	28
4.4.11 Ratio.....	28
4.4.12 Açúcares solúveis.....	28
4.4.13 Açúcares redutores.....	28
4.4.14 Açúcares não redutores.....	29
<b>4.5 Análise fisiológica</b> .....	29
4.5.1 Taxa respiratória.....	29
<b>4.6 Compostos bioativos</b> .....	29
4.6.1 Ácido ascórbico.....	29
4.6.2 Clorofila e carotenoides totais.....	30
4.6.3 Flavonoides e antocianinas.....	30
4.6.4 Polifenóis extraíveis.....	30
<b>4.7 Delineamento experimental</b> .....	31
4.7 Análise estatística.....	31
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	32
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	47
<b>REFERENCIAS</b> .....	48

## 1. INTRODUÇÃO

A umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) é uma frutífera nativa do Nordeste brasileiro que pertence à família Anacardiaceae, a qual é distribuída por grandes áreas do semiárido em grupos ou de forma isolada, principalmente em quintais e pomares domésticos (SOUZA et al., 2020). Os seus frutos têm vários nomes comuns em diferentes áreas produtoras do Nordeste (umbu-cajá, cajá-umbu, cajarana, cajazinha, cajá-amarelo, cajá-do-sertão, umbu-amarelo, cajá, umbu, entre outros), os quais apresentam atributos de qualidade para o consumo *in natura*, podendo também ser utilizado para o processamento de polpas, sucos, picolés e sorvetes, fornecendo produtos de excelente qualidade e elevado valor comercial (SOUZA et al., 2020).

O umbu-cajá é classificado como drupa de formato piriformes a obovoides com lenticelas na casca. Além disso, o fruto possui um mesocarpo carnoso amarelo, com sabor agridoce e aroma perfumado, contendo carotenoides, açúcares e vitaminas (MACHADO et al., 2015; SOUZA et al., 2020).

O umbu-cajá é colhido “inchado” ou maduro baseando-se na aparência, usando-se como referência a colheita feita nos frutos de umbuzeiros, que começa quando os primeiros frutos maduros caem da planta (FONSECA et al., 2017). Em razão disso, é importante entender as variações observadas nas características físico-químicas dos frutos em seus distintos estádios de maturação para garantir a qualidade pós-colheita, já que os frutos são considerados organismos vivos e estão sujeitos a processos metabólicos próprios e decorrentes de reações bioquímicas que resultam em alterações de cor, sabor, aroma e textura, aos quais damos o nome de maturação (FERREIRA et al., 2017).

Nesse contexto, sabe-se que a rapidez com que a maturação ocorre é específica de cada produto e a degradação das células, sua senescência, depende não somente das reações internas, mas sofre forte influência de fatores externos como manipulação, temperatura e umidade (FERREIRA et al., 2017). Portanto, a falta de conhecimento sobre maturação, colheita adequada e manejo pós-colheita é o fator responsável por enormes perdas pós-colheita, especialmente em países em desenvolvimento (PRASAD et al., 2018).

Assim, a escolha do estádio de maturação adequado para realizar a colheita é algo determinante na obtenção de frutos de qualidade e com vida útil prolongada, pois os frutos colhidos muito precocemente podem ficar com baixa qualidade e a sua maturação

desenvolve-se de forma irregular. Por outro lado, o retardo na colheita de frutos pode aumentar a suscetibilidade à degradação dos tecidos e induzir o amolecimento precoce gerando baixa resistência ao manuseio mecânico causando danos, o que pode encurtar a vida útil do fruto, resultando em maior perda pós-colheita. Portanto, os produtores devem ter cuidado ao escolher o estágio de maturação na época da colheita, visto que quaisquer desvios na escolha do estágio de maturação podem ser prejudiciais à qualidade do fruto durante sua vida útil (PRASAD et al., 2018).

Por meio dos fatos expostos, é necessária a realização de estudos com enfoque nas características físico-químicas do fruto no umbu-cajá ao decorrer do seu amadurecimento, para indicar o melhor momento de realizar-se a colheita de acordo com o estágio de maturação que apresente frutos com melhor qualidade.

## **2. OBJETIVOS**

### 2.1. Geral

Determinar as características físicas e físico-químicas e os compostos bioativos em cinco estádios de maturação do umbu-cajá, determinando a influência dos estádios na qualidade final dos frutos.

### 2.2. Objetivos específicos

- ✓ Elaborar uma carta de maturação dos frutos umbu-cajá;
- ✓ Determinar os índices de maturação adequados dos frutos umbu-cajá;
- ✓ Definir o ponto de colheita adequado dos frutos umbu-cajá;
- ✓ Verificar a taxa respiratória dos frutos umbu-cajá.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Aspectos Gerais da Umbu-Cajazeira

##### 3.1.1 Botânica

O gênero *Spondias* foi um dos primeiros da família Anacardiaceae a ser classificado por Linnaeus em 1753. Inicialmente foi chamado de cajazeira *Spondias mombin* L. (cajá), sendo a primeira espécie descrita deste gênero (AIRY SHAW; FORMAN, 1967). É um táxon que possui 18 espécies distribuídas nos neotrópicos na Ásia e na Oceania (MITCHELL; DALY, 1995).

Além da *Spondias mombin* L. (cajá), também estão agrupadas as espécies *Spondias purpurea* L. (cirigueleira), *Spondias dulcis* Parkinson (cajaraneira ou cajá-manga), *Spondias tuberosa* Arruda (umbuzeiro) e *Spondias* sp. (umbu-cajazeira ou cajaraneira). As plantas desse gênero *Spondias* são todas árvores frutíferas, em que seus frutos possuem elevado valor nutricional, comercial e agroindustrial, além de uma importância socioeconômica para as regiões onde estão localizadas (SOUZA et al., 2020).

A umbu-cajazeira apresenta um porte baixo, que varia entre 4 a 8 metros de altura, sendo uma árvore com uma copa entre 6 a 12 metros de diâmetro, em formato de guarda-chuva, podendo chegar a tamanhos maiores em locais com maior umidade (SANTOS, 2009).

O umbu cajazeira é uma árvore que tem ramificações de estrutura menos densa em comparação ao umbuzeiro, expondo tronco único com ramos menos retorcidos e textura de casca pouco espessa. As folhas nas extremidades dos folíolos apresentam curvas na base em sentido à superfície inferior, além de possuírem tricomas flexíveis por toda a extensão da extremidade nos pecíolos e na nervura central na face inferior, sendo as lâminas dos folíolos glabras e flores com dimensões de pétalas entre 2 a 3 mm (MACHADO et al., 2015).

O fruto é classificado como drupa de formato piriformes a obovoides, além de possuírem lenticelas na casca. A polpa ou mesocarpo é espesso e possui um sabor agridoce. O caroço ou endocarpo é inserido em uma matriz fibrosa, composta por uma camada de tecido esponjoso macio que reveste uma camada dura e lenhosa. O endocarpo possui forma elíptica de pequenas projeções, com espinhos nos extremos distal e proximal. Os endocarpos contêm entre quatro a cinco pequenos opérculos, sendo alguns maiores e com sementes viáveis (MACHADO et al., 2015).

Existem controvérsias sobre a nomenclatura botânica da umbu-cajazeira. (SOUZA et al., 2020). E, de acordo Silva Júnior et al. (2004), a espécie pode ser chamada de cajá-umbu e trata-se de um híbrido entre umbuzeiro (*S. Tuberosa* Arruda) e cajazeira (*S. Mombin* L.). São dois táxons da umbu-cajazeira com diferentes centros de diversidade: O táxon do Norte, distribuídos pelos estados do Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte, e o táxon do Sul, disseminado no estado da Bahia (CARVALHO, 2006).

Estudos sobre a natureza e a estrutura dos cromossomos (cariologia) foram feitos em cinco espécies de *Spondias* e da umbu-cajazeira e não conseguiram diferenciar genomas individuais no híbrido. A partir dessa análise cromossômica, da distribuição dos sítios de rDNA e da hibridização genômica *in situ*, ficou claro que a umbu-cajazeira está intimamente relacionada à cajazeira e ao umbuzeiro (ALMEIDA et al., 2007). Também foi feita a construção de um fenograma para classificação por similaridade fenotípica com trinta indivíduos de *Spondias*, da Bahia, de Pernambuco e do Piauí, com base em 120 marcadores AFLP das combinações de primers EcoR1/Mse1, que sugerem que a umbu-cajazeira e a umbugueleira (*Spondias* sp.) são híbridos originados de cruzamentos do umbuzeiro com a cajazeira (SANTOS; OLIVEIRA, 2008).

A análise filogenética do código de DNA em seis espécies de *Spondias* mostram que a *Spondias mombin* e a *Spondias tuberosa* são clados diferentes e sugerem que a umbu-cajazeira é de origem não híbrida (SILVA et al., 2015). Já outras investigações moleculares, morfométricas, morfológicas e de divergência temporal com genótipos da Bahia, feitas por Machado et al. (2015), chegaram à conclusão de que a umbu cajazeira é uma linhagem distinta e a nominaram como *Spondias bahiensis* P. Carvalho, Van den Berg & M. Machado, sp. nova. Porém, a combinação da análise SNP com a filogenia do nrDNA feitas por Nobre et al. (2018) confirmaram a origem híbrida de *Spondias bahiensis* e indicaram *Spondias tuberosa* como suposto genitor feminino e *Spondias dulcis* como provável genitor masculino.

Para alguns revisores deste gênero no Nordeste do Brasil, existe uma variante de *Spondias* localmente referida como umbu-cajazeira que eles afirmam ser um híbrido entre *S. mombin* e *S. tuberosa*, mas que pode ser simplesmente uma raça cultivada da *S. tuberosa* regionalmente popular (MITCHELL; DALY, 2015).

### 3.1.2 Formas de produção

Não existem informações sobre as técnicas de manejo cultural na produção de clones de umbu-cajazeira. No tocante a essa espécie, quase todas essas árvores são reproduzidas por corte e muitas delas são clones de alto rendimento, ou seja, a pesquisa e a expansão rural ainda não possuem informações técnicas específicas sobre a espécie, o que impossibilita o desenvolvimento de um sistema de produção, recomendado para o plantio de umbu-cajazeira (SOUZA et al., 2020).

Como não são encontrados pomares comerciais, a capacidade de cultivo de frutos desta espécie não é propriamente estimada, no entanto, sabe-se que algumas plantas podem fornecer cerca de 300 kg de frutos por colheita, por ser uma espécie de árvore rústica. O principal método de tratamento cultural recomendado é mesmo utilizado em outras espécies de árvores lenhosas frutíferas, incluindo métodos para melhorar no estabelecimento, crescimento e manutenção, como podas e limpeza, adubação de fundações e de cobertura (ARAÚJO et al., 2018).

Essas informações existentes sobre espécies do mesmo gênero e família da umbu-cajazeira, bem como algumas observações obtidas em visitas de campo e trabalhos experimentais durante alguns anos, têm permitido sugestões técnicas adequadas para o cultivo do umbu-cajazeira. Para a produção do umbu-cajazeira, devem ser feitas pequenas covas de 40 x 40 x 40 cm, adubadas com fertilizante e distribuídas em intervalos de 9 x 9 m ou 9 x 8 m. Porém, com o uso de mudas clonadas e devidamente podadas, esses espaçamentos podem ser reduzidos para 8 x 8 m ou 8 x 7 m (ARAÚJO et al., 2018; SOUZA et al., 2020).

As plantas precisam ser podadas para que formem-se adequadamente. No consórcio, esta distância pode ser modificada de acordo com o sistema selecionado pelo produtor. Não há informações sobre nutrição mineral e manejo específico do umbu-cajazeira, porém, informações técnicas sobre outras árvores frutíferas parecidas podem ser utilizadas. Para o uso de fertilizantes, o conhecimento da composição mineral do solo é necessário para melhor atender às recomendações nutricionais das plantas (ARAÚJO et al., 2018).

### 3.1.3 Importância Econômica

Os frutos da umbu-cajazeira apresentam elevada importância econômica, visto que têm uma grande aceitação como alimento. A polpa pode variar entre mais ou menos ácida, ou seja, quanto menor acidez maior o teor de açúcares, sendo mais adequada para consumo *in natura* e processamento de polpa e suco. Suas propriedades organolépticas são semelhantes às do cajá (*Spondias mombin*) e, às vezes, é vendido como tal ou misturadas, porque a polpa do cajá é muito valorizada pelos consumidores e rende pouco. Muitos são os produtos feitos a partir da polpa processada e congelada do umbu-cajá, desde sucos simples comuns até produtos mais refinados como laticínios, sorvetes, licores e geleias (ARAÚJO et al., 2018).

Existe interesse nos frutos umbu-cajá pela indústria devido à boa aceitação da polpa processada e congelada, o que despertou uma diversidade de estudos destinados a avaliar as características físicas e físico-químicas dessa espécie (RITZINGER et al., 2008; LIMA, 2012).

O maior problema enfrentado e que impede o aumento na produção e conquista do mercado interno pelos frutos de umbu-cajá é a falta de pomares comerciais organizados, tendo em vista que a maior parte da produção deste fruto ainda é originária de pequenos pomares em chácaras e quintais, gerando pequena produção de frutos com características comerciais (CARVALHO et al., 2008; FERREIRA et al., 2009; MAMEDE et al., 2013; SANTOS et al., 2013).

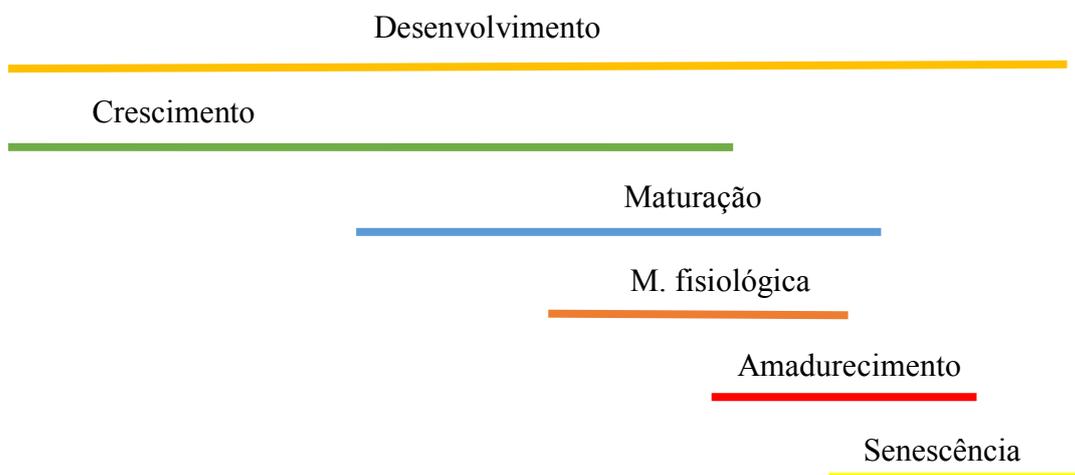
O umbu (*Spondias tuberosa*) e cajá (*Spondias mombin*) são as espécies mais populares do gênero *Spondias* e por isso existem pomares comerciais. Porém, o umbu-cajá (*Spondias* sp.) vem sendo utilizado sozinho ou incluído em polpas congeladas de outras espécies do mesmo gênero, devido ao seu elevado potencial econômico e isso tende a proporcionar uma expansão na produção desses frutos. As primeiras iniciativas tem sido selecionar, multiplicar e disseminar clones superiores de *Spondias* sp. no semiárido e tornando esta espécie uma fonte de renda para produtores dessas regiões (CARVALHO et al., 2008; RITZINGER et al., 2008; FONSECA; OLIVEIRA, 2012; ROMANO et al., 2013).

### 3.2 Estádios de maturação em umbu-cajá

#### 3.2.1 Desenvolvimentos dos frutos

O período de floração do umbu-cajazeira ocorre entre os meses de novembro e dezembro, coincidindo com início da estação chuvosa do verão quando a planta está portando suas folhas. O desenvolvimento dos frutos até completar a maturação ocorre entre os meses de fevereiro a março (MACHADO et al., 2015), sendo a colheita possível de se estender até o mês de maio ou junho, dependendo da área de ocorrência. (ARAÚJO et al., 2018).

Segundo Watada et al. (1984), no desenvolvimento de um fruto, ocorre uma série de eventos que pode ser dividida nas fases de crescimento, maturação, maturidade fisiológica, amadurecimento e senescência em função dos processos fisiológicos. Estas fases descrevem os diferentes processos desde a formação até a morte do órgão. Entretanto, muitos processos são comuns entre as fases, dificultando a clara distinção entre as mesmas (Figura 1).



**Figura 1.** Fases do desenvolvimento baseado nos processos fisiológicos (Adaptado de WATADA et al., 1984).

O crescimento caracteriza-se pelo aumento de volume das células que determinam o tamanho final do fruto. A maturação e a maturidade fisiológica iniciam-se antes que o crescimento termine e inclui uma série complexa de transformações que podem variar de acordo com o tipo de fruto, durante a qual observasse um equilíbrio entre atividades de síntese e degradação, antes que termine a fase de maturação e maturidade

fisiológica pode-se observar nos frutos o início da fase de amadurecimento (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Alterações na taxa respiratória são parâmetros importantes no início do amadurecimento, sendo classificados em dois importantes grupos: os frutos não climatéricos, cuja atividade respiratória durante a transição da primeira para a segunda sofre poucas alterações, sendo o fruto incapaz de continuar o amadurecimento caso seja separado da planta. Os frutos climatéricos apresentam um acréscimo da taxa respiratória na transição de fases, que mesmo separados da planta continuam o processo de amadurecimento. Já a fase de senescência caracteriza-se pela predominância de processos catabólicos, com as reações de degradação dos componentes orgânicos que levam ao envelhecimento e à morte das células e dos tecidos (WATADA et al., 1984).

A maturação é um processo regulado pelos hormônios auxina e talvez a citocinina, no qual o fruto passa por uma série de modificações nas suas características físicas (cor, tamanho) e internas (composição química), iniciando na maturidade fisiológica e com sequência na pré-maturação, maturação, amadurecimento e finalmente a senescência (CHITARRA; CHITARRA, 2005; MCATEE et al., 2013).

Esse conjunto de modificações que o fruto sofre durante a maturação é irreversível e envolve uma sequência de alterações bioquímicas, fisiológicas e sensoriais responsáveis pela obtenção de frutos com qualidade desejáveis, pois provocam mudanças fisiológicas, dentre as quais podemos citar: o aumento da respiração, degradação da clorofila em paralelo à biossíntese de carotenoides, antocianinas e os outros componentes responsáveis pelo sabor e aroma (DANTAS et al., 2016).

A mudança física mais aparente nos frutos é a cor da superfície, sendo muitas vezes a coloração da casca utilizada como indicativo do grau de maturação dos produtos hortícolas, sabendo que estágio de maturação na colheita é determinante para a qualidade e a vida útil pós-colheita do fruto, que quando precoce pode resultar em maior resistência ao transporte e atraso no amadurecimento com menores perdas de qualidade (KADER, 2008). Os estudos envolvendo a evolução da maturação durante o desenvolvimento de frutos são importantes para definir o ponto de colheita e a vida útil pós-colheita. (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014).

### 3.2.3 Índices de maturação

Os índices de maturação são importantes para decidir quando um fruto deve ser colhido e fornecer um produto de qualidade para os consumidores (THOMPSON, 1996; DOERFLINGER et al., 2015). De acordo com o desenvolvimento da maturação, os frutos apresentam duas categorias: a maturidade fisiológica, quando o fruto atinge o desenvolvimento suficiente ainda ligado à planta, podendo assim ser retirado dela sem prejuízos às outras etapas do desenvolvimento, a maioria dos frutos é colhida no estágio de maturação fisiológica. Adicionalmente, temos a maturação Hortícola, que é um estágio de maturação em que o fruto apresenta todas as características desejadas pelos consumidores (PRASAD et al., 2018).

Existem diferentes métodos de determinação de índices de maturação e a maioria desses índices varia de acordo com tipo de fruto (THOMPSON, 1996). Os métodos mais comuns de determinação da maturação de um fruto são: método visual, que depende muito da aparência externa do fruto, como cor da casca, tamanho (massa e volume), o método físico, tais como firmeza, gravidade específica, facilidade de separação de abscisão, o método químico que engloba os sólidos solúveis (SS), acidez total (AT), razão SS: AT, teor de amido, dentre outros; o método de computação, que envolve os dias desde o florescimento da flor ou estágio de iniciação do botão até o ótimo desenvolvimento do fruto e o método fisiológico com indicadores de respiração, desenvolvimento de aroma, dentre outros.

Os índices de maturação mencionados também são uma medida da qualidade do fruto, que podem ser amplamente agrupados em métodos destrutivos e não destrutivos (PRASAD et al., 2018). Os métodos destrutivos são usados para determinar a maturação de frutos e vegetais por análise destrutiva, isso inclui testar seu TA, teor de açúcar, pelo conteúdo do suco, conteúdo de amido. Por outro lado, os métodos não destrutivos usados para determinar a maturação incluem a cor da casca, tamanho, aroma, mudanças nas folhas (THOMPSON, 1996; KADER, 2002; TIJSKENS et al., 2007; RATHORE et al., 2012).

Na maioria das técnicas convencionais para avaliar a maturação em frutas, usam-se os métodos destrutivos, em que poucos frutos são selecionados aleatoriamente antes colheita e esses frutos são submetidos a análises destrutivas para medir suas propriedades físico-químicas (NICOLAI et al., 2006).

### 3.2.4 Padrão respiratório

Baseado em seus padrões respiratórios, os frutos podem ser classificados como climatéricos, nos quais o amadurecimento ocorre acompanhado por um pico respiratório e concomitantemente aumento do etileno, e os não climatéricos, quando não existe mudança na respiração e produção de etileno ou estes são em níveis muito baixos (LÓPEZ-GÓMEZ et al., 2009).

O termo climatérico, de acordo com Chitarra e Chitarra (2005), refere-se ao total de mudanças envolvidas na fase crítica da vida do fruto, desencadeadas pelo etileno, e durante a qual muitas alterações ocorrem, sendo uma delas o aumento da taxa respiratória e, por consequência, mudanças químicas. Um fruto é considerado climatérico quando no período da ontogenia ocorrem diversas mudanças bioquímicas, que se iniciam pela produção autocatalítica de etileno, marcando a transição entre o desenvolvimento e senescência e envolvendo aumento na respiração e condução ao amadurecimento.

### 3.2.5 Perdas pós-colheita

Nos países em desenvolvimento, cerca de 30% a 40% da produção é perdida nas etapas de pós-colheita, processamento e distribuição, representando um desperdício de recursos utilizados na produção, como terra, água, energia e insumos (GUSTAVSSON et al., 2011).

Os frutos especialmente são considerados produtos perecíveis porque apresentam atividade metabólica elevada, após a colheita, conduzindo aos processos de deterioração. A manutenção de sua qualidade através de manuseio cuidadoso e da aplicação de tecnologias adequadas na cadeia de comercialização depende do conhecimento da estrutura, da fisiologia e das transformações metabólicas (aspectos físicos, físico-químicos, químicos e bioquímicos) que ocorrem no seu ciclo vital (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

As perdas podem ser classificadas em quantitativas, qualitativas e nutricionais. Perdas qualitativas e nutricionais, valor calórico e aceitação pelos consumidores são muito mais difíceis de avaliar do que perdas quantitativas. As causas primárias das perdas podem ser fisiológicas, fitopatológicas e por danos mecânicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005),

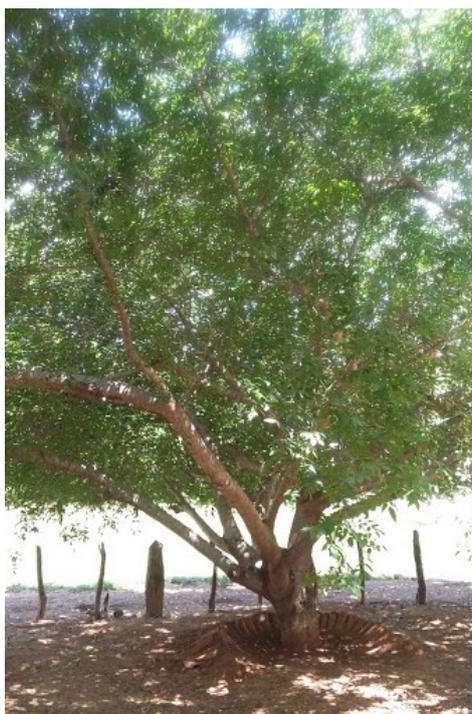
As causas fisiológicas são perdas relacionadas à elevada taxa de respiração, produção de etileno, atividade metabólica, perda de massa, amaciamento dos tecidos, perda do flavor e valor nutritivo. As perdas fitopatológicas são resultado do ataque de microrganismos que causam o desenvolvimento de doenças provocadas por fungos, bactérias e vírus. As perdas fitopatológicas podem deteriorar a aparência do produto levando a perdas qualitativas ou então levar à destruição total dos tecidos. Danos mecânicos são as principais causas de perdas em qualidade e quantidade de produtos hortícolas *in natura* (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O nível das perdas poderia ser reduzido se as práticas corretas de cultivo, colheita e principalmente pós-colheita fossem adotadas. A falta de conhecimento dos processos fisiológicos dos frutos, a falta de infraestrutura adequada e de uma logística de distribuição são os principais fatores responsáveis pelo elevado nível de perdas pós-colheita observados no Brasil (GUSTAVSSON et al., 2011).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização do local

Os frutos do umbu-cajá foram provenientes de um pomar doméstico (Figura 2) localizado no município de Nazarezinho (Latitude: 6° 54' 42" Sul, Longitude: 38° 19' 11" Oeste), no sertão Paraibano. Trata-se de uma região com clima tipo quente e seco, com temperatura média anual de 27 °C e umidade relativa do ar média de 68,9%. O solo da área experimental é classificado como Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).



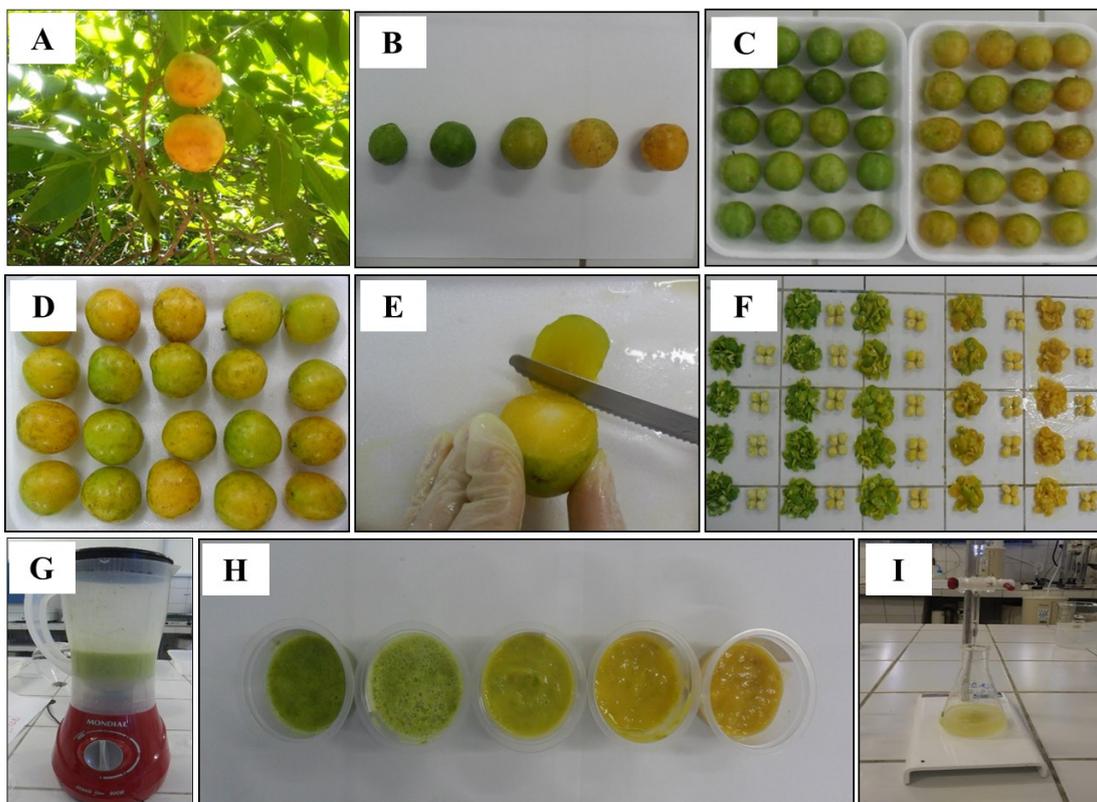
Fonte: Autora, 2021

**Figura 2.** Planta da umbu-cajazeira (*Spondias* sp.).

### 4.2 Descrição do experimento

Os frutos de umbu-cajá foram colhidos às 7:00 h da manhã em cinco estádios de maturação (E-1, E-2, E-3, E-4 e E-5), segundo a cor da superfície da casca (Figura 3A), sendo posteriormente selecionados segundo a cor da casca e ausência de defeitos (Figura 3B).

Em seguida, foram acondicionados em caixas vazadas de polietileno de alta densidade com medidas externas de 16,5 cm de altura, 30 cm de largura, 40,5 cm de comprimento e capacidade de 20 litros. Em seu interior, as caixas foram forradas com jornal, para evitar danos mecânicos e transportadas imediatamente para o Laboratório de Química Bioquímica e Análise de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal, PB (Figura 3C).



Fonte: Autora, 2021

**Figura 3.** Fluxograma de obtenção de amostras de umbu-cajá (*Spondias sp*)

No laboratório, os frutos foram novamente selecionados de forma a obter-se lotes uniformes (Figura 3D), seguindo com higienização em água corrente para remoção de sujeiras, as polpas dos frutos foram separadas da semente (Figura 3-E-F), trituradas em liquidificador (Mondial, Power Red L77) e transferidas para recipientes plásticos de 50 g (Figura 3GH). Após a obtenção das amostras, foram realizadas análises físicas, físico-químicas e bioativas dos frutos de umbu-cajá (Figura 3I).

### 4.3 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com a aplicação de cinco tratamentos e quinze repetições. Os tratamentos constaram de cinco estádios de maturação dos frutos de umbu-cajá, sendo eles: E-1, E-2, E-3, E-4 e E-5.

Os estádios de maturação seguiram o que determina a carta de maturação montada conforme a coloração da casca dos frutos (Figura 4): frutos no estágio 1 - com coloração da casca verde-escura, provável estágio que precede a maturação, frutos no estágio 2 - com quebra da cor verde, a casca está passando da cor verde escura para verde clara (maturação fisiológica), frutos no estágio 3 - com a coloração da epiderme verde clara em início de desenvolvimento de cor amarela sendo provável que corresponda à maturação fisiológica, frutos no estágio 4 - com a coloração da casca parcialmente amarela e, por fim, frutos no estágio 5 - com coloração da epiderme totalmente amarela.



Fonte: Autora, 2021.

**Figura 4.** Estádios de maturação de frutos de umbu-cajá (*Spondias* sp.).

### 4.4 Análises físicas e físico-químicas

Para a realização das análises físico-químicas, foi utilizada uma amostra de 15 frutos de umbu-cajá por tratamento.

#### 4.4.1 Rendimento de polpa

O rendimento de polpa foi calculado pela razão entre a massa final da matéria-prima e a massa inicial do produto multiplicando por 100, sendo os resultados expressos em porcentagem conforme Santos et al. (2010a).

#### 4.4.2 Massa fresca do fruto

A massa fresca (g) foi quantificada gravimetricamente a partir dos frutos inteiros, polpas e sementes em balança semianalítica (Bel, S2202H) com precisão de 0,01 g.

#### 4.4.3 Comprimento, diâmetro e espessura do fruto

O comprimento dos frutos e sementes foram avaliados em relação ao diâmetro longitudinal e transversal, determinados com o auxílio de paquímetro digital (INSIZE, 1112-150). Com essas informações, tornou-se possível determinar espessura da polpa, calculada pela diferença de comprimento no sentido longitudinal e transversal do fruto e da semente. Os resultados foram expressos em centímetros.

#### 4.4.4 Firmeza da polpa

A firmeza da polpa foi determinada com base na resistência à penetração, utilizando-se o texturômetro digital de bancada (Soil Control), com ponteiras de 3 mm de espessura, com a realização de leituras em lados opostos do fruto por repetição em cada tratamento. A firmeza da polpa foi expressa em newtons.

#### 4.4.5 Coloração e índice de cor

As amostras foram determinadas no sistema Cielab utilizando-se um colorímetro Konica Minolta (CR 300 Tokyo), foram analisados cinco parâmetros de coloração: L\*, a\*, b\*, C e h°. As leituras dos valores foram feitas em locais diferentes, totalizando 3 leituras por repetição (MINOLTA, 1998). A tabela 1 exhibe o resumo das equações utilizadas nos cálculos do desverdecimento, índice de amarelecimento, índice de escurecimento e índice de cor.

**Tabela 1.** Equações utilizadas em colorimetria com ênfase em agricultura.

Aspecto avaliado	Equação	Referência bibliográfica
Desverdecimento	$(1,000 \times a)/(L \times b)$	Jimenez-Cuesta et al. (1981)
Índice de amarelecimento	$142,86b^*/L^*$	Pathare et al. (2013)
Índice de escurecimento	$[100(x-0,31)]/0,172$	Buera et al. (1985)
Índice de cor	$IC = 1000 \times a^*/L \times b^*$	Mazzuz et al. (1996)

**Fonte:** Ferreira e Spricigo (2017)

#### 4.4.6 Umidade

As amostras foram pesadas em cadinho previamente tarado. Posteriormente, foi colocado na estufa (Solab, SL-101) a 105 °C por 24 horas, onde foram resfriadas em dessecador até a temperatura ambiente e pesadas novamente. O procedimento foi executado seguindo as normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). Os teores de umidade foram expressos em porcentagem.

#### 4.4.7 Cinzas

As amostras foram pesadas em cadinho previamente tarado e carbonizadas em mufla (LUCA-2000G/DI) até a temperatura 550 °C. Logo após, foram resfriadas em dessecador até temperatura ambiente e pesadas novamente. Os resultados foram expressos em porcentagem, conforme as normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

#### 4.4.8 Sólidos solúveis

Os sólidos solúveis foram obtidos por meio de amostras determinadas em refratômetro digital (Hanna, Hi96801) com compensação automática de temperatura. Os teores de sólidos solúveis foram expressos em porcentagem.

#### 4.4.9 pH e concentrações de íons H<sup>+</sup>

Para o pH, as amostras foram homogeneizadas e determinadas em potenciômetro digital de bancada (Digimed-DM-22). A concentrações de íons H<sup>+</sup> foi obtida pela equação  $[H^+] = 10^{-pH}$ , com os resultados expressos em  $\mu\text{M}$ .

#### 4.4.10 Acidez titulável

Os teores de acidez (% de ácido cítrico) foram determinados segundo as normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). Para obtenção dos dados, 3,0 g das amostras foram pesadas e transferidas para Erlenmeyer adicionando-se 47 mL de água destilada, em seguida, colocou-se 2 gotas de fenolftaleína e titulou-se utilizando-se a solução de hidróxido de sódio a 0,1 M. Para o cálculo da acidez foi considerado o fator do ácido. Os teores de acidez foram expressos em porcentagem de ácido cítrico.

#### 4.4.11 Ratio

Foi obtida por meio da razão entre os valores de sólidos solúveis pelos da acidez total.

#### 4.4.12 Açúcares solúveis

Os açúcares solúveis foram determinados conforme o método da Antrona descrito por Yemm e Willis (1954). Pesou-se 1,0 g das amostras, macerou-se e diluiu-se em 50 mL de água destilada, deixando em repouso por 30 minutos e seguindo com filtração. 100  $\mu$ L do extrato foram colocados em tubos de ensaio na ordem da curva padrão, em seguida adicionaram-se 900  $\mu$ L de água destilada, 2,0 mL de antrona a 0,2% seguindo com agitação em vortex. Os tubos foram levados ao banho-maria (Hemoquímica, HM) a 100 °C por 3 minutos e foram deixados esfriar. A curva padrão foi preparada com glicose e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Spectrum, SP) na absorvância de 620 nm. Os teores de açúcares solúveis foram expressos em g 100 g<sup>-1</sup>.

#### 4.4.13 Açúcares redutores

Os açúcares redutores foram realizados conforme o método do ácido dinitrosalicílico proposto por Miller (1959). Pesou-se 1,0 g das amostras, macerou-se e diluiu-se em 50 mL de água destilada, deixando em repouso por 30 minutos e seguindo com filtração. 500  $\mu$ L do extrato foram colocados em tubos de ensaio na ordem da curva padrão, logo em seguida foram adicionados 500  $\mu$ L de a água destilada, 500  $\mu$ L de ácido dinitrosalicílico a 1% seguindo com agitação em vortex. Os tubos foram levados ao

banho-maria (Novainstruments, NI) a 100 °C por 15 minutos e deixados esfriar. A curva padrão foi preparada com glicose e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Spectrum, SP) na absorvância de 540 nm. Os teores de açúcares redutores foram expressos em g 100 g<sup>-1</sup>.

#### 4.4.14 Açúcares não redutores

Os açúcares não redutores foram determinados pela diferença entre os valores de açúcares solúveis totais pelos valores dos açúcares redutores. Os teores de açúcares não redutores foram expressos em g 100 g<sup>-1</sup>.

### 4.5 Análise fisiológica

#### 4.5.1 Taxa respiratória

A taxa respiratória foi determinada de acordo com Crispim et al. (1994) e adaptações conforme descrição de Silva et al. (2017). Os frutos foram acondicionados no interior de potes de polietileno com tampa, com capacidade para 0,15 L e submetidos à análise após 6 horas, permanecendo sob uma bancada em temperatura ambiente controlada ( $24,5 \pm 0,5$  °C e  $33,5 \pm 0,5\%$  UR).

Dentro dos recipientes, foi adicionado outro recipiente contendo NaOH 0,5 mL, que funcionou como fixador de CO<sub>2</sub> produzido no processo de respiração, com quinze repetições, sendo a primeira a amostra denominada prova em branco (repetição preparada sem fruto). Para evitar trocas gasosas com o meio, as tampas dos recipientes foram envolvidas por película de silicone. Após os tempos de inóculo, a solução de NaOH foi retirada do recipiente, transferida para erlenmeyer com três gotas de fenolftaleína e 10 ml de BaCl<sub>2</sub> 0,2 N, para ser titulada contra a solução de ácido clorídrico a 0,1 N. A taxa respiratória foi expressa em mg de CO<sub>2</sub>/g de massa fresca dos frutos.

### 4.6 Compostos bioativos

#### 4.6.1 Ácido ascórbico

Os teores de ácido ascórbico foram determinados segundo as normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). As amostras foram pesadas e transferidas para

erlenmeyers juntamente com 50 mL de ácido oxálico 0,5% gelado. Em seguida, foi titulada contra a solução de Tillmans até o ponto de viragem. Os teores de ácido ascórbico foram expressos em mg 100 g<sup>-1</sup>.

#### 4.6.2 Clorofila e carotenoides totais

As clorofilas e carotenoides foram determinados de acordo com o método de Lichtenthaler (1987). Cerca de 1,0 g das amostras foram pesadas e maceradas em almofariz com 0,2 g de carbonato de cálcio e 5 mL de acetona a 80%. O extrato foi transferido para tubo falcon e colocado em centrífuga refrigerada (CT-500R) a 10 °C e 3.000 rpm por 10 minutos. Uma alíquota do sobrenadante foi colocada em cubeta e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Spectrum, SP) nas absorvâncias de 470, 646 e 663 nm. Todo o procedimento foi realizado em ambiente escuro. Os teores de clorofila e carotenoides foram expressos em mg 100 g<sup>-1</sup>.

#### 4.6.3 Flavonoides e antocianinas

Os flavonoides e antocianinas foram determinados de acordo com o método de Francis (1982). Cerca de 1,0 g das amostras foram pesadas e maceradas com 10 mL de etanol-HCL. O extrato foi transferido para um tubo falcon e deixado na geladeira por 24 h. No dia seguinte, o extrato foi colocado em centrífuga refrigerada (CT-500R) a 10 °C e 3.000 rpm por 10 minutos. Uma alíquota do sobrenadante foi colocada em cubeta e as leituras realizadas em espectrofotômetro (Spectrum, SP) a 374 nm para flavonoides e 535 nm para antocianinas. Todo o procedimento foi feito em ambiente escuro. Os teores de flavonoides e antocianinas foram expressos em mg 100 g<sup>-1</sup>.

#### 4.6.4 Polifenóis extraíveis

A determinação de polifenóis estáveis foi realizado conforme o método descrito por Waterhouse (2006). 1,0 g das amostras que foram maceradas e diluídas em 50 mL de água destilada, logo após, foram deixadas em repouso por 30 minutos. 1,0 mL do extrato foi transferido para um tubo de ensaio, seguindo com a adição de 1.125 µL de água destilada e 125 µL de Folin Ciocalteu, A mistura foi agitada em vortex e deixada em repouso por 5 minutos, logo após, foram adicionados 250 µL de carbonato de sódio a

20%, seguida de agitação em vortex e repouso em banho-maria (Digital, HM0049) a 40 °C, por 30 minutos. A curva padrão foi preparada com ácido gálico e as leituras medidas em espectrofotômetro (Spectrum, SP) a 765 nm. Os teores de polifenóis foram expressos em mg 100 g<sup>-1</sup>.

#### **4.7 Delineamento experimental**

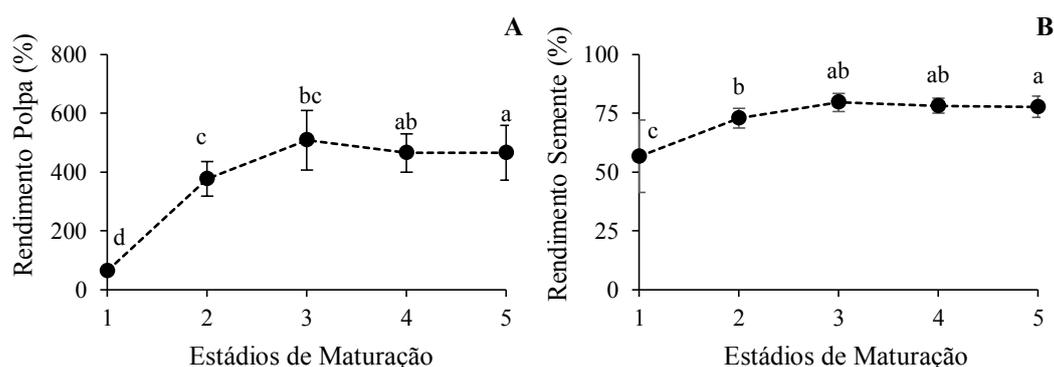
O experimento foi realizado conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com a aplicação de cinco 5 tratamentos e 15 repetições. Os tratamentos constaram de cinco estádios de maturação dos frutos de umbu-cajá (E-1, E-2, E-3, E-4 e E-5) e cada tratamento formado por 15 repetições.

#### **4.7 Análise estatística**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com teste F de Snedecor a 5% de probabilidade, sendo as médias das variáveis avaliadas comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do *software* AgroEstat® (BARBOSA; MALDONATO JÚNIOR, 2015). Os gráficos foram elaborados a partir do *software* Microsoft Excel 2013.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observada diferença significativa no rendimento de polpa e semente dos frutos de umbu-cajá (Figuras 5A e 5B), com medias entre 64,4% a 79,6% para polpa e 25,8% a 56,6% para sementes, respectivamente. Verificou-se uma resposta diferencial com o desenvolvimento do amadurecimento dos frutos com a passagem dos estádios de maturação. Nos estádios de maturação 3, 4 e 5, registrou-se o maior rendimento de polpa em comparação aos estádios de maturação 1 e 2. Fato contrário ocorreu com o rendimento da semente com menores valores nos estádios de maturação do fruto 3, 4 e 5 quando comparados aos estádios 1 e 2.



**Figura 5.** Rendimento de polpa (A) e rendimento de semente (B) de frutos de umbu-cajá colhidos em diferentes estádios de maturação.

\*A barra vertical representa o desvio padrão e as médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

No decorrer do desenvolvimento fisiológico nos frutos de umbu-cajá, os valores relacionados ao rendimento de polpa e semente expressaram-se de forma inversa, em que a polpa elevou seu rendimento com o desenvolvimento do fruto, por outro lado, a semente diminuiu o seu rendimento. Nota-se que o terceiro estágio de maturação é o ponto de maturação mais indicado para a colheita, visto que mostrou o maior rendimento de polpa, sendo provável que este estágio corresponda à maturidade fisiológica, ou seja, tempo ideal para o fruto ser colhido sem prejuízo na qualidade.

Os resultados observados para rendimento de polpa no terceiro estágio de maturação apresentaram-se próximos aos relatados por Freitas et al. (2015) que, ao estudarem a qualidade em frutos de umbu-cajazeira, encontraram valores de 74,5%. O rendimento de semente obtidos para o terceiro estágio de maturação apresentaram-se

próximos aos encontrados por Santos et al. (2010b) que, ao estudarem a qualidade de frutos de umbu-cajazeira, reportaram valores de 20,3%.

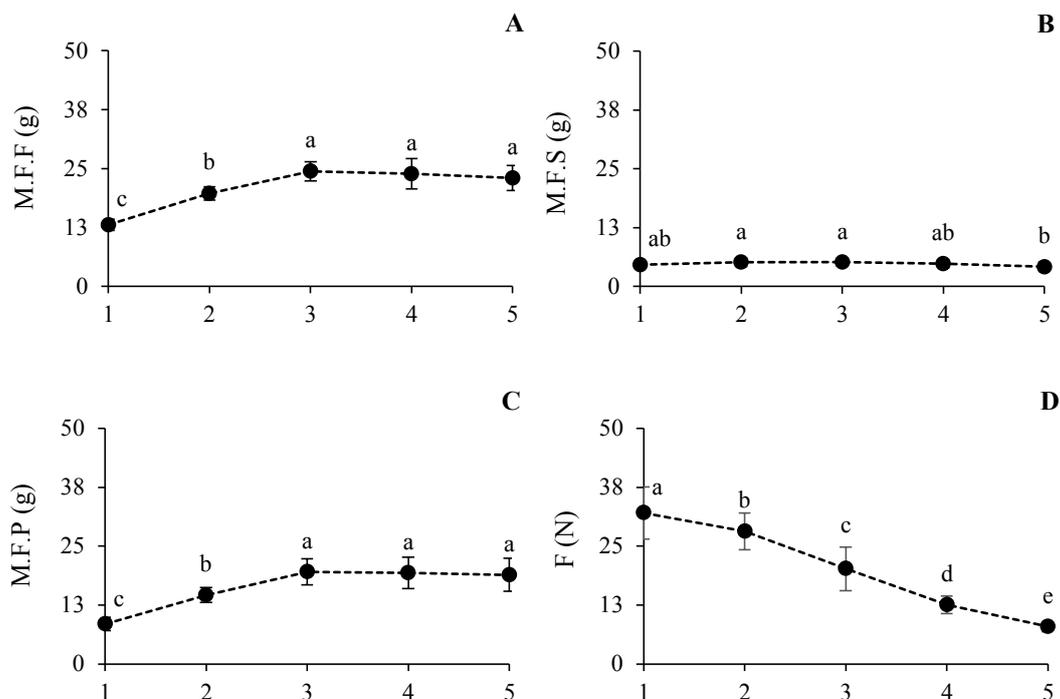
A elevação no rendimento da polpa ocorre porque em sua maioria os frutos tendem a desenvolver o mesocarpo com a maturação fisiológica, conseqüentemente, esse aumento causa influências sobre o peso ou a gravidade específica dos frutos, sendo a porcentagem da polpa uma característica desejável durante a comercialização dos frutos *in natura* e industrialização (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Por outro lado, a queda no rendimento das sementes pode ocorrer devido à lenta redução no teor de água durante o processo de maturação (SCHULZ et al., 2014).

Foi observada diferença significativa sob a massa fresca dos frutos, sementes e polpa, com valores que variam entre 13,1 e 24,9 g para o fruto, 4,2 e 5,2 g para sementes e 8,5 e 19,5 g para polpa (Figura 6A). Durante o desenvolvimento, houve uma elevação na massa fresca do fruto, semente e polpa até o terceiro estágio de maturação, seguido por uma estabilização e pequena queda nos estádios de maturação 4 e 5. Portanto, o fruto mais recomendado para colheita baseando-se nos resultados obtidos de massa fresca é o terceiro estágio.

Bosco et al. (2000), ao estudarem a cultura da cajazeira, informaram que os frutos considerados grandes apresentam massa fresca superior a 15 g, nos frutos médios a massa fresca encontra-se entre 12 a 15 g e nos pequenos o valor da massa fresca é inferior a 12 g. Portanto, os frutos de umbu-cajá são classificados como grandes. Levando em consideração que a massa fresca é uma característica variável, principalmente dentro dos limites de cada espécie e quando o fruto atinge seu total desenvolvimento fisiológico, podendo também ser influenciado por fatores edafoclimáticos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A massa fresca da semente foi maior nos estádios de maturação dos frutos 2 e 3 em relação ao estágio de maturação 5. Já a massa fresca da polpa seguiu a mesma tendência da massa fresca dos frutos com maiores valores nos estádios de maturação 3, 4 e 5 comparados aos estádios de maturação 1 e 2 (Figura 6BC).

A maior massa fresca da semente foi observada nos estádios de maturação 2 e 3 em comparação ao estágio de maturação 5, que provavelmente ocorreu por ser a época de crescimento máximo da semente que antecede a maturação fisiológica observada até o estágio de maturação 3. A partir do terceiro estágio de maturação, a semente estabiliza seu crescimento e a polpa exerce papel preponderante com maiores valores de massa fresca.



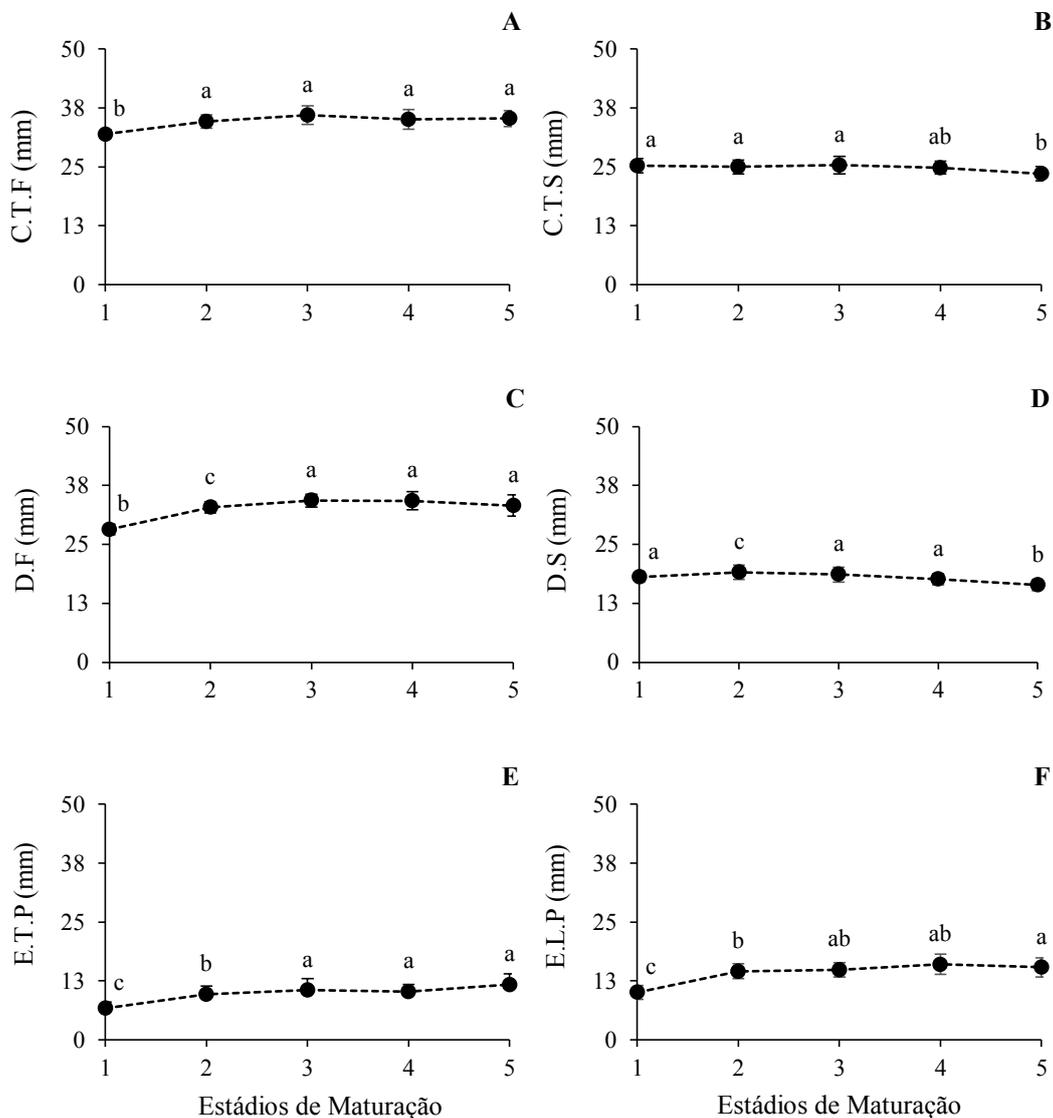
**Figura 6.** Massa fresca do fruto (A), massa fresca da semente (B), massa fresca da polpa (C) e firmeza da polpa (D) de frutos de umbu-cajá colhidos em diferentes estádios de maturação.

\*A barra vertical representa o desvio padrão e as médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A firmeza da polpa apresentou diferença significativa, com médias entre 7,9 e 32,0 N (Figura 6D). Observou-se uma elevada perda de firmeza na transição do primeiro para o quinto estágio de maturação dos frutos de umbu-cajá, ao longo do desenvolvimento. Para fins de efeito comparativo, não foram encontrados valores referentes à firmeza dos frutos de umbu-cajá na literatura.

De acordo com Prasad et al. (2018), no período de maturação dos frutos, a textura do fruto pode mudar, especialmente durante o amadurecimento, visto que eles podem ficar macios rapidamente. Conforme Yahia et al. (2019), a perda excessiva de umidade pode afetar a textura do vegetal, estas mudanças podem ser detectadas facilmente ao tocar no fruto. Isso acontece devido à hidrólise da celulose, hemicelulose e pectina, componentes das paredes celulares, que são essenciais para manter a estrutura das células vegetais, ou seja, os frutos são mantidos firmes quando verdes, tornando-se macios depois do amadurecimento devido à degradação da parede celular.

Foi registrada diferença significativa no comprimento dos frutos em função dos estádios de maturação dos frutos de umbu-cajá (Figura 7A e 7B). O diâmetro transversal apresentou médias que variam entre 32,0 a 36 mm para os frutos e 23,5 a 25,4 mm para sementes.



**Figura 7.** Comprimento transversal do fruto (A), comprimento transversal da semente (B), diâmetro do fruto (C), diâmetro da semente (D), espessura transversal da polpa (E) e espessura longitudinal da polpa (F) de frutos de umbu-cajá colhidos em diferentes estádios de maturação.

\*A barra vertical representa o desvio padrão e as médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Observou-se que o diâmetro transversal do fruto e da semente foi maior no terceiro estágio de maturação. Os resultados apresentados para o diâmetro transversal do fruto no terceiro estágio foram inferiores aos reportados por Carvalho et al. (2008) e Gondim et al. (2013), que, ao avaliarem as características físico-químicas do umbu-cajá, obtiveram resultados de 48,0 e 41,8 mm, respectivamente.

Já para o diâmetro dos frutos e das sementes houve diferença significativa quando submetidos aos distintos estádios de maturação dos frutos de umbu-cajá (Figura 7C e 7D), os valores variam entre 28,2 a 34,3 mm para o diâmetro dos frutos e 16,4 a 18,6 mm para o diâmetro das sementes. Observou-se que o diâmetro do fruto e da semente foi maior no terceiro estágio de maturação. O diâmetro do fruto foi semelhante aos 34,3 mm reportados por Gondim et al. (2013), entretanto, o resultado encontrado foi inferior aos relatados por Carvalho et al. (2008).

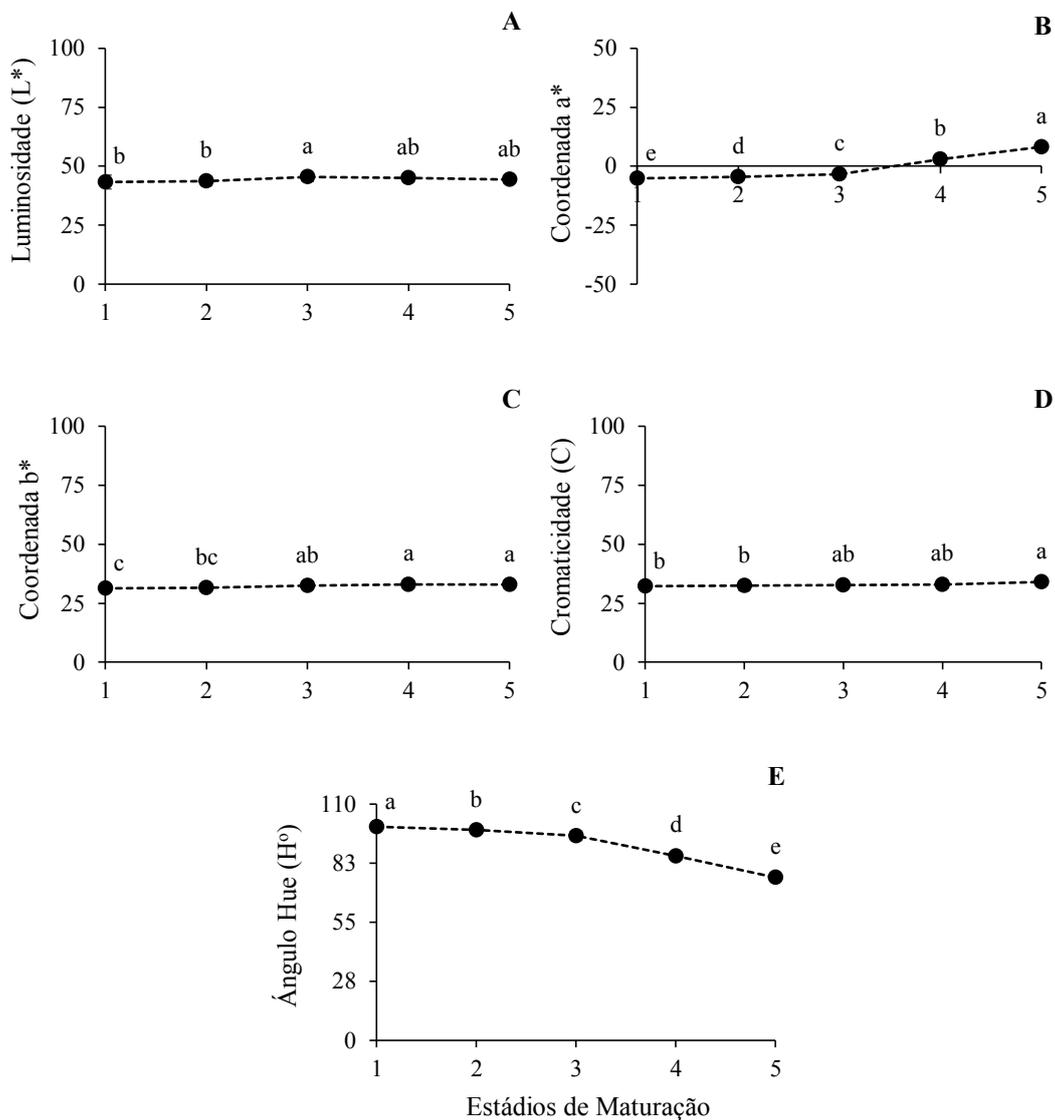
A espessura transversal e longitudinal do umbu-cajá mostrou diferença significativa (Figura 7E e 7F). Observaram-se os valores médios de 6,7 a 11,7 mm para espessura de polpa transversal e 10,1 a 16,0 mm para espessura da polpa longitudinal, sendo os maiores valores expressos no terceiro e quarto estádios de maturação, respectivamente.

No decorrer do desenvolvimento, sobreveio o crescimento no comprimento, diâmetro e espessura dos frutos, dando destaque especial para o terceiro estágio de maturação, já que demonstram os maiores resultados, entretanto, ocorreu uma redução no quarto e quinto estádios de maturação devida ao avanço do amadurecimento.

Conforme Prasad et al. (2018), as mudanças no tamanho do fruto ocorrem à medida que ele se desenvolve. Os autores relacionam o estágio de maturação com requisitos de mercado, uma vez que o fruto pode não estar fisiologicamente maduro mesmo apresentando o maior tamanho. No entanto, existem algumas culturas em que o tamanho do fruto pode ser usado como um índice confiável de maturação.

A luminosidade mostrou diferença significativa, sendo maior no terceiro estágio de maturação com 45,5, diferindo dos demais estádios de maturação (Figura 8A). Na intensidade da coloração vermelha  $a^*$  foi verificada diferença significativa em função dos cinco estádios de maturação, sendo os maiores valores observados no quinto estágio de maturação dos frutos de umbu-cajá com 8,2 (Figura 8B).

Na intensidade da coloração amarela  $b^*$  houve diferença significativa, com o quarto e quinto estádios de maturação indicando um valor de 33,0 (Figura 8C). Já para os dados observados de cromaticidade, verificou-se diferença significativa com maior valor obtido de 34,0 no quinto estádio de maturação dos frutos (Figura 8D). Os valores registrados para o ângulo  $^{\circ}$ hue ( $H^{\circ}$ ) diferiram de forma significativa nos cinco estádios de maturação dos frutos e apresentaram maior valor no primeiro estádio de maturação com 99,5 (Figura 8E).



**Figura 8.** Luminosidade (A), coordenada de  $a^*$  (B), coordenada de  $b^*$  (C), cromaticidade (D) e ângulo  $^{\circ}$ hue (E) de frutos de umbu-cajá colhidos em diferentes estádios de maturação.

\*A barra vertical representa o desvio padrão e as médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

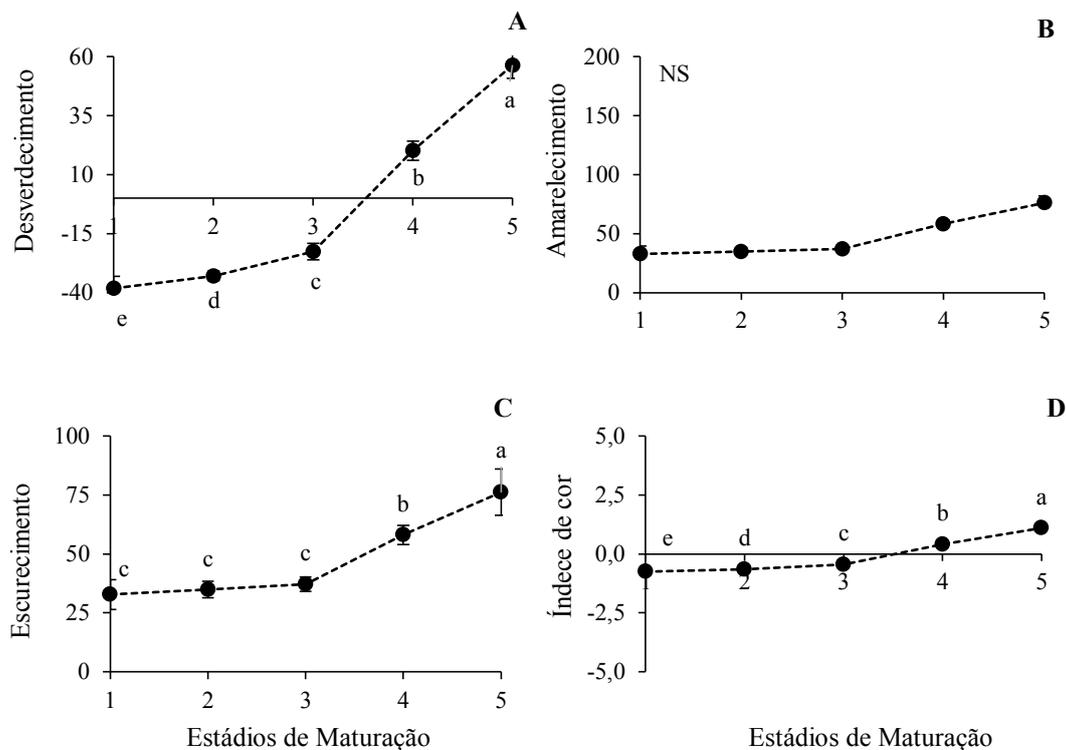
Os resultados referentes à Luminosidade ( $L^*$ ) e à intensidade da coloração amarela foram inferiores aos reportados por Sousa et al. (2016), que, ao analisarem a cor do fruto de umbu-cajá, encontraram valores médios de 52,0 para Luminosidade e 45,4 para intensidade de amarelo  $b^*$ . Por outro lado, os valores da intensidade da coloração vermelha  $a^*$  apresentou-se próximos aos citados por Sousa et al. (2016) com valores de 7,2. Não foram encontrados na literatura resultados referentes à cromaticidade (C) e ao ângulo hue ( $H^\circ$ ) para os frutos de umbu-cajá.

Sousa et al. (2016) informam que o fruto de umbu-cajá apresenta uma coloração clara com desenvolvimento, ou seja, a polpa proporciona uma coloração amarelada, esperando-se uma maior intensidade de  $b^*$  em relação ao parâmetro  $a^*$ , indicando a predominância da coloração amarela do fruto. Conforme Prasad et al. (2018), a maturação do fruto pode ser medida usando propriedades de transmissão de luz. Quando os frutos amadurecem, a densidade óptica interna diminui devida à conversão da água ligada em água livre no tecido, o que muda a propriedade de espalhamento da luz. Então, a técnica de transmissão de luz é considerada um ótimo indicador de maturação.

O índice de desverdecimento diferiu de forma significativa nos diferentes estádios de maturação dos frutos (Figura 9A), sendo os maiores valores observados no quinto estágio de maturação com 56,5. Por outro lado, o amarelecimento não diferiu de forma significativa nos diferentes estádios de maturação dos frutos (Figura 9B).

Quanto ao índice de escurecimento, o maior valor encontrado foi no quinto estágio de maturação dos frutos com 76,1, diferindo dos estádios de maturação 1, 2, 3 e 4 (Figura 9C). Já o índice de cor mostrou diferença significativa, sendo o maior valor no quinto estágio com 56,5 (Figura 9D). Não existe na literatura dados referentes a essas características para o fruto de umbu-cajá. No decorrer dos diferentes estádios de maturação, foi observado que o fruto perde a coloração verde tornando-se um fruto de coloração amarela.

Conforme Prasad et al. (2018), as mudanças de cores da casca do fruto é um fator utilizado para diferenciar os estádios de maturação, visto que a coloração da casca é alterada conforme o fruto completa a maturação. No entanto, em algumas frutíferas, a cor da casca do fruto pode ser parcialmente dependente da posição do fruto na árvore e das condições climáticas durante a produção, podendo confundir uso da cor como uma medida de maturação. Logo, para a avaliação da maturação pela mudança de cor na casca do fruto, é recomendado usar gráficos de cores.

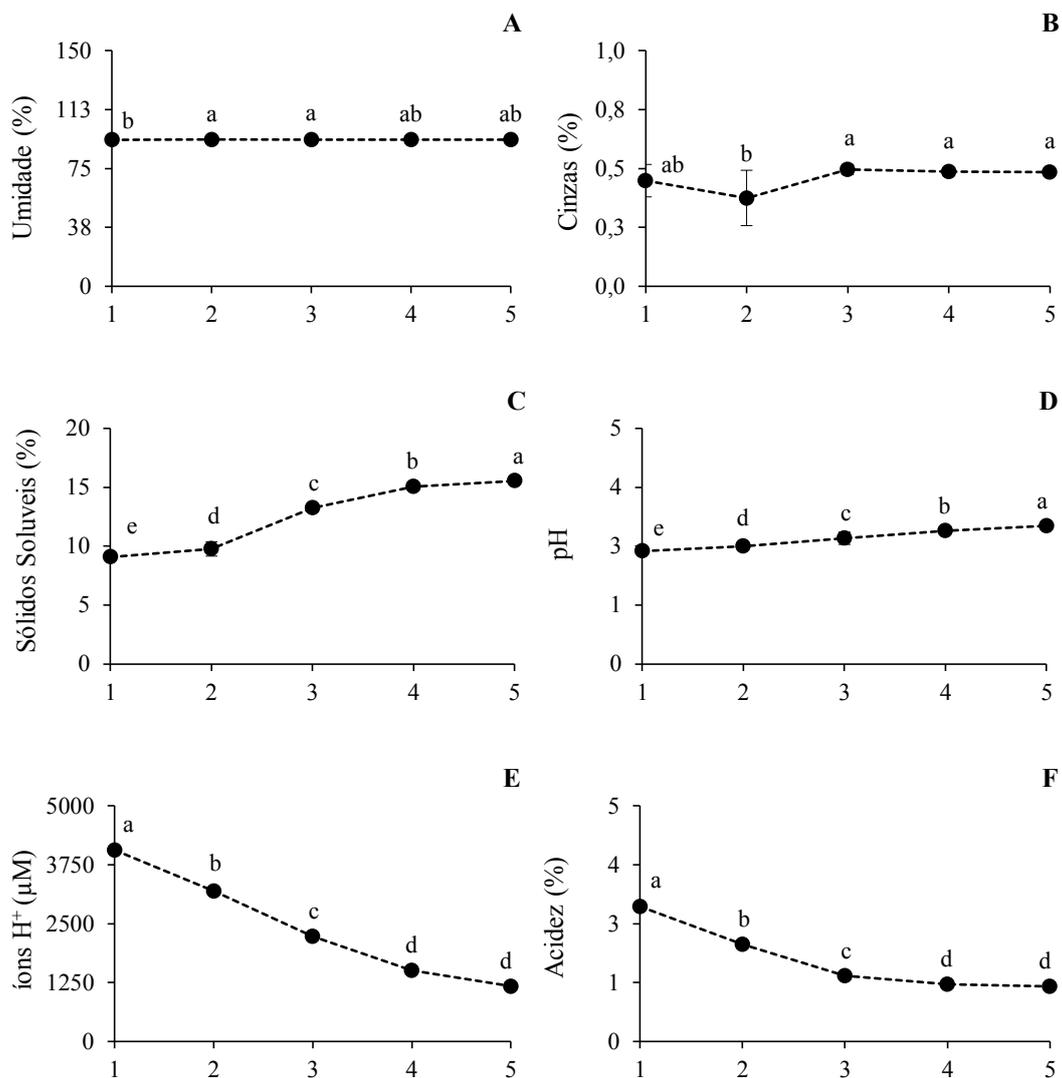


**Figura 9.** Desverdecimento (A), índice de amarelecimento (B), índice de escurecimento (C) e índice de cor (D) de frutos de umbu-cajá colhidos em diferentes estádios de maturação.

\*A barra vertical representa o desvio padrão e as médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para o teor de umidade, houve diferença significativa, com valores médios variando entre 93,2 e 93,5% (Figura 10A). O teor de umidade foi próximo ao valor de 91,3% apresentado por Santos et al. (2010b), conforme os autores, o alto teor de umidade indica que o fruto é muito perecível, sendo necessária atenção quanto ao manuseio, transporte e processamento, visto que a umidade elevada pode afetar a estabilidade e a composição do produto.

O conteúdo de cinzas mostrou diferença significativa, com valores variando entre 0,4% e 0,5% (Figura 10B), sendo próximos aos 0,3% reportados por Sousa et al. (2016). Os valores encontrados para cinzas no fruto de umbu-cajá estão dentro do padrão para frutos, já que, conforme Cecchi (2003), o conteúdo de cinzas pode variar entre 0,4% e 2,1% em frutas frescas, correspondendo à quantidade de minerais presentes no fruto.



**Figura 10.** Umidade (A), cinzas (B), sólidos solúveis (C), pH (D), concentração de íons H<sup>+</sup> (E) e acidez titulável (F) de frutos de umbu-cajá colhidos em diferentes estádios de maturação.

\*A barra vertical representa o desvio padrão e as médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores encontrados para os sólidos solúveis diferiram entre os estádios de maturação dos frutos, com as médias variando entre 9,1 e 15,5% (Figura 10C), sendo os resultados maiores que os 9,0% reportados por Sousa et al. (2016) e os 11,8% citados por Gondim et al. (2013). De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), o teor de sólidos solúveis é dependente do estágio de maturação no qual o fruto é colhido e geralmente aumenta durante a maturação pela biossíntese ou degradação de polissacarídeos.

O pH e a concentração de íons  $H^+$  diferiram de forma significativa (Figura 10D-E). O pH no quinto estágio de maturação foi de 2,9 maior em comparação aos outros estágios de maturação dos frutos. Por outro lado, a concentração de íons  $H^+$  no primeiro estágio de maturação dos frutos foi maior com  $4061 \mu M$ , mostrando valores inversamente proporcionais.

O resultado para o pH foi próximo aos 2,4 relatado por Santos et al. (2010b) e aos 3,4 mencionados por Gondim et al. (2013). Característica importante, visto que conforme Santos et al. (2010b), os frutos com altos valores de pH são procurados para o consumo *in natura*, tendo em vista que apresentam baixa acidez. Não foram encontrados na literatura resultados para valores de íons  $H^+$  em frutos de umbu-cajá, em compensação, transformando os valores de pH mencionados pelos autores em  $H^+$ , foram obtidos  $3981 \mu M$  e  $398 \mu M$ , respectivamente, valores próximos ao demonstrado neste trabalho.

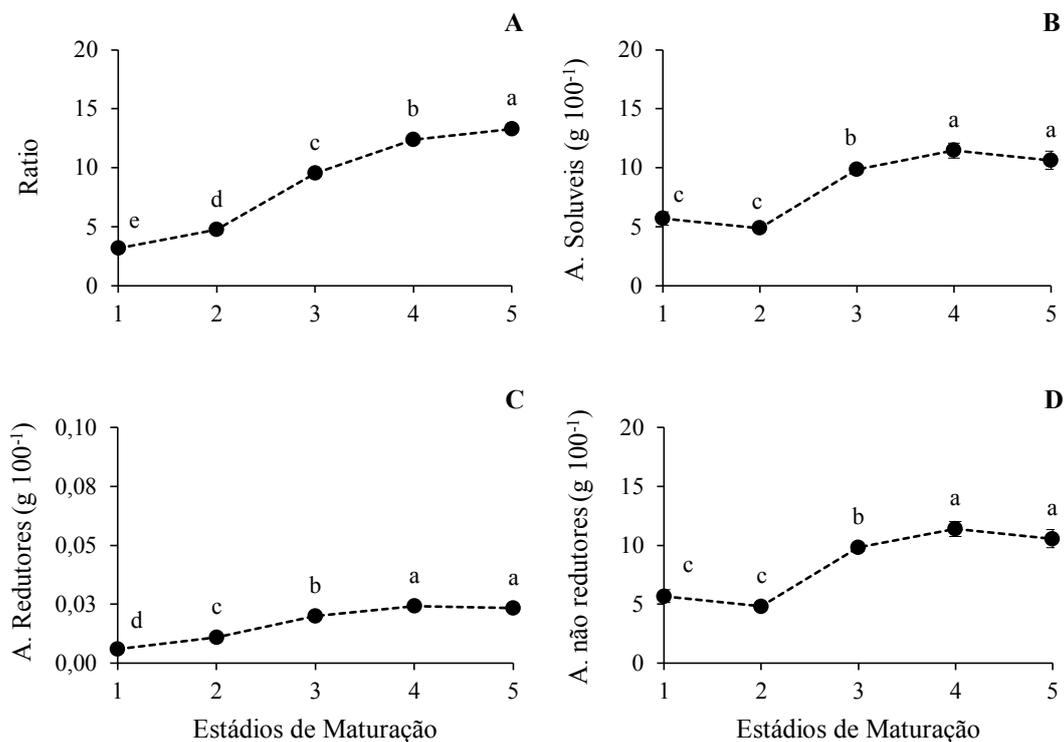
Os valores encontrados para a acidez total apresentaram diferença significativa, expressando valores entre 1,2 e 2,9% (Figura 10F). Foi observado que os teores de acidez decresceram à medida que o fruto de umbu-cajá foi alcançando a maturação. O valor para acidez foi próximo aos 1,3% relatados por Santos et al. (2010b). Conforme os autores, o teor de acidez foi maior nos estágios iniciais do desenvolvimento do fruto, devido à transformação dos ácidos orgânicos no processo metabólico.

Sousa et al. (2016) informaram que acidez é um requisito importante na indústria, especialmente no processamento de frutos servindo como parâmetro de qualidade. De acordo com Prasad et al. (2018), a acidez é modificada em vários tipos de frutos durante a maturação, nas frutas cítricas, por exemplo, a acidez é reduzida conforme o fruto amadurece devido às transformações bioquímicas.

O índice de maturação, os açúcares solúveis totais, os açúcares redutores e açúcares não redutores apresentaram diferenças significativas em função dos distintos estágios de maturação dos frutos (Figura 11). Os resultados encontrados variam entre 3,1 e 13,2 para o índice de maturação, 5,7 e  $11,4 g 100 g^{-1}$  para açúcares solúveis totais, 2,9 e  $6,5 g 100 g^{-1}$  para os açúcares redutores e 2,7 e  $4,9 g 100 g^{-1}$  para os açúcares não redutores.

Nota-se que o avanço da maturação aumentou o conteúdo de açúcares nos frutos de umbu-cajá, sendo um comportamento esperado, pois, segundo Chitarra e Chitarra (2005), o aumento nos teores de açúcares totais ocorre devido à hidrólise do amido, desidratação dos frutos e degradação de polissacarídeos da parede celular liberando açúcares. Corroborando Prasad et al. (2018), que informam que os carboidratos são

acumulados durante a maturação na forma de amido, ou seja, à medida que o fruto amadurece, o amido é transformado em açúcares solúveis, sendo um parâmetro confiável para medir a maturação dos frutos.



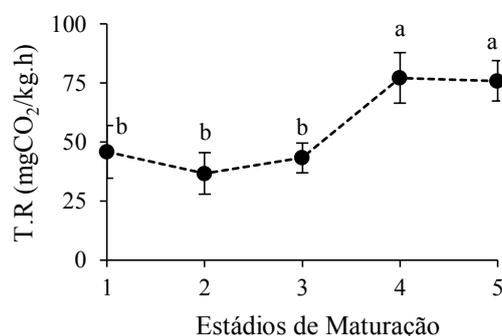
**Figura 11.** Índice de maturação (A), açúcares solúveis totais (B), açúcares redutores (C), açúcares não redutores (D) de frutos de umbu-cajá colhidos em diferentes estádios de maturação.

\*A barra vertical representa o desvio padrão e as médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Com os valores de sólidos solúveis e acidez indicados por Sousa et al. (2016), foi possível obter um ratio de 6,7 nos frutos semimaduros de umbu-cajá. Conforme os mesmos autores, os teores de açúcares redutores nos frutos semimaduros foram de 5,0%. Santos et al. (2010b), analisando a polpa de umbu-cajá, relataram que os açúcares solúveis totais foram de 7,4%, entretanto, os teores descritos para os açúcares não redutores foram de 3,2%.

A taxa respiratória dos frutos de umbu-cajá nos diferentes estádios de maturação mostrou diferença significativa (Figura 12). Foi observado que a respiração aumentou com o desenvolvimento dos frutos de umbu-cajá, sendo as maiores médias observadas no quarto estágio com 77 mg CO<sub>2</sub>/Kg.h e no quinto estágio com 76 mg CO<sub>2</sub>/Kg.h. Não

existem valores referentes à respiração em frutos de umbu-cajá na literatura, contudo, foi verificado que os resultados foram superiores ao padrão respiratório de cajá-manga reportado por Neto (2019), com uma produção máxima de 40 mg CO<sub>2</sub>/Kg.h por fruto no sexto dia armazenado a 25 °C.

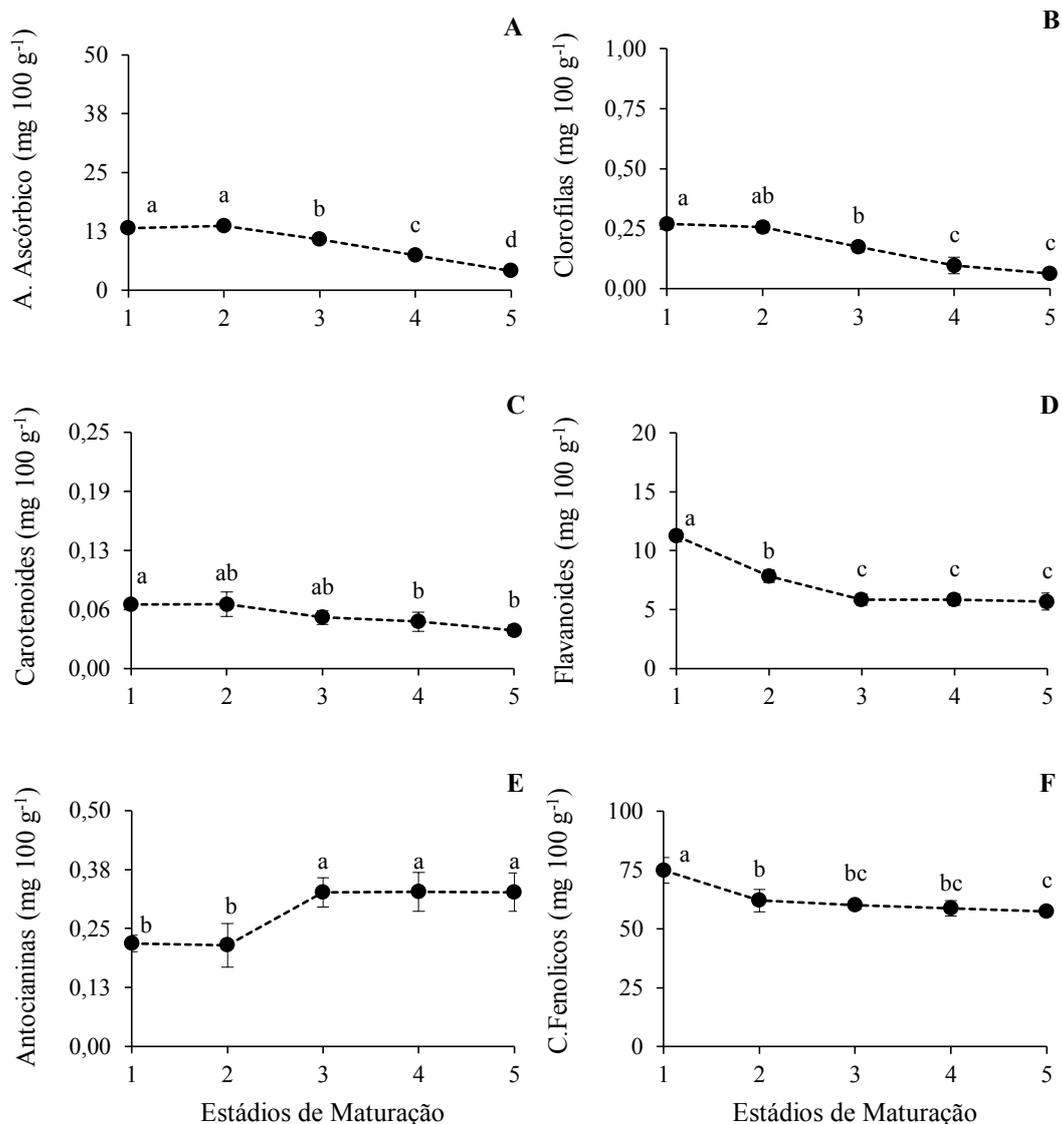


**Figura 12.** Taxa respiratória dos frutos de frutos de umbu-cajá colhidos em diferentes estádios de maturação.

\*A barra vertical representa o desvio padrão e as médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Conforme Neto (2019), a taxa de produção de CO<sub>2</sub> pós-colheita em frutos de cajá-mangueira evidenciou padrão de atividade respiratória similar à dos frutos climatéricos, característica análoga ao umbu-cajá que apresentou aumento da taxa respiratória com o avanço do estágio de maturação, podendo, assim, ser classificado como climatérico, visto que, segundo Chitarra e Chitarra (2005), o fruto é considerado climatérico quando no período da ontogenia ocorrem diversas mudanças bioquímicas iniciando-se pela produção autocatalítica de etileno, marcando a transição entre o desenvolvimento e a senescência, e envolvendo aumento na respiração e condução ao amadurecimento. De acordo com Calbo et al. (2007), durante a fase de amadurecimento, ao final da maturação, ocorre um aumento na taxa de respiração o qual se denomina climatérico.

Foi registrada para o teor de ácido ascórbico nos frutos de umbu-cajá diferença significativa entre os diferentes estádios de maturação (Figura 13A). Os valores encontrados variam entre 4,1 e 13,1 mg 100 g<sup>-1</sup>, demonstrando que ocorreu uma redução de acordo com o desenvolvimento dos frutos, sendo as maiores médias encontradas no segundo estágio de maturação.



**Figura 13.** Teores de ácido ascórbico (A), clorofilas totais (B), carotenoides totais (C), favonoides totais (D), antocianinas (E) e compostos fenólicos (F) de frutos de umbu-cajá colhidos em diferentes estádios de maturação.

\*A barra vertical representa o desvio padrão e as médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados de ácido ascórbico aproximaram-se aos 15,2 mg 100 g<sup>-1</sup> relatados por Freitas et al. (2015), sobretudo foi superior aos 8,0 mg 100 g<sup>-1</sup> referidos por Santos et al. (2010b). De acordo com o autor, o teor de vitamina C é um parâmetro nutricional importante devido à capacidade antioxidante e prevenção no combate de diversas doenças, uma vez que, conforme Mellidou et al. (2018), essa vitamina é considerada o

antioxidante celular mais abundante no reino vegetal e tende a acumular-se nos tecidos de frutos jovens imaturos em desenvolvimento.

Os teores de clorofilas e carotenoides apresentaram diferença significativa entre os estádios de maturação (Figura 13B-C). Nessas variáveis, observou-se que os valores tenderam a diminuir com o desenvolvimento e maturação dos frutos, despontando de valores entre 0,28 e 0,06 mg 100 g<sup>-1</sup> para clorofila e 0,10 e 0,04 mg 100 g<sup>-1</sup> para carotenoides, sendo os maiores resultados encontrados no primeiro estágio de maturação. Não foram encontradas na literatura pesquisas que avaliassem os teores de clorofila em frutos de umbu-cajá. No entanto, os valores médios de carotenoides encontrados na presente pesquisa foram inferiores em relação aos 76,0 mg 100 g<sup>-1</sup> relatados por Silva et al. (2015).

De acordo com Solovchenko et al. (2019), a desmontagem do aparelho fotossintético durante a maturação diminui o teor de clorofila e aumenta o conteúdo de carotenoides, resultando em alterações da coloração do fruto. Os carotenoides em frutos verdes apresentam relação direta com a clorofila, ou seja, nos frutos com estádios de maturação avançados, os carotenoides encontram-se nos cromoplastos. Durante a senescência, as plantas acumulam carotenoides secundários, especialmente na forma de ácido graxo e ésteres, sendo típico do amadurecimento, visto que, conforme Mellidou et al. (2019), esses pigmentos atribuem cores e atuam como precursores de componentes responsáveis pelo sabor e aroma dos frutos.

Os teores de flavonoides, antocianinas e compostos fenólicos diferiram de forma significativa em função dos os estádios de maturação dos frutos. Observou-se que o teor de flavonoides e compostos fenólicos diminuíram com o desenvolvimento e maturação dos frutos (Figura 13D-F), com médias entre 11,3 a 5,7 mg 100 g<sup>-1</sup> para flavonoides e 74,8 a 57,3 mg 100 g<sup>-1</sup> para compostos fenólicos, respectivamente. Nota-se que o maior valor foi expresso no primeiro estágio de maturação. Em compensação, as antocianinas aumentaram após a maturação dos frutos, sendo observado um valor de 0,33 mg 100 g<sup>-1</sup> no terceiro, quarto e quinto estádios de maturação dos frutos de umbu-cajá (Figura 13E).

Nota-se que os flavonoides foram menores em relação aos 27,8 mg 100 g<sup>-1</sup> reportados por Silva et al. (2015) e 30,8 mg 100 g<sup>-1</sup> citados por Freitas et al. (2015). Entretanto, os compostos fenólicos mostraram-se superiores aos 29,6 mg 100 g<sup>-1</sup> relatados por Silva et al. (2015). Já os teores de antocianinas foram inferiores aos 2,5 mg 100 g<sup>-1</sup> referidos por Freitas et al. (2015).

De acordo Solovchenko et al. (2019), as antocianinas são pigmentos roxos e violetas nas plantas e fazem parte do grupo de flavonoides, que são compostos fenólicos solúveis em água com diversas estruturas. Esses pigmentos passam por transformações específicas durante amadurecimento, sua composição representa um marcador visual de maturação dos frutos em condições de qualidade. Portanto, compreender a composição do pigmento e as mudanças metabólicas no fruto antes e depois da colheita é importante para otimizar as condições de armazenamento e estender a vida pós-colheita.

## 6 CONCLUSÃO

Os frutos dos estádios de maturação 1 e 2 ainda estão com a maturidade fisiológica incompleta podendo afetar no sabor, tamanho e aparência, tornando-os impróprios para o consumo *in natura* e processamento. O terceiro estágio de maturação é o mais indicado para realizar-se a colheita, pois é considerado o momento que o fruto está com a maturação fisiológica completa.

Para a escolha do ponto de colheita dos frutos de umbu-cajá, deve-se considerar as variáveis massa fresca, a coloração, sólidos solúveis, acidez titulável, ratio e teores de açúcares por apresentarem diferenças significativas mais marcantes em função dos distintos estádios de maturação.

O fruto do umbu-cajá pode ser classificado como climatérico, visto que a taxa respiratória aumentou com os estádios de maturação após o fruto ser retirado da planta.

## REFERENCIAS

ALMEIDA, C. C. S.; CARVALHO, P. C. L.; GUERRA, M. Karyotype differentiation among *Spondias* species and the putative hybrid umbu-cajá (Anacardiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 155, n. 4, p. 541-547, 2007.

AIRY SHAW, H. K.; FORMAN, L. L. The genus *Spondias* L. (Anacardiaceae) in tropical Asia. **Kew Bulletin**, v. 21, n. 1, p.1-20, 1967.

ARAÚJO, R. R. de.; SANTOS, E. D. dos.; FARIAS, D. B. dos S.; LEMOS, E. E. P. de.; ALVE, R. E. *Spondias bahiensis*: Umbu-cajá. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial**: Plantas para o futuro: região Nordeste. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2018. p. 279-286.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO, J. W. AgroEstat - **Sistema para Análises Estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, 2015.

BOSCO, J.; SOARES, K. T.; AGUIAR FILHO, S. P.; BARROS, R.V. **A cultura da cajazeira**. João Pessoa: EMEPA, 2000. 29 p.

BUERA, M. P.; LOZANO, R. D.; PETRIELLA, C. Definition of color in the non-enzymatic browning process. **Farbe (Zeitschrift fuer alle Zweige der Farbenlehre und Ihre Anwendung)**, v. 32/33, n. 2, p. 316-326, 1985.

BRAMLEY, P. M. Regulation of carotenoid formation during tomato fruit ripening and development. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 377, p. 2107-2113, 2002.

CALBO, A. G.; MORETTI, C. L.; HENZ, G. P. **Respiração de Frutas e Hortaliças**. Comunicado Técnico 46. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças. 2007, 8p.

CAMELO, A. F. L.; GOMES, P. A. Comparison of color indexes for tomato ripenings. **Horticultura Brasileira** v. 22, n. 3, p.534-537, 2004.

CARVALHO, P. C. L.; RITZINGER, R.; SOARESFILHO, W. S.; LEDO, C. A. S. Características morfológicas, físicas e químicas de frutos de populações de umbu-cajazeira no estado da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p.140-147, 2008.

CARVALHO, P. C. L. **Variabilidade morfológica, avaliação agrônômica, filogenia e citogenética em *Spondias* (Anacardiaceae) no Nordeste do Brasil**. 2006. 155 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2006.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas-SP: Editora da Unicamp, 2003. 207p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças. Fisiologia e Manuseio**. 2 ed. Lavras: FAEPE, 2005, 785p.

CRISPIM, J. E.; MARTINS, J. C.; PIRES, J. C.; ROSELEM, C. A.; CAVARIANI, C. Determinação da taxa de respiração em sementes de soja pelo método da titulação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 10, p. 1517-1521, 1994.

DANTAS, A. L.; SILVA, S. M.; DANTAS, R. L. SOUSA, A. S. B.; SCHUNEMANN, A. P. P. Desenvolvimento, fisiologia da maturação e indicadores do ponto de colheita de frutos da umbugueira (*Spondias* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 1, p. 033-042, 2016.

DOERFLINGER, F. C.; RICKARD, B. J.; NOCK, J. F.; WATKINS, C. B. An economic analysis of harvest timing to manage the physiological storage disorder firm flesh browning in 'Empire' apples. **Postharvest biology and technology**. v. 107, p. 1-8, 2015.

FERREIRA, G. F.; VIANA, E. S.; CARDOSO, R. L. **Compota de umbu-cajá**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. 2009, 6p.

FERREIRA, M. F.; SPRICIGO, P. C. **Instrumentação Pós-colheita em Frutas e Hortaliças**. Colorimetria - princípios e aplicações na agricultura. 2017, p. 209-220.

FONSECA, N.; OLIVEIRA, R.G. **Implantação de unidades de observação de fruteiras no semiárido da Bahia**. Comunicado Técnico 151. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2012, 15p.

FONSECA, N.; MACHADO, C. de F.; SILVA JUNIOR, J. F. da.; CARVALHO, R. da S.; RITZINGER, R.; ALVES, R. M.; MAIA, M. C. C. **Umbu: cajá e espécies afins: *Spondias* spp.** Folheto. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2017, 30p.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (ed.) **anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982, p. 181-207.

FREITAS, W. E. S.; ALMEIDA, M. L. B.; MORAIS, P. L. D.; SILVA, J. R. Different 'umbu-cajá' clones fruit quality. **Científica**. v. 43, n. 3, p.236-240, 2015.

GONDIM, P. J. S.; SILVA, S. M.; PEREIRA, W. E.; DANTAS, A. L.; CHAVES NETO, J. R.; SANTOS, L. F. Qualidade de frutos de acessos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 17, n. 11, p.1217-1221, 2013.

GUSTAVSSON, J.; CEDERBERG, C.; SONESSON, U.; OTTERDIJK, R.; MEYBECK, A. **Global food losses and food waste: extent, causes and prevention**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011, p. 1-38.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). Métodos físico-químicos para análises de alimentos. 4 ed. São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz**, 2008. 1020 p.

JIMENEZ-CUESTA, M.; CUQUERELLA, J.; MARTINEZ-JAVAGA, J. M. Determination of a color index for citrus fruits degreening. **Proceedings of Intenational Society of Citriculture**. v. 2, p. 750-753, 1981.

KADER, A. A. **Postharvest Technology of Horticultural Crops**, 3 ed. Davis, CA: University of California, Agricultural and Natural Resources. 2002. 555p.

KADER, A. A. Perspective flavor quality of fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 1, p. 1863-1868, 2008.

LINNAEUS, C. **Passiflora Species Plantarum**. v. II. Laurentii Salvii, Holmiae, 1753, 673p.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**. v. 148, p. 350-352, 1987.

LIMA, M. S. S. **Seleção e propagação de genótipos de umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) da região semiárida da Bahia**. UFRB, 2012. 57 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais). Universidade Federal do Recôncavo Bahiano, Cruz das Almas, BA.

LÓPEZ-GÓMEZ, R.; CABRERA-PONCE, J. L.; SAUCEDO-ARIAS, L. J.; CARRETOMONTOYA, L.; VILLANUEVA-ARCE, R.; DÍAZ-PÉREZ, J. C.; GÓMEZLIM, M. A.; HERRERA-ESTRELLA, L. Ripening in papaya fruit is altered by ACC oxidase cosuppression. **Transgenic Research**, Morelia, v. 18, p. 89-97, 2009.

MACHADO, M. C.; CARVALHO, P. C. L. D.; BERG, Y. C. V. D. Domestication, hybridization, speciation, and the origins of an economically important tree crop of *Spondias* (Anacardiaceae) from the Brazilian Caatinga dry forest. **Neodiversity**, v. 8, n. 1, p. 8-49, 2015.

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

MAMEDE, M. E. O.; CARVALHO, L. D.; VIANA, E. S.; OLIVEIRA, L. A. de.; SOARE-SFILHO, W. S.; RITZINGER, R. Production of dietetic jam of umbu-cajá (*Spondias* sp.): physical, physicochemical and sensorial evaluations. **Food and Nutrition Science**, v. 4, p. 461-468, 2013.

MAZZUZ, C. F. **Calidad de Frutos Citricos. Manual para su Gestión desde la Recolección hasta la Expedición**. TECNIDEX, 1996, 317p.

MCATEE, P.; KARIM, S.; SCHAFFER, R.; DAVID, K. A dynamic interplay between phytohormones is required for fruit development, maturation, and ripening. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, n. 79, p. 1-7, 2013.

MELLIDOU, I.; KOUKOUNARAS, A.; CHATZOPOULOU, F.; KOSTAS, S.; KANELLIS, K. A. 2018. Plant vitamin C: one single molecule with a plethora of roles. In: Yahia, M.E. (Ed.), **Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health**, second ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2018. p. 546-645.

MELLIDOU, I.; GEORGIADOU, E. C.; KALOUDAS, D.; KALAITZIS, P.; FOTOPOULOS, V.; KANELIS, A. K. Vitaminas. Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables. In: Yahia, E. M. (Ed.). **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**. México: Elsevier, 2019. p. 359- 389.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of sugar. **Analytical chemistry**, v. 31, n. 3, p.426-428, 1959.

MITCHELL, J. D.; DALY, D. C. **Revisão das espécies neotropicais de *Spondias* (Anacardiaceae)**. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 46., 1995, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: [s.n.], 1995.

MITCHELL, J. D.; DALY, D. C. A revision of *Spondias* L. (Anacardiaceae) in the Neotropics. **Phytokeys**. v. 55, n. 1, p. 1-92, 2015.

MINOLTA. **Precise color communication - color control from perception to instrumentation**. Japan: Minolta Co., Ltd., p. 59, 1998.

NETO, J. R. C. Aspectos de qualidade de frutos de cajá-mangueira: uma revisão. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 1, p. 111-130, 2019.

NICOLAI, B. M.; BEULLENS, K.; BOBELYN, E.; HERTOOG, M. L. A. T. M.; SCHENK, A.; VERMEIR, S.; LAMMERTYN, J. Systems to characterise internal quality of fruits and vegetables. **Acta Hortic**. v. 712, p. 59-65, 2006.

NOBRE, L. L. M.; SANTOS, J. D. O. D.; LEITE, R.; ALMEIDA, C. Phylogenomic and single nucleotide polymorphism analyses revealed the hybrid origin of *Spondias bahiensis* (family Anacardiaceae): de novo genome sequencing and comparative genomics. **Genetics and Molecular Biology**, v. 41, n. 4, p. 878-883, 2018.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. **Food Bioprocess Technol**. v. 6, p. 36-60, 2013.

PRASAD, K.; JACOB, S.; SIDDIQUI, M. W. Preharvest Modulation of Postharvest Fruit and Vegetable Quality. In: SIDDIQUI, M. W. **Preharvest Modulation of Postharvest Fruit and Vegetable Quality**. India: Elsevier. 2018, p. 41-69.

RATHORE, N. S.; MATHUR, G. K.; CHASTA, S. S. **Postharvest Management and Processing of Fruits and Vegetables**. New Delhi: ICAR. 2012. 244p.

RITZINGER, R.; SOARES-FILHO, W. S.; CASTELLEN, M. S. Coleção de *Spondias* sp. da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. In: LEDERMAN, I. E. ; LIRA-JÚNIOR, J. S.; SILVA-JÚNIOR, J. F. (eds.). **Spondias no Brasil: umbu, cajá e espécies afins**. Recife: IPA/UFPE. 2008. p. 86-90.

ROMANO, M. R.; SOARES-FILHO, W. S.; RITZINGER, R.; FONSECA, N.; MACHADO, C. F. Aspectos técnicos introdutórios ao emprego de *Spondias* nativas do Nordeste brasileiro em Sistemas Agroflorestais. **Comunicado Técnico 153**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2013. 6p.

SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. de. Inter-relações genéticas entre espécies do gênero *Spondias* com base em marcadores aflu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 731-735, 2008.

SANTOS, A. P. **Caracterização de frutos e enraizamento de estacas de umbu-cajazeiras**, UFRB, 2009. 65. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA.

SANTOS, J. C.; SILVA G. F.; SANTOS. J. A. P.; JÚNIOR A. M. O. **Processamento e avaliação da estabilidade da farinha de banana verde**. *Exacta*, São Paulo, SP, v. 8, n. 2, p. 219-224, 2010a.

SANTOS, M. B.; CARDOSO, R. L.; FONSECA, A. A. O.; CONCEIÇÃO. M. N. Caracterização e qualidade de frutos de umbu-cajá (*spondias tuberosa* x *s. mombin*) provenientes do recôncavo sul da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 32, n. 4, p. 1089-1097, 2010b.

SANTOS, M. B.; CARDOSO, R. L.; FONSECA, A. A. O.; CONCEIÇÃO, M. N.; AZEVEDONETO, A. D. Avaliação físico-química e microbiológica de polpa de frutos de umbu-cajá, por métodos combinados. **Magistra**, v. 25, p. 7-13, 2013.

SILVA, C. R. da.; KOBLITZ, M. G. B. Partial characterization and inactivation of peroxidases and polyphenoloxidases of umbu cajá (*Spondias* spp.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 790-796, 2010

SILVA, G. A.; LIMA, W. Q. F.; GUEDES, A. S.; LOPÉZ-RODRIGUÉZ, J. A. Avaliação da letalidade e atividade antimicrobiana de extratos de folhas de *Spondias mombin* aff. *tuberosa*. **Revista Facider**, v. 1, p. 21-38, 2012.

SILVA JÚNIOR, J. F.; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; ALVES, M. A.; MELO NETO, M. L. Collecting, ex situ conservation and characterization of “cajá-umbu” (*Spondias mombin* x *Spondias tuberosa*) germplasm in Pernambuco State, Brazil. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 51, n. 4, p. 343-349, 2004.

SILVA, J. N.; COSTA, A. B. da; SILVA, J. V.; ALMEIDA, C. DNA barcoding and phylogeny in neotropical species of the genus *Spondias*. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 61, p. 240-243, 2015.

SILVA, L. R.; ALVES, R. E.; SILVA, S. M.; NOGUEIRA, D. H. Caracterização físico-química de frutos dos genótipos de umbu-cajazeiras oriundos da microrregião de igatu, CE. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. v. 9, n. 1: p. 1647-1659, 2015.

SILVA, J. L. **Compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos de juazeiro armazenados sob temperatura controlada**, UFCG, 2017. 75 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais). Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, PB.

SOLOVCHENKO, A.; YAHIA, E. M.; CHEN, C. Pigmentos. Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables. In: Yahia, E. M. (org.). **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**. México: Elsevier, 2019. p. 225-252.

SOUZA, F. X.; FILHO, F. Q. P.; MENDES, N. V. B. **Umbu-cajazeira**: descrição e técnicas de cultivo. Mossoró: EdUFERSA, 2020, 103p.

SOUSA, F. C.; SILVA, L. M. M.; MOREIRAMI, S.; CASTRO, D. S.; LINS, A. D. F.; ROCHA, A. P. T.; NUNES, E. N. Características físico-químicas e Compostos bioativos de umbu-Cajá em dois estádios de maturação. **Gaia Scientia**. v. 10, n. 4, p. 57-65, 2016.

SCHULZ, D. G.; ORO, P.; CATIA VOLKWEIS, G.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Maturidade Fisiológica e Morfometria de Sementes de Inga laurina (Sw.) Willd. **Floresta e Ambiente**. v. 21, n. 1, p.45-51, 2014.

THOMPSON, A. K. **Postharvest Technology of Fruits and Vegetables**. 1 ed. Inc, USA: Blackwell Science. 1996.

TIJSKENS, L. M. M.; ECCHERZEBINI, P.; SCHOUTEN, O.; GEYER, M.; JACOB, S.; GRASSI, M.; CUBEDDU, R.; SPINELLI, L.; TORRICELLI, A. Assessing harvest maturity in nectarines. **Postharvest Biol. Technol**. v. 45, p. 204-213, 2007.

WATADA, A. E.; HERNER, R. C.; KADER, A. A.; ROMANI, R. J.; STABY, G. L. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. **HortScience**, v. 19, n. 1, p.20-21, 1984.

WATERHOUSE, A. Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, 2006.

YAHIA, E. M.; CARRILLO-LÓPEZ, A.; BELLO-PEREZ, L. A. Carbohydrates. In: Yahia, E. M. (org.). **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**. México: Elsevier, 2019. p. 175-205.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, n. 3, p.508-514, 1954.

## APÊNDICE

Tabelas das médias da análise de variância de frutos do umbu-cajá (*Spondias* sp.) em diferentes estádios de maturação, referindo-se as características físicas e físico-químicas, fisiológica e componentes bioativos.

**Apêndice A.** Efeito da variância das características físicas e coloração de frutos do umbu-cajá (*Spondias* sp.) colhidos em diferentes estádios de maturação.

<b>Características</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	<b>*CV, %</b>	<b><sup>2</sup>DMS, %</b>
Rendimento da polpa, %	77,27**	<0,0001	25,32	90,585
Rendimento da semente, %	29,55**	<0,0001	11,55	7,5738
Massa fresca do fruto, g	88,96**	<0,0001	10,73	1,9683
Massa fresca da semente, g	4,65**	0,0018	17,39	0,7336
Massa fresca da polpa, g	64,35**	<0,0001	16,44	2,3398
Firmeza da polpa, N	150,73**	<0,0001	19,14	3,3269
Comprimento T do fruto, mm	17,60**	<0,0001	4,75	1,4474
Comprimento T da semente, mm	4,51**	0,0022	6,32	1,3791
Diâmetro do fruto, mm	294,62**	<0,0001	5,69	1,4916
Diâmetro da semente, mm	41,60**	<0,0001	7,95	1,1847
Espessura transversal da polpa, mm	40,08**	<0,0001	13,47	1,7162
Espessura longitudinal da polpa, mm	19,58**	<0,0001	19,49	1,6785
Luminosidade (L)	3,89**	0,0057	4,65	1,8136
Coordenada a*	1980,03**	<0,0001	162,79	0,5112
Coordenada b*	7,37**	<0,0001	3,85	1,0936
Cromaticidade (C)	3,91**	0,0055	4,93	1,4261
Ângulo hue (°H)	883,79**	<0,0001	1,64	1,3144
Desverdecimento	1820,65**	<0,0001	125,27	3,7403
Índice de amarelecimento	1,50 <sup>NS</sup>	0,2074	4,47	4,1063
Índice de escurecimento	202,87**	<0,0001	12,34	5,1886
Índice de cor	1766,09**	<0,0001	118,00	0,0744

<sup>1</sup>CV: Coeficiente de variação. <sup>2</sup>DMS: Diferença mínima significativa. \*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01). <sup>NS</sup> não significativo (p≥0,05).

**Apêndice B.** Efeito da variância das características físico-químicas e fisiológica de frutos do umbu-cajá (*Spondias* sp.) colhidos em diferentes estádios de maturação.

<b>Características</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	<b>*CV, %</b>	<b><sup>2</sup>DMS, %</b>
Umidade, %	2,92*	0,0315	0,226	0,2685
Cinzas, %	6,23**	0,0004	13,96	0,0813
Sólidos solúveis, %	668,39**	<0,0001	2,90	0,4630
pH	137,77**	<0,0001	2,24	0,0760
Concentração de H <sup>+</sup> , μM	113,09**	<0,0001	14,59	451,34
Acidez titulável, %	393,02**	<0,0001	6,39	0,1400
Ratio	2494,18**	<0,0001	3,28	0,3601
Açúcares solúveis, g 100 g <sup>-1</sup>	119,37**	<0,0001	11,26	1,1749
Açúcares redutores, g 100 g <sup>-1</sup>	2676,00**	<0,0001	2,81	0,0018
Açúcares, não redutores g 100 g <sup>-1</sup>	119,39**	<0,0001	11,29	1,1744
Respiração, mg CO <sub>2</sub> /Kg.h	11,91**	<0,0001	33,05	0,2715

<sup>1</sup>CV: Coeficiente de variação. <sup>2</sup>DMS: Diferença mínima significativa. \*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01). \*Significativo ao nível de 5% de probabilidade (p<0,05).

**Apêndice C.** Efeito da variância dos compostos bioativos de frutos do umbu-cajá (*Spondias* sp.) colhidos em diferentes estádios de maturação.

<b>Características</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	<b>*CV, %</b>	<b><sup>2</sup>DMS, %</b>
Ácido ascórbico, mg 100 g <sup>-1</sup>	527,44**	<0,0001	5,67	0,7086
Clorofilas totais, mg 100 g <sup>-1</sup>	28,18**	<0,0001	32,38	0,0710
Carotenoides totais, mg 100 g <sup>-1</sup>	4,82**	0,0025	55,52	0,0468
Favonoides totais, mg 100 g <sup>-1</sup>	192,05**	<0,0001	7,48	0,6925
Antocianinas, mg 100 g <sup>-1</sup>	27,31**	<0,0001	12,97	0,0466
Compostos fenólicos, mg 100 g <sup>-1</sup>	38,91**	<0,0001	5,71	45,084

<sup>1</sup>CV: Coeficiente de variação. <sup>2</sup>DMS: Diferença mínima significativa. \*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p<0,01).

*“Tudo posso naquele que me fortalece”*

*Filipenses 4:13*